

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

До захисту допущено:

Завідувачка кафедри

Наталія ГОЛУБ

«6» червня 2024р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»

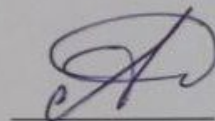
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Використання генетично модифікованих дріжджів для виробництва пива. Дільниця бродіння та доброджування»

Виконала:

студентка IV курсу, групи БЕ-01

Гусак Анастасія Олександрівна



Керівник:

доцент кафедри біоенергетики, біоінформатики
та екобіотехнології, к.т.н., с.н.с.

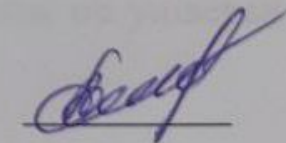
Маринченко Лоліта Вікторівна



Консультант з проектування:

Професор., д.т.н,

Саблій Лариса Андріївна



Рецензент:

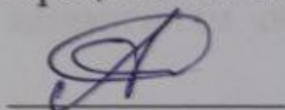
завідувачка кафедри промислової біотехнології та біофармації,

Поліщук Валентина Юріївна



Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студентка



Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет біотехнології і біотехніки

Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

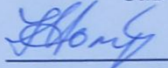
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

 Наталія ГОЛУБ

«15» квітня 2024 р.

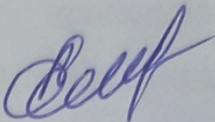
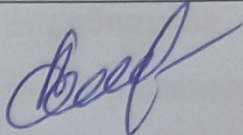
ЗАВДАННЯ

На дипломний проєкт студенту

Гусак Анастасії Олександрівні

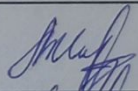
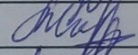
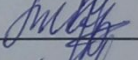
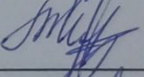
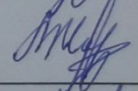
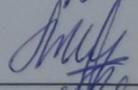
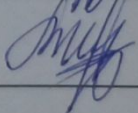
1. Тема проєкта «Використання генетично модифікованих дріжджів для виробництва пива. Дільниця бродіння та доброджування». Керівний проєкту доцент кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, к.т.н., с.н.с. Маринченко Лоліта Вікторівна, затверджені наказом по університету від «27» травня 2024 р. №2117-с
2. Термін подання студентом проєкту 6.06.2024
3. Вихідні дані по проєкту: продуктивність 10000 дм³ готового продукту за місяць, загальний об'єм циліндро-конічного бродильного апарату (ЦКБА) становить 3600 дм³
4. Зміст пояснювальної записки: характеристика біологічного агента, біохімічні основи виробництва, контроль виробництва, опис технологічної схеми, розрахунок обладнання для проведення технологічного процесу
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):
 - креслення загального виду ЦКБА – 1 арк. А1,
 - технологічна схема – 1 арк. А1,
 - апаратурна схема – 1 арк. А1.

6. Консультанти розділів проєкту

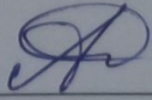
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічна частина дипломного проєкту (проєктування)	д.т.н., проф. Саблій Л.А.		

7. Дата видачі завдання 15.04.2024

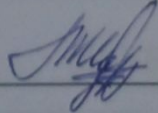
Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Характеристика сировини та вибір технології	25.04.2024	
2	Біохімічні процеси	5.04.2024	
3	Технологічна частина	12.05.2024	
4	Підбір та характеристика обладнання	21.05.2024	
5	Складання апаратурної схеми	28.05.2024	
6	Охорона праці та охорона довкілля	2.06.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2024	

Студент

 Анастасія ГУСАК

Керівник проєкту

 Лоліта МАРИНЧЕНКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 65 с., 2 рис., 8 табл., 47 посилань.

Метою дипломного проєкту є проєктування технології виробництва пива з використанням генетично модифікованих дріжджів для крафтового підприємства.

Вивчення сучасних технологій виробництва пива та аналіз попиту на крафтове пиво підкреслюють актуальність проєктування виробництва пива з використанням генетично модифікованих штамів дріжджів для отримання нових органолептичних властивостей готового продукту, а саме – пива зі смаком гуави та маракуї.

Сировиною отримання готового продукту є вода, ячмінь, гранульований хміль та штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* BY-989.

В дипломному проєкті обрано та описано новий штам дріжджів, надано характеристику сировини, кінцевого продукту, біохімічну схему перебігу процесів, а також розроблено технологічну частину проєкту: матеріали основні та допоміжні, контроль виробництва, матеріальний баланс, опис технологічного процесу. Проведено конструктивний і тепловий розрахунки та визначено розміри циліндро-конічного бродильного апарату.

ПИВО, *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*, ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНІ ОРГАНІЗМИ, БРОДІННЯ.

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Гусак А.О.						
Перевір.		Маринченко Л.В.					4	65
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		
Н. Контр.								
Затверд.		Голуб. Н.Б.						

ABSTRACT

Explanatory note: 65 p., 2 figures, 8 tables, 47 references.

The aim of the thesis project is to design a beer production technology using genetically modified yeast for a craft beer enterprise.

The study of modern beer production technologies and the analysis of demand for craft beer emphasize the relevance of designing beer production using genetically modified yeast strains to obtain new organoleptic properties of the finished product, namely, beer with guava and passion fruit flavor.

The raw materials for the finished product are water, barley, granulated hops, and the *Saccharomyces cerevisiae* BY-989 yeast strain.

In the diploma project, a new yeast strain was selected and described, the characteristics of the raw materials, the final product, the biochemical scheme of the processes were provided, and the technological part of the project was developed: basic and auxiliary materials, production control, material balance, and description of the technological process. Structural and thermal calculations were performed and the dimensions of the cylindrical-conical fermentation apparatus were determined.

BEER, *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*, GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS, FERMENTATION.

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Гусак А.О.						
Перевір.		Маринченко Л.В.					5	65
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		
Н. Контр.								
Затверд.		Голуб. Н.Б.						

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1.ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ	10
1.1. Характеристика сировини	10
1.2. Обґрунтування вибору технології	11
1.3. Характеристика дріжджів	15
РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ	18
2.1. Схема перебігу процесів	18
2.2. Характеристика кінцевого продукту	22
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	27
3.1. Матеріали основні та допоміжні	27
3.2. Контроль виробництва	30
3.3. Матеріальний баланс	33
3.4. Опис технологічного процесу	35
РОЗДІЛ 4. ПІДБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	39
4.1. Розрахунок продуктивності відділення ЦКБА та кількості апаратів	40
4.2. Визначення основних розмірів ЦКБА	41
4.3. Тепловий розрахунок	42
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	46
5.1. Охорона праці	46
5.2. Охорона довкілля	49
ВИСНОВКИ	53
ДОДАТОК А	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61

					ДП БЕ01.08.000.ІЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Гусак А.О.			ЗМІСТ		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Маринченко Л.В.						6	65
Реценз.							КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		
Н. Контр.									
Затверд.		Голуб. Н.Б.							

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЦКБА – циліндро-конічний бродильний апарат

ГМО – генетично модифіковані організми

МГА – меркаптогексилацетат

CSL - вуглецево-сірчана ліаза

БАР – біологічно активні речовини

ДСТУ – Державний стандарт України

ДСанПіН – Державні санітарні норми

ЗМН – 3-меркапто-1-гексанол

ЗМНА – 3-меркаптогексилацетат

ААТ - алкоголь-ацилтрансферазf

LAY - London Ale Yeast

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту

ДР – допоміжні роботи

ТП – технологічний процес

ЗВ – знешкодження відходів

ПМВ – пакування, маркування, відвантаження

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ		
Розроб.		Гусак А.О.					
Перевір.		Маринченко Л.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Голуб. Н.Б.			КПП ім. Ігоря Сікорського ФБТ		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						7	65

ВСТУП

Актуальність теми. Використання генетично модифікованих організмів (ГМО) у харчовій промисловості викликає дедалі більший інтерес дослідників і виробників. Однією зі сфер, де потенціал ГМО може бути повністю розкритий, є виробництво пива. Настільки давня і водночас технологічно складна індустрія пивоваріння перебуває в пошуку інновацій, що поліпшують якість продукції та ефективність процесу виробництва. Задля удосконалення технології приготування та покращення кінцевого продукту вчені розробляють нові генетично модифіковані штами дріжджів. Дані дріжджі здатні поліпшувати якість кінцевої продукції.

Пиво – це алкогольний напій, який виробляється шляхом бродіння солодового екстракту з додаванням води, хмелю та дріжджів. Воно має безліч різноманітних властивостей і характеристик, які роблять його одним із найпопулярніших напоїв у світі.

Пиво є одним з найпопулярніших і поширених алкогольних напоїв у всьому світі. Тим не менш, відбувся помітний перехід щодо споживчої переваги традиційного пива до більш складного крафтового пива, де зростає частка споживачів, які цікавляться новими стилями пива, які демонструють нові смакові характеристики [1].

Генномодифіковані штами дріжджів можуть бути використані для поліпшення різних аспектів пивоваріння, включно зі швидкістю бродіння, виробництвом специфічних ароматичних профілів і збільшенням стійкості до патогенів або стресових умов виробництва.

Застосування ГМО в пивоварінні може також привести до появи нових видів пива з унікальними характеристиками, які раніше були недоступні з використанням традиційних штамів дріжджів. Це може включати в себе пиво з більш яскраво вираженими фруктовими або квітковими нотами, збільшеною кислотністю або іншими цікавими смаковими характеристиками.

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.	Гусак А.О.						
Перевір.	Маринченко Л.В.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Голуб. Н.Б.						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						8	65
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
					ФБТ		

Метою даного проєкту є розробка технології отримання пива з використанням генетично модифікованих дріжджів.

Для досягнення визначеної мети були сформовані такі завдання:

- описати характеристики цільового продукту та сировини для його виготовлення;
- вибрати та описати продуцент для виробництва пива та особливості культивування дріжджів;
- обґрунтувати вибір технології виготовлення кінцевого продукту;
- скласти та описати технологічну та апаратурну схему, розрахувати матеріальний баланс виробництва;
- виконати розрахунок обраного апарату; розробити креслення циліндроконічного бродильного апарату (ЦКБА); підібрати інше обладнання виробництва;
- описати заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА, ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

1.1 Характеристика сировини

Пиво традиційно виготовляли з ячмінного солоду (*Hordeum vulgare*), хмелю (*Humulus lupulus* L.), води та дріжджів. Його також можна доповнювати іншими злаками або джерелами цукру, відомими як добавки [4,5].

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) є найбільш часто використовуваним злаком у виробництві пива, а його ендосперм являє собою основну тканину зерна, яка в основному складається з гранул крохмалю (62,7% від загальної ваги зерна), вбудованих у білкову матрицю [14, 15]. Інші зернові культури, такі як пшениця, жито, овес, тритикале, сорго, кукурудза тощо, також можуть використовуватися як сировина для виробництва пива [16]. Таким чином, якість зерна ячменю, яке використовується як сировина, є ще одним дуже важливим фактором, який значною мірою залежить від агрономічної практики, а також від генетичних та екологічних змінних [17]. Крім того, зерно повинно мати відповідну пухкість і вагу зерна, з високим потенціалом проростання ($\geq 95\%$) і відповідним вмістом білка. У зв'язку з цим вміст білка в ячмені має бути нижче 11%, інакше білки, які розчиняються в суслі, можуть надати кінцевому продукту неприємні присмаки. Крім того, високі концентрації білка традиційно корелюють з низьким рівнем вуглеводів і меншим виходом екстракту.

