

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

_____ О.В. Кочубей-Литвиненко
(підпис)

« » лютого 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ А.М. Куц
(підпис)

« » лютого 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

на тему: **«Дослідження та удосконалення технологічних параметрів для прискорення процесу зброджування пивного сусла високої густини»**

Виконав: здобувач 2 курсу,
групи ТБ-2-7М

Марйоха Ігорь Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Романова Зоряна Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань

Здобувач

(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступінь – магістр

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Технології продуктів бродіння і виноробства»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
біотехнології продуктів
бродіння і виноробства

_____ А.М. Куц

31 серпня 2020 року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Марйосі Ігорю Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **«Дослідження та удосконалення технологічних параметрів для прискорення процесу зброджування пивного сусла високої густини»**

Керівник роботи Романова Зоряна Миколаївна к. т. н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 26 жовтня 2020 року № 872-КС

2. Строк подання роботи 04 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт

3. Дослідити вплив технологічних параметрів зброджування високогустинного пивного сусла.

4. Дослідити вплив ферментного препарату Alphasyl advance на вміст віцинальних декетонів у пиві .

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

Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Дослідження та

удосконалення технологічних параметрів процесу зброджування пивного сусла високої густини (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методи та методика досліджень.

3. Експериментальні дослідження формування пива високої густини (експериментальна частина). 4. Оптимізація технологічного процесу. 5. Розрахунок

соціально-економічної ефективності. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури. Додатки _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Таблиці з результатами досліджень – 10

Графіки з результатами досліджень – 20

Консультанти розділів магістерської роботи

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

7. Дата видачі завдання 10 вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.20-29.10.20	виконано
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.20-4.11.20	виконано
1-а атестація		5.11.2020	
3.	Експериментальні дослідження формування пива високої густини	05.11.20-17.12.20	виконано
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.20-22.12.20	виконано
2-а атестація		23.12.20	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.20-30.12.20	виконано
6.	Розробка рецептури та схеми виробництва	31.12.20-06.01.21	виконано
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.21-13.01.21	виконано
8.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	14.01.21-24.01.21	виконано
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.21-31.01.21	виконано
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	30.01.21-01.02.21	виконано
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	01.02.21-07.02.21	виконано
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	08.02.21-10.02.21	виконано
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач
Керівник роботи, к. т. н., доцент

І.М. Марйоха
З.М. Романова

АНОТАЦІЯ

Марйоха Ігорь Михайлович «Дослідження та удосконалення технологічних параметрів для прискорення процесу зброджування пивного сусла високої густини». Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 Харчові технології. Навчально-науковий інститут харчових технологій. Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства. Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

У кваліфікаційній роботі науково обґрунтовано та розроблено удосконалену технологію високогустинного пивоваріння зі зброджуванням сусла та використанням ферментного препарату Альфалаза.

Для проведення даних досліджень використовували чисті культури дріжджів рас Brewferm Lager, Saflager S-23 ,Saflager W-34/70, які широко використовуються у пивоварнях Європи та світу. Обрано расу дріжджів W-34/70, перевагами якої є високі осмо-, спирто- та термостійкість, швидкість і ступінь зброджування, утворення меншої кількості віцинальних дикетонів, що сприяє інтенсифікації процесу головного бродіння скороченню тривалості дозрівання пива та отриманню напою з покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками.

Визначено раціональні умови головного бродіння, які забезпечують досягнення видимого ступеня зброджування пива 75 %: температура 15 °С, норма внесення дріжджів 30 млн. клітин в 1 см³ сусла, тривалість 7 діб.

Ключові слова: високогустинне пивоваріння, раси дріжджів, ступінь зброджування, віцинальні дикетони, побічні продукти бродіння, ферментні препарати ,кінцевий ступінь зброджування, екстрактивні речовини.

ABSTRACT

Maryokha Igor Mykhailovych "study of technological parameters to accelerate the fermentation of high-density beer wort". Master's thesis for a master's degree in 181 Food Technology. "Educational and Scientific Institute of Food Technology". Biotechnology of fermentation products and winemaking. National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

In the presented master's thesis the scientifically substantiated and developed advanced technology of wort fermentation in high-density brewing with the use of B vitamins and the enzyme preparation Alphasase.

Pure cultures were used for these studies yeast breeds Brewferm Lager, Saflager S-23, Saflager W-34/70, which are widely used in breweries in Europe and the world. The selection of an effective breed of yeast W-34/70, which are widely used in breweries in Europe and the world. The selection of an effective breed of yeast W-34/70, the advantages of which are high osmo-, alcohol- and heat resistance, speed and degree of fermentation, the formation of fewer vicinal diketones, which not only intensifies the main fermentation process, but also reduces the duration of beer maturation and obtaining a drink with improved physicochemical and organoleptic characteristics.

Rational conditions of main fermentation have been determined, which ensure the achievement of a visible degree of beer fermentation of 75%: temperature 15 ° C, yeast application rate of 30 million cells in 1 cm³ of wort, duration 7 days.

Key words: high-density brewing, vitamins, yeast races, degree of fermentation, vicinal diketones, fermentation by-products, enzyme preparations, final degree of fermentation, extractives.

ANNOTATION

Maryokha Igor Mykhailovych "étude des paramètres technologiques pour accélérer la fermentation du moût de bière à haute densité". Une maîtrise travailler pour obtenir une maîtrise en 181 technologie alimentaire. "Institut pédagogique et scientifique de technologie alimentaire" Biotechnologie des produits de fermentation et de la vinification. Université nationale des technologies alimentaires, Kiev, 2021.

Dans le mémoire de maîtrise présenté, la technologie de pointe scientifiquement étayée et développée de la fermentation du moût dans le brassage à haute densité avec l'utilisation de vitamines B et de la préparation enzymatique Alphasase.

Des cultures pures ont été utilisées pour ces études les levures sont des races Brewferm Lager, Saflager S-23, Saflager W-34/70, qui sont largement utilisées dans les brasseries en Europe et dans le monde. La sélection d'une race efficace de levure W-34/70, ses avantages sont une résistance élevée à l'osmo-, à l'alcool et à la chaleur, la vitesse et le degré de fermentation, la formation de moins de dicétones vicinales, ce qui contribue non seulement à l'intensification du processus de fermentation principal, mais aussi à réduire la durée de maturation de la bière et à obtenir un boisson aux caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques améliorées.

Des conditions rationnelles de fermentation principale ont été déterminées, qui assurent l'atteinte d'un degré visible de fermentation de la bière de 75%: température 15 ° C, taux d'application de la levure de 30 millions de cellules dans 1 cm³ de moût, durée 7 jours.

Mots clés: brassage à haute densité, vitamines, races de levures, degré de fermentation, dicétones vicinales, sous-produits de fermentation, préparations enzymatiques, degré final de fermentation, extraits.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА ВИСОКОЇ ГУСТИНИ (аналітичний огляд).....	11
1.1 Сучасні уявлення про формування властивостей пива.....	11
1.2 Труднощі, які виникають при зброджуванні високогустинного сусла.....	21
1.3 Висновки.....	28
2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
2.1 Схема проведення досліджень.....	29
2.2.Об'єкт та предмети досліджень.....	30
2.3.Методи досліджень.....	30
2.4 Методика досліджень.....	30
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПИВА ВИСОКОЇ ГУСТИНИ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА).....	33
3.1. Дослідження осмо-, спирто- та термостійкості рас дріжджів.....	33
3.2. Підбір оптимальної температури бродіння.....	40
3.3. Дослідження норми внесення дріжджів.....	43
3.4. Дослідження концентрація сусла.....	46
3.5. Дослідження вмісту віцинальних декетонів.....	47
3.6. Вплив ферментного препарату Alphalase advance на вміст віцинальних дикетонів у пиві.....	48
3.7. Висновки.....	51
4. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГОЛОВНОГО БРОДІННЯ ВИСОКОГУСТИННОГО СУСЛА.....	53
5. СОЦІАЛЬНО ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	58
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	71
ДОДАТКИ	

						Дослідження технологічних параметрів для прискорення процесу зброджування пивного сусла високої густини.		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Марйоха І.М.			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Романова З.М				7	85	
Зав. каф.		Куц А.М.				НУХТ ННІХТ ТБ 2-7М		
Н. контр.								

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВГ – високогустинне
ВГП – високогустинне пивоваріння
ВДК – віцинальні дикетони
гл – гектолітр
дал – декалітр
ЕР – екстрактивні речовини
КСЗ – кінцевий ступінь зброджування
СЗ – ступінь зброджування
СЗв – видимий ступінь зброджування
СЗд – дійсний ступінь зброджування
СР – сухі речовини
ФП – ферментний препарат
ЧК-чиста культура
К- контрольний зразок

ВСТУП

Актуальність теми. Високогустинне пивоваріння є інноваційною технологією, яка відрізняється високою ефективністю виробництва. За цією технологією готують концентроване пивне сусле з вмістом сухих речовин 14-18%, зброджують його та після дозрівання і фільтрування пиво розбавляють підготовленою деаерованою водою. Без істотних вкладень у додаткове виробниче обладнання підприємства значно збільшується випуск готового пива, що особливо актуально в літній період, коли значно зростає попит. Суттєво знижуються енерговитрати у варильному відділенні. З огляду на це багато пивоварних підприємств у даний час перейшли на технологію високогустинного пивоваріння.

Однак на стадії головного бродіння виникають істотні технологічні проблеми, пов'язані з гальмуванням процесу ферментації, подовженням його тривалості, утворенням більшої кількості побічних продуктів бродіння і, як наслідок, погіршенням органолептичних показників пива.

Важливе завдання, що потребує вирішення при впровадженні інтенсивних технологій зброджування пивного сусле, полягає в зниженні концентрації віцинальних дикетонів (ВДК) в пиві, які при перевищенні порогу відчуття надають йому неприємного смаку.

Тому дослідження, спрямовані на інтенсифікацію процесу бродіння сусле у високогустинному пивоварінні, що сприятиме збільшенню продуктивності виробництва та отриманню пива високої якості, є своєчасними та актуальними.

Мета і завдання досліджень.

Метою роботи є інтенсифікація технології зброджування сусле у високогустинному пивоварінні для збільшення продуктивності виробництва та отримання пива високої якості.

Для досягнення поставленої мети було визначено основні завдання досліджень:

- підібрати для високогустинного пивоваріння ефективну расу пивних дріжджів;
- дослідити вплив концентрації сусле, температури та норми внесення дріжджів на процес головного бродіння високогустинного сусле;
- дослідити вплив ферментного препарату Альфалаза на вміст віцинальних дикетонів у пиві, визначити його оптимальну витрату;

Об'єкт дослідження – технологія зброджування високогустинного пивного сусле.

Предмет дослідження – раси пивних дріжджів, ферментний препарат Альфалаза.

Методи дослідження – при вирішенні завдань використано сучасні загальноприйняті та специфічні фізико-хімічні, спектрофотометричні, мікробіологічні, органолептичні методи досліджень сусле, дріжджів і пива; методи планування експерименту, математичного моделювання, оптимізації та оброблення експериментальних даних з використанням сучасних приладів.

Наукова новизна роботи

– встановлено залежність вмісту віцинальних дикетонів в пиві від технологічних параметрів процесу головного бродіння високогустинного сусла;

Практичне значення одержаних результатів:

– розроблено удосконалені технології зброджування пивного сусла у високогустинному пивоварінні: з використанням ферментного препарату Альфалаза.

– визначено раціональні умови головного бродіння високогустинного сусла, які впливають на швидкість процесу та якість отриманого пива;

– встановлено, що використання ФП Альфалаза дозволяє отримати кондиційоване пиво з покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками якості;

Публікації за час виконання кваліфікаційної роботи було опубліковано 4 статті в міжнародних наукових конференціях. одна із публікацій за темою кваліфікаційної роботи. Де було викладено основний зміст представленої роботи.

Апробація дослідження даної роботи було представлено на міжнародній конференції у Римі.

Структура кваліфікаційної. Робота складається з анотації, вступу, аналітичного огляду літератури, об'єктів і методів дослідження, експериментальної частини, оптимізації процесу головного бродіння, охорони праці, цивільного захисту, загальних висновків, та список використаних джерел літератури на 85 аркушах А 4. Кількість джерел літератури 43 з них іноземного походження 24.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА ВИСОКОЇ ГУСТИНИ (аналітичний огляд)

Пиво – найбільш популярний алкогольний напій в світі та третій за популярністю серед усіх напоїв після води та чаю. Щороку в світі виробляється 1,96 млрд. гл пива. В основному виготовляють світле лагерне пиво з концентрацією початкового сусла 11-12 % сухих речовин (СР) [20].

На сьогодні існує тенденція зниження вартості пива за рахунок зменшення витрат на сировину шляхом заміни солоду дешевшою несолодженою сировиною, збільшення ефективності виробництва за рахунок впровадження нових технологій і вдосконалення всіх виробничих процесів. Проте, важливо, щоб нові технології виробництва пива забезпечували високу його якість і стійкість.

1.1 Сучасні уявлення про формування властивостей пива

Основними компонентами пива є екстрактивні речовини (ЕР), компоненти хмелю, які перейшли в сусло під час його охмелення, побічні та вторинні продукти спиртового бродіння.

В готовому пиві після завершення головного бродіння, доброджування та дозрівання залишається частина екстракту, до якого входять декстрини, амінокислоти, пептиди, високомолекулярні продукти розщеплення білків. Вони формують в'язкість напою та беруть участь в утворенні смаку.

Для приготування пива важливими компонентами хмелю є хмелеві кислоти, хмелева олія та дубильні речовини хмелю. Гіркі речовини хмелю, до яких належать α - та β -кислоти – найважливіші для приготування пива, оскільки надають йому приємного гіркого смаку, проте в холодному суслі майже не розчиняються. Під час кип'ятіння α -кислоти ізомеризуються з утворенням ізогумулону та стають більш розчинними. Вміст ізогумулону в охмеленому суслі залежить, в основному, від його природи, тривалості кип'ятіння, величини рН та ступеня подрібнення хмелю.

Хмелева олія відповідає за приємний хмелевий аромат, проте має велику леткість за умов кип'ятіння сусла з хмелем. Тому з метою збереження хоча б частини хмелевої олії ароматичний хміль задають за 10-15 хв до завершення кип'ятіння. Дубильні речовини хмелю беруть участь в утворенні повноти смаку і гіркоти пива, а також в коагуляції білків [8].

Під час зброджування сусла та дозрівання молодого пива відбувається велика кількість різноманітних біологічних, фізичних та хімічних процесів. Дріжджі споживають поживні речовини сусла, які зазнають змін шляхом метаболічних перетворень, і в результаті відбувається ріст, розмноження та утворення продуктів метаболізму. Особливо важливими є метаболізм вуглеводів, нітрогеновмісних сполук і жирів.

Метаболізм цукрів має визначальне значення як джерело енергії для

життєдіяльності клітини. Найбільш енергетично вигідним для клітини є аеробний процес перетворення вуглеводів, кінцевими продуктами якого є діоксид вуглецю і вода. Проте, для технології пивоваріння бажаний анаеробний метаболізм вуглеводів – гліколіз, в результаті якого утворюються такі продукти: етанол, вуглекислий газ та ряд побічних продуктів бродіння, що зумовлюють органолептичні властивості пива. Саме гліколіз значною мірою визначає ефективність процесу бродіння [8].

Дріжджова клітина на 35-60 % (в перерахунку на СР) складається з білків, тому для побудови нових клітинних речовин їй необхідний нітроген, який наявний в суслі (зокрема у формі амінокислот і солей амонію. Метаболізм нітрогеновмісних сполук впливає на приріст біомаси, ферментативну активність, кількісний і якісний склад побічних продуктів метаболізму (вищі спирти), які суттєво впливають на смак пива.

Ліпіди входять до складу клітинної оболонки дріжджів, тому метаболізм жирів має важливе значення для розмноження, росту дріжджів та їх стресостійкості.

Метаболізм вуглеводів. Пивні дріжджі здатні засвоювати різноманітні цукри сусла, зокрема глюкозу, фруктозу, сахарозу, мальтозу, мальтотріозу, проте не асимілюють мальтотетраозу та декстрини .

Транспорт, гідроліз та ферментативні перетворення мальтози мають надзвичайне значення в пивоварінні, оскільки мальтоза є основним цукром пивного сусла. Активність транспортерів мальтози та мальтотріози залежить від температури, їх природи, ліпідного складу мембрани та вмісту глюкози в середовищі. Коли концентрація глюкози в суслі перевищує 10 мг/дм³, відбувається інгібування експресії генів, які регулюють процес асиміляції мальтози. Таким чином склад сусла та спосіб його приготування впливає на процес асиміляції цукрів і, як наслідок, на склад та смакові характеристики пива [9].

За анаеробних умов бродіння пивні дріжджі отримують енергію з глюкози шляхом гліколізу (рис. 1.1). Під час цього процесу з однієї молекули глюкози утворюється дві молекули пірувату, в результаті утворюється дві молекули аденозинтрифосфату (АТФ) як джерело енергії і дві молекули відновленого нікотинамідаденіндинуклеотиду (НАД·Н), який виконує роль відновника.

Процес гліколізу відбувається за участі значної кількості ферментів, активність яких залежить від параметрів бродіння. Так встановлено, що активність ферментів гліколізу, зокрема гексокінази, фосфофруктокінази та піруваткінази, швидкість перебігу метаболічних процесів та бродильна активність дріжджів загалом підвищується зі збільшенням температури від 10 °С до 15°С. Збільшення концентрації зброджуваного сусла призводить до пропорційного зниження активності ферментів піруваткінази, фосфофруктокінази (приблизно в 2,5-3 рази), тоді як активність гексокінази знижується не так суттєво.

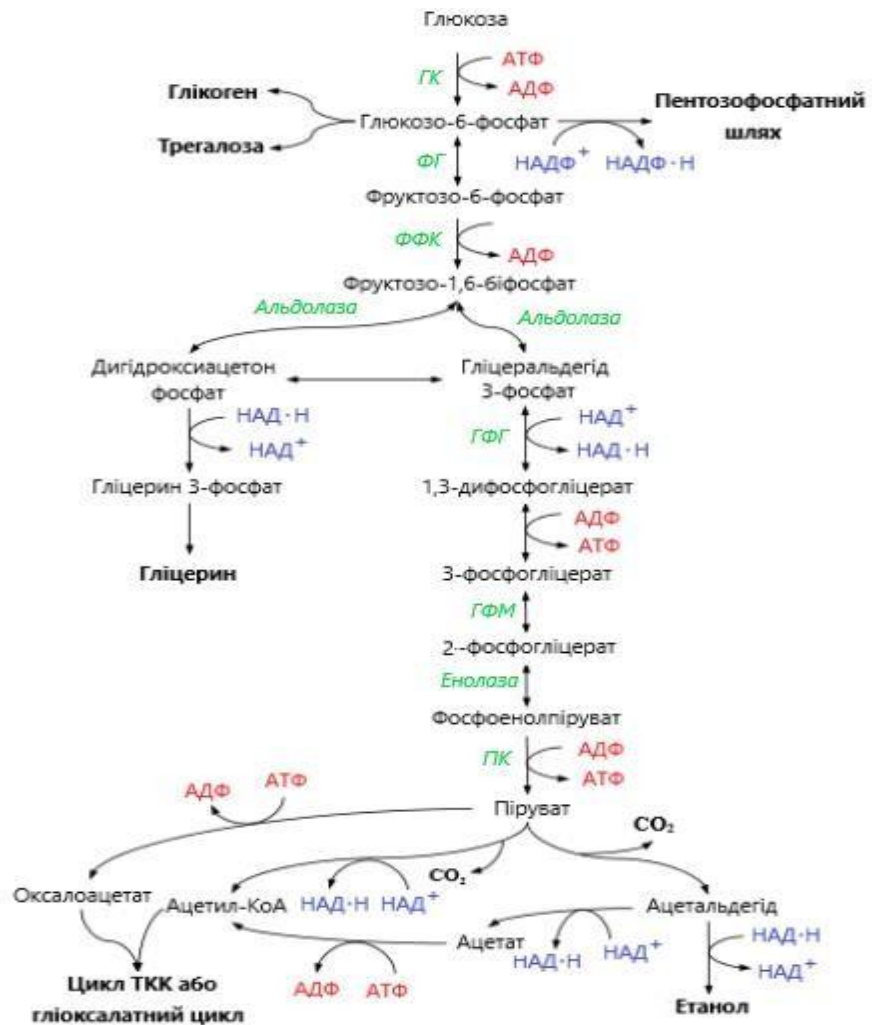


Рис 1.1 – Схема метаболізму вуглеводів у клітинах дріжджів; ферменти: GK – гексокіназа, ФГ – фосфоглюкозоізомераза, ФФК – фосфофруктокіназа, ГФГ – гліцеральдегід-3-фосфатдегідрогеназа, ГФМ – гліцерофосфатмутаза, ПК – піруваткіназа [18].

Етанол є одним із найважливіших продуктів у складі пива, а його концентрація в готовому напої визначається сортом пива та регламентується нормативними документами. Досягнення певного ступеня зброджування (СЗ) молодого пива, а, отже, і концентрації етанолу, дозволяє визначити момент завершення головного бродіння. СЗ показує, скільки відсотків екстрактивних речовин (ЕР), які містились в суслі, було зброджено. Дійсний ступінь зброджування приблизно розраховується: $СЗд \approx 0,81 * СЗв$. Для світлого пива середньої початкової екстрактивності СЗв знаходиться в межах 66-74%. В готовому пиві визначають кінцевий ступінь зброджування (КСЗ). Різниця між КСЗ та СЗв становить близько 10%, що відповідає 1% екстракту. Таку кількість екстракту залишають у молодому пиві на стадію доброджування для того, щоб могла утворитись достатня кількість діоксиду вуглецю [9].

За вмістом утвореного етилового спирту оцінюють бродильну активність дріжджів, що свідчить про ефективність процесу бродіння пива. Утворення етанолу залежить, в основному, від умов процесу бродіння, а саме температури, норми внесення дріжджів, концентрації сусла, тривалості

Глікоген – розгалужений полісахарид, який складається з залишків молекул глюкози. В процесі зброджування сусла утворення та розклад глікогену визначається стадією росту дріжджів та залежить від складу поживного середовища. Глікоген служить не тільки джерелом карбону та енергії для синтезу ненасичених жирних кислот під час аеробної фази бродіння, а й забезпечує клітину енергією протягом стаціонарної фази бродіння та при їх зберіганні перед повторним засівом. При зброджуванні сусла глікоген інтенсивно утворюється протягом перших двох діб і надалі його вміст практично не змінюється. Проте, при підвищенні концентрації зброджуваного сусла вміст глікогену пропорційно знижується .

Трегалоза – нередукуючий дисахарид, який складається з двох молекул глюкози, сполучених α -1,1-глікозидним зв'язком. Трегалоза виконує в дріжджовій клітині ряд функцій, зокрема джерела енергії та карбону, служить сигналізуючою молекулою для контролю чи направлення певних метаболічних шляхів та навіть впливає на ріст клітин. До того ж, встановлено, що трегалоза може захистити білки та клітинні мембрани від інактивації чи денатурації, спричиненої різноманітними стресовими чинниками, зокрема дегідратацією, високими температурами, холодом, високим осмотичним тиском, підвищеним вмістом етанолу та окисненням радикалами оксисену[19].

Метаболізм нітрогеновмісних сполук. Основним джерелом аміносполук в суслі є амінокислоти, солі амонію та пептиди невеликої молекулярної маси. Дріжджі засвоюють тільки низькомолекулярні амінокислоти (АК) з кількістю атомів карбону менше 4-х та в чітко визначеній послідовності. Попередньо амінокислоти накопичуються в зовнішній сфері клітини, при потребі транспортуються за допомогою білків оболонки всередину та зазнають перетворень і надалі використовуються для синтезу білків . Особливе значення для дріжджів має NH_2 -група, яка відщеплюється від АК у результаті дезамінування та використовується для побудови клітинних білків. Пивні дріжджі поглинають амінокислоти, присутні в суслі, з яких вони вилучають аміногрупу з подальшим її включенням до новозбудованих структур. Залишок від амінокислоти (α -кетокислота) вступає в не зворотну ланцюгову реакцію, перетворюючись в спирт (рис. 1.3). Утворені вищі спирти здатні взаємодіяти з ацетил-КоА, утворюючи ацетатні естери (рис. 1.2)[13].

При нестачі таких амінокислот як валін та ізолейцин дріжджі синтезують їх самостійно, що супроводжується утворенням діацетилену, 2,3-пентандіону, а також пропанолу, ізобутанолу, амілового та ізоамілового спиртів (рис. 1.4).

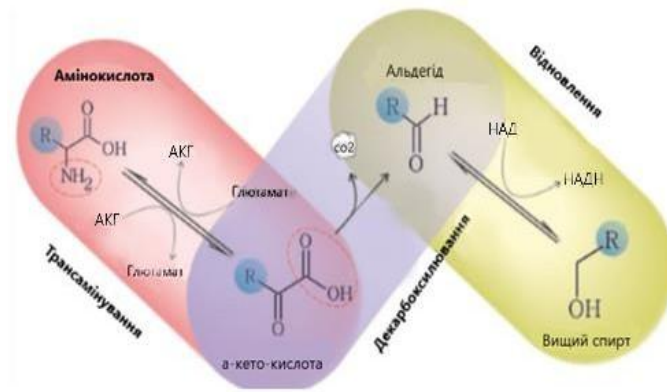


Рис. 1.3 – Схема метаболізму амінокислот з утворенням вищих спиртів: АКГ – α -кетоглутарат

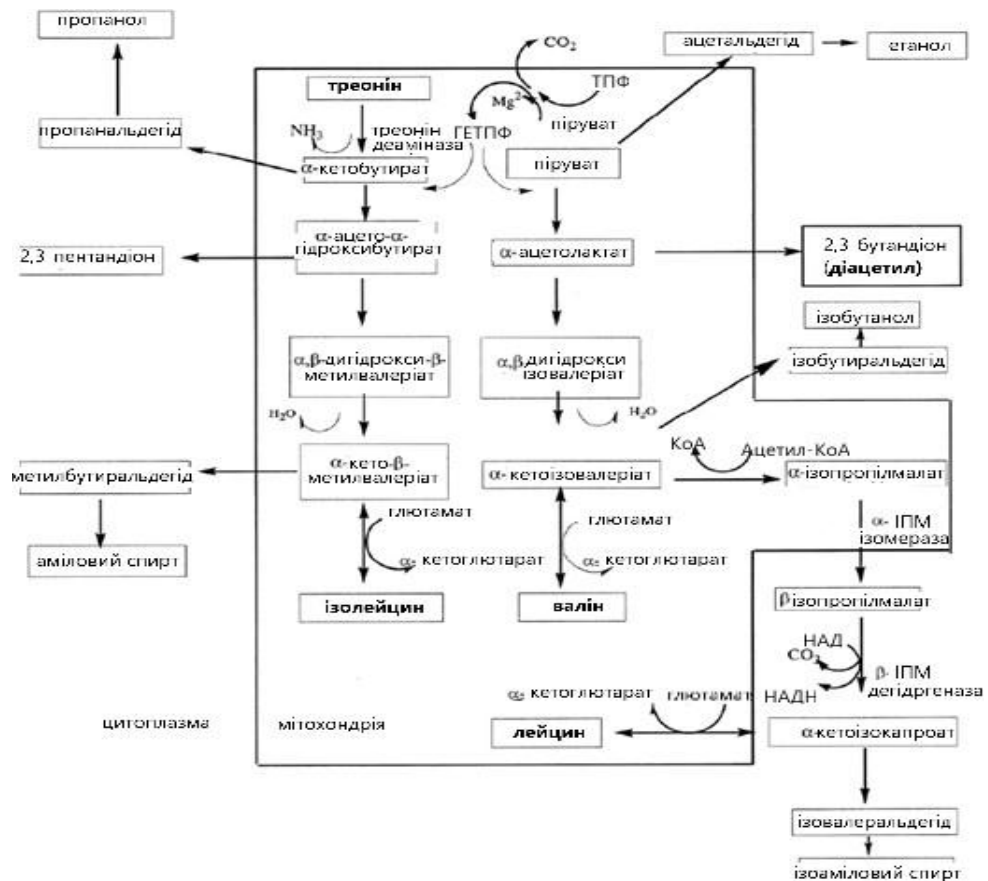


Рис 1.4 – Біохімічні перетворення ізолейцину та валіну, що призводять до утворення діацетилу та 2,3-пентандіону: ГЕТПФ – α -гідроксиетилтіамін- пірофосфат, ТПФ – тіамінпірофосфат, ІПМ – ізопропілмала [19].

Продукти метаболізму дріжджів, які формують основні споживчі властивості пива.

Основні властивості пива – смак і аромат – піддаються впливу величезної кількості компонентів. Усі компоненти діють разом і створюють

разом з ароматичними речовинами сенсорний профіль продукту. Смак пива можна розділити на три компоненти: смак на початку ковтання, середній смак і післясмак. Смак на початку ковтання визначається пивним ароматом і повнотою смаку, «середній» – відчуттям свіжості, а післясмак, в основному, визначається залишковою гіркотою напою. Між цими відчуттями немає чіткої межі, і теоретично вони повинні бути збалансованими. Пиво містить велику кількість ароматичних компонентів, які зазвичай присутні в концентраціях нижче або близьких до порогу чутливості. Якщо концентрація одного або декількох компонентів значно збільшується, то можуть виникати дефекти аромату або смаку.

Всі компоненти пива можна розділити на чотири групи: основні, вторинні, третинні та фонові компоненти смаку. До групи основних компонентів відносяться речовини, концентрації яких більш ніж удвічі перевищують порогову чутливість. У звичайному пиві, без сторонніх смаків, до цієї групи належать тільки етанол, діоксид вуглецю і гіркі хмельові речовини. У групі вторинних компонентів є речовини, концентрації яких в 2 рази перевищують порогову чутливість. У цій групі багато найважливіших ароматних компонентів пива. Відмінність між пивом того ж класу, в основному, визначається варіаціями в цій групі. Ізоамілацетат, етилкаприлат, етилацетат та амілові спирти є найважливішими агентами другої групи.

Третю групу смакових компонентів включають речовини, концентрація яких становить 0,1-0,5 нижче порогової чутливості. Ці компоненти самі по собі відіграють незначну роль, але всі разом або в групі з іншими компонентами вони є важливими. Прикладами цих компонентів є фенілетилацетат та ацетоїн. Фонові компоненти включають ароматичні речовини у концентраціях, що більш ніж у 10 разів нижчі за порогову чутливість. Ця група включає в себе сотні різних компонентів, і вони утворюють так званий фоновий смак пива.

Всі ароматичні компоненти в пиві діють разом і відповідають за сенсорну якість продукту. Високі концентрації певних компонентів можуть надати пиву негативного смаку. Однак дефект може бути викликаний також відсутністю або дуже низькою концентрацією важливого смакоутворюючого компонента.

Серед побічних продуктів бродіння в найбільшій кількості утворюються вищі спирти, які не тільки зумовлюють органолептичні властивості напою, а й виступають прекурсорами естерів. Основними спиртами є пропанол (присмак розчинника), ізобутанол (спиртовий смак), 2-метилбутанол (фруктовий, солодкий), 3-метилбутанол, 2-фенілетанол (квітковий) (табл. 1.1). Карбоновий скелет вищих спиртів утворюється або з пірувату (анаболічний шлях), або з α -кетокислот за метаболічним шляхом перетворення амінокислот Ерліха (рис. 1.2). Утворення вищих спиртів значною мірою визначається природою дріжджів. Концентрація спиртів вище 100 мг/дм³ негативно впливає на смакові характеристики пива[9].

Таблиця 1.1 – Характеристика основних смакових компонентів пива [17].

Смакоутворюючі сполуки	Позначення згідно з ЕВС ⁷	Порогові значення, мг/дм ³	Смак
<i>Спирти</i>			
Пропанол	0110	800 ¹ , 800 ² , 600 ⁴ , (2-50) ⁶	Спиртовий, винний, присмак розчинника
Ізобутанол	0110	200 ¹ , 200 ² , (10, 200) ³ , (80–100) ⁴ , (5–20) ⁶	
Ізоамілові спирти: 2-метилбутанол 3-метилбутанол	0112	70 ² , (30–70) ⁴ 6, 65 ¹ , (10, 65) ³ 6 70 ¹ , (30, 70) ³ 6	
<i>Естери</i>			
Ізоамілацетат	0131	(0.5–1.7) ¹ , 1,2 ² , (1–1.6) ³ , 1,4 ⁶	Естерний, банановий, грушевий
Етилацетат	0133	(20–40) ¹ , 30 ² , (25–30) ^{3,6}	Фруктовий, присмак розчинника
<i>Карбонільні сполуки</i>			
Ацетальдегід	0150	(10–20) ¹ , (5–20) ⁴ , (20–25) ⁵ , (5–15) ⁶	Зелене яблуко
Діацетил	0620	(0,1–0,15) ^{1,3,6} , (0,01–0,4) ⁴ , (0,1–0,12) ⁵	Масляний, солодкий

Концентрацію вищих спиртів у пиві можна регулювати зміною параметрів бродіння та складу суслу. Зокрема, збільшення температури бродіння, перемішування молодого пива, низька концентрація амінокислот в суслі, інтенсивна аерація та багаторазовий долив суслу, внесення дріжджів при температурі вище 8 °С та збільшенням концентрації суслу вище 13 % СР зумовлює збільшення концентрації вищих спиртів. Знизити утворення вищих спиртів можна застосуванням надлишкового тиску під час бродіння, збільшенням норми внесення дріжджів, зниженням температури бродіння, підвищенням вмісту амінокислот у суслі [9].

Естери є надзвичайно важливими при формуванні смакового профілю пива, зокрема етилацетат (присмак розчинника, фруктовий), ізоамілацетат (банан, яблуко), етилкапроат (яблуко) (табл. 1.1), 2-фенілетилацетат (троянда, мед). Вважається, що естери утворюються в результаті взаємодії спирту (етанолу або вищих спиртів) та ацетил-КоА (рис. 1.2) за участі каталізатора алькоголяцетилтрансферази. Пік концентрації естерів спостерігається в

момент припинення синтезу вищих спиртів. Максимальна швидкість синтезу естерів досягається в середній фазі процесу бродіння, коли припиняється синтез ліпідів. Ацетил-КоА не може бути утилізований шляхом синтезу ліпідів, тому утворення естерів забезпечує альтернативний спосіб перетворення цього субстрату. Встановлено, що додавання ненасичених жирних кислот у сусло призводило до суттєвого зменшення кількості утворених естерів. Це пояснюється інгібуючим впливом ненасичених жирних кислот на алькогольацетилтрансферазу. Тому припускають, що синтез естерів та ліпідів обернено пропорційно пов'язані. Цю гіпотезу підтверджує спостереження, що при збільшенні концентрації кисню в суслі синтез естерів знижується, оскільки за таких умов збільшується синтез ненасичених жирних кислот, які знижують активність алькогольацетилтрансферази. Зміна концентрації естерів під час дозрівання залежить від умов процесу, при тривалому доброджуванні концентрація естерів може зрости вдвічі.

Збільшенню концентрації естерів також сприяє збільшення екстрактивності сусла вище 13 %, збільшення КСЗ та СЗ готового пива, посилена аерація, збільшення температури бродіння, активне перемішування під час бродіння та доброджування [17].