Смоли та ефірні олії можна знайти в лупулінових залозах жіночих квіток хмелю, які, навіть якщо їх використовувати в невеликих кількостях, сприяють гіркоті та аромату (сенсорно характеризуються такими дескрипторами, як «фруктовий», «квітковий», «пряний», трав'яний¹², або «дерев'яний») [18, 19]. Насправді, хміль є основним інгредієнтом, відповідальним за гіркоту пива через його внесок поліфенолів і α -кислот [20, 21, 22].

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА, ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Гусак А.О.					10	65
Перевір.		Маринченко Л.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Голуб. Н.Б.						

Хміль містить складну суміш летких сполук (ефірних масел), серед яких особливе значення мають ліналоол, гераніол і 4-метил-4-сульфанілпентан-2-он [23].

Сорти хмелю можна класифікувати як ароматичний хміль, хміль подвійного призначення (ароматний і гіркий) і гіркий хміль (дуже гіркий) [24]. Під час кип'ятіння суслу більшість летких речовин, отриманих із хмелю, втрачається через випаровування. Таким чином, шляхом пізнього додавання кількох дозувань ми можемо отримати пиво з ароматом хмелю, але без додаткової гіркоти хмелю.

1.2 Обґрунтування вибору технології

Основні технології пивоваріння прийшли в Європу з Близького Сходу. У середньовіччі чернечі ордени зберегли пивоваріння як ремесло. Промислова революція принесла механізацію пивоваріння. Кращий контроль над процесом із використанням термометра та сахариметра був розроблений у Британії та перенесений на континент, де розвиток льодогенераторів та холодильного обладнання наприкінці 19 століття дав змогу варити світле пиво влітку. Тим часом в Америці стали домінувати лагери в німецькому стилі низового бродіння на чистих дріжджових культурах.

Пивоваріння в 21 столітті – масштабна галузь. Сучасні пивоварні використовують обладнання з нержавіючої сталі та автоматизовані операції, керовані комп'ютером, і розфасовують пиво в металеві бочки, скляні пляшки, алюмінієві банки та пластикові контейнери. Наразі пиво експортується по всьому світу та виробляється за ліцензією в інших країнах [25].

Дріжджі, сировина (ячмінь або інші зернові культури), хміль і вода, що використовуються, додають до основних етапів обробки, пов'язаних із процесом пивоваріння, включаючи солодотворення, затирання, кип'ятіння, бродіння та витримку, щоб значно покращити смаковий профіль кінцевого продукту.

Звичайні середовища, що використовуються для культивування дріжджів, включають картопляний декстрозний агар або картопляний декстрозний бульйон, поживний агар Wallerstein Laboratories, дріжджовий пептонний декстрозний агар і

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дріжджовий цвілевий агар або бульйон. Домашні пивовари, які культивують дріжджі, часто використовують висушений солодовий екстракт і агар як тверде середовище для росту. Фунгіцид циклогексимид іноді додають до дріжджових середовищ для пригнічення росту дріжджів *Saccharomyces* і селекції диких/місцевих видів дріжджів. Це змінить дріжджовий процес [29].

Інші типи дріжджів, включаючи *Brettanomyces*, *Lactobacillus* і *Pediococcus*, які іноді називають дикими дріжджами, також можна використовувати для досягнення специфічних профілів смаку. Пиво також отримує смакові сполуки з хмелю, які додають низку тонких ароматів, а також легку гірчинку, що привело до того, що «хмільне» пиво стало більш популярним в останні роки. Але пиво є складним продуктом із різноманітними нюансами, і більша частина цих нюансів надається численними ароматичними сполуками, такими як терпени, складні ефіри та феноли.

Крім того, зростаючий сегмент споживачів зацікавлений у нових смаках пива. З цієї причини пивовари та дослідники досліджують використання альтернативної сировини та умов обробки на різних етапах пивоваріння, щоб покращити його органолептичний профіль [2]. Звичайне пивоваріння складається з чотирьох основних процесів: солодотворення, під час якого активізується вироблення ферментів і модифікується ендосперм; затирання, під час якого ферменти гідролізують крохмаль до зброджуваних цукрів і білків до амінокислот; кип'ятіння, під час якого смоли піддаються термічній ізомеризації та віддають гіркий смак; бродіння, під час якого цукор перетворюється на етанол [3], і, нарешті, дозрівання та розлив.

Інновації в пивній промисловості нещодавно були в центрі уваги завдяки можливостям створення смаку та управління ресурсами сировини. Компанії в США генетично модифікують дріжджі, які зазвичай використовуються для бродіння пива, щоб надати бажаного смаку, наприклад персику, без необхідності покладатися на справжні фрукти.

Біоінженерні дріжджі мають кілька переваг, таких як здатність створювати профілі тропічного смаку та забезпечувати більш стійкий метод ароматизації за

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рахунок зменшення залежності від додаткових інгредієнтів, таких як вода, для вирощування фруктових культур. Тим не менш, він має недоліки, зокрема скептицизм споживачів щодо генетично модифікованих організмів (ГМО) і суворі регуляторні бар'єри, особливо в Європі [26].

Пивоваріння починається з ячменю, пророщеного у солодовому цеху. Потім зерно сушиться в сушарці і іноді обсмажується, цей процес зазвичай здійснюється в окремому від пивоварні приміщенні. У будівлі пивоварні солод пропускають через дробарку, щоб розкрити оболонку насіння. Це допомагає отримати більше крохмалю в процесі затирання. На великих пивоварнях також застосовується замочування перед подрібненням.

Першим етапом у процесі пивоваріння є затирання, за якого подрібнений солод поміщають у реактор для приготування затору. Затирання – це процес змішування подрібненого ячменю з водою та нагрівання отриманої суміші до температури від 40 до 80 °C. Під час затирання натуральні ферменти, що містяться в солоді, розщеплюють крохмаль, перетворюючи його на низькополімерні цукри – декстрини, мальтозу, глюкозу. Потім сусло кип'ятять і додають хміль, щоб наповнити рідину гіркотою, смаком і ароматом. Нарешті дріжджі додають до охмеленого сусла для бродіння.

У разі використання генетично модифікованого штаму дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* BY-989 у приготуванні пива спостерігаються кілька важливих змін. Під час бродіння рН сусла поступово знижується (рН 4.0 - 4.2), що сприяє створенню сприятливих умов для активної роботи дріжджів і пригнічує розвиток небажаних мікроорганізмів.

Кінцевий продукт за рахунок даних дріжджів отримує фруктовий смак.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Блок-схему приготування пива з використанням генетично модифікованих дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* BY-989 зазначено на рисунку 1:



Рисунок 1 - Блок-схема виробництва пива з використанням генетично модифікованих дріжджів подивіться:

Технологія приготування пива з використанням ГМО:

1. Підготовка генетично модифікованих дріжджів:

- Створення генетично модифікованих дріжджів в лабораторії біоінженерним шляхом;
- Проведення тестів для перевірки стійкості і ефективності нових штамів.
- Масштабування виробництва в ферментері для отримання необхідної кількості дріжджів для виробництва пива.

2. Підготовка сировини:

- Вибір і підготовка зерна;
- Додавання хмелю в затор

3. Виробництво пива

- Приготування сусла;
- Стерилізація сусла ($\tau = 20$ хв, $t = 102$ °С)
- Охолодження (за допомогою додавання етиленгліколю в сорочку)
- Бродіння та доброджування в ЦКБА
- Фільтрування
- Охолодження
- Карбонізація
- Розлив та пакування готової продукції

1.3 Характеристика біологічного агенту

Дріжджі відіграють важливу роль у пивоварінні, оскільки вони перетворюють глюкозу, що міститься в ячмінному солоді та інших зернах, на спирт, а також додають власні аромати.

Дріжджі – це еукаріотичні одноклітинні мікроорганізми, які класифікуються як представники царства грибів. Розміри дріжджів значно відрізняються залежно від виду та навколишнього середовища, як правило, вони мають діаметр 3–4 мкм, хоча деякі дріжджі можуть вирости до 40 мкм. *Saccharomyces cerevisiae* тисячоліттями використовуються у випічці та виробництві алкогольних напоїв. *S. cerevisiae* також є важливим модельним організмом у сучасних дослідженнях клітинної біології та є одним із найбільш ретельно вивчених еукаріотичних

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроорганізмів. Дослідники культивували його, щоб детально зрозуміти біологію еукаріотичної клітини і, зрештою, біологію людини.

Дріжджі є хемоорганотрофами, оскільки вони використовують органічні сполуки як джерело енергії і не потребують сонячного світла для росту. Вуглець отримують переважно з гексозних цукрів, таких як глюкоза та фруктоза, або дисахаридів, таких як сахароза та мальтоза. Деякі види можуть метаболізувати пентозні цукри, такі як рибоза, спирти та органічні кислоти. Більшість дріжджів найкраще ростуть у середовищі з нейтральним або слабокислим рН.

Дослідники компанії Berkeley Yeast відредагували ДНК штамів дріжджів, щоб видалити або додати певний ген. Один із їх продуктів, дріжджі Tropics, які було змінено, щоб забезпечити смак маракуї та гуави [27].

Різні типи дріжджів дають різні сорти пива. *Saccharomyces cerevisiae* (ельові дріжджі) є дріжджами верхового бродіння, які найкраще працюють за високих температур. *Saccharomyces pastorianus* – це дріжджі низового бродіння, які найкраще працюють за низьких температур.

Розробники генно-інженерних пивних дріжджів мають кілька цілей, включаючи створення нових смакових профілів (як передових, так і з нюансами), надання традиційних смаків для забезпечення економії коштів за рахунок виключення інгредієнта (наприклад, хмелю) або усунення сполук, які домінують і маскують інші більш тонкі ароматизатори (такі як діацетил, який надає маслянистий смак).

Компанія Berkeley Yeast (Berkeley) була заснована в 2017 році групою докторів наук з Каліфорнійського університету в Берклі, які експериментували з використанням CRISPR для генетичної інженерії пивних дріжджів. Першою метою було створити смакові профілі, надані хмелем, без використання хмелю. Для цього розробники додали до своїх дріжджів ДНК не хмелю, а скоріше м'яти та базиліка. Зараз компанія використовує генну інженерію, щоб розробити нові дріжджові штами, які мають цілий ряд властивостей як для пивоварів, так і для виноробів – деякі навіть створені для посилення смаку натурального хмелю. Інші штами дріжджів були розроблені для надання смаку ананаса (Sunburst), гуави та маракуї

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

(Tropics) або цитрусових (Superbloom). Berkeley також розробляє дріжджі для виробництва молочної кислоти та етанолу для створення кислого пива (Galactic), а також штамів без діацетилу (DF), і тісно співпрацює з пивоварами для створення індивідуальних дріжджів [28].

В даному проєкті запропоновано застосувати промисловий пивоварний штам *Saccharomyces cerevisiae* BY-989. Цей штам містить один гетерологічний ген, отриманий від *Citrobacter freundii*, грамнегативної бактерії, знайденої в мікробіомі людини, який кодує синтез C-S ліази, яка каталізує негідролітичний та неокислювальний розрив C-S зв'язків. Кодон гена був оптимізований для *S. cerevisiae* і синтезований за допомогою олігонуклеотидною збіркою на основі амінокислотної послідовності *C. freundii*.

Використовуючи технологію редагування генів Crispr/Cas9, дослідники змогли видалити цей ген із позитивних штамів дріжджів. В результаті ферментоване з ними пиво отримало нові характеристики.

Генетично модифіковані дріжджі зберігаються за температури 1-2 °C до моменту інокуляції. Далі дріжджі з кожної чашки Петрі асептично переносять в 5 мл солодового сусла. Після перенесення зразки вирощують за 22 °C протягом 24 годин. Подальші розмноження відбуваються за тих самих умов в подальших збільшеннях об'єму: з 5 мл до 50 мл, з 50 мл до 1 л, і з 1 л до 2 л.