Альдегіди здебільшого негативно впливають на смак пива. Вони утворюються як проміжні продукти біосинтезу спиртів з оксикислот (рис. 1.3). Під час бродіння та доброджування дріжджі здатні відновлювати альдегіди до спиртів за участі різноманітних ферментів. Особливу увагу приділяють ацетальдегіду, оскільки він є прекурсором етанолу та надає пиву незрілого трав'яного присмаку. Він утворюється на початку бродіння, та надалі його кількість знижується. Підвищення концентрації ацетальдегіду в пиві пов'язано з високою нормою внесення дріжджів, недостатньою аерацією, збільшенням тиску під час головного бродіння, високою температурою бродіння та інфікуванням сусла. Кількість утвореного альдегіду можна зменшити шляхом достатньої аерації сусла, проведенням інтенсивного доброджування та дозрівання шляхом збільшення температури та концентрації дріжджів.

ВДК, до яких належать 2,3-бутандіон та 2,3-пентандіон, утворюються шляхом окислювального карбоксилювання з α -ацетогідроксикислот, які є побічними продуктами біосинтезу валіну та ізолейцину дріжджовою клітиною. ВДК надають пиву неприємного маслянисто-солодкуватого присмаку. Під час доброджування дріжджі відновлюють діацетил з утворенням 2,3- бутандіолу та 2,3-пентадіон з утворенням 2,3-пентандіолу. Відновлені форми мають вищий поріг чутливості і відповідно менший вплив на смак пива[9].

Процес відновлення ВДК відбувається паралельно з іншими процесами дозрівання і вважається головним критерієм дозрівання пива.

Перетворення ВДК залежить від ряду факторів, а саме від утворення їх попередників – ацетогідроксикислот, утворення ВДК та їх відновлення. Ці процеси залежать від раси дріжджів, норми їх внесення (при її збільшенні зростає кількість утворених ацетогідроксикислот, проте швидкість

відновлення діацетилу також зростає), наявності кисню (збільшення аерації призводить до утворення більшої кількості ацетогідроксикислот, проте зумовлює швидше їх перетворення у ВДК); значення рН (зниження рН прискорює процес перетворення ацетогідроксикислот у ВДК), температури (збільшення температури зумовлює прискорення процесу перетворення ацетогідроксикислот в ВДК та його відновлення), збільшення контакту пива, яке доброджує, з дріжджами шляхом перекачування пива, зниження тиску прискорює процес редукції ВДК.

Найбільш повільною стадією формування та перетворення ВДК є відновлення діацетилу. Враховуючи сучасну тенденцію до скорочення тривалості головного бродіння та доброджування, пришвидшити відновлення ВДК можна шляхом зниження рН, підвищенням температури бродіння (для пива низового бродіння до 18 °С), та важливою є наявність активних, живих дріжджових клітин на стадії дозрівання, зокрема, іммобілізованих дріжджів. Пропускання молодого пива через реактори з іммобілізованими дріжджами сприяє швидкому перетворенню діацетилу в ацетоїн та дозволяє суттєво скоротити процес дозрівання пива [5].

Іншим методом відновлення діацетилу є використання ферменту α -ацетолактатдекарбоксілази (зокрема у формі ферментного препарату (ФП) Альфалаза), який каталізує реакцію перетворення α -ацетолактату (попередника діацетилу) безпосередньо в ацетоїн, оминаючи повільну стадію окиснювального декарбоксілювання діацетилу в ацетоїн (рис. 1.5), що суттєво пришвидшує дозрівання пива.

Ідентифіковано близько сотні органічних та жирних кислот у пиві які, в основному, утворюються в результаті метаболізму дріжджів. Органічні кислоти зумовлюють зниження рН пива під час бродіння та зумовлюють його кислуватий смак. В основному, в пиві містяться оцтова, лимонна, молочна, піровиноградна, яблучна, бурштинова та α -кетоглутарова кислоти. Вони утворюються здебільшого в результаті незавершеного циклу трикарбонових кислот, що зумовлено інгібованим ростом дріжджів за анаеробних умов. Жирні кислоти негативно впливають на смак пива та є небажаними. Вважається, що вони виділяються в середовище клітинами в результаті пошкодження клітинної мембрани, спричиненого етанольним стресом.

Очевидно, що склад та смак готового пива значно залежать від перебігу метаболічних процесів у дріжджовій клітині та їх взаємодії з утворенням побічних продуктів бродіння, які відповідають за формування органолептичних показників.

В результаті споживання дріжджами амінокислот, йонів NH_2 , фосфатів та виділення в середовище органічних кислот, йонів водню відбувається зниження величини рН в процесі бродіння (від 5,3-5,6 до 4,2-4,6), що зумовлює осідання нестабільних білково-дубильних сполук, покращення смаку пива та сприяє кращій колоїдній стійкості. Значення рН менше ніж 4,1 зумовлює неприємний, кислий смак пива, тоді як збільшення величини рН свідчить про автоліз дріжджів.

Також відбувається насичення пива діоксидом вуглецю, що утворився в

процесі бродіння. Вміст CO_2 в готовому пиві має надзвичайно важливе значення у формуванні органолептичних властивостей напою. Розчинність діоксиду вуглецю в пиві зростає зі зниженням температури та підвищенням тиску в апараті під час дозрівання пива.

Таким чином, на формування властивостей пива впливає низка факторів, зокрема перебіг процесів метаболізму вуглеводів, нітрогеновмісних сполук та жирів. Продукти метаболізму дріжджів, а саме спирти, естери, альдегіди, кислоти беруть участь у формуванні аромату та смаку пива. Їх утворення залежить від багатьох факторів, зокрема раси дріжджів, складу суслу, параметрів головного бродіння, доброджування та дозрівання пива. Тому для отримання пива високої якості за оптимальної вартості важливо визначити оптимальні значення цих чинників[15].

1.2 Труднощі, які виникають при зброджуванні високогустинного сусла

Необхідність виготовлення пива високої якості в короткі терміни і найменш дорогим способом спонукала багатьох виробників використовувати нові та сучасні процеси, які в основному направлені на збільшення продуктивності виробництва, збереження енергії та розширення асортименту. Зокрема, використання вдосконалених способів кип'ятіння сусла, ВГП, вдосконалені методи бродіння і доброджування, сучасні способи активації дріжджів[5].

Для низового бродіння сумісним способом виділяють три групи режимів бродіння та дозрівання: холодне бродіння – холодне дозрівання; холодне бродіння – тепле дозрівання; тепле бродіння – холодне дозрівання.

При холодному бродінні-холодному дозріванні процес головного бродіння сусла середньої екстрактивності 11-12 % мас. проводять за температури 8-9 °C (приблизно 6 діб) та повільно охолоджують (приблизно 8 діб) до температури 0-1

°C та проводять доброджування і дозрівання пива мінімум 8 діб. Процес бродіння та доброджування за таких умов є тривалим, що зумовлено повільним відновленням діацетилу за низьких температур.

При холодному способі бродіння утворюється менша кількість побічних продуктів, проте їх перетворення під час холодного дозрівання відбувається повільно. Тепле дозрівання дозволяє скоротити тривалість дозрівання за рахунок швидшого відновлення діацетилу. Головне бродіння ведуть за температури 8-9 °C впродовж 6 діб, надалі пиво витримують за температури 12-13 °C близько 4 діб, охолоджують до 0-1 °C та витримують близько 10 діб. Загальна тривалість процесу бродіння та доброджування становить 20 діб[9].

Проведення бродіння за високих температур дозволяє значно інтенсифікувати процес. При використанні способу теплового бродіння-холодного дозрівання процес головного бродіння ведуть за температури 12-14°C, що дає можливість швидше досягти необхідного СЗв. Хоч підвищення температури головного бродіння зумовлює утворення більшої кількості

діацетилу, проте також дозволяє швидше і повніше відновити діацетил та отримати пиво високої якості за меншої тривалості

процесу (17 діб) порівняно з холодним способом бродіння. Даний спосіб виробництва пива дозволяє отримати напій високої якості за найменшої тривалості.

До інтенсивних способів пивоваріння відносять також виробництво пива безперервним способом та його приготування з використанням іммобілізованих дріжджів, які дозволяють досягти великої продуктивності та економічної ефективності виробництва. Проте, існує великий ризик мікробіологічного забруднення, що може призвести до погіршення якості напою і аж до зупинки виробництва, що призведе до суттєвих збитків.

З метою інтенсифікації процесу виробництва пива застосовують різноманітні методи активації ферментативних процесів дріжджів, зокрема покращенням складу сусла за рахунок внесення екстрактів солодових паростків, дріжджового екстракту, а також в результаті впливу на дріжджі фізичних чинників: температури, тиску, обробки магнітним полем, лазером, ультразвуком[5].

При сумісному способі ведення головного бродіння сусла та дозрівання пива частину сусла аерують для інтенсифікації процесу розмноження дріжджових клітин на початку стадії головного бродіння до досягнення концентрації кисню в суслі до 4 мг/дм^3 . Найкращого ефекту було досягнуто при аерації засівних дріжджів, що дозволило збільшити СЗ пива на 5,1 %, а швидкість зниження концентрації СР збільшувалась вдвічі порівняно з варіантом без аерації сусла.

Під час ВГП сусло, що містить 14-18 % СР зброджують, піддають дозріванню, а потім розбавляють деаерованою водою, насиченою діоксидом вуглецю, до потрібної густини або концентрації етанолу. Це дозволяє збільшити продуктивність пивоварні на наявному обладнанні без залучення додаткових інвестицій.

Потенційні переваги технології ВГП над звичайною технологією включають також значну економію води, більший вихід спирту і зниження витрат енергії та праці, менші капітальні витрати а також покращення смакових властивостей пива, аромату та стабільності піни як зазначено в таблиці 1.2. До того ж, відносно велика концентрація етанолу, утвореного в процесі бродіння, сприяє більшому осадженню поліфенол-протеїнового комплексу, таким чином пиво, приготоване за технологією ВГП, має кращу колоїдну стійкість, ніж пиво, отримане за класичною технологією. ВГП також пропонує гнучкість у виробництві різних типів пива, приготованих з різним вмістом цукрів (світле пиво) і вмістом етанолу (низько- чи високоалкогольні сорти пива). Переваги процесу ВГП стають очевидними, коли тривалість бродіння залишається помірною, а життєздатність дріжджів та смак пива є адекватними [20].

Тим не менше, на початкових стадіях ферментації рівень цукрів у середовищі збільшується вище граничних для дріжджових клітин концентрацій, в результаті чого вони піддаються впливу високого

осмотичного стресу. В зв'язку з цим часто спостерігається низький СЗ субстрату, і в кінцевому підсумку ефективність процесу знижується. Високий осмотичний тиск, густина, значна концентрація CO₂, незбалансованість поживного середовища і токсичний вплив вищих концентрацій етанолу є ключовими факторами, які відповідають за інгібування росту дріжджів і зниження бродильної активності при високих концентраціях субстрату.

Таблиця 1.2 – Переваги і недоліки технології ВГП [15].

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> – збільшення продуктивності виробництва – зниження виробничих витрат, зокрема витрат води, оплати праці, використання робочих приміщень – зниження витрати теплоносіїв та електроенергії – більш ефективне використання обладнання – не потрібні значні капіталовкладення для впровадження технології – краща колоїдна стабільність пива – розширення асортименту пива – зменшення кількості промивних вод 	<ul style="list-style-type: none"> – виникнення умов середовища, несприятливих для життєдіяльності дріжджів, зокрема: <ul style="list-style-type: none"> * підвищений осмотичний тиск * підвищена концентрація етанолу * неоптимальний склад сусла за компонентами, зокрема недостатнє азотне живлення – як наслідок: <ul style="list-style-type: none"> * зниження активності та життєздатності дріжджів * повільне бродіння * зниження якості пива

Зниження життєздатності і бродильної активності дріжджів в процесі зброджування високогустинного (ВГ) сусла спричиняє не лише низький СЗ, а й високий вміст залишкових цукрів, в основному мальтози і мальтотріози, а також нехарактерний смаковий профіль пива, спричинений утворенням значної кількості побічних продуктів бродіння.

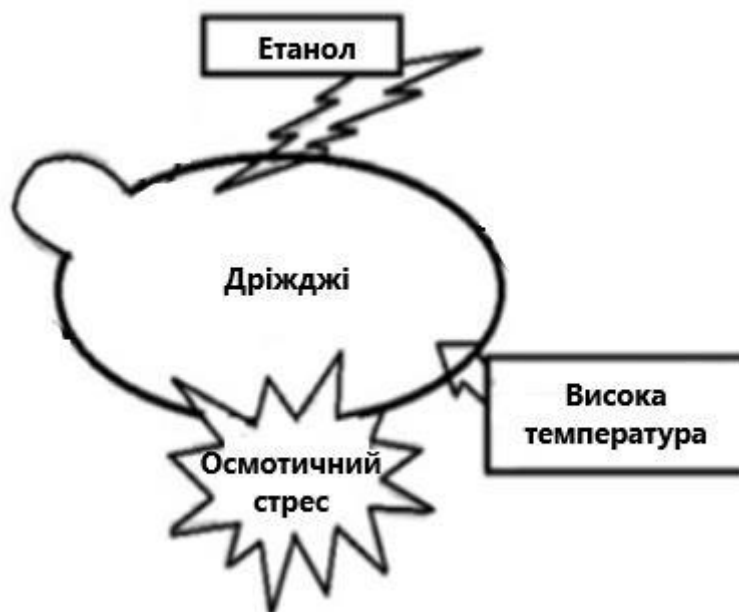


Рис. 1.5 – Визначальні стресові фактори впливу на дріжджі в процесі ВГП

За технологією ВГП зброджування сусла відбувається, зазвичай, у циліндро- конічному бродильному апараті, що зумовлює надлишковий гідростатичний тиск на клітину та накопичення високої концентрації діоксиду вуглецю, етилового спирту та інших продуктів метаболізму наприкінці головного бродіння, що може спричиняти зниження СЗ [20].

Проте, в результаті дослідження впливу стресових умов бродіння на геном дріжджів низового бродіння, зокрема високого осмотичного тиску та підвищеної температури бродіння, встановлено, що низові дріжджі мають надзвичайно високий ступінь геномної пластичності, завдяки чому вони можуть витримувати геномні зміни у відповідь на стрес навколишнього середовища. Тому важливо встановити можливі способи адаптації дріжджів до стресових умов, які виникають при впровадженні технології ВГП і інтенсифікувати їх ферментативні процеси.

Успішне впровадження ВГП значно залежить від ефективності проведення головного бродіння та доброджування. Процес зброджування сусла залежить від параметрів проведення процесу, зокрема концентрації та складу сусла, температури та тривалості бродіння, норми внесення дріжджів, аерації, використання поживних добавок. Проте, найбільш визначальним є вибір раси дріжджів, яка визначає їх бродильну активність за стресових умов ВГП та безпосередньо впливатиме на ефективність головного бродіння та доброджування, а також на органолептичні властивості готового напою. Тому першим етапом при дослідженні технології ВГП повинен бути вибір ефективної та стресостійкої раси дріжджів, які зброджуватимуть ВГ сусло без подовження тривалості процесу та погіршення смакових якостей пива [5].

З цією метою проводили порівняння промислових рас дріжджів за їх бродильною активністю та здатністю накопичувати побічні та вторинні продукти бродіння. Порівнюючи дріжджі рас 8М, F і 11, встановили, що

використання раси F дозволило скоротити тривалість бродіння та в результаті отримували пиво з нижчим вмістом діацетилу та найкращими дегустаційними властивостями[4].

Одним із сучасних методів цілеспрямованого підбору раси з кращими характеристиками є генетична інженерія. Основними напрямками покращення рас є: вдосконалення процесу бродіння, розширення спектру використовуваної сировини, покращення контролю смакового профілю та стабільності пива, виробництво нових сортів пива в результаті зміни процесу бродіння. Зокрема, були отримані мутовані раси дріжджів, які здатні продукувати більшу кількість етанолу, були більш толерантними до етанолу, характеризувались високою осмотолерантністю, краще зброджували ВГ сусло були більш осмотолерантними та стійкими до етанолу, швидше зброджували ВГ сусло зброджували декстрини та пентози швидше асимілювали цукри краще транспортували мальтозу та мальтотріозу були більш термотолерантними характеризувались швидшим метаболізмом діацетилу, таким чином скорочуючи тривалість бродіння; для виробництва пива з покращеними фільтрувальними властивостями завдяки здатності дріжджів асимілювати β -глюкан, для вдосконалення смакового профілю пива, зниження концентрації диметилсульфіду та діоксидсульфуру, для виробництва без- та слабоалкогольного пива.

Незважаючи на те, що генномодифіковані дріжджі дозволяють швидко та ефективно зброджувати сусло підвищеної концентрації, отримувати пиво з кращими смаковими властивостями, на пивоварних заводах генетично модифіковані раси не використовуються, оскільки виробники побоюються негативної реакції споживачів.

Підібравши ефективну расу дріжджів для збродження ВГ сусла, важливо провести їх культивування за оптимальних умов, які б сприяли отриманню активних та стресостійких дріжджів. Існує теорія, що концентрація сусла на стадії культивування повинна бути такою ж, як на етапі бродіння, щоб не спричинити осмотичний та етанольний стрес.

Досліджували вплив концентрації сусла на стадії культивування дріжджів на їх життєздатність та бродильну активність у технології ВГП. Було встановлено, що при збродженні 17,5%-го сусла кількість життєздатних клітин дріжджів наприкінці головного бродіння була найнижчою, коли дріжджі культивували у суслі такої ж концентрації. На думку дослідників оптимальною концентрацією сусла на стадії культивування дріжджів є 7,5-12,5 %. Проте, повідомляли про нижчий вміст життєздатних клітин дріжджів, культивованих в суслі з нижчою концентрацією, ніж у зброджуваному суслі[6].

Наступним та основним етапом технології ВГП є головне бродіння. Проводився ряд досліджень по збродженню ВГ сусла з різноманітними параметрами процесу, зокрема концентрація сусла була в межах від 13 % до 30 %, температура бродіння коливалась від 9 °C до 25 °C, норма внесення дріжджів – від 1 до 25 млн. клітин/см³, тривалість бродіння – від 5 до 23 діб. Використовувались як музейні та промислові раси дріжджів, так і штучно

отримані методами селекції, мутації, гібридизації та генної інженерії. Проводились дослідження з використання іммобілізованих дріжджів на різних носіях в порівнянні з вільними дріжджовими клітинами. Досліджували вплив теплового «шоку» на їх термо-, спирто- та осмостійкість. Для експериментів використовували сусло різного складу: солодове, з додаванням сиропів (мальтозного, цукрового, глюкозного, кукурудзяного), з внесенням поживних речовин та активаторів росту. В результаті отримували пиво з різноманітним вмістом етанолу та смакоутворюючих продуктів бродіння.

Досліджуючи зброджування сусла концентрацією 13 %, більший СЗ та концентрація нагромадженого етанолу були при використанні іммобілізованих дріжджів, проте тривалість бродіння була на 6 діб більшою порівняно з вільними дріжджами.

При зброджуванні 14%-го сусла найбільший вихід етанолу мав місце при використанні дріжджів W-34/70 за температури бродіння 14 °С і норми внесення дріжджів 10 млн. клітин/см³. Тривалість бродіння за цих умов становила 6 діб.

Для 15%-го сусла бажаний СЗ сусла (66,34 %, концентрація етанолу в пиві 6,54% об.) за мінімальний термін (5 діб) отримували за норми внесення дріжджів 0,058 кг/дал, при заміні солоду на 25 % ячменю та додаванням 9% мальтозного сиропу. Проте, в статті не вказано температури процесу, що є важливим параметром. Вищого вмісту етанолу в пиві (7,14 % об.) за тої ж концентрації сусла (з заміною 10 % солоду на знежирену кукурудзяну крупку) вдалось досягти за температури 15 °С і норми внесення дріжджів 7 млн. клітин/см³ з використанням раси W-34/70, проте тривалість бродіння подовжувалась до 9 діб.

При зброджуванні сусла концентрацією 16 % найкращих результатів досягли при використанні дріжджів *S. uvarum (carsbergensis)*, температурі бродіння 21 °С і нормі внесення дріжджів 3,5 г/дм³ з додаванням кукурудзяного сиропу. Тривалість головного бродіння такого сусла становила 10 діб, в результаті концентрація спирту в пиві складала 7 % об. Проте така висока температура сприятиме продукуванню більшої кількості побічних продуктів бродіння, що негативно впливатиме на смаковий профіль пива. Зниження температури до 15 °С призводить до подовження тривалості процесу на 4 доби [6].

Для 17,5%-го сусла найкращі результати були отримані при зброджуванні за температури 16 °С, норми внесення дріжджів 10-20 млн. клітин/см³ та тривалості бродіння 9 діб. Дещо більший вихід спирту отримували при додаванні до сусла дріжджового екстракту, ергостеролу та Tween 80, за температури 12,5 °С, що сприяє отриманню пива з кращими органолептичними властивостями.

Використовуючи генетично модифіковані дріжджі *S. cerevisiae* ATCC 1252 W3-8 для зброджування 18 %-го сусла за температури 24 °С вдалось досягти концентрації спирту в суслі 7,9 % об. за 4 доби. Проте, як було вказано раніше, висока температура бродіння негативно впливає на смак пива. Натомість, немодифіковані дріжджі зброджували сусло значно довше – 12-23

доби.

При зброджуванні 20%-го сусла найкращий результат отримано при додаванні протеолітичного препарату Flavorzyme за температури бродіння 12 °С, норми внесення дріжджів 5 млн. клітин/см³ на 1 % СР сусла та використанні раси *S. pastorianus* CGMCC №4466. Як наслідок, концентрація спирту в пиві становила 10,65 % об., а тривалість бродіння – 12 діб .

Зброджуючи сусло концентраціями 21 і 22 %, процес проводили за температури 13-14 °С протягом 8 діб, проте в результаті отримували близько 6 % об. спирту та значну кількість незброджених цукрів, що свідчить про незавершеність та неефективність процесу, а також незадовільний смаковий профіль пива.

Збільшення концентрації сусла до 24 % спричиняло подовження тривалості бродіння до 22 діб. Найвищої концентрації етанолу (10,93 % об.) вдалось досягти за температури бродіння 12 °С, норми внесення дріжджів 5 млн. клітин/см³ на 1 % СР сусла та при використанні раси *S. pastorianus* CGMCC №4466 та використанні протеолітичного ФП Flavorzyme . Проте, підвищуючи концентрацію сусла від 18 % до 24 % вміст етанолу збільшується всього на 0,3 %, в той час як тривалість зростає на 10 діб. Натомість зброджування 25%-го сусла за температури 21 °С та при додаванні 3,5 г/дм³ дріжджів дозволяло досягти 11 % об. спирту в пиві за тривалості бродіння 10 діб [15].

Підвищення концентрації сусла до 28-30 % не призводило до утворення більшої кількості етанолу, ніж при зброджуванні 18%-го сусла. Максимальна концентрація етанолу становила 10,5 % об., що знову ж таки свідчить про незавершене бродіння та високий вміст незброджених цукрів [7] .

Пиво, отримане за технологією ВГП, повинно відповідати нормативним органолептичним показникам. Тому важливо дослідити вплив концентрації сусла на смаковий профіль отриманого кондиційованого пива. Враховуючи результати органолептичної оцінки пива, приготованого за технологією ВГП, рекомендується зброджувати сусло концентрацією 13-16 %.

Таким чином, збільшення концентрації зброджуваного сусла вище 18 %, особливо при підвищенні концентрації сусла шляхом додавання цукрових сиропів, спричиняє суттєве зниження бродильної активності та життєздатності дріжджів, що в результаті призводить до подовження тривалості бродіння та нівелювання економічної вигоди технології ВГП. Використання модифікованих дріжджів дозволяє виправити ці недоліки, проте підприємства не охоче використовують генетично модифіковані організми. Пропонований спосіб інтенсифікації бродіння шляхом використання іммобілізованих дріжджів не показав суттєвих відмінностей від традиційної технології. Підвищення бродильної активності дріжджів шляхом збільшення температури бродіння та норми внесення дріжджів може мати негативний вплив на смакові характеристики напою в результаті утворення більшої кількості побічних продуктів бродіння, зокрема ВДК, та зміни смакового профілю пива.

В технології ВГП для підвищення концентрації сусла часто

використовують цукрові сиропи. Це призводить до зменшення концентрації джерел азоту в суслі. Недостатня кількість азотного живлення спричиняє зниження росту та розмноження дріжджів, що призводить до зменшення СЗ пива. Вирішити цю проблему можна збільшенням вмісту вільного амінного нітрогену шляхом внесення нітрогеновмісних сполук (амінокислоти, амонієві солі та ін.) чи приготування ВГ сусла тільки зі солоду або із заміною частини солоду зерновою сировиною, що містить нітрогеновмісні сполуки[13].

Іншим методом інтенсифікації бродіння є додавання мінеральних речовин та факторів росту. Вони виконують роль кофакторів ензимів гліколізу, таким чином підвищують ферментативну активність дріжджів та призводять до збільшення їх бродильної активності. Проте, внесення мінеральних сполук, зокрема неорганічних солей, може негативно впливати на органолептичні властивості пива, а використання сульфатів та нітратів негативно впливає на життєздатність дріжджів.

З метою пришвидшення редукції ВДК пропонують використовувати іммобілізовані дріжджі на стадії дозрівання, що дозволяє суттєво скоротити тривалість процесу. Проте це ускладнює процес виробництва за рахунок додавання стадії приготування іммобілізованих дріжджів. Натомість використання ферменту α -ацетолактатдекарбоксілази дозволяє пришвидшити процес зниження вмісту ВДК без внесення змін до процесу виробництва пива.

Отже, для ефективного застосування технології ВГП важливо підібрати расу дріжджів з найкращими властивостями, визначити оптимальні параметри бродіння, а саме концентрацію сусла, температуру бродіння, норму внесення дріжджів, здійснити пошук способів інтенсифікації процесів.

Висновки

1. Підсумовуючи наведені в огляді літератури дані, необхідно відзначити сучасні тенденції до скорочення витрат на виробництво пива та впровадження енергоощадних технологій. Проведення головного бродіння, доброджування та дозрівання способом тепле бродіння-холодне дозрівання дозволяє отримати пиво високої якості за короткої тривалості процесу.
2. В Україні та світі проведено ряд досліджень по зброджуванню ВГ сусла, в результаті яких встановлено погіршення бродильної активності дріжджів, утворення більшої кількості побічних продуктів бродіння, зокрема ВДК, і, як наслідок, погіршення органолептичних властивостей пива.
3. Діацетил і пентандіон (ВДК) при перевищенні порогового значення надають пиву неприємного смаку. На сьогодні відновлення цих дикетонів є основним критерієм дозрівання пива. Процес відновлення дикетонів тривалий і може призвести до суттєвого подовження стадій головного бродіння та дозрівання. Застосування ферменту α -ацетолактатдекарбоксілази (ФП Альфалаза), що перетворює попередник діацетилу α -ацетолактат безпосередньо в ацетоїн, міняючи стадію утворення діацетилу, дозволить значно скоротити процес зниження вмісту дикетонів у пиві без суттєвих затрат.

2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1.Схема проведення досліджень



Рис. 2.1 – Схема проведення досліджень

2.2 Об'єкт та предмети досліджень

Об'єкт досліджень: технологія пивного сусла.

Предмети досліджень:

Пивні дріжджі. Використовували для досліджень пивні дріжджі рас: Brewferm Lager. Saflager S-23. Saflager W-34/70.

Ферментний препарат:
Альфалаза.

2.3 Методи досліджень

Для визначення фізико-хімічних показників сусла, молодого та готового пива, показників дріжджів застосовувалися наступні методи аналізів:

- 1) визначення концентрації СР у суслі аерометричним методом.
- 2) визначення показника рН сусла та пива.
- 3) визначення кислотності сусла та пива.
- 4) визначення вмісту масової частки дійсного і видимого екстракту, масової та об'ємної частки етанолу в пиві, дійсного і видимого СЗ пива – за допомогою приладу Anton-Paar.
- 5) вмісту ВДК в пиві спектрофотометричним методом.
- 6) визначення концентрації дріжджових клітин в суслі обрахунком на камері Горяєва.

2.4 Методика досліджень

1 етап роботи – було проведення аналітичного огляду наукової літератури та джерел, що дозволило визначити конкретні напрямки проведення подальших наукових експериментальних досліджень і послідовність основних етапів вирішення поставлених завдань. На основі детального літературного аналізу обґрунтовано доцільність використання ФП Альфалаза для інтенсифікації технології зброджування сусла у високогустинному пивоварінні.

2 етап роботи – досліджень визначено ефективну осмо-, спирто- та термостійку расу дріжджів, здатну інтенсивно зброджувати високосустинне сусло та нагромаджувати мінімальну кількість ВДК.

3 етап роботи – досліджено технологічний процес головного бродіння високогустинного сусла методом математичного планування експерименту за трьома факторами: температурою, нормою внесення дріжджів,

тривалістю процесу. В результаті аналізу запропоновано раціональні умови головного бродіння.

4 етап роботи – визначено оптимальну витрату ФП Альфалаза для зниження вмісту ВДК у пиві під час головного бродіння і скорочення тривалості даного процесу.

2.4.1 Визначення фізико-хімічних показників сусла, молодого та готового пива.

Визначення концентрації СР у суслі аерометричним методом:

Для аналізу використовують попередньо фільтроване і охолоджене до температури 20° С сусло. Покази ареометра при температурі 20° С вказують на вміст СР у суслі. Коли температура не дорівнює 20° С, вносять поправку.

Визначення показника рН сусла та пива :

для визначення рН використовують електронний пристрій рН метр.

Визначення кислотності сусла та пива

Фільтроване сусло титрують розчином гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм. до появи рожевого забарвлення яке не зникає протягом 1-2 хв.

Кислотність розраховують за кількістю витраченого розчину гідроксиду натрію 100 см³ сусла за формулою:

$$X = V \cdot K_p \text{ де:}$$

V – об'єм розчину гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм³, витрачений на титрування;

K_p – коефіцієнт поправки робочого розчину гідроксиду натрію[12].

Вмісту ВДК в пиві спектрофотометричним методом. Метод аналізу: відфільтрувати пиво 200 мл налити в плоскодонну колбу на 500 мл та провести дистиляцію до утворення в приймальній колбі 50 мл дистиляту. Підготувати три пробірки в дві з них додати по 10 мл дистильовану воду та в 0,5 мл фенілендіамін, в другу діацетил робочий розчин 0.1 мл в третю дистилят 10 мл та 0,5 мл фенілендіамін. Добре перемішати та залишити в темному місці на 20-30 хв після чого додати по 2 мл HCL-4m . Добре перемішати та провести вимірвання на спектрофотометрі при довжині хвилі 335 нм.

2.4.2 Визначення осмо-, спирто- та термостійкості рас дріжджів.

Осмостійкість дріжджів визначали за величиною бродильної активності дріжджів у суслі за різних концентрацій за однієї температури [10] Для коректного порівняння впливу осмотичного тиску середовища на бродильну активність дріжджів здійснювати перерахунок об'єму CO₂.

Спиртостійкість дріжджів визначають за величиною бродильної активності у пивному суслі, в яке вносити етанол різних концентрацій та проводити бродильні проби для визначення результату [2].

Термостійкість. Дослідження термостійкості дріжджів проводять зброджування охмеленого пивного сусла за різними температурами після чого порівнюють бродильну активність і стійкість дріжджів до температур [2].

2.4.3 Проведення бродильних проб

Стерильне охмелене сусло об'ємом 200 см³ переливали в стерильну колбу об'ємом 250 см³, до якої додавали визначену кількість ЧК дріжджів.. Колбу щільно закривали гідрозатвором, заповненим розчином H₂SO₄ (концентрацією 1:4). Колбу зважували та отриману масу вважали як вихідну точку розрахунку для визначення динаміки бродіння за масою виділеного CO₂ протягом головного бродіння, визначаючи зміну маси щодоби. Колбу поміщали в термостат та проводили головне бродіння за визначеної температури та тривалості.

Динаміку зброджування сусла досліджували за масою виділеного діоксиду вуглецю, будували графічні залежності маси CO₂ від тривалості бродіння та за кутом нахилу кривої визначали швидкість бродіння (г CO₂/добу).

По завершенні головного бродіння молоде пиво відділяли від дріжджів методом центрифугування при частоті обертів 4000 хв⁻¹ впродовж 10 хв. Зважуючи центрифужні пробірки, визначали біомасу дріжджів. Знаючи вихідну масу заданих дріжджів, робили висновок про приріст біомаси.

В молодому пиві, відділеному від дріжджів, визначали рН, кислотність, вміст екстракту, етанолу, СЗ та вміст ВДК.

Отримане молоде пиво охолоджували до температури 0-2 °С, переливали в колбу об'ємом 200 см³, щільно закривали корком та поміщали в термостат, де проводили доброджування за температури 0-2 °С. По завершенні доброджування пиво центрифугували при частоті обертів 4000 хв⁻¹ впродовж 10 хв. У пиві, відділеному від дріжджів, визначали рН, кислотність, вміст видимого і дійсного екстракту, етанолу, СЗ та вміст ВДК у контрольному та дослідних зразках.

2.4.4 Визначення бродильної активності дріжджів

Для визначення бродильної активності дріжджів використовували два методи:

1) експрес-метод Варбурга (см³ CO₂/год.) [13].

2) за кутом нахилу кривої зміни маси виділеного CO₂ відносно тривалості. В колбу об'ємом 100 см³ вносили 50 см³ стерильного охмеленого сусла, необхідну кількість біомаси ЧК дріжджів та щільно закривали колбу гідрозатвором, заповненим розчином H₂SO₄ (концентрацією 1:4). Бродильну активність досліджували впродовж 4 діб та виражали у г CO₂/добу.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПИВА ВИСОКОЇ ГУСТИНИ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА)

Дослідження та удосконалення технологічних параметрів для прискорення процесу зброджування пивного сусла високої густини.

- визначити показники якості сировини, що використовуватиметься для приготування пивного сусла та порівняння їх з нормативними значеннями;
- визначення кількості дозування дріжджів;
- дослідити технології зброджування сусла у ВГП з використанням ФП Альфалаза;
- обрати оптимальні кількості для дозування ФП Alphasase advance;
- визначення параметрів головного бродіння;
- визначити фізико-хімічні показники готового продукту;
- дослідити органолептичні показники готового пива.

Пивне сусло. В дослідженнях використовували стерильне охмелене сусло з концентрацією СР 16 % мас., приготоване зі світлого ячмінного солоду (70 %) та знежиреного кукурудзяного борошна (30 %) одновідварним способом. Додавання знежиреного кукурудзяного борошна, яка містить більшу кількість крохмалю, ніж солод, дозволяє збільшити екстрактивність сусла та знизити собівартість пива. Під час приготування сусла використовували амілолітичний ферментний препарат Церемікс Плюс МГ (0,9 кг/т зернової сировини), оскільки амілолітичних ферментів солоду недостатньо для розщеплення необхідної кількості крохмалю при заміні 30 % солоду на несолоджену сировину. Фізико-хімічні показники пивного сусла наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники охмеленого пивного сусла

Найменування показників	Значення показників
рН	5,3-5,6
Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ р-ну NaOH на100см ³	1,8-2,0
КСЗ, %	82,5

Представлені дослідження проводилися на підприємстві Carlsberg Ukraine в місті Київ.