Після вирощування культури дріжджів в колбах їх використовують, як інокулянт для вирощування виробничої культури у ферментері із солодовим суслом як поживним середовищем, сорочкою, барботером і мішалкою для тепломасообміну

Після цього вирощену культуру передають в ЦКБА для бродіння та доброджування.

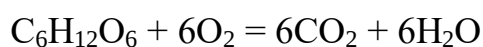
					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Схема перебігу процесів

Біотехнологічна корисність *S. cerevisiae* полягає в його унікальних біологічних характеристиках, тобто їх здатності до бродіння, що супроводжується виробництвом спирту та CO₂ і його стійкості до несприятливих умов осмолярності та низького pH.

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* в аеробних умовах одержують енергію за допомогою аеробного дихання шляхом повного окислення моносахаридів і дисахаридів до CO₂ і H₂O.



Увесь процес біотехнології пива з використанням дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* можна розділити на три основні стадії: аеробна стадія, анаеробна стадія (бродіння) та дозрівання [32].

На першій стадії дріжджі виробляють ферменти, такі як мальтаза і глюкоамілаза, які розщеплюють складні цукри, присутні в солодовому суслі. Мальтоза, що є дисахаридом, розкладається на дві молекули глюкози за допомогою ферменту мальтази. Мальтотріоза, трисахарид, розщеплюється на три молекули глюкози за участю глюкоамілази. Це необхідно, оскільки дріжджі можуть засвоювати та метаболізувати лише прості цукри, такі як глюкоза, що є основою для подальшої ферментації.

Реакція розпаду мальтози:

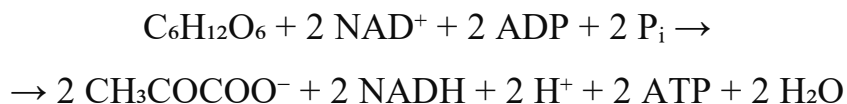


На другій стадії відбувається гліколіз, у результаті якого одна молекула глюкози розкладається на дві молекули пірувату. Гліколіз відбувається в цитоплазмі клітин дріжджів і включає кілька ключових етапів: фосфорилювання глюкози, ізомеризацію, друге фосфорилювання, розщеплення фруктозо-1,6-бісфосфату на дві молекули тріозофосфатів і, нарешті, перетворення

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Гусак А.О.			БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Маринченко Л.В.								18	65
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ			
Н. Контр.											
Затверд.		Голуб. Н.Б.									

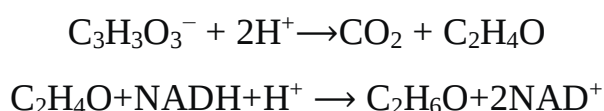
тріозофосфатів на піруват з утворенням АТФ і НАДН. Цей процес забезпечує клітини дріжджів енергією у вигляді АТФ і проміжними продуктами для подальших метаболічних шляхів.

Реакція гліколізу:



Третя стадія включає анаеробне бродіння пірувату, відоме як спиртове бродіння. Піруват піддається декарбоксилюванню, внаслідок чого утворюється ацетальдегід і вуглекислий газ. Далі ацетальдегід відновлюється до етанолу за допомогою ферменту алкогольдегідрогенази. Цей процес не лише продукує етанол, який є основним спиртом у пиві, а й відновлює НАД⁺ з НАДН, що дає змогу гліколізу тривати та забезпечує продовження ферментації.

Реакція спиртового бродіння:



Таким чином, в результаті життєдіяльності культури *Saccharomyces cerevisiae* в зброджуваному суслі накопичуються етиловий спирт, вуглекислий газ, а також ряд інших метаболітів.

CSL – це фермент, який перетворює кон'юговані тіоли глутатіон-3МН і цистеїн-3МН на вільний 3МН (3-меркапто-1-гексанол). Кон'юговані тіоли – це молекули без смаку, які містяться в ячмені, хмелі та винограді і слугують попередниками вільних тіолів. Коли CSL розщеплює вуглець-сірчаний зв'язок у молекулах-попередниках глутатіону-3МН і цистеїну-3МН, він вивільняє вільний 3МН, який надає продукту тропічного фруктового смаку та аромату (рис. 2).

Перетворення, за якого сполуки-попередники без смаку перетворюються на ароматичні сполуки з ароматом, можна назвати як "біотрансформація". У цьому випадку глутатіон-3МН і цистеїн-3МН біотрансформуються в 3МН. У науковій літературі повідомляється, що два різних гени *S. cerevisiae*, IRC7 і STR3, кодують варіанти ферменту CSL. Попередні дослідження, які характеризували ендегенну

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вуглецево-сірчану ліазну активність у різних штамів промислових дріжджів, показали обмежену ліазну активність.

S. cerevisiae також ендогенно кодує множинні ферменти алкоголь-ацилтрансферази (ААТ), деякі з яких, як повідомлялося, каталізують утворення ЗМНА з ЗМН (рис. 2). ЗМНА надає смакові нотки, подібні до ЗМН, які найчастіше описують як маракуйю.

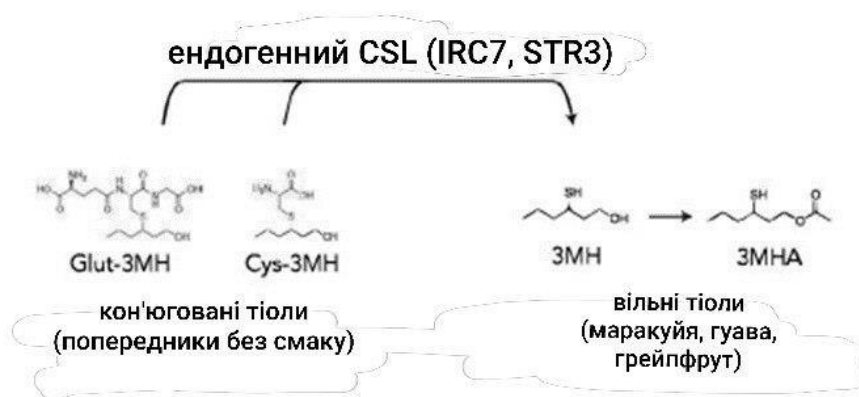


Рисунок 2 - Схема утворення ЗМН та ЗМНА [46]

CSL – це фермент, який перетворює кон'юговані тіоли на вільні тіоли. Два різні гени *S. cerevisiae* білків IRC7 і STR3 кодують варіанти ферменту CSL. ЗМНА утворюється з ЗМН під дією ендогенних ферментів алкоголь-ацилтрансферази.

BY-989 експресує більш активний фермент CSL, який ефективно вивільняє ЗМН як з попередників глутатіон-ЗМН і цистеїн-ЗМН. Експресія цього CSL збільшує концентрацію ЗМН у готовому пиві порівняно з пивом, виготовленим з використанням вихідного штаму. Фермент CSL експресований у BY-989, є варіантом, що містить п'ять амінокислотних змін порівняно з ферментом дикого типу *C. freundii*. Ці амінокислотні зміни в CSL *C. freundii* підвищують специфічність ферменту до кон'югованих тіолів глутатіон-ЗМН і цистеїн-ЗМН, тоді як фермент дикого типу діє на додатковий субстрат триптофан. Крім того, оскільки BY-989 виробляє більше ЗМН, він також виробляє підвищену концентрацію ЗМНА.

Вихідним штамом дріжджів, з якого було отримано BY-989, є промисловий пивоварний штам *Saccharomyces cerevisiae* під назвою London Ale Yeast (LAY).

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

LAY – це ізолят з пивоварні у Лондоні, Великобританія, і належить до групи пивоварних штамів, відомих як штами елів, які класифікуються як вид *Saccharomyces cerevisiae*. LAY широко використовується у комерційному виробництві пива протягом десятиліть.

Штам дріжджів BY-989 призначений для використання у бродінні пива з метою надання тропічних фруктових смаку/аромату тропічних фруктів. BY-989 використовуються так само, як і будь-які інші комерційні дріжджі, що застосовуються у процесі виробництва пива. Під час бродіння BY-989 вивільняє леткий тіол 3-меркапто-1-гексанол (ЗМН) – бажану ароматичну молекулу у пиві, що надає нотки гуави, маракуї, грейпфрута та агрусу, які є бажаними у пиві з високою ароматичною силою. BY-989 також виробляє підвищений рівень 3-меркаптогексилацетату (ЗМНА), завдяки дії ендогенної алкоголь-ацилтрансфери (ААТ). ЗМНА надає схожі сенсорні нотки, найбільш найчастіше описуються як маракуйя. Пивовари шукають тропічні фруктові аромати в спеціальних сортах хмелю і тому види хмелю, які містять аромати, що вказують на підвищений рівень ЗМН і ЗМНА, цінуються у всій галузі. Однак навіть найароматніший хміль містить лише незначну кількість летких тіолів, що ускладнює виробництво пива з високою концентрацією летких тіолів. Крім того, ці сорти вразливі до стресів, спричинених зміною клімату.

Для вирішення цих проблем було запропоновано використовувати інженерний штам BY-989. І ячмінь, і хміль містять високі концентрації кон'югованих тіолів, молекул-попередників без смаку, які можуть ферментативно перетворюються на ароматичні леткі тіоли завдяки активності ферменту C-S ліази, що має ароматичні властивості. BY-989 експресує високоактивну CSL, яка ефективно вивільняє ЗМН з цих попередників. У репрезентативному процесі пивоваріння експресія цієї CSL у штамі дріжджів London Ale дріжджів збільшує концентрацію тіолів у готовому пиві порівняно з пивом, виготовленим з батьківським штамом.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Характеристика кінцевого продукту

Кінцевим продуктом даного виробництва є пиво з використанням генетично модифікованих дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* BY-989.

Основою для розроблення та виготовлення кінцевої продукції є ДСТУ 3888:2015 «Пиво. Загальні технічні умови. З поправкою»

Кінцевий продукт – алкогольне пиво, виготовляється шляхом приготування затору, зброджування сусла генетично модифікованими дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* BY-989. Даний штам дріжджів був розроблений задля надання пиву фруктового смаку. Після бродіння та доброджування напій фільтрують, карбонізують та розливають в тару.

Слід зазначити, що в пиві було виявлено від 1000 до 2000 сполук, включаючи спирти, складні ефіри, кетони, альдегіди, органічні кислоти, карбонові кислоти, сполуки сірки, феноли, аміни тощо [6,7]. Ці компоненти є результатом складних реакцій, які включають велику різноманітність сполук. Серед них леткі сполуки, здається, відіграють ключову роль щодо ароматичного профілю пива, тоді як нелеткі, включаючи антоціани та фенольні компоненти, впливають на інші сенсорні властивості, такі як колір, піноутворення, смак, які також вважаються відповідні внески в якість пива [8]. Добре відомо, що велика кількість ароматично активних сполук пов'язана зі специфічними умовами бродіння та з конкретним штамом дріжджів, який використовується, що може давати цікаві ароматичні компоненти, такі як вищі спирти або складні ефіри [9, 10]. Інші азотисті сполуки, які можуть включати білки, поліпептиди, амінокислоти тощо, також є ключовими факторами, оскільки вони сприяють смаку пива, а також утворенню матовості, стійкості піни та кольору [11, 12].

З поживної точки зору пиво багате вуглеводами, амінокислотами, вітамінами, мінералами та фенольними сполуками. Основними поліфенолами, присутніми в пиві, є флавоноїди, дубильні речовини, проантоціанідини та амінофенольні сполуки. Вони походять із солоду та хмелю, які використовуються для пивоваріння, і значно впливають на колір, смак і стабільність кінцевого продукту [13].

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сфера застосування. Пиво з генетично модифікованих дріжджів використовується в харчовій сфері. Під час виробництва даного пива утворюються різноманітні речовини, кожна з яких унікально впливає на процес пивоваріння та кінцевий продукт. Покращені аромати та смаки є значною перевагою, оскільки генетично модифіковані дріжджі синтезують терпени, які надають цитрусових і квіткових нот, і тіоли, що сприяють смаку тропічних фруктів.

Покращені характеристики бродіння також помітні, коли ГМ дріжджі можуть виробляти вищий вміст етанолу, що робить процес бродіння більш ефективним і дає змогу отримувати міцніше пиво. Крім того, виробництво вищих спиртів і складних ефірів, таких як ізоамілацетат і фенілетиловий спирт, надають нових смаків пиву.

Покращення поживності є ще однією перевагою, оскільки генетично модифіковані дріжджі здатні виробляти такі вітаміни, як рибофлавін, і антиоксиданти, такі як глутатіон, потенційно пропонуючи користь для здоров'я споживачів. Крім того, функціональні добавки, включаючи специфічні білки та ферменти, можуть бути розроблені для покращення стабільності пива, забезпечуючи довший термін зберігання та постійну якість. Ці досягнення підкреслюють трансформаційний потенціал генетично модифікованих дріжджів у пивоварній промисловості, даючи змогу створювати пиво з покращеними смаками, кращими харчовими профілями та покращеною ефективністю виробництва.

Вміст складових пива показано в таблиці 1.

Технічні вимоги. Пиво згідно з ДСТУ 3888:2015 має відповідати таким органолептичним вимогам (табл.2) [33].

За фізико-хімічними показниками пиво має відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 3 [33].

Готове пиво з використанням генетично модифікованого штаму дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* BY-989 має такі характеристики (табл.4).

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 – Вміст складових в пиві [47]

Назва речовини	Кількість	Одиниця вимірювання
Етанол	2,8-8,0	% об.
Ацетальдегід	$(5-7) \cdot 10^{-4}$	%
Оцтова кислота	$(13-15) \cdot 10^{-3}$	%
Мурашина кислота	$(10-15) \cdot 10^{-3}$	%
Діоксид сірки	$(2-16) \cdot 10^{-4}$	%
Гліцерин	0,05-0,1	%
Натрій	0,01-0,02	%
Калій	0,02-0,06	%
Кальцій	0,007-0,01	%
Магній	0,006-0,01	%
Фосфор	0,010-0,015	%
Ферум	$(1-2) \cdot 10^{-4}$	%
Вітамін В1	$(1-2) \cdot 10^{-5}$	%
Вітамін В2	$(2-5) \cdot 10^{-5}$	%

Таблиця 2 – Органолептичні показники пива [33]

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Прозора рідина з піною, без сторонніх включень та осаду, не властивих пиву
Аромат	Чистий, зброджений, солодовий, хмелевий аромат
Смак	Чистий, зброджений, солодовий. З хмелевою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники пива [33]

Назва показника	Значення
Масова частка сухих речовин у початковому суслі, % $\pm 0,3$	8,0 – 23,0
Масова частка спирту, %, не менше	2,0 – 7,2
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ пива	1,2 – 5
Колір, см ³ , 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ води	0,2 – 1,8
Масова частка діоксиду вуглецю, %, не більше	0,3 – 0,35

Таблиця 4 – Органолептичні та фізико-хімічні показники пива з використанням генетично модифікованого штаму дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* BY-989

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Прозора або злегка мутна рідина з піною
Колір	Від світло-золотистого до темно-коричневого
Смак	Ноти солоду, хмелю, та тропічних фруктів
Масова частка сухих речовин, %	10-12%
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ напою	1.8-2.5
Масова частка діоксиду вуглецю, %, не більше	0.45-0.55
Об'ємна частка спирту, %	Від 4.0 до 5.5
Вміст цукру	Не більше 0.5%
Оптимальна температура зберігання	2-8°C
Термін придатності	6-12 місяців

Вимоги до пакування та маркування. Готові напої розливають у скляні пляшки об'ємом 0,5 л та маркують згідно з ДСТУ 2887-94 «Пакування та маркування. Терміни та визначення» [34].

На упаковку чи етикетку наносять такі дані:

- товарний знак компанії-виробника;
- назва та адреса фірми;
- короткі споживчі характеристики товару;
- умови експлуатації, зберігання та технічний регламент;
- термін придатності;
- вміст різних речовин;
- відомості про склад продуктів харчування, їхню енергетичну цінність;
- використовувані у процесі виробництва матеріали, сировину;
- призначення товару;
- основні рекомендації щодо догляду та використання товару.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Матеріали основні та допоміжні

Для отримання пива з використанням генетично модифікованих дріжджів використовують воду, ячмінь, для культивування – дріжджі штаму *Saccharomyces cerevisiae* BY-989. Основну, допоміжну сировину, матеріали та їх характеристики наведено у таблиці 5.

Таблиця 5 – Характеристика сировини та матеріалів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Обов'язкові показники для перевірки, та їх значення	Примітка
1	2	3	4
1. Основна сировина			
1.1 Ячмінь	ДСТУ 3769-98 «Ячмінь. Технічні умови»	Смак, колір, аромат, зовнішній вигляд	Для екстракції
1.2 Хміль	ДСТУ 7067:2009 «Хміль. Технічні умови»	Смак, колір, аромат, зовнішній вигляд	Для екстракції
1.3 Вода питна	ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» ДСанПін 2.2.4-171 [35]	Запах, рН, прозорість, смак згідно з ДСанПін 2.2.4-171	Для приготування готової продукції

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Гусак А.О.				ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Маринченко Л.В.							27	65
Реценз.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ					
Н. Контр.									
Затверд.	Голуб. Н.Б.								

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Обов'язкові показники для перевірки, та їх значення	Примітка
1	2	3	4
1. Основна сировина			
1.4 Діоксид вуглецю	ДСТУ 4817:2007 Діоксид вуглецю газоподібний та скраплений [40]	Запах, зовнішній вигляд	Для карбонізації готової продукції
1.5 Дріжджі штаму <i>Saccharomyces cerevisiae</i> BY-989	Згідно з виробничим регламентом	Мікробіологічна чистота	Для культивування
2. Допоміжна сировина			
2.1 Вода питна	ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» ДСанПін 2.2.4-171 [35]	Запах, рН, прозорість, смак згідно з ДСанПін 2.2.4-171	Для миття обладнання та сировини
2.2 Перекис водню	ДК 021-2015: 24310000-0 — Основні неорганічні хімічні речовини [36]	Діюча речовина не менше 5%	Для миття обладнання

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Обов'язкові показники для перевірки, та їх значення	Примітка
1	2	3	4
2. Допоміжна сировина			
2.3 Засіб мийний	ДСТУ 2972:2010 «Засоби мийні синтетичні порошкоподібні. Загальні технічні вимоги та методи випробовування» [37]	Відповідно до ДСТУ	Для миття обладнання
1. Матеріали			
3.1 Скляні пляшки	ДСТУ ГОСТ 10117.1 «Пляшки скляні для харчових рідин. Загальні технічні умови» [38]	Зовнішній вигляд згідно з ДСТУ, цілісність	Для упакування
3.2 Етикетки	Згідно з виробничим регламентом	Назва товару, інформація про виробника, склад, об'єм та поживна цінність	Для маркування

3.2 Контроль виробництва

У таблиці 6 зазначені параметри для контролю виробництва.

Таблиця 6 – Параметри контролю виробництва

Найменування стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Метод контролю параметра, тип приладу
1	2	3	4	5
ДР Санітарна підготовка виробництва	Чистота робочого одягу	Щоразу перед початком роботи	Чистота	Візуально
ДР Приготування дезинфікувальних та мийних розчинів	Концентрація засобів	Щоразу раз під час роботи	Розчин перекису водню 5%	Мірний посуд та ваги
ДР Підготовка приміщень	Чистота приміщень	Щоразу перед початком роботи	Чистота	Візуально
ДР Підготовка обладнання та комунікації	Чистота обладнань та комунікацій	Щоразу перед початком роботи	Чистота	Мікробіологічний аналіз, візуально

Найменування стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Метод контролю параметра, тип приладу
1	2	3	4	5
ДР Підготовка води	Вміст мікро-організмів, кислотність, жорсткість	Щоразу під час роботи	Відсутність мікроорганізмів	Мікробіологічний аналіз, рН-метр
ДР Приготування суслу	Кислотність, температура, час	Щоразу під час роботи	рН 4,1 - 4,3	рН- метр
ДР Підготовка дріжджів	Кислотність, мікробіологічна активність	Щоразу під час роботи	рН 4 – 4,6	рН- метр
ТП Бродіння та доброджування	Температура, час, кислотність, вміст цукру та алкоголю	Щоразу під час роботи	рН 4,1 t = 6 – 9 °С	рН-метр, термометр, титриметричний аналіз
ТП Доброджування	Температура, час, кислотність, вміст цукру	Щоразу під час роботи	рН 4,5 t = 0 – 2 °С	рН-метр, термометр, титриметричний аналіз

Продовження таблиці 6

Найменування стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Метод контролю параметра, тип приладу
1	2	3	4	5
ПМВ Розлив	Об'єм готової продукції та цілісність пляшок з кришками	Щоразу під час роботи	V = 0,5 мл	Візуально, автоматично
ПМВ Маркування	Цілісність етикеток	Щоразу під час роботи	Цілісна етикетка	Візуально, автоматично
ПМВ Пакування	Цілісність пляшок, кришок та плашок	Щоразу під час роботи	Цілісна упаковка	Візуально, автоматично

3.3 Матеріальний баланс

Матеріальний баланс виробництва надано в таблиці 7. Вихідними даними для матеріального балансу є виробництво 10000 дм³ пива в місяць.

Таблиця 7 – Матеріальний баланс виробництва

Використано					Отримано			
Стадія	Назва матеріалів, сировини та напівпродуктів	Кількість			Назва кінцевих продуктів, витрат та відходів	Кількість		
		кг	шт	дм ³		кг	Шт	дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДР Очищення солоду	Солод неочищений	176,88			Солод очищений	175,46		
					Втрати (0,8%)	1,42		
ДР Подрібнення солоду	Солод очищений	175,46			Солод очищений подрібнений	173,00		
					Втрати (1,4%)	2,46		
ДР Затирання	Очищений подрібнений солод	173,00			Затор	1171,82		
	Вода	1000			Втрати (0,1%)	1,18		
ДР Фільтрування затору	Затор	1171,82			Відфільтрований затор	1019,95		
					Втрати (12,96%)	151,87		
ДР Змішування інгредієнтів	Відфільтрований затор	1019,95			Сусло	1021,71		
	Гранульований хміль	1,76			Втрати (0%)	0		
ДР Нагрівання	Сусло	1021,71			Сусло	1017,62		
					Витрати (0,4%)	4,09		

Продовження таблиці 7

ДР Фільтрування	Сусло	1017,62			Відфільтроване сусло	1010,19		
					Втрати (0,73%)	7,43		
ДР Освітлення	Відфільтроване сусло	1010,19			Освітлене сусло	1006,14		
					Втрати (0,4%)	4,05		
ДР Охолодження	Освітлене сусло	1006,14			Охолоджене сусло	1006,03		
					Втрати (0,01%)	0,11		
ДР Бродіння та доброджування	Сусло	1006,03			Зброджене пиво	1003,84		
	<i>Штам дріжджів BY-989 S.cerevisiae</i>	5,4			Втрати (0,75%)	7,59		
ДР Освітлення	Зброджене пиво	1003,84			Освітлене пиво	979,74		
					Втрати (2,4%)	24,1		
ДР Пастерізація та охолодження	Освітлене пиво	979,74			Готове пиво	978,76		
					Втрати (0,1%)	0,98		
Всього:		9737,28			Всього:	9737,28		
ПМВ Пакування, маркування, відвантаження	Скляні пляшки місткістю 0,5 дм³		2056		Упакований та промаркований продукт		1958	
	Етикетки		2056					
	Металеві кришки		2056					
	Готові вироби (пляшка з етикеткою)		2056		Втрати при пакуванні (5%)		98	
Всього:		2056 пляшки з кришками та етикетками			Всього:	1958 готових пляшок		

Арк.