3.1. Дослідження осмо-, спирто- та термостійкості рас дріжджів

Осмостійкість рас оцінювали за величиною бродильної активності дріжджів у суслі з концентрацією 10, 13, 16, 19, 22, 25 % за температури 15 °С.[10] .Сусло з більшою концентрацією СР містить більшу кількість цукрів, які при зброджуванні виділяють більший об'єм діоксиду вуглецю. Тому для

коректного порівняння впливу осмотичного тиску середовища на бродильну активність дріжджів здійснювали перерахунок об'єму CO₂, виділеного при зброджуванні сусла з концентраціями CP 13, 16, 19, 22, 25 % мас. та зводили до однієї концентрації -10 % мас., розділивши об'єм CO₂ на коефіцієнти 1,3, 1,6, 1,9, 2,2, 2,5 відповідно[14].

Експериментальними дослідженнями було встановлено, що збільшення концентрації сусла від 10 до 25 % мас. веде до зниження бродильної активності дріжджів (рис. 3.1).

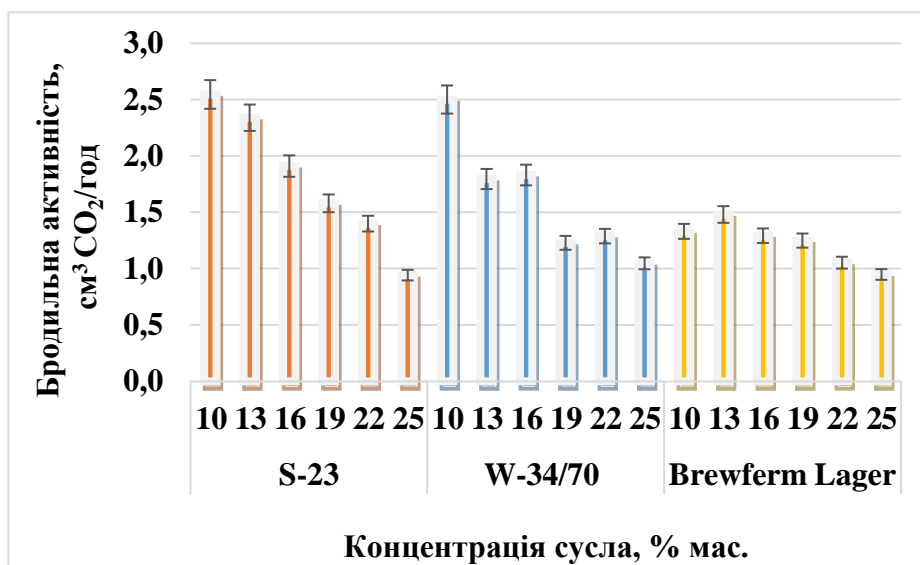


Рис 3.1 – Бродильна активність рас дріжджів за різних концентрацій сусла .

Для інтервалу концентрацій сусла 10-22 % мас. спостерігали вищу бродильну активність раси S-23. Раси W-34/70 та S-23 зброджували 16%-не сусло з меншою швидкістю, ніж 10%-не. При концентраціях сусла 19-25 % мас. бродильна активність всіх рас суттєво знижується. Раса Brewferm Lager мала нижче значення цього показника за всіх концентрацій сусла. Найбільшого осмотичного стресу зазнавали дріжджі при концентрації сусла 25 % мас., проте за цієї концентрації раса W-34/70 мала вищу бродильну активність.

Зниження бродильної активності дріжджів за умов підвищеного осмотичного тиску в суслі можна пояснити зменшенням поглинання глюкози та мальтози клітинами дріжджів через те, що відбувається катаболітична інактивація транспортерів мальтози в зв'язку з їх протеолізом. До того ж, підвищення концентрації сусла знижує активність ферментів гліколізу.

На основі експериментальних досліджень встановлено, що осмотичний стрес має значний негативний вплив на бродильну активність дріжджів. Ступінь впливу залежить від концентрації сусла. Більшу осмотостійкість має раса S-23. За зменшенням осмотостійкості раси можна розмістити в ряд S-23 > W-34/70 > Brewferm Lager.

В умовах ВГП, окрім високого осмотичного тиску, на дріжджі негативно впливає підвищена концентрація етилового спирту, що утворюється при зброджуванні ВГ сусла. Тому важливо обрати расу, толерантну до етанольного стресу [16].

Спиртостійкість рас оцінювали за величиною бродильної активності дріжджів у 16%-му суслі, в яке вносили етанол до досягнення його вмісту 2, 5, 8, 11 і 14 % об. [15]. Збільшення концентрації етанолу від 2 до 14 % об. спричиняло зменшення бродильної активності дріжджів усіх досліджуваних рас (рис. 3.2). При додаванні 2 % об. етанолу бродильна активність знижувалась на 20-40 %, 5 % об. – на 50- 70 %, 8-11 % об. – 70-85 %, 14 % об. – бродіння відбувалось дуже повільно.

Зниження бродильної активності дріжджів за високих концентрацій етанолу можна пояснити інактивацією транспортерів мальтози з їх подальшим протеолізом.

Найбільшого негативного впливу етанолу зазнає клітинна мембрана.

Зміни структури плазматичної мембрани можуть бути зумовлені одним із механізмів етанольної токсичності. За високого осмотичного тиску середовища зростає вміст внутрішньоклітинного етанолу, який є більш токсичним, ніж зовнішньоклітинний. Високий осмотичний тиск, що виникає при підвищенні концентрації сусла за умов ВГП, не тільки спричиняє осмотичний стрес у дріжджових клітин, а й посилює етанольний стрес, зумовлений підвищеним вмістом етанолу.

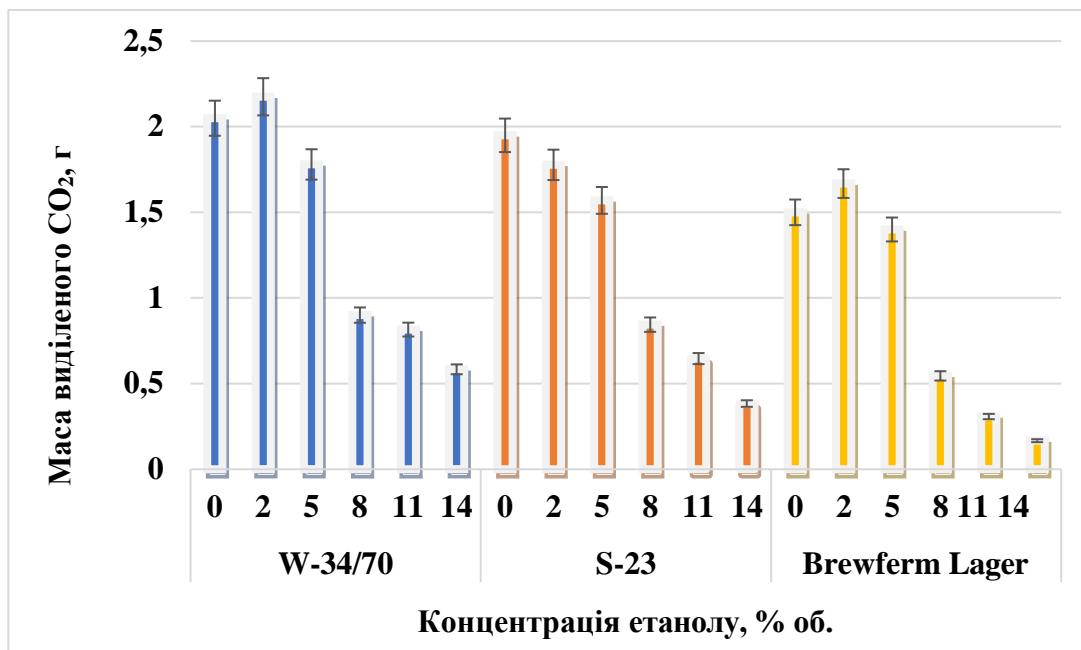


Рис 3.2 – Бродильна активність рас дріжджів за різних концентрацій етанолу в суслі.

На основі результатів проведених нами досліджень встановлено, що етанольний стрес має значний негативний вплив на бродильну активність дріжджів. Ступінь впливу залежить від концентрації спирту. Більшу

спиртостійкість має раса W-34/70. За зменшенням спиртостійкості раси можна розмістити в ряд W-34/70 > S-23 > Brewferm Lager.

Висока концентрація суслу та утворення підвищеного вмісту етилового спирту при використанні технології ВГП зумовлює зниження швидкості бродіння та активності ферментів гліколізу і транспортерів глюкозидів. За низьких температур бродіння та високої концентрації суслу відбувається зміна фізіологічного стану дріжджів (зниження мембранного транспорту, ензиматичної активності, накопичення білків з порушеною структурою). Підвищення температури бродіння призводить до збільшення активності ферментів гліколізу, зокрема гексокінази, фосфофруктокінази та піруваткінази, бродильної активності дріжджів та швидкості перебігу метаболічних процесів. Тому для зброджування ВГ суслу важливо обрати расу з високою бродильною активністю за підвищеної температури. З цією метою зброджували сусло концентрацією 16 % мас. за температури 9, 15, 20, 25 і 30 °С.

Результати досліджень показали (рис. 3.3), що за температури 9 °С бродильна активність усіх досліджуваних рас була дуже низькою. Підвищення температури бродіння до 15 °С спричинило суттєве зростання бродильної активності, що може бути зумовлено збільшенням активності ферментів гліколізу. При температурі 15 °С найвища бродильна активність була характерна для рас W-34/70 та S-23. При подальшому збільшенні температури до 25-30 °С високу бродильну активність зберігали тільки дріжджі раси W-34/70. Дріжджі раси S-23 мали нижчу бродильну активність за цих температур, тоді як значення бродильних активностей рас Brewferm Lager і W-34/70 були близькими.

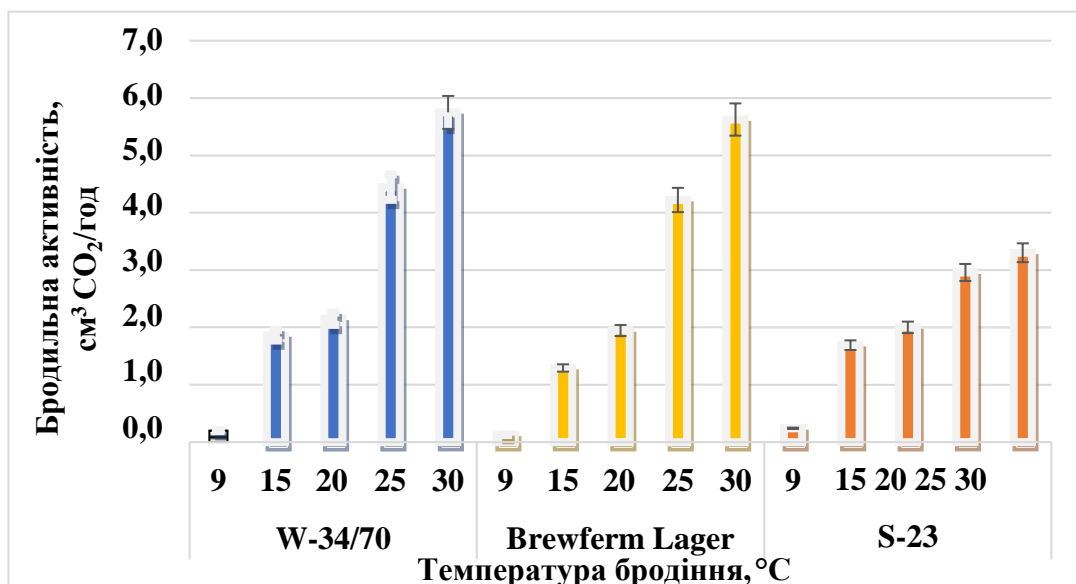


Рис 3.3 – Бродильна активність рас дріжджів за різних температур

Встановлено, що бродильна активність дріжджів при зброджуванні ВГ суслу значно зростає при підвищенні температури. Більшу бродильну активність за підвищених температур має раса W-34/70. За зменшенням термостійкості раси можна розмістити в ряд W-34/70 > Brewferm Lager > S-

23.

На основі аналізу отриманих результатів можна стверджувати, що дріжджі рас W-34/70 і S-23 мають високу осмо- та спиртостійкість, а раси W-34/70 і Brewferm Lager – високу термостійкість. Вплив раси дріжджів на ступінь зброджування та вміст віцинальних дикетонів у пиві.

Бродильна активність дріжджів має першочергову важливість для пивоваріння, оскільки від швидкості і повноти зброджування вуглеводів сусла величезною мірою залежить не тільки отримання пива необхідної якості, але й можливість інтенсифікувати тривалі процеси бродіння та доброджування.

Зброджування цукрів, утворення та часткове розщеплення побічних продуктів бродіння тісно пов'язане з обміном речовин дріжджів, тому виникає необхідність підбору ефективної раси дріжджів з високою швидкістю та ступенем зброджування, здатну нагромаджувати мінімальну кількість ВДК, які на сьогодні є основним критерієм дозрівання пива. З цією метою зброджували 16%-е сусло за температури 15 °C дріжджами рас W-34/70, S-23 і Brewferm Lager.

Встановлено, що дріжджі раси S-23 мали високу бродильну активність в усьому діапазоні тривалості процесу. Раса W-34/70 мала нижчу бродильну активність в першу добу бродіння, яка надалі значно зростала. Дріжджі раси Brewferm Lager мали високу бродильну активність в перші три доби, проте надалі вона знижувалась (рис. 3.4).

Важливою характеристикою для оцінки раси дріжджів видимий ступінь зброджування молодого пива. Він є характерним для кожного сорту пива. За його значенням судять про завершення стадії головного бродіння.

Встановлено, що дріжджі рас S-23 і W-34/70 глибоко зброджують ВГ сусло (рис. 3.5), досягаючи за 9 діб бродіння значень СЗв 79,10 і 77,17 % відповідно. При використанні раси Brewferm Lager отримували найнижче значення СЗв – 71,89 %, що в подальшому може спричиняти розвиток сторонніх мікроорганізмів, оскільки в пиві ще залишаються незброджені вуглеводи[11].

Остаточне рішення про якість пива неможливо зробити без аналізу побічних продуктів бродіння, які можуть утворюватися як в результаті складного гліколітичного шляху перетворення вуглеводів в етанол, так і під час розмноження дріжджів. Незалежно від механізму їх утворення дріжджі беруть безпосередню участь в утворенні цих речовин. Існують дріжджі активні та неактивні щодо цього і від їх здатності накопичувати в середовищі побічні продукти бродіння значною мірою залежить смак і аромат пива. Тому важливим критерієм підбору раси дріжджів є вміст діацетилю та пентандіону (ВДК) в пиві, адже при перевищенні порогу відчуття вони надають пиву неприємного смаку

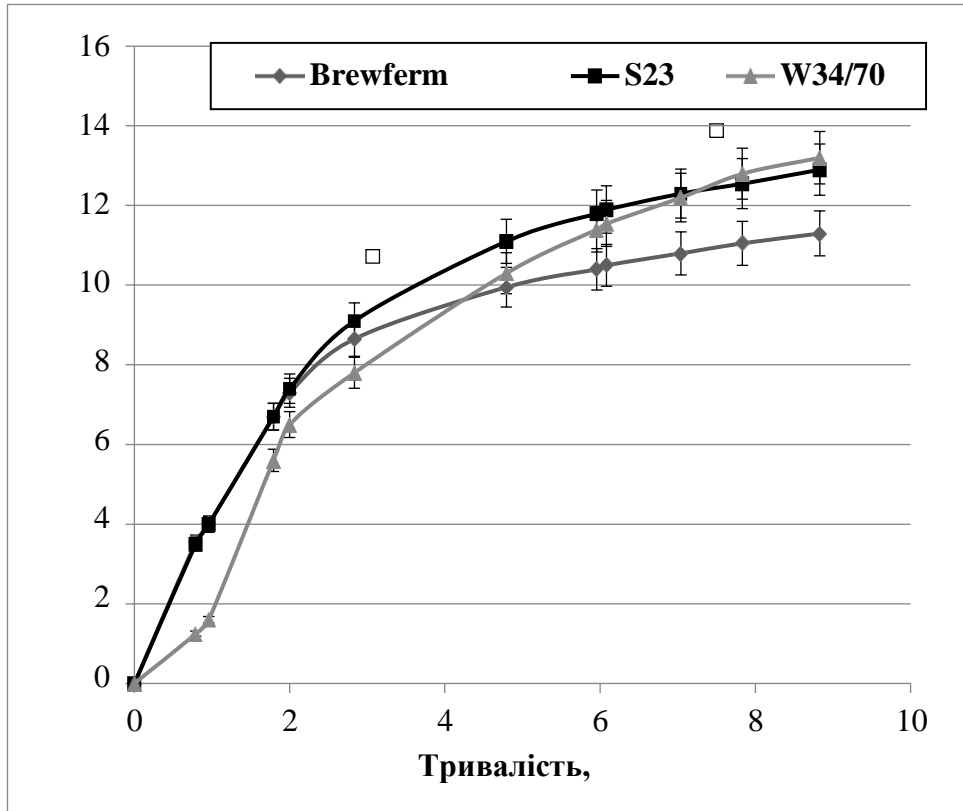


Рис 3.4 – Динаміка зброджування ВГ суслу різними расами дріжджів.

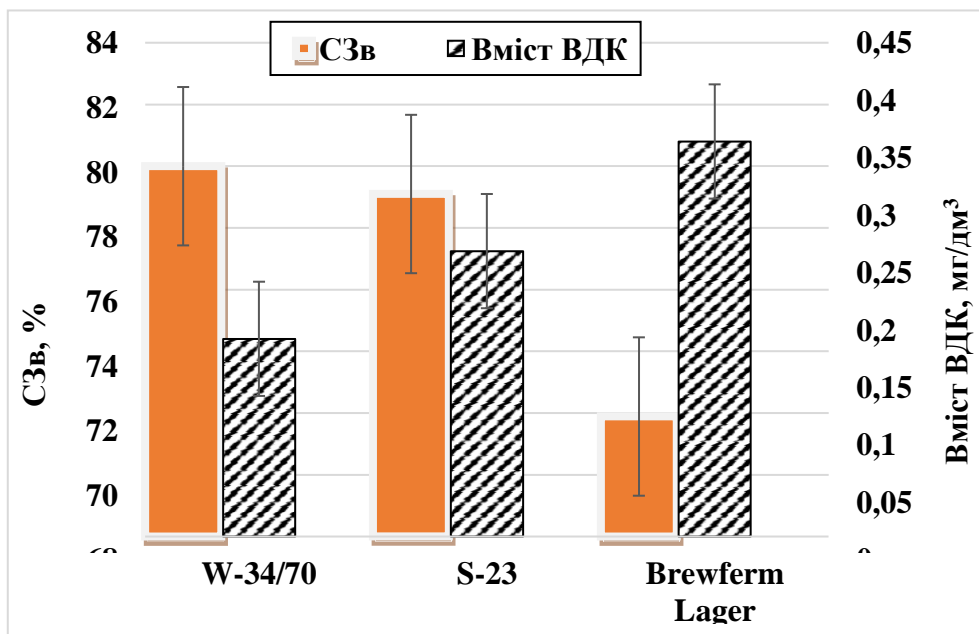


Рис. 3.5 – Вплив раси дріжджів на СЗв і вміст ВДК в пиві.

Встановлено, що менший вміст ВДК в молодому пиві утворюють дріжджі W- 34/70. За збільшенням кількості дикетонів раси можна розмістити в ряд: W- 34/70 < S-23 < Brewferm Lager. При зброджуванні суслу дріжджами Brewferm Lager вміст ВДК в молодому пиві становив 0,36 мг/дм³, що перевищує

допустиме значення (0,3 мг/дм³) [21].

Для підбору ефективної раси дріжджів в умовах ВГП порівнювали їх осмо-, спирто- та термостійкість, бродильна активність, СЗв молодого пива та вміст ВДК

(табл. 3.2), а також фізико-хімічні (табл. 3.3) та органолептичні (табл. 3.4) показники ВГ пива, отриманого в результаті використання досліджуваних рас дріжджів.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика рас дріжджів

Показники	Оцінка ефективності рас дріжджів, умовні одиниці		
	Brewferm Lager	S-23	W- 34/70
Осмостійкість	1	3	2
Спиртостійкість	1	2	3
Термостійкість	2	1	3
Бродильна активність	1	3	2
Видимий ступінь зброджування	1	2	3
Вміст ВДК	1	2	3
Сума	7	13	16

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники пива

Найменування показників/	Раси дріжджів		
	Brewferm Lager	S-23	W- 34/70
Вміст екстракту (% мас.):			
видимий	4,51±0,17	3,37±0,16	3,33±0,16
дійсний	6,73±0,28	5,82±0,27	5,75±0,27
Вміст етанолу, % мас.	4,92±0,26	5,45±0,27	5,49±0,27
pH	4,4±0,04	4,5±0,04	4,5±0,04
Кислотність, см ³ 1 моль NaOH дм ³ /100 см ³	2,4±0,05	2,5±0,05	2,5±0,05

Таблиця 3.4 – Органолептичні показники пива

Найменування показників	Раси дріжджів		
	Brewferm Lager	S-23	W-34/70
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень		
Смак	Солодовий та хмелевий смак з характерною гіркотою. Дещо відчутний солодкуватий присмак		
Аромат	Аромат відповідає сорту пива, без сторонніх запахів		

Обидві раси дріжджів W-34/70 та S-23 в умовах ВГП мають близькі показники ефективності – швидкість і глибину зброджування вуглеводів сусла, дають пиво з близькими значеннями фізико-хімічних і органолептичних показників. Раса W-34/70 нагромаджує меншу кількість ВДК.

3.2 Підбір оптимальної температури бродіння

В даній роботі нами проводились дослідження зброджування ВГ сусла концентрацією 16 % мас. в діапазоні температур 9-18 °С[7].

Встановлено, що швидкість бродіння ВГ сусла за температури 9 °С в 3-4 рази менша, ніж за температур 12-18 °С(рис. 4.1). Підвищення температури від 9 до 12 °С дозволяє збільшити швидкість процесу, що спричиняє зростання СЗ молодого пива вдвічі (рис. 4.2). При подальшому збільшенні температури до 15 і 18 °С СЗ зростає на 9-10 %. Інші фізико-хімічні показники досліджуваних зразків молодого пива відрізнялися незначно та знаходилися в інтервалі: рН – 4,5-4,7, кислотність – 2,2, вміст етанолу – 4 - 5 % мас. Проте, для зразка, отриманого за температури головного бродіння 9 °С, характерним був низький вміст етанолу в пиві (2,5 % мас).

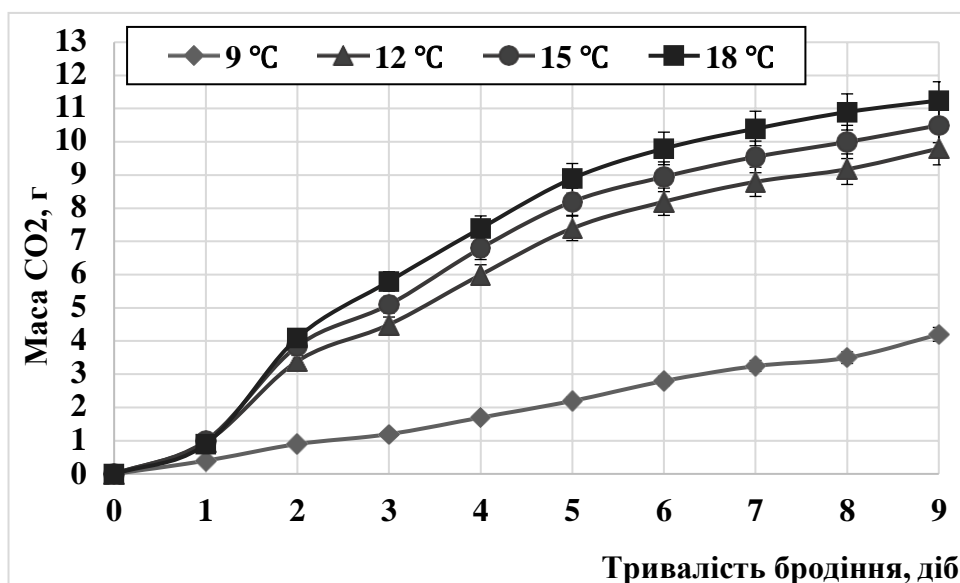


Рис 3.6 – Динаміка зброджування ВГ суслу за різних температур

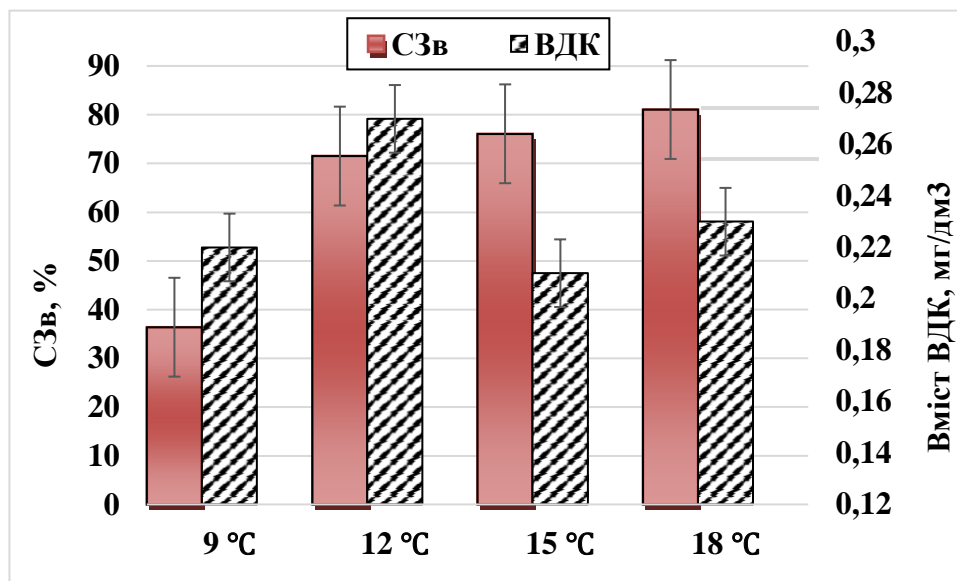


Рис 3.7 – Вплив температури бродиння на CЗв і вміст ВДК в молодому пиві.

Важливим критерієм є вміст ВДК в пиві, які значною мірою впливають на смакові якості напою та визначають тривалість дозрівання пива. Встановлено, що концентрація ВДК збільшується при підвищенні температури від 9 до 12 °C, що можна пояснити менш активним бродинням за низьких температур і, як наслідок, утворюється менша кількість ВДК. При збільшенні температури в діапазоні 12-15 °C вміст ВДК знижується, що зумовлене швидшим відновленням ВДК при підвищенні температури, та дещо підвищується при температурі 18 °C. Відомо, що підвищення температури сприяє швидшому перетворенню попередників ВДК ацетогідроксикислот у ВДК та швидшій редукції ВДК. Ймовірно, нагромадження більшої кількості ВДК за температури 18 °C зумовлене швидшим перетворенням ацетогідроксикислот у ВДК при повільній їх редукції[14].

В завершальному етапі головного бродиння важливе значення має осідання низових дріжджів. Цей процес пов'язаний із флокуляцією клітин. Під час флокуляції важлива роль належить клітинній стінці дріжджів, яка має складну будову та утворює зв'язки між клітинами. Основним чинником впливу на флокуляцію дріжджів є температура.

Флокуляційні властивості дріжджів оцінювали за концентрацією дріжджових клітин у молодому пиві після завершення головного бродиння (рис. 3.7).

Нами встановлено, що зі збільшенням температури в діапазоні 9-15 °C значення концентрації дріжджів у молодому пиві є близьким і становить 1-3 млн. клітин в 1 см³ пива. Тоді як підвищення температури до 18 °C зумовлює зниження здатності дріжджів до флокуляції і збільшення їх концентрації в молодому пиві у 4-13 разів.

Під час бродиння суслу одночасно з ферментацією цукрів за участі ферментів дріжджів відбувається ріст і розмноження їх клітин. У результаті маса дріжджів зростає в 3-4 рази. Середній шар осілих дріжджів складається з

клітин, які мають високу бродильну активність. Вони використовуються в наступних генераціях в якості засівних. Фізіологічний стан клітин перед зброджуванням визначає ефективність бродіння та якість пива. Під час серійного культивування дріжджів він може погіршуватися.

Фізіологічний стан оцінюють шляхом визначення специфічних компонентів клітин, важливих для ферментації. Два основні внутрішньоклітинні вуглеводи трегалоза та глікоген найчастіше використовуються як фізіологічно важливі речовини. Глікоген є основним матеріалом зберігання енергії в дріжджових клітинах. Важливо, щоб культура дріжджів перед повторним використанням у наступній ферментації суслу містила максимальну кількість внутрішньоклітинного глікогену. Дріжджі, виснажені за рівнем глікогену, призводять до неповного бродіння.

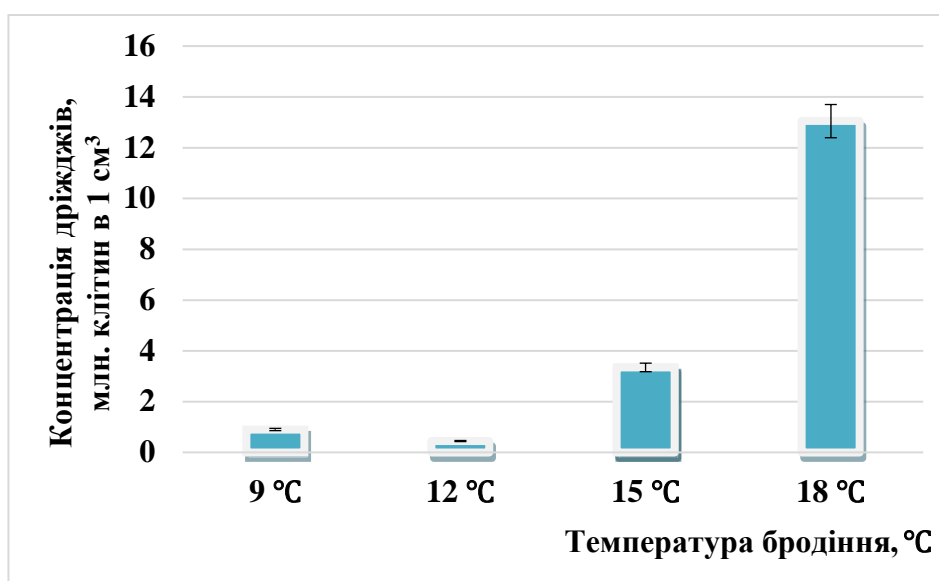


Рис 3.8 – Вплив температури бродіння на концентрацію клітин у молодому пиві після осідання дріжджів

В даній роботі досліджували вплив температури бродіння на фізіологічні властивості дріжджів, які оцінювали за кількістю мертвих клітин та клітин з глікогеном. Кількість мертвих дріжджів повинна бути максимально низькою та в середньому становить 3 %. Встановлено, що збільшення температури практично не впливало на частку мертвих клітин, яка в середньому становила 4 %. Проте, вона перевищувала середнє значення, якого дотримуються на пивоварних підприємствах, що зумовлено впливом осмотичного та етанольного стресу [20].

В даній роботі нами проводились дослідження зброджування ВГ суслу концентрацією 16 % мас. в діапазоні температур 9-18 °C.

Збільшення температури впливало на здатність дріжджів запасати поживні речовини (рис. 3.9). Частка клітин з глікогеном збільшувалась на 14 % при підвищенні температури від 9 до 12 °C та мало відрізнялась (на 5 %) при температурах бродіння 12-15 °C. Підвищення температури бродіння до 18

°C призводило до суттєвого зниження частки клітин з глікогеном (на 40%), що свідчить про погіршення фізіологічних властивостей дріжджів.

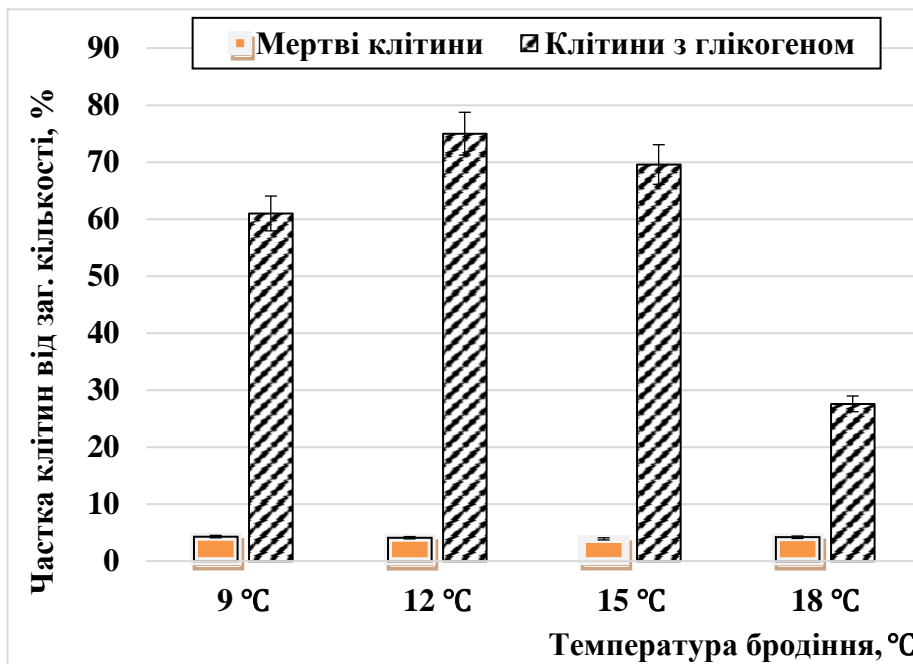


Рис 3.9 – Вплив температури бродіння на фізіологічні властивості дріжджів

Отже, пошук раціональних параметрів процесу головного бродіння ВГ сусла слід здійснювати в діапазоні температур 9-15 °C, що сприятиме досягненню необхідного СЗ, збереженню фізіологічних властивостей дріжджів та їх високій флокуляції після завершення процесу бродіння.

3.3 Дослідження норми внесення дріжджів

Норма внесення дріжджів у традиційному пивоварінні ставить близько 15 млн. клітин в 1 см³. Вона може бути знижена за вищих температур бродіння. Норма внесення дріжджів залежить також від їх фізіологічного стану. При тривалому зберіганні дріжджів необхідно збільшити їх дозування. Норма внесення дріжджів суттєво впливає не тільки на швидкість процесу та СЗ, але й на якісний та кількісний склад побічних продуктів бродіння, які суттєво впливають на якість готового пива. Підвищення норми внесення дріжджів призводить до утворення меншої кількості вищих спиртів. Швидкість редукції діацетилю також значно залежить від концентрації дріжджів в молодому пиві. Тому важливо визначити раціональну норму внесення дріжджів у сусло в умовах ВГП[8].