ДП БЕ01.08.000 ПЗ

34

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

3.4 Опис технологічного процесу

Для виготовлення пива з використанням генетично модифікованих дріжджів штаму *Saccharomyces cerevisiae* BY -989 проводять такі операції:

ДР 1 Санітарна підготовка виробництва.

ДР 1.1 Підготовка персоналу.

На даній стадії проводять організацію та ознайомлення робочого персоналу з технічними вимогами та застереженнями на виробництві. Усі працівники зобов'язані мати чистий виробничий одяг, вимити та продезінфікувати руки.

ДР 1.2 Підготовка мийних і дезінфекційних розчинів.

На даному етапі проводять приготування мийних та дезінфекційних розчинів. В реактор надходить вода з трубопроводу. В реактор Р-4 додають компоненти мийного засобу, в Р-2 перекис водню.

ДР 1.3 Підготовка приміщення.

На даному етапі відбувається генеральне прибирання приміщення за допомогою миючих та дезінфікуючих засобів, приготованих на ДР 1.2.

ДР 1.4 Підготовка обладнання та комунікацій.

На даному етапі відбувається підготовка обладнання та устаткування для подальшого виробництва.

ДР 1.4.1 Миття обладнання

Використовують мийні засоби, приготовані на ДР 1.2. Після використання мийних засобів потрібно очистити обладнання водою. Миття обладнання проводять до та після кожного виробничого циклу.

ДР 1.4.2 Стерилізація обладнання

На даному етапі за допомогою водяної пари ($P=0,5$ МПа, $t = 130$ °С, впродовж 30 хв) проводять стерилізацію виробничого обладнання. Відпрацьовану воду відправляють до знешкодження відходів.

ДР 2 Підготовка сировини

На даній стадії відбувається підготовка сировини (ячменю та хмелю) для подальшого виробництва сусле.

ДР 2.1 Підготовка води

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На даній стадії відбувається підготовка води для підготовки сировини та виробництва пива. За допомогою вугільного фільтру Ф-6, патронного фільтру Ф-7, та блоків підготовки води Ф-9, Ф-10, Ф-11 відбувається очищення води від гідрокарбонатної жорсткості та забруднень.

ДР 2.2 Підготовка солоду

На даній стадії за допомогою підготовленої води очищують ячмінь (176,88 кг) для видалення можливих забруднень. Використана вода направляється насосом Н-12 до ЗВ 11.

ДР 2.3 Подрібнення солоду

Очищений солод надходить до солододробарки. Далі – до збірнику З-24

ДР 3 Приготування затору

Дроблений солод шнеком подається до заторного апарату Р-20. Додається вода ($t = 40-50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

ДР 3.1 Затирання затору

Одержану масу затирають за температури $50-52\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після затирання затор нагрівають до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ за допомогою подачі гарячої води в сорочку реактору Р-20 та витримують 30 хв.

ДР 3.2 Охолодження затору

Потім затор охолоджують до $50-52^{\circ}\text{C}$. Охолодження відбувається за рахунок теплообмінника Т-23.

ДР 3.3 Фільтрування

Одержану масу передають до грубого фільтра Ф-21, за допомогою якого відбувається процес фільтрування.

ДР 4 Приготування суслу

ДР 4.1 Змішування інгедієнтів

На даній стадії готовий затор за допомогою насоса передається до збірнику Р-20. Далі додається гранульований хміль (1,76 кг) за стадії ДР 3.1. На цьому етапі відбувається нагрівання суміші до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ подачею гарячої води в сорочку реактора Р-20. Процес відбувається за тиску $0,02-0,03\text{ МПа}$ протягом 30 хв.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР 4.2 Охолодження

На цьому етапі відбувається охолодження суслу до до 50-52°C. Охолодження відбувається за рахунок теплообмінника Т-23.

ДР 4.3 Фільтрування

Сусло направляється до грубого фільтру Ф-21 для відділення осаду. Відділений осад направляється на стадію ЗВ 11.

ДР 4.4 Освітлення

Заварене сусло направляється за допомогою насосу Н-22 до гідроциклону Ц-28, де відбувається настоювання суміші. В процесі (Т = 1,5 год) настоювання осідають білки. Протягом цього часу сусло охолоджується до 20 °С.

ДР 5 Підготовка культури дріжджів

ДР 5.1 Культивування культури дріжджів в пробірках

На даній стадії використовуються дріжджі в пробірках. Культура дріжджів закуповується і зберігається для подальшого використання в пробірках на скошеному агаризованому середовищі.

ДР 5.2 Культивування дріжджів в колбах

На даному етапі в колбах К-36 і К-37 вирощують посівний матеріал – культуру *Saccharomyces cerevisiae* штаму ВУ-989. Рівень рН не має перевищувати 4. Час вирощування становить 3-5 діб

ДР 5.3 Культивування культури дріжджів в ЦКБА

Для забезпечення достатньої кількості дріжджів дріжджі зі стадії ДР 5.2 подають до ферментеру Р-32, туди ж додають 1/3 частину сусла зі стадії ДР 4. Температура для культивування має становити 20-25 °С. Через 1-2 доби дріжджі готові для подальшого виробництва пива. Рівень рН становить 4,5-4,6

ТП 6 Бродіння сировини

Сусло із вирощеними дріжджами зі стадії ДР 5 направляють за допомогою насосу в ЦКБА-35. В сорочку апарату додається охолоджений етиленгліколь. Процес бродіння відбувається за температури 6-9 °С та триває від 7 до 10 діб.

ТП 7 Доброджування сировини

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після закінчення стадії бродіння суміш залишається в апараті на доброджування. Температуру в ЦКБА знижують до 0–2 °С за допомогою подачі холодного етиленгліколю в сорочку, тиск в ЦКБА становить 0,03-0,05 МПа. Процес доброджування становить близько 14 діб.

ДР 8 Карбонізація

На даному етапі подається CO₂ через колектор в ЦКБА-35. За допомогою CO₂ відбувається процес карбонізації.

ДР 9 Фільтрування

Отриману суміш за допомогою насосу Н-36 подають на стадію фільтрування. Осад направляють на стадію ЗВ 11.

ПМВ 10 Пакування, маркування, відвантаження

ПМВ 10.1 Розлив

На даній стадії готове пиво розливається в пляшки об'ємом 0,5 л, пляшки закривають металевими кришками.

ПМВ 10.2 Маркування

На кожен пляшку наклеюють етикетку.

ПМВ 10.3 Відвантаження

Готову продукцію відвантажують в ящики для подальшого продажу.

ЗВ 11 Знешкодження відходів

ЗВ 11.1 Знешкодження рідких відходів

Рідкі відходи зі стадій ДР 1.3, ДР 3.1, ДР 4.1, ТП 6, ТП 7 знешкоджуються або йдуть на очищення та повторне використання.

ЗВ 11.2 Знешкодження твердих відходів.

Тверді відходи зі стадій ДР 3.1, ДР 3.4, ДР 4.3, ДР 4.4, ДР 5.3, ДР 8 знешкоджуються або йдуть на очищення та повторне використання.

ЗВ 11.3 Знешкодження газоподібних відходів

CO₂ від ДР 9 йде на очищення та повторне використання.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ПІДБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

Для бродіння та доброджування пива використовують циліндро-конічні бродильні апарати.

Циліндро-конічні бродильні апарати (ЦКБА) призначені для виготовлення продуктів, що потребують процесу бродіння. Бродильна ємність являє собою циліндро-конічну посудину зі сферичною кришкою, забезпечену сорочками для охолодження зброджуваного бродячого сусла.

ЦКБА застосовуються для виробництва алкогольних і безалкогольних напоїв, для яких технологією передбачено етапи бродіння сировини. ЦКБА використовувати вигідно тому, що:

- Дріжджі осідають у нижній частині ємності. Їх можна видалити через кран. Немає необхідності переливати сусло на доброджування. Це спрощує процес і мінімізує ймовірність зараження молодого пива.
- Через бічний кран можна відбирати напівпродукт на аналіз та перевіряти на рН напій.
- Сорочка дає змогу регулювати температуру сусла

У нижній частині бродильної ємності змонтовані дріжджо-віддільник і горизонтально розташована мішалка. Ємність має трубопровід для видалення діоксиду вуглецю та подачі мийного розчину і камеру для введення культури дріжджів та виведення готового продукту. Ємності встановлюється на кільцевих опорах.

Бродильні ємності можуть бути виконані як у вертикальному, так і в горизонтальному виконанні, оснащені сорочками охолодження, теплоізовані сучасними ізоляційними матеріалами, мати зовнішній захисно-декоративний кожух із неіржавкої сталі. Комплектуються імпортною або вітчизняною автоматикою, вакуумно-запобіжною і трубопровідною арматурою, мийними головками.

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Гусак А.О.			ПІДБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ			Літ.		Арк.	Акрушів	
Перевір.		Маринченко Л.В.								39	65	
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ				
Н. Контр.												
Затверд.		Голуб. Н.Б.										

Циліндро-конічний бродильний апарат – це найбільш розповсюджений апарат для пивоваріння. З його допомогою вдалося наростити обсяги промислового виробництва зі збереженням якості напою. На цей час спостерігається тенденція до подальшого збільшення його розмірів. Зростання габаритів вигідне як в економічному, так і в технологічному аспекті. Але це не може тривати до нескінченності. Величина ЦКБА лімітується об'ємом котла для варіння сусла і часом заповнення танка. А також іншими вимогами: збільшенням споживання холоду, можливості транспортування від виробника до замовника та інші.

4.1 Розрахунки продуктивності ЦКБА та кількості апаратів

Бродіння та доброджування відбувається в циліндро-конічному бродильному апараті.

Проаналізувавши попит на пиво в Україні, згідно з даними за 2022 рік, можна зробити висновок, що пиво є лідером продажів у сегменті алкогольних напоїв із часткою 35%. Загалом в Україні 241 броварня, серед них – 204 малі броварні з обсягом виробництва до 300 000 л пива на рік [41].

У технічному завданні визначено, що за місяць завод виготовляє 10000 дм³ (1000 дал) пива. Тоді за добу має виготовлятися $1000/30 = 33,3$ дал/добу.

Робота триває 300 діб на рік. Продуктивність, Q , дал/рік, становить:

$$Q = 33,3 \times 300 = 9990 \text{ дал/рік або } 10000 \text{ дал/рік}$$

Загальний об'єм апаратів бродіння за технічним завданням становить $V_a = 3600$ дм³, робочий об'єм – 3000 дм³ (300 дал).

Коефіцієнт заповнення становить 0,8.

Кількість апаратів N (од.) розраховуємо за формулою [39]:

$$N = \frac{Q}{V_{a \text{ кор}} \times Z}$$

де $V_{a \text{ кор}}$ – корисна місткість апарату, дал;

Z – оборотність апарату;

Q – продуктивність відділення за товарним пивом, дал.

Розраховуємо оборотність апарата Z :

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z = \frac{300}{T + 1}$$

де 300 – кількість робочих днів апарата,

T – тривалість бродіння, діб

1 – час на заповнення, звільнення і миття апарату після кожного оберту, діб.

$$Z = \frac{300}{20 + 1} = 15$$

$$N = \frac{10000}{300 \times 15} = 2,22$$

Враховуючи 1 запасний апарат на виробництві, загальна кількість ЦКБА номінальною місткістю 3600 дм³, робочою – 3000 дм³ становить 4.

4.2 Визначення основних розмірів ЦКБА

Розраховуємо висоту конусної частини циліндро-конічного бродильного апарата.

$$h_k = D \times 0,6$$

де D – діаметр конуса, м

Приймаємо значення коефіцієнта 0,6, оскільки оптимальний кут конусної частини становить 60° [39].

Стандартними діаметрами є 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 м.

Коефіцієнт заповнення ЦКБА сушом (k = 80%)

Встановимо діаметр основи D = 1,4 м

Висота конусної частини ЦКБА, h_k, м:

$$h_k = 1,4 \times 0,6 = 0,84 \text{ м}$$

Розраховуємо об'єм конусної частини V_k, м³, за формулою:

$$V_k = \frac{h_k}{3} \times \pi \times r^2$$

$$V_k = \frac{0,84}{3} \times 3,14 \times 0,7^2 = 0,42 \text{ м}^3$$

Розраховуємо висоту танку h, м, ЦКБА:

$$h = h_c \cdot D$$

h_c = 1,5 м – висота сусли, враховуючи коефіцієнт заповнення ЦКБА (k = 80%) [39]

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h = 1,5 \cdot 1,4 = 2,1 \text{ м}$$

Розраховуємо висоту ЦКБА без конуса $h_{ц}$, м:

$$h_{ц} = h - h_{к}$$

$$h_{ц} = 2,1 - 0,84 = 1,26 \text{ м}$$

Розраховуємо повну висоту ЦКБА, $h_{п}$, м:

$$h_{п} = \frac{h_{ц}}{k}$$

$$h_{п} = \frac{1,26}{0,8} = 1,57 \text{ м}$$

Розраховуємо загальну висоту ЦКБА $h_{заг}$, м:

$$h_{заг} = h_{к} + h_{п}$$

$$h_{заг} = 0,84 + 1,57 = 2,41 \text{ м}$$

Розраховуємо об'єм циліндричної частини $V_{ц}$, м^3 :

$$V_{ц} = \pi \times r^2 \times h_{п}$$

$$V_{ц} = 3,14 \times 0,7^2 \times 1,57 = 2,41 \text{ м}^3$$

Розраховуємо загальний об'єм ЦКБА V , м^3 :

$$V = V_{ц} + V_{к}$$

$$V = 2,41 + 0,42 = 2,83 \text{ м}^3$$

Згідно з даними розрахунків оберемо циліндро-конічний бродильний апарат робочою місткістю 3000 м^3 . Компанія: Термо Паб ЦКТ 3000 У.

4.3 Тепловий розрахунок

Розраховуємо площу поверхні теплообміну сорочки циліндричної частини, $S_{с}$, м^2 :

$$S_{с} = 2\pi r \cdot h_{ц}$$

$$S_{с} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,7 \cdot 1,26 = 5,53 \text{ м}^2$$

Об'єм сусла $V_{а\text{ кор}}$ становить 96 дал.

$E = 5\%$ - масова частка сухої речовини вихідного сусла,

$e = 0,3\%$ - екстракт зброджуваного сусла.

В процесі зброджування 1 кг сировини в перерахунку на сахарозу виділяється 236 кДж теплоти.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо загальну кількість теплоти Q , кДж:

$$Q = 236 \times \left(\frac{E}{100} - \frac{e}{100} \right) \times V_{\text{а кор}} \times 10 \times p$$

де 10 – коефіцієнт перерахунку декалітрів у дм^3 .

p – відносна густина суслу, яка становить 1,01

$$Q = 236 \times \left(\frac{5}{100} - \frac{0,3}{100} \right) \times 96 \times 10 \times 1,01 = 10754,8 \text{ кДж}$$

Розраховуємо кількість теплоти, яку потрібно відвести для охолодження суслу $Q_{\text{ох}}$, кДж:

$$Q_{\text{ох}} = G \times c \times (t_{\text{п}} - t_{\text{к}})$$

де G – маса суслу, кг;

c – питома теплоємність охолоджуваного продукту, кДж/(кг·К),

$c = 4,19$ кДж/(кг·К)

$t_{\text{п}}$, $t_{\text{к}}$ – температура продукту згідно технологічного процесу, відповідно, початкова (9) і кінцева (0), °С.

Масу суслу G , кг розраховуємо за формулою:

$$G = V_{\text{пива}} \times p$$

де p – густина суслу, що становить 1,01

$$G = V_{\text{пива}} \times p$$

$$G = 1019,96 \times 1,01 = 1030,15 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{ох}} = 1030,15 \times 4,19 \times (9 - 0) = 38846,95 \text{ кДж}$$

Розраховуємо витрати холодоносія $G_{\text{х}}$, м^3 :

$$G_{\text{х}} = \frac{Q_{\text{ох}}}{c_{\text{х}} \times (t_{\text{к}} - t_{\text{п}})}$$

де $c_{\text{х}}$ – питома теплоємність холодоносія, кДж/(кг·К), для середньої його температури $t_{\text{ср}} = (t_{\text{к}} + t_{\text{п}}) / 2$.

Холодним теплоносієм в даній технології виступає етиленгліколь. Для охолодження суслу його температура становить від 2 до 17 °С.

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{к}} + t_{\text{п}}}{2} = \frac{17 + 2}{2} = 9,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За даної температури питома теплоємність $c_{\text{х}} = 3,86$ кДж/(кг·К)

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Gx = \frac{202867,43}{3,86 \times (17-2)} = 607,93 \text{ (кг)} = 0,6 \text{ м}^3$$

Розраховуємо поверхню теплообміну теплообмінника для охолодження сусла, F, м²:

$$F = \frac{Q_{ox}}{K \times \Delta t_{cp}}$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, кДж/(м² · год · К);

Δt_{cp} – середня різниця температур рідин, що беруть участь у теплообміні, °С

Розраховуємо середню різницю температур Δt_{cp}, °С:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}$$

де Δt₆ і Δt_m – значення найбільшої і найменшої температури відповідно.

В даній технології процес охолодження сусла етиленгліколем триває 3 години. Кількість теплоти за 1 годину, Q_{ox1} кДж становить:

$$Q_{ox1} = \frac{Q_{ox}}{3}$$

$$Q_{ox1} = \frac{38846,95}{3} = 12948,98 \text{ кДж}$$

Різниця температури про охолодженні сусла становить 9°С і 0°С. Різниця температури етиленгліколю становить 17 °С і 2 °С.

Розраховуємо більшу середню температуру, Δt₆, °С:

$$\Delta t_6 = \frac{9+17}{2} = 13 \text{ } ^\circ C$$

Розраховуємо меншу середню температуру, Δt_m, °С:

$$\Delta t_m = \frac{0+2}{2} = 1 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{13-1}{2,3 \lg \frac{13}{1}} = 4,68 \text{ } ^\circ C$$

Коефіцієнт теплопередачі приймаємо K = 1676 кДж/(м² · год · К)

Поверхня теплообміну теплообмінника для охолодження сусла, F, м² становить:

$$F = \frac{38846,95}{1676 \times 4,68} = 4,95 \text{ м}^2$$

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з розрахунками можна зробити висновок, що даний виробничий апарат підходить для використання, оскільки значення площі поверхні теплообміну сорочки ($S_c = 5,53 \text{ м}^2$) є більшим за значення поверхні теплообміну теплообмінника ($F = 4,95 \text{ м}^2$).

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів, засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності (ч. 1 ст. 1 Закону про охорону праці [42]).

Законодавство про охорону праці можна поділити на три пункти:

1) Основні положення, що стосуються реалізації конституційних прав працівників на захист свого життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні, безпечні та здорові умови праці;

2) Взаємовідносини роботодавця і працівника з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

3) Даний закон встановлює єдиний порядок організації виробничого контролю в Україні.

Законодавство про охорону праці поширюється на всіх роботодавців (як юридичних, так і фізичних осіб) і всіх працівників.

Однак відносини, пов'язані з виконанням робіт за контрактом або наданням послуг, не регулюються трудовим законодавством і не підпадають під дію законодавства про охорону праці. Таким чином, вимоги до питань ОП на підприємстві або на робочому місці, де проводиться така робота, визначаються у відповідному контракті за угодою сторін. Про це йдеться в листі Державної комісії з питань праці від 31.03.2016 р. № 3684/2/12-ДП-16.

Вимоги охорони праці під час виробництва пива і безалкогольних напоїв [43]:

- нагрівання деталей електромагнітних сепараторів (магнітопроводу, підшипників) не повинно перевищувати 60 °С;

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гусак А.О.			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ		Літ.	Арк.
Перевір.		Маринченко Л.В.						46
Реценз.							КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ	
Н. Контр.								
Затверд.		Голуб. Н.Б.						

- устаткування підробного і дробильного відділень має бути заземлене, щоб уникнути небезпечних розрядів статичної електрики.
- посудини для замочування зерна мають бути оснащені пристроєм для видалення діоксиду вуглецю.
- майданчики для обслуговування посудин для замочування зерна повинні бути нижчими на 1,2 м від верхньої кромки посудини.
- двері солодосушарок повинні мати блокування з електроприводом солодозбиральника, що вимикає його в разі відчинення дверей.
- вхід працівників у камеру солодосушарок допускається після знеструмлення електропривода. На пусковому пристрої має бути вивішений плакат «Не вмикати! Працюють люди».
- роботи всередині солодосушарок повинні проводитися за температури не вище 40 °С із застосуванням теплоізолюючих одягу і взуття та ЗІЗ органів дихання.
- напруга в ланцюзі керування електроприводів солодозбиральника та інших механізмів і машин солодорозтиральних відділень повинна бути не вищою за 50 В.
- висота підситового простору солодоростильних ящиків повинна бути не менше 1,8 м.
- шахта солодосушарки у верхній частині повинна бути закрыта незнімною решіткою.
- технологічне обладнання, що використовується для дроблення солоду та інших зернопродуктів, має бути герметизоване.
- огороження, що перешкоджають доступу працівників у зону розмелювання зерна, повинні бути заблоковані з приводом.
- корпуси заторного, сусловарочного апаратів, фільтраційної посудини, ємності для гарячої води повинні бути теплоізовані. Ємності для гарячої води повинні бути обладнані блокуванням від переливу.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зброджування суслу повинно здійснюватися в герметично закритих посудинах, що запобігають потраплянню діоксиду вуглецю в повітря робочої зони.
- за неможливості організації закритого способу бродіння у бродильному відділенні має бути влаштована припливно-витяжна вентиляція, що забезпечує нормований вміст діоксиду вуглецю в повітрі робочої зони.
- для контролю повітряного середовища в приміщенні мають бути встановлені газоаналізатори.
- на бродильних, лагерних танках і збірниках фільтрованого пива має бути нанесено напис «Обережно! Вуглекислий газ».
- у цехах бродіння і доброджування пива повинні бути прилади для визначення концентрації діоксиду вуглецю, ЗІЗ органів дихання і страхувальні прив'язі.
- вхід у приміщення цехів бродіння і доброджування пива особам, які не пройшли відповідного інструктажу, заборонено.
- реактори, сатуратори та інші посудини, що працюють під тиском, які використовуються під час виробництва газованих напоїв, повинні експлуатуватися згідно з вимогами нормативних правових актів у галузі промислової безпеки, на яких використовується обладнання, що працює під надлишковим тиском.
- розлив пива повинен проводитися в окремому приміщенні, обладнаному припливно-витяжною вентиляцією.
- на ділянці обладнання у місцях виділення вологи повинні бути встановлені місцеві відсмоктувачі.
- підйомники для міжповерхового транспортування пляшок і ящиків незалежно від їхнього типу і конструкції повинні мати звукову і світлову сигналізацію, що сповіщає про пуск підйомника.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

5.2 Охорона довкілля

Щодо впливу на довкілля технологій пивоваріння, які виникають на етапі експлуатації пивоварних підприємств, насамперед належать [44]:

- споживання енергії;
- споживання води;
- скидання стічних вод;
- утворення відходів виробництва і побічних продуктів;
- викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря.