Для цього досліджували вплив норми внесення дріжджів на динаміку зброджування 16%-го сусла при температурі процесу 12 °C (рис. 3.10).

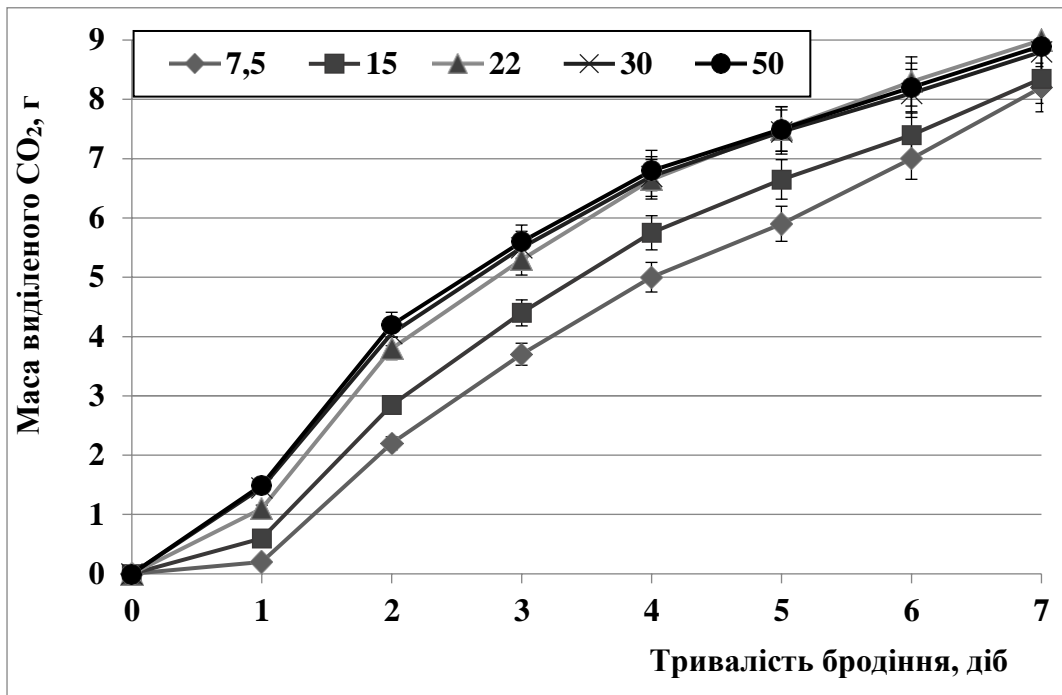


Рис 3.10 – Динаміка зброджування ВГ сусла за різної норми внесення дріжджів (млн. клітин на 1 см³)

Встановлено, що при внесенні 22,5-50 млн. клітин на 1 см³ динаміка головного бродиння відрізнялась несуттєво. При початкових концентраціях дріжджів 15 і 7,5 млн. клітин в 1 см³ бродиння відбувалось значно повільніше.

Бродильна активність дріжджів значно відрізнялись на 1-у добу процесу. Її визначали як кут нахилу кривої зміни маси виділеного CO₂ відносно тривалості на початку бродиння. Такий перебіг початкового етапу процесу пов'язаний зі збільшенням тривалості лаг-фази бродиння – періоду часу між внесенням дріжджів в сусло і видимим початком бродиння, зумовленим адаптацією клітин до нових умов середовища.

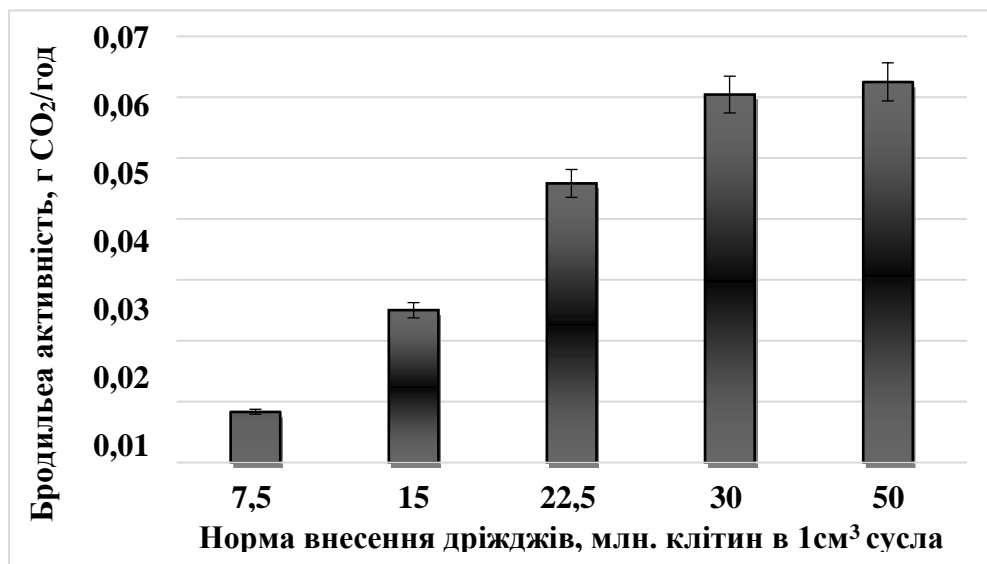


Рис 3.11 – Залежність початкової бродильної активності дріжджів від їх норми внесення.

При звичайному бродінні дріжджові клітини розмножуються до досягнення оптимальної концентрації, при якій зброджувані цукри швидко споживаються, перш ніж дріжджі осядуть із суспензії та перейдуть в стан спокою. Внесення недостатньої кількості дріжджів призводить до передчасної зупинки розмноження дріжджів, при цьому бродіння затягується [4].

Початкова бродильна активність дріжджів збільшувалась пропорційно до збільшення норми їх внесення. Для норм внесення дріжджів 30 і 50 млн. клітин на 1 см³ ці значення були дуже близькими.

Для визначення раціональної норми внесення дріжджів важливо дослідити її вплив на СЗв молодого пива та вміст ВДК в ньому (рис. 3.12). В результаті проведених досліджень було встановлено, що збільшення норми внесення дріжджів від 7,5 до 30 млн. клітин в 1 см³ сусла сприяло підвищенню СЗв, тоді як подальше збільшення до 50 млн. клітин в 1 см³ не мало суттєвого впливу. При нормі внесення дріжджів 7,5 млн. клітин на 1 см³ концентрація ВДК в молодому пиві є вищою порівняно з іншими зразками. Це можна пояснити меншою кількістю дріжджів для редукції ВДК порівняно з іншими нормами внесення дріжджів, за яких значення концентрації ВДК були близькими. Інші фізико-хімічні показники досліджуваних зразків молодого пива, а саме рН (4,4-4,5), кислотності (2,3-2,5), вмісту етанолу (4,7-5,3 % мас.) незначно відрізнялися.

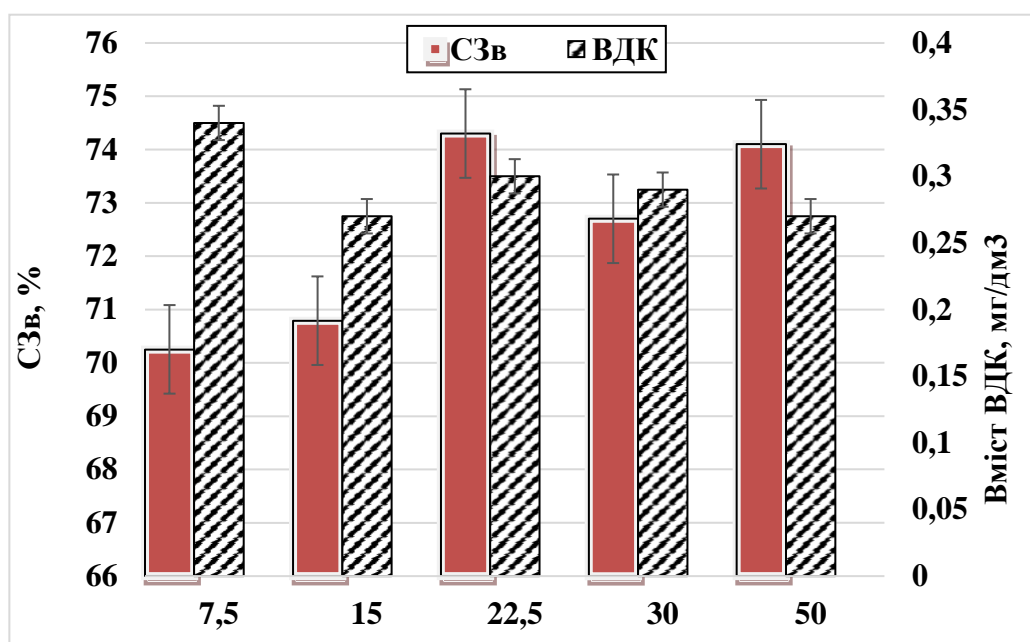


Рис 3.12– Залежність СЗв та вмісту ВДК в пиві від норми внесення дріжджів.

Отже, пошук раціональних параметрів процесу головного бродіння ВГ

сусла слід здійснювати за норми внесення дріжджів від 15 до 30 млн. клітин на 1 см³ сусла, що дозволить досягти високої швидкості зброджування сусла, необхідного СЗв і низького значення вмісту ВДК в молодому пиві[4].

3.4 Дослідження концентрація сусла

За технологією ВГП зброджують сусло концентрацією від 14 до 18 % мас. Концентрація сусла суттєво впливає на СЗ пива, тривалість головного бродіння та вміст ВДК. Тому важливо встановити раціональну концентрацію ВГ сусла. З цією метою в даній роботі ми досліджували динаміку головного бродіння ВГ сусла концентраціями 14-18 % мас. за температури 12 °С та норми внесення дріжджів 22,5 млн. клітин в 1 см³ сусла впродовж 7 діб (рис. 3.13)[19].

В результаті досліджень нами встановлено, що при зброджуванні сусла концентраціями 14-16 % мас. динаміка головного бродіння відрізняється мало, тоді як підвищення концентрації до 17 і 18 % мас. зумовлює значне зниження швидкості бродіння (рис. 3.13).

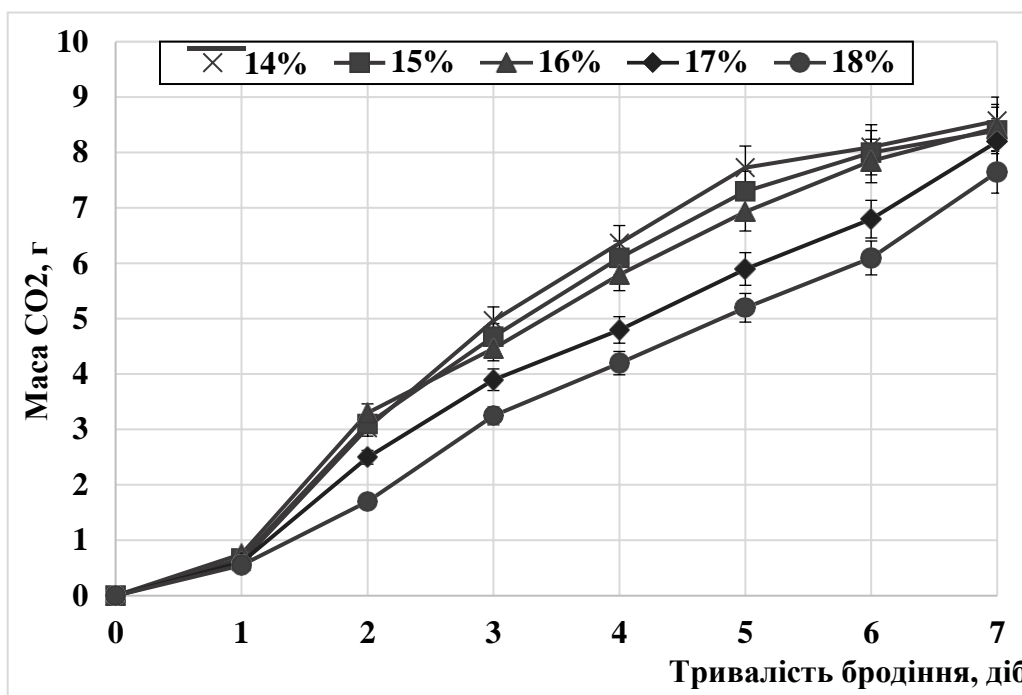


Рис 3.13 – Динаміка зброджування ВГ сусла різних концентрацій

СЗ пива та вміст ВДК є критеріями завершення головного бродіння сусла. В результаті проведених досліджень було встановлено, що СЗв знижувався мало (на 2-2,5 %) з підвищенням концентрації сусла від 14 до 16 % мас., та був суттєво нижчим (лише 52 %) при зброджуванні 18%-го сусла (рис. 3.14).

Вміст ВДК в молодому пиві при зброджуванні сусла концентраціями

14- 16 % мас. практично не відрізнявся, тоді як підвищення концентрації до 17-18 % мас. зумовлювало збільшення вмісту ВДК в 1,4 рази [20].

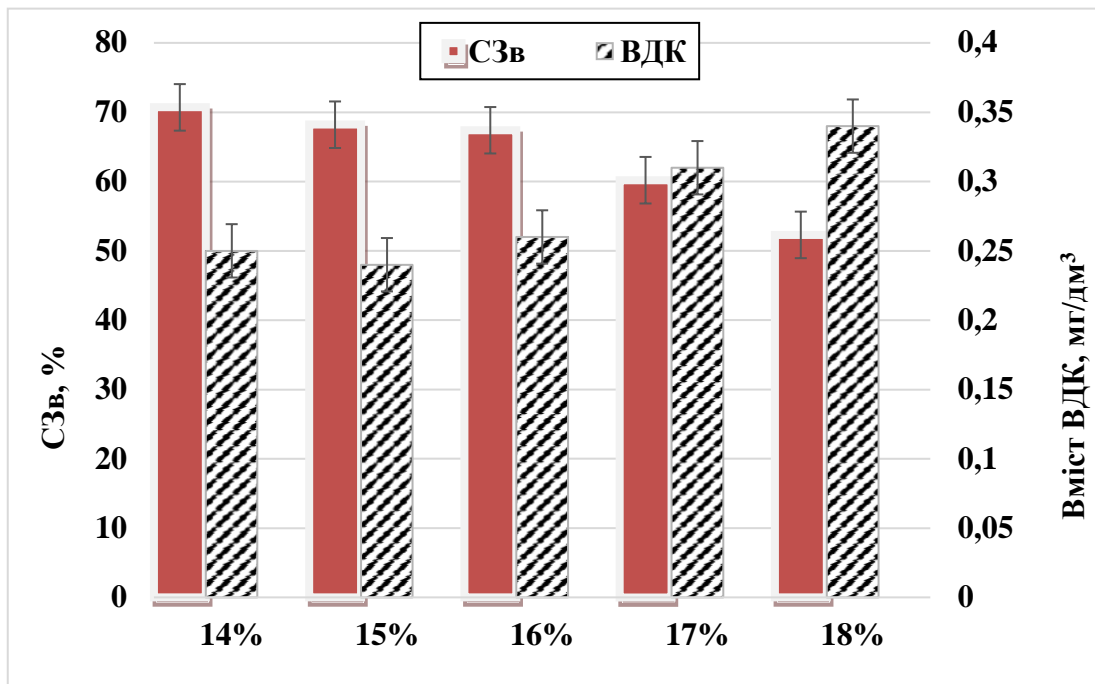


Рис 3.14 – Залежність C3в та вмісту ВДК в молодому пиві від концентрації сусла

Тому на підставі аналізу отриманих результатів можна стверджувати, що раціональна концентрація ВГ сусла становить 16 % мас.

Раціональну тривалість бродіння та температуру визначали за максимальної норми внесення дріжджів з досліджуваного діапазону (30 млн. клітин в 1 см³), оскільки при цьому досягають максимального C3в при мінімальній лаг-фазі. Мінімальна тривалість головного бродіння до досягнення C3в молодого пива 75 % становить 7 діб за температури 14-15 °С.

Отже, встановлено раціональні параметри бродіння ВГ сусла концентрацією 16 % мас. за критерієм досягнення C3в молодого пива 75 %:

- температура головного бродіння 14-15 °С
- норма внесення дріжджів 30 млн. клітин в 1 см³ сусла;
- тривалість процесу 7 діб.

3.5 Дослідження вмісту віцинальних декетонів.

Другим важливим критерієм, за яким на підприємстві контролюють завершення стадії головного бродіння, є вміст ВДК.

За традиційною технологією у процесі головного бродіння необхідно

досягнути зниження вмісту ВДК до 0,3 мг/дм³. Допустимий вміст ВДК в готовому пиві повинен бути меншим від 0,1 мг/дм³[11].

Попередньо було встановлено, що для досягнення СЗв 75% мінімально допустима норма внесення дріжджів повинна становити 18 млн. клітин в 1 см³ сусла за тривалості головного бродіння 9 діб. Встановлено, що для цього значення норми внесення дріжджів мінімальна тривалість бродіння, за якої вміст ВДК в молодому пиві не перевищує допустиму норму (0,3 мг/дм³), становить 6 діб за температури 15 °С. При цьому досягається мінімальне значення вмісту ВДК в молодому пиві 0,25 мг/дм³ за тривалості бродіння 9 діб.

Підвищення норми внесення дріжджів до 30 млн. клітин в 1 см³ сусла, за якої досягали бажаного СЗв пива за найкоротшої тривалості, дозволяло знизити концентрацію утвореного ВДК в молодому пиві. Так, мінімальна тривалість бродіння, за якої вміст ВДК в молодому пиві не перевищує допустиме значення 0,3 мг/дм³, становить 5,5 діб за температури 15 °С.