Для технологічних процесів пивоварного виробництва характерне досить інтенсивне споживання як електричної, так і теплової енергії. Теплова енергія споживається в бойлерах для виробництва пари, що використовується головним чином для варіння сусла та нагрівання води у варильному цеху і в цеху розливу в пляшки.

Питоме споживання енергії на пивоварному заводі може коливатися в діапазоні 100-200 МДж/гЛ залежно від розмірів підприємства, складності технологічного процесу та інших перерахованих вище факторів.

Для пивоваріння характерні високі обсяги споживання високоякісної води. Пиво більш ніж на 90% складається з води, і економічний пивоварний завод витрачає для виробництва 1 літра пива 4-7 л води.

Стічні води пивоварних заводів забруднені здебільшого органічними речовинами, що утворюються під час технологічного процесу. У процесі виробництва пива утворюються такі рідини, як слабке (неохмелене) сусло і залишкове пиво, які пивоварним заводам слід повторно використовувати, а не відводити разом зі стічними водами.

У процесі виробництва пива утворюються різноманітні відходи, наприклад пивна дробина, які мають комерційну цінність і можуть бути продані сільськогосподарським підприємствам як побічні продукти.

Найсуттєвішими викидами в атмосферу від пивоварних заводів є запах і пил.

Багато пивоварних заводів можуть домогтися істотної економії споживаних природних ресурсів, дотримуючись наведених нижче технологічних інструкцій:

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- встановити лічильники електроенергії та водомірні лічильники для вимірювання та контролю енерго- і водоспоживання на підприємстві;
- розрахувати баланс споживання гарячої води по пивоварному заводу загалом, для того, щоб виявити можливості рекуперації тепла від виробничих процесів або енергосистем загального користування для технологічного оброблення або підігріву живильної води котлів;
- контролювати й оптимізувати випаровування в процесі кип'ятіння сусла;
- забезпечити якісну ізоляцію трубопроводів, ємностей, клапанів і патрубків у системах циркуляції пари, гарячої води та холодоагенту, сусловарочних котлів та їхніх елементів, тунельних пастеризаторів і пляшководних машин;
- передбачити високий коефіцієнт рекуперації в пастеризаторах миттєвої дії, наприклад тих, що використовуються під час розливу та виробництва деаерованої води; це також скорочує потребу в охолодженні;
- обмежити використання, особливо перевитрату, гарячої води; - оптимізувати нагрівання потокових пастеризаторів і розглянути можливість введення управління установкою для пастеризації;
- застосовувати енергосистеми загального користування на базі комбінованого виробництва теплової та електроенергії теплоелектростанціями; - оптимізувати функціонування систем охолодження;
- забезпечити мінімально можливий рівень тиску в системі стисненого повітря. У разі зниження тиску з 8 бар до 7 бар споживання електроенергії має знизитися приблизно на 7%;
- оптимізувати експлуатацію потужних електродвигунів.

До числа рекомендацій щодо споживання води пивоварними заводами належать такі:

- обмежувати використання води для охолодження сусла об'ємом, необхідним для затирання, який, як правило, в 1,1 раза перевищує об'єм сусла;
- допускати можливість коливання рівня води в резервуарах для зберігання рекуперованої води, розумно використовуючи, таким чином, ємність резервуарів.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Постійне заповнення резервуарів може призвести до переливу та непродуктивних втрат води;

- оптимізувати функціонування пристроїв безрозбірного миття і порядок його проведення, щоб уникнути зайвих втрат води і мийних засобів;
- оцінювати технічну можливість монтажу замкнутої системи циркуляції води, використовуваної в процесі пастеризації, коли воду пропускають через градирню і повторно направляють у потоковий пастеризатор. Це знижує споживання свіжої води поточним пастеризатором і заповнює втрати води від випаровування і можливого зливу. Системи рециркуляції здатні скоротити споживання води поточними пастеризаторами на 80%;
- встановити рециркуляційний резервуар для вакуумних насосів, що використовуються в процесі розливу. Встановлення рециркуляційного резервуара може скоротити споживання води вакуумним насосом на 50%;
- удосконалювати порядок роботи з метою скорочення обсягу залишкового пива, що утворюється, наприклад, повністю спорожняти резервуари, підтримувати чистоту і порядок на виробництві, впровадити ефективні системи моніторингу;
- забезпечити осадження каустичних засобів із пляшкомиїних машин;
- збирати промивну воду, використану під час останнього промивання циклу безрозбірного миття, і повторно використовувати її під час першого промивання в наступному циклі.

До числа методів очищення технологічних стічних вод, що утворюються на підприємствах галузі, входять:

- усереднення витрат і навантажень,
- стабілізація показника рН,
- зменшення кількості зважених твердих частинок шляхом осадження за допомогою кларифікаторів (апаратів для освітлення)
- біологічна обробка.

З метою скорочення обсягів відходів виробництва, що утворюються, і розширення реалізації побічних продуктів рекомендується розробляти і впроваджувати природоохоронні заходи за такими напрямками [45]:

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- оптимальне використання сировини з метою підвищення виходу і скорочення обсягів твердих і рідких відходів, що утворюються, зокрема:
- недопущення використання низькоякісної сировини;
- оптимізація розмелювання солоду; - оптимізація фільтрації, зокрема досить ретельне промивання пивної дробини для максимально можливого виходу екстракту;
- збір слабкого суслу для використання під час затирання солоду при приготуванні наступної партії пива;
- оптимізація освітлення за рахунок використання гідроциклону, оскільки наслідком недостатнього освітлення є високий вміст осаду;
- вилучення суслу з гарячого осаду;
- вилучення пива з надлишків дріжджів;
- збір і повторне використання залишкового пива. Якість пива, отриманого до і після цього процесу, є високою, і таке пиво можна додавати безпосередньо в готовий продукт на фільтраційній лінії. Інше залишкове пиво, що утворюється в цеху розливу, слід повертати в гідроциклон;
- за наявності технічної та економічної можливості слід отримувати комерційну вигоду з відходів, що утворюються, шляхом:
- недопущення скидання гарячого осаду в каналізацію;
- збирання та повторного використання дріжджів, що утворюються як побічний продукт у процесі бродіння;
- видалення паперової маси, що утворюється під час змивання етикеток з повернутих пляшок;

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було розроблено проєкт технології виробництва пива з використанням генетично модифікованих дріжджів штаму *Saccharomyces cerevisiae* BY-989.

1. Надано характеристику цільового продукту – пива зі смаком маракуї та гуави та сировини для його виготовлення – ячмінного солоду, води, хмелевого концентрату та генетично модифікованих дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* BY-989.

2. Описано вибраний продуцент *Saccharomyces cerevisiae* BY-989 для виробництва пива зі смаком маракуї та гуави, надано особливості його культивування.

3. Обґрунтовано вибір технології виготовлення кінцевого продукту: бродіння в ЦКБА за рН 4,1 і температури 6 – 9 °С протягом 7 -10 діб; доброджування в тому самому апараті за рН 4.5 і температури 0 – 2 °С протягом 14 діб. Загальний час виробництва готової продукції становить близько 20 діб.

4. Розроблено та описано технологічну та апаратурну схему, розраховано матеріальний баланс виробництва із розрахунку 1000 дал пива на 1 місяць.

5. Виконано розрахунок і креслення циліндро-конічного бродильного апарату: вибрано апарат робочим об'ємом 3000 дм³ ЦКТ 3000 У виробництва компанії Термо Паб; номінальний об'єм апарату становить 3600 дм³; підібрано інше обладнання виробництва.

6. Описано заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища.

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Гусак А.О.			ВИСНОВКИ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Маринченко Л.В.								53	65
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ			
Н. Контр.											
Затверд.		Голуб. Н.Б.									

ДОДАТОК А

Таблиця – 8 Специфікація обладнання, КВП і А

54

Індекс і номер за схемою	Найменування	Кількість одиниць	Технічна характеристика
1	2	3	4
Д-1	Дозатор	1	Матеріал корпусу - нержавіюча сталь
Д-3	Дозатор	1	Матеріал корпусу - нержавіюча сталь
Д-19	Дозатор	2	Матеріал корпусу - нержавіюча сталь
Д-26	Дозатор	1	Матеріал корпусу - нержавіюча сталь

					ДП БЕ01.08.000.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДОДАТОК А		
Розроб.	Гусак А.О.						
Перевір.	Маринченко Л.В.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Голуб. Н.Б.						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						54	65
					КПП ім. Ігоря Сікорського		
					ФБТ		

Індекс і номер за схемою	Найменування	Кількість одиниць	Технічна характеристика
1	2	3	4
Д-30	Дозатор	1	Матеріал корпусу - нержавіюча сталь
Д-31	Дозатор	2	Матеріал корпусу - нержавіюча сталь
Д-33	Дозатор	1	Матеріал корпусу - нержавіюча сталь
Р-2	Реактор	1	Об'єм 2 м ³ . Параметри: робочий тиск до 4 кПа. Перемішуючий пристрій якірна мішалка, потужність 1,5 кВт

Індекс і номер за схемою	Найменування	Кількість одиниць	Технічна характеристика
1	2	3	4
P-4	Реактор	1	Об'єм 2 м ³ . Параметри: робочий тиск до 4 кПа. Перемішуючий пристрій якорна мішалка, потужність 1,5 кВт
P-20	Реактор	2	Об'єм 2,5 м ³ . Робочий тиск до 4 кПа. Перемішуючий пристрій якорна мішалка, потужність 1,5 кВт
P-32	Реактор	1	Об'єм 0,63 м ³ . Робочий тиск до 4 кПа. Перемішуючий пристрій якорна мішалка, потужність 1,5 кВт

Індекс і номер за схемою	Найменування	Кількість одиниць	Технічна характеристика
1	2	3	4
Н-5	Відцентрований насос постійного тиску	1	Збірний Насос кВт Н _{мах} 35 м Q _{мах} 50 л/хв (775406)
Н-8	Відцентрований насос постійного тиску	1	Збірний Насос кВт Н _{мах} 35 м Q _{мах} 50 л/хв (775406)
Н-12	Відцентрований насос постійного тиску	2	Збірний Насос кВт Н _{мах} 35 м Q _{мах} 50 л/хв (775406)
Н-22	Насос для транспортування затону та сусли	2	Збірний
Н-29	Відцентрований насос постійного тиску	1	Збірний Насос кВт Н _{мах} 35 м Q _{мах} 50 л/хв (775406)
Н-36	Відцентрований насос постійного тиску	1	Збірний Насос кВт Н _{мах} 35 м Q _{мах} 50 л/хв (775406)

Індекс і номер за схемою	Найменування	Кількість одиниць	Технічна характеристика
1	2	3	4
Ф-6	Фільтр вугільний	1	Продуктивність: 0,6 м ³ / год; Тиск: 0,2 – 0,6 МПа
Ф-7	Фільтр патронний	1	Продуктивність: 0,6 м ³ / год;
Ф-9	Блок підготовки води очищеної	1	Продуктивність: 1,2 - 1,7 м ³ / год; Картриджний фільтр ВВ 20 "PP
Ф-10	Блок підготовки води очищеної	1	Продуктивність: 1,2 - 1,7 м ³ / год; Картриджний фільтр ВВ 20 "PP
Ф-11	Блок підготовки води очищеної	1	Продуктивність: 1,2 - 1,7 м ³ / год; Картриджний фільтр ВВ 20 "PP
Ф-21	Фільтр ситчастий фланцевий	2	Збірний, Неірж. Сталь 12X18H10T

Індекс і номер за схемою	Найменування	Кількість одиниць	Технічна характеристика
1	2	3	4
Ф-37	Фільтр ситчастий фланцевий	1	Збірний, Неірж. Сталь 12X18H10T
З-24	Збірник очищеного солоду	1	Об'єм 1,5 м ³ . Неірж. сталь 12X18H10T
Ц-28	Гідроциклон	1	Об'єм 2 м ³ . Неірж. сталь 12X18H10T
Т-23	Теплообмінник пластинчатого типу	2	Загальна поверхня теплообміну 100 м ² . Поверхня одної пластини 0,5м ² Неірж. сталь 12X18H10T
ТМ-1	Посівний матеріал в пробірках	1	Об'єм 5 мл.
ТК-2	Посівний матеріал в пробірках	1	Об'єм 5 мл.