Тому з метою скорочення тривалості дозрівання пива нами були встановлені раціональні параметри головного бродіння для досягнення мінімального вмісту ВДК в пиві:

- температура головного бродіння 15 °С
- норма внесення дріжджів 30 млн. клітин в 1 см³ сусла,
- тривалість процесу не менше 9 діб.

Отже, визначено раціональні умови процесу головного бродіння ВГ сусла, які забезпечують досягнення СЗв пива 75 %: температура 15 °С, норма внесення дріжджів 30 млн. клітин в 1 см³ сусла, тривалість 7 діб. За аналогічних умов досягається мінімальний вміст ВДК у пиві, проте за тривалості 9 діб.

3.6 Вплив ферментного препарату Альфалаза на вміст віцинальних дикетонів у пиві

Важливим критерієм завершення головного бродіння сусла поряд з досягненням необхідного значення ступеня зброджування є вміст ВДК у пиві. При впровадженні інтенсивних технологій пива на стадії головного бродіння необхідно досягнути вмісту ВДК менше 0,15 мг/дм³.

Зниження концентрації діацетилу в молодому пиві є вартісною і трудомісткою частиною процесу. Тому завдання пивоварів полягає в зведенні до мінімуму утворення діацетилу або прискоренні його відновлення. До основних методів зниження вмісту ВДК належать оптимізація параметрів бродіння та дозрівання, використання модифікованих рас дріжджів та іммобілізованих дріжджових клітин.

До основних методів зниження вмісту ВДК належать оптимізація параметрів бродіння та дозрівання, використання модифікованих рас

дріжджів та іммобілізованих дріжджових клітин[5].

Зменшення вмісту діацетилу досягають також застосуванням ферменту α - ацетолактатдекарбоксилази, який міститься у ФП Альфалаза . Він каталізує реакцію перетворення α -ацетолактату безпосередньо в ацетоїн, минаючи утворення діацетилу. У такий спосіб значно знижується вміст ВДК у пиві та скорочується тривалість його дозрівання.

На сьогодні відсутні відомості про оптимальну витрату ФП Альфалаза в умовах ВГП. З метою її визначення зброджували 16% сусло за температури 15 °С впродовж 8 діб, додаючи в сусло ФП з витратою 0 (контроль), 1, 2 і 3 г на 1 гл. Встановили, що збільшення витрати ФП від 1 до 2 г/гл призводило до зниження вмісту ВДК в молодому пиві приблизно на 15 % і 40 % відповідно (рис. 3.15). Подальше підвищення витрати ФП не мало суттєвого впливу. Тому оптимальною витратою ФП Альфалаза є 2 г/гл.

З огляду на те, що редукція ВДК триватиме на подальшій стадії доброджування та дозрівання пива, задавалися обмежувальним значення вмісту ВДК в молодому пиві 0,15 мг/дм³. Для досягнення такого вмісту ВДК при оптимальній витраті ФП Альфалаза тривалість бродіння повинна становити 6 діб. На 8-у добу бродіння досягали значення, характерного для готового пива – 0,1мг/дм³

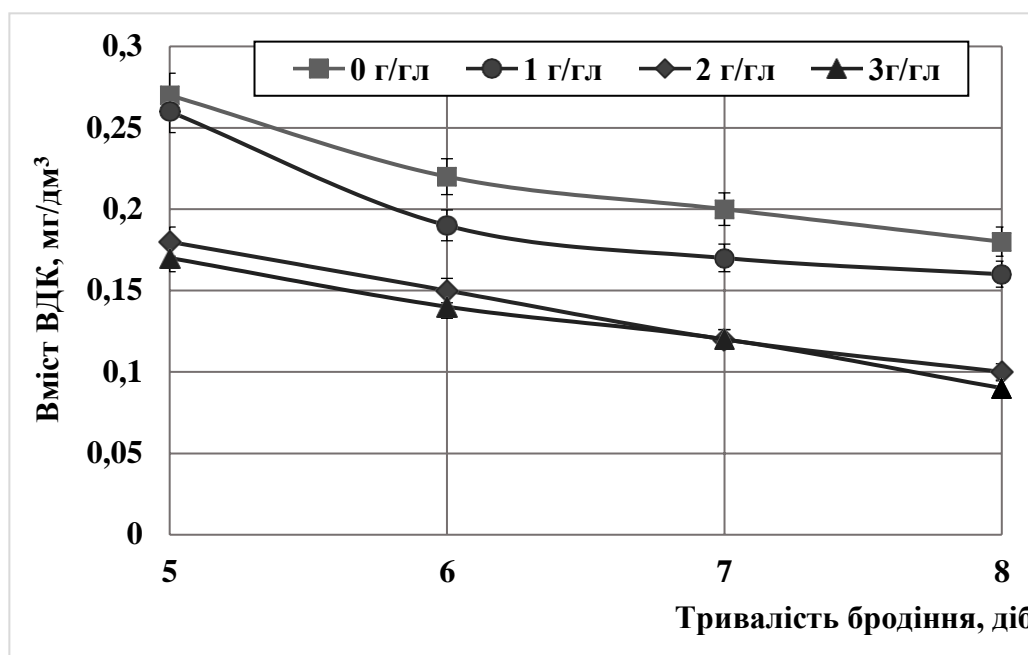


Рис 3.15 – Зміна вмісту ВДК в молодому пиві при різній витраті ФП Альфалаза

В результаті досліджень було встановлено, що завдяки використанню ФП Альфалаза тривалість головного бродіння до досягнення вмісту ВДК у молодому пиві 0,15 мг/дм³ скорочується на 3 доби (33%) і становить 6 діб [21].

Готове пиво досліджували за фізико-хімічними (табл. 3.5) та органолептичними показниками якості (табл. 3.6), оцінювали їх відповідність

вимогам нормативної документації (ДСТУ 3888:2015). Основні фізико-хімічні характеристики (масова частка спирту і діоксиду вуглецю, кислотність, колір) усіх зразків відповідали вимогам нормативної документації. Нами було встановлено, що отримане за удосконаленими технологіями готове пиво має покращені фізико-хімічні показники якості, зокрема нижчий вміст екстрактивних речовин, що сприятиме збільшенню стійкості пива під час зберігання, та меншу концентрацію ВДК, що покращуватиме дегустаційну якість напою.

Таблиця 3.5 – Фізико-хімічні показники пива після дозрівання

Найменування показників	Значення показників для зразків пива	
	К	ФП Альфалаза
Вміст екстракту (% мас.): видимий дійсний	3,29±0,16 5,71±0,28	3,19±0,16 5,51±0,27
Вміст етанолу, % мас.	5,37±0,26	5,34±0,26
СЗв, %	79,29±1,5	79,38±1,5
СЗд, %	66,03±1,3	66,20±1,3
pH	4,5±0,04	4,5±0,04
Кислотність, см ³ 1дм ³ NaOH/100 см ³	2,3±0,05	2,3±0,05
Вміст ВДК, мг/дм ³	0,12±0,01	0,08±0,01

Таблиця 3.6 – Дегустаційна оцінка зразків готового пива

Показник якості	Максимальна оцінка	Значення показників для зразків пива	
		К	ФП Альфалаза
Колір	3	3	3
Аромат	4	3	4
Смак	5	4	5
Хмелева гіркота	5	5	5

Прозорість	3	3	3
Піна та насиченість діоксидом вуглецю	5	5	5
Загальна кількість балів	25	23	25

Таблиця 3.7 – Показники води для розбавлення ВГ пива

№ п/п	Найменування показників	Значення показників	Граничні значення показників
1	pH	6,0-7,0	6,0-9,0
2	Твердість води загальна, мг-екв/дм ³	≤2	≤7
3	Кальцій, мг-екв/дм ³	≤2, для запобігання помутнінню	В сумі ≤7
4	Магній, мг-екв/дм ³	сліди	
5	Співвідношення кальцію до магнію, не менше	1:1	1:1
6	Лужність загальна, мг-екв/дм ³	сліди	0,5-6,5
7	Співвідношення кальцію до лужності, не менше	1,0	1,0
8	Залізо, мг-екв/дм ³ не більше	0,1	0,3
9	Хлориди, мг-екв/дм ³ не більше	70	150
10	Сульфати, мг-екв/дм ³ не більше	150	200
11	Нітрати, мг-екв/дм ³ не більше	25	45
12	Манган (NO ₃), мг-екв/дм ³ не більше	0,05	0,1

Усі зразки готового пива були прозорими, без осаду та сторонніх включень, з солодовим та хмелевим смаком, з характерною гіркотою та отримали максимальну оцінку за показниками кольору, хмелевої гіркоти,

прозорості, піни та насиченості діоксидом вуглецю (табл. 3.6). Нижчу сумарну дегустаційну оцінку отримав контрольний зразок (23 бали). Зразок з ФП Альфалаза- отримав максимальну оцінку (25 балів), що свідчить про відмінну якість пива [20].

Виробничі випробування засвідчили, що застосування ФП Альфалаза дозволяє скоротити тривалість головного бродіння сусла, доброджування і дозрівання пива на 3 доби, що збільшує продуктивність виробництва на 16 %.

3.7 Висновки

1. Результати досліджень показали, що за температури 9 °С бродильна активність усіх досліджуваних рас була дуже низькою. Підвищення температури бродіння до 15 °С спричинило суттєве зростання бродильної активності, що може бути зумовлено збільшенням активності ферментів гліколізу.
2. Обидві раси дріжджів W-34/70 та S-23 в умовах ВГП мають близькі показники ефективності – швидкість і глибину зброджування вуглеводів сусла, дають пиво з близькими значеннями фізико-хімічних і органолептичних показників. Проте, раса W-34/70 нагромаджує меншу кількість ВДК.
3. В даній роботі нами проводились дослідження зброджування ВГ сусла концентрацією 16 % мас. в діапазоні температур 9-18 °С.
4. Пошук раціональних параметрів процесу головного бродіння ВГ сусла слід здійснювати за норми внесення дріжджів від 15 до 30 млн. клітин на 1 см³ сусла, що дозволить досягти високої швидкості зброджування сусла, необхідного СЗв і низького значення вмісту ВДК в молодому пиві.
5. Встановлено, що використання ФП Альфалаза (2000 од/г), який містить фермент α -ацетолактатдекарбоксилазу, з оптимальною витратою 2 г/гл сусла дозволяє скоротити тривалість головного бродіння до досягнення вмісту ВДК в молодому пиві 0,15 мг/дм³ від 9 діб у контрольному зразку до 6 діб, тобто на 3 доби або 33%.
6. Кондиційоване пиво, отримане за удосконаленими технологіями, характеризується покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками якості, які відповідають вимогам нормативно-технічної документації.

4. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГОЛОВНОГО БРОДІННЯ ВИСОКОГУСТИННОГО СУСЛА

Ефективність процесу бродіння залежить не тільки від раси дріжджів, які використовують у виробництві, а також від параметрів процесу. Концентрація зброджуваного сусла, температура головного бродіння, норма внесення дріжджів та тривалість процесу суттєво впливають на СЗ молодого пива та вміст у ньому ВДК, за якими роблять висновок про завершення стадії головного бродіння. Тому важливо визначити раціональні значення цих параметрів. В дослідженнях використовували чисту культуру дріжджів раси W-34/70, яка була виділена із сухих дріжджів.

Розрахунок для побудови математичної моделі головного бродіння високогустинного сусла за критерієм видимого ступеня зброджування

Основними чинниками, які впливають на процес бродіння пивного сусла, були вибрані: x_1 – температура, °С; x_2 – концентрація дріжджових клітин, млн./см³; x_3 – тривалість бродіння, діб. Межі вимірювання досліджуваних чинників: x_1 від 9 до 15 °С з інтервалом 3 °С, x_2 – від 15 до 30 млн. клітин в 1 см³ сусла, x_3 від 5 до 9 діб з інтервалом 2 доби. Основний рівень та інтервали варіювання факторів наведені в таблиці 4.1. Концентрація сусла становила 16 %. Критерієм оцінки впливу різних чинників на процес бродіння слугував СЗв молодого пива y_1 (%).

Для побудови математичної моделі процесу головного бродіння ВГ сусла за СЗв використовували ортогональний план другого порядку.

Кількість дослідів у матриці планування для трифакторного ($k=3$) експерименту становить 18, значення зоряного плеча $\alpha=1,215$ та центральної точки експерименту $N_0=1$ (табл. 4.1, 4.2).

Таблиця 4.1 – Основний рівень та інтервали варіювання факторів

	t	Сдр.кл.	τ
x_j^0	12	22,5	7
Δx_j	3	7,5	2

З попередніх дослідів відомо, що раціональні умови проведення процесу знаходяться всередині досліджуваної області зміни параметрів. Дисперсію відтворюваності визначаємо за 4 додатковими дослідями ($y_1^1=62,55\%$, $y_1^2=61,4\%$, $y_1^3=63,4\%$; $y_1^4=63,5\%$):

$$y = \frac{\sum_{u=1}^4 y_u}{4}$$

$$s_{\text{відтв}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^4 (y_u - y)^2}{4} = 62,7$$

Таблиця 4.2 – Ортогональний план другого порядку (k=4, N₀=1)

№	z_0	z_1	z_2	z_3	$z_1 z_2$	$z_1 z_3$	$z_2 z_3$	y_1
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	78,94
2	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	28,44
3	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	57,3
4	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	25,27
5	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	73,97
6	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	36,41
7	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	63,13
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	18,12

Кількість ступенів свободи дисперсії відтворюваності $f_{\text{відтв}}=4-1=3$.

Рівняння математичної моделі матиме вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 \quad (4.1)$$

За формулами розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії другого порядку (для y_1):

$$\begin{aligned}
 b_0 &= \frac{\sum_{u=1}^N \bar{y}_u}{N} = a_0 \sum_{u=1}^N \bar{y}_u ; & b_i &= \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} = a_1 \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u ; \\
 b_{ij} &= \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N (x_{iu} x_{ju})^2} = a_2 \sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u ; & b_{ii} &= \frac{\sum_{u=1}^N x'_{iu} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N (x'_{iu})^2} = a_3 \sum_{u=1}^N x'_{iu} \bar{y}_u .
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

При значеннях $a_0 = 0,065$; $a_1 = 0,0913$; $a_2 = 0,125$; $a_3 = 0,175$ коефіцієнти рівняння становлять:

$b_0=64,06$	$b_1=19,56$	$b_2=3,19$	$b_3=7,2$
$b_{12}=-0,54$	$b_{13}=1,38$	$b_{23}=-0,54$	
$b_{11}=-13,54$	$b_{22}=-3,42$	$b_{33}=-5,5$	

виключаємо незначимі коефіцієнти за умови

$$|b_{...}| < \varepsilon(b_{...}) = t(P; f) \cdot S(b_{...}). \tag{4.3}$$

Аналіз значимості коефіцієнтів рівняння при розрахованій оцінці дисперсії $S^2(y_1) = 0,71$ (%)² і $f = m-1 = 3$ проводимо таким чином:

а) визначаємо оцінки дисперсії коефіцієнтів:

$$\begin{aligned}
 S^2(b_0) &= a_0 \cdot S^2(\tilde{y}_1) = 0,065 \cdot 0,71 = 0,046 \\
 S^2(b_i) &= a_1 \cdot S^2(\tilde{y}_1) = 0,0913 \cdot 0,71 = 0,065, \\
 S^2(b_{ij}) &= a_2 \cdot S^2(\tilde{y}_1) = 0,125 \cdot 0,71 = 0,089, \\
 S^2(b_{ii}) &= a_3 \cdot S^2(\tilde{y}_1) = 0,175 \cdot 0,71 = 0,124.
 \end{aligned}$$

б) розраховуємо довірчу помилку оцінок коефіцієнтів рівняння. Критерій Стьюдента

$$t(0,95; 3) = 3,18.$$

$$\begin{aligned}
 \varepsilon(b_j) &= t(P; f) \cdot S(b_j) \text{ (%)}, \\
 \varepsilon(b_0) &= 3,18 \cdot \sqrt{0,065} = 0,682, \\
 \varepsilon(b_i) &= 3,18 \cdot \sqrt{0,065} = 0,811, \\
 \varepsilon(b_{ij}) &= 3,18 \cdot \sqrt{0,089} = 0,949, \\
 \varepsilon(b_{ii}) &= 3,18 \cdot \sqrt{0,124} = 1,106.
 \end{aligned}$$

Отже, b_{12} , b_{23} – незначимі, і їх виключаємо з рівняння.
Отримане рівняння має вигляд:

$$y_1 = 64,06 + 19,56z_1 + 3,19z_2 + 7,2z_3 + 1,38z_1z_3$$

Адекватність рівняння експериментальним даним перевіряли за критерієм Фішера F_T (P ; $f_{ад}$; f), порівнюючи з ним відношення

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S^2(\bar{y})} > 1,0, \quad (4.4)$$

де $S_{ад}^2$ – дисперсія неадекватності (неточності) передбачення експериментальних даних рівнянням; $S^2(\bar{y})$ – середня оцінка дисперсії відтворення середнього результату з кількістю ступенів свободи $f = N(m - 1)$.

$S_{ад}^2$ розраховували за формулою:

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (\hat{y}_u - \bar{y}_u)^2}{N - N'}, \quad (4.5)$$

де $N - N' = f_{ад}$ – кількість ступенів свободи при визначенні неадекватності (N – кількість експериментальних точок, N' – кількість коефіцієнтів залежності; $N > N'$).

$$S_{ад}^2 = 4,46.$$

$$F = \frac{4,46}{0,71} = 6,28 > 1.$$

Табличне значення критерію Фішера при рівні значущості $p=0,05$ і кількостях ступенів свободи $f_1=18$ і $f_2=3$ дорівнює 8,6. $F < F_{1-p}(f_1, f_2)$ і, отже, отримане рівняння адекватно описує досліджуваний процес в реалізованому діапазоні зміни