Індекс і номер за схемою	Найменування	Кількість одиниць	Технічна характеристика
1	2	3	4
К-28	Колба для рідкофазного культивування вегетативного посівного матеріалу	1	Об'єм 2,5 л. Неірж. сталь 12X18H10T
К-29	Колба для рідкофазного культивування вегетативного посівного матеріалу	1	Об'єм 2,5 л. Неірж. сталь 12X18H10T
ЦКБА-35	Циліндро- конічний бродильний апарат	1	Номінальний об'єм 3,6 м ³

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бетанкур, М.І.; Мотокі, К.; Спенс, К.; Velasco, С. Фактори, що впливають на вибір пива: огляд. Харчова рез. Міжн. 2020 , 137 , 109367
2. Постіго, В.; Гарсія, М.; Cabellos, JM; Арройо, Т. Винні дріжджі *Saccharomyces* для бродіння пива. Ферментація 2021 , 7 , 290.
3. Ван Донкелаар; Мостерт, Дж.; Зісопулос, Ф.К.; Бум, Р.М.; van der Goot, AJ Використання ферментів для пивоваріння: Термодинамічне порівняння використання ресурсів. Енергія 2016 , 115 , 519–527.
4. Хумія Б.В.; Сантос, Канзас; Шнайдер, Дж. К.; Ліл, Іллінойс; де Абреу Баррето, Г.; Батіста, Т.; Мачадо, ВАС; Друзьян, ЛІ; Краузе, LC; да Коста Мендонса, М.; та ін. Фізико-хімічний та сенсорний профіль солодкого картопляного пива *Beauregard*. Харчова хім. 2020 , 312 , 126087.
5. Salanttă, LC; Coldea, TE; Ігнат, М.В.; Поп, ЧР; Тофане, М.; Мудура, Е.; Борша, А.; Паскуалоне, А.; Анжос, О.; Zhao, Н. Функціональність спеціальних процесів виробництва пива та потенційна користь для здоров'я. *Processes* 2020 , 8 , 1613.
6. Лю, М.; Цзен, З.; Xiong, В. Приготування нових твердофазних мікроекстракційних волокон за золь-гель технологією для твердофазного мікроекстракційно-газохроматографічного аналізу ароматичних сполук у пиві. *J. Chromatogr. A* 2005 , 1065 , 287–299.
7. Кортасеро-Рамірес, С.; Ернаїнц-Бермудес Де Кастро, М.; Сегура-Карретеро, А.; Cruces-Blanco, С.; Фернандес-Гутьєррес, А. Аналіз компонентів пива капілярними електрофоретичними методами. Анальний аналіз⁵⁹ тенденцій *TrAC. Chem.* 2003 , 22 , 440–455.
8. Ромеро-Медіна, А.; Естаррон-Еспіноза, М.; Верде-Кальво, JR; Лельєвр-Демас, М.; Escalona-Buendía, НВ Відновлення традицій: Сенсорна та хімічна характеристика мексиканського пігментованого кукурудзяного пива. *Foods* 2020 , 9 , 886.
9. Бокуліч Н.А.; Бамфорт, К. В. Мікробіологія солодування та пивоваріння. мікробіол. мол. *Biol.* 2013 , 77 , 157–172.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

10. Пірес, Е. Дж.; Тейшейра, JA; Браник, Т.; Вісенте, А. А. Дріжджі: душа аромату пива — Огляд ароматичних ефірів і вищих спиртів, що виробляються пивними дріжджами. *апл. мікробіол. Біотехнологія*. 2014 , 98 , 1937–1949.
11. Фонтана, М.; Buiatti, S. Амінокислоти в пиві. В *Пиво в здоров'ї та профілактиці захворювань* ; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2009; С. 273–284.
12. Поведа, Дж. М. Біогенні аміни та вільні амінокислоти в крафтовому пиві з іспанського ринку: статистичний підхід. *Контроль харчових продуктів* 2019 , 96 , 227–233.
13. Денг, Ю.; Лім, Дж.; Лі, GH; Хан Нгуєн, ТТ; Сяо, Ю.; Піао, М.; Кім, Д. Варіння збагаченого рутином світлого пива з гречаним солодом як допоміжним. *J. Microbiol. Біотехнологія*. 2019 , 29 , 877–886.
14. Briggs, D. *Malts and Malting* ; Springer Science & Business Media: Берлін/Гейдельберг, Німеччина, 1998.
15. Бріггс, Делавер; Бултон, Каліфорнія; Брукс, Пенсільванія; Стівенс, Р. *Пивоваріння: наука і практика* ; CRC Press: Cambridge, UK, 2004.
16. Gąsior, J.; Kawa-Rygielska, J.; Кухарська, А. Профіль вуглеводів, вміст поліфенолів та антиоксидантні властивості пивних сусел, вироблених з різними сортами темного солоду або смажених зерен ячменю. *Molecules* 2020 , 25 , 3882.
17. Макміллан, Т.; Tidemann, BD; О'Донован, JT; Ізидорчик М. С. Вплив застосування регулятора росту рослин на пивоварні якості ячменю. *J. Sci. Food Agric.* 2020 , 100 , 2082–2089.
18. Баяно, А. Крафтове пиво: огляд. *компр. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2020 , 20 , 1829–1856.
19. De Keukeleire, D. Основи хімії пива та хмелю. *Quim. Nova* 2000 , 23 , 108–112.
20. Ло, Ю.; Конг, Л.; Сюе, Р.; Ван, В.; Xia, X. Гіркота в алкогольних напоях: профілі сприйняття, складові та внески. *Trends Food Sci. технол.* 2020 , 96 , 222–232.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

- 21.Оладокун О.; Таррега, А.; Джеймс, С.; Коулі, Т.; Дерманн, Ф.; Сمارт, К.; Кухар Д.; Норт, J. Модифікація сприйнятої інтенсивності гіркоти пива, характеру та тимчасового профілю екстрактом аромату хмелю. Харчова рез. Міжн. 2016 , 86 , 104–111.
- 22.Оладокун О.; Таррега, А.; Джеймс, С.; Сمارт, К.; Хорт, Дж.; Кухар Д.; Лафонтен, SR; Shellhammer, TH; Сеола, Д.; Хюельсманн, Р.Д.; та ін. Вплив профілів гіркої кислоти хмелю та поліфенолів на відчуття гіркоти пива. Харчова хім. 2016 , 205 , 212-220.
- 23.Almaguer, С.; Шенбергер, К.; Гастл, М.; Арендт, Е.К.; Беккер, Т. Humulus lupulus—Історія, яку треба розповісти. Огляд. J. In-t. Заварювати. 2014 , 120 , 289–314.
- 24.Крофта, К. Порівняння параметрів якості чеських та іноземних сортів хмелю. Навколишнє середовище рослинного ґрунту. 2003 , 49 , 261–268.
- 25.Томас В. Янг. Mixing the mash [Електронний ресурс] / Томас В. Янг – <https://www.britannica.com/topic/beer/Mixing-the-mash>.
- 26.Нові смаки генетично модифікованого пива [Електронний ресурс] - [https://www.leatherheadfood.com/news-detail/blog-new-flavours-beer-genetically-modified-yeast/#:~:text=Companies%20in%20the%20US%20are,the%20actual%20fruit%20\(1\).](https://www.leatherheadfood.com/news-detail/blog-new-flavours-beer-genetically-modified-yeast/#:~:text=Companies%20in%20the%20US%20are,the%20actual%20fruit%20(1).)
- 27.Девід Сільверберг. Ви б пили генетично модифіковане пиво? [Електронний ресурс] / Девід Сільверберг. – 2023 - <https://www.bbc.com/news/business-67193176>.
- 28.New GMO Alert: It's Just Like Beer. No, Wait, It IS Beer! [Електронний ресурс] –<https://www.nongmoproject.org/blog/new-gmo-alert-its-just-like-beer-no-wait-it-is-beer/>.
- 29.Дріжджі [Електронний ресурс] –<https://en.wikipedia.org/wiki/Yeast>.
- 30.Кип'ятіння сусл з хмелем [Електронний ресурс] – https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/page7.html.

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

31. Технологічна схема виробництва пива [Електронний ресурс] – <https://studfile.net/preview/7273165/page:165/>.
32. Fermentation in beer (reaction schemes)? [Електронний ресурс] – <https://chemistry.stackexchange.com/questions/13893/fermentation-in-beer-reaction-schemes>.
33. ПИВО Загальні технічні умови ДСТУ 3888:2015. – 2015. – С. 17.
34. ДСТУ 2887-94 Пакування та маркування. Терміни та визначення [Електронний ресурс] – https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56884.
35. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості [Електронний ресурс] – https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61154.
36. Перекис водню 3% (ДК 021-2015: 24310000-0 — Основні неорганічні хімічні речовини) [Електронний ресурс] – <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2021-07-16-004340-b>.
37. ДСТУ 2972:2010 Засоби мийні синтетичні порошкоподібні. Загальні технічні вимоги та методи випробовування [Електронний ресурс] – https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=73482.
38. ДСТУ ГОСТ 10117.1:2003 Пляшки скляні для харчових рідин. Загальні технічні умови (ГОСТ 10117.1-2001, IDT). 3 Поправками № 1 (ІПС № 1-2004), № 2 (ІПС № 2-2004) [Електронний ресурс] – https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=107621.
39. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах/А. Є. Мелетьєв, В. А. Домарецький, С.Р. Тодосійчук [та ін.] - 2007. - 256 с.
40. ДСТУ 4817:2007 Діоксид вуглецю газоподібний та скраплений.
41. ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ ПИВА В УКРАЇНІ. 2022 РІК [Електронний ресурс] – <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-piva-v-ukraine-2022-god>

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

42. Закон України про охорону праці - Документ 2694-XII, чинний, поточна редакція — Редакція від 01.10.2023, підстава - 2573-IX <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
43. Охорона праці на підприємстві: що потрібно знати? [Електронний ресурс]. – 2019. – <https://te.dsp.gov.ua/ohorona-pratsi-na-pidpryyemstvi-shho-potribno-znaty/>.
44. Основи охорони довкілля в Україні [Електронний ресурс] – <https://www.bsmu.edu.ua/blog/4413-osnovi-ohoroni-dovkilliya-v-ukraini/>.
45. Про погодження Програми охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів Фастівської міської територіальної громади на 2021–2023 роки [Електронний ресурс] – <http://fastiv-rada.gov.ua/pro-pohodzhennia-prohramy-okhorony-dovkillia-ta-ratsionalnoho-vykorystannia-pryrodnykh-resursiv-fastivskoi-miskoi-terytorialnoi-hromady-na-2021-2023-roky/>.
46. GRAS Notice (GRN) No. 1094 - <https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/gra-notice-inventory>
47. Пиво [Електронний ресурс] – <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D0%B2%D0%BE>

					ДП БЕ01.08.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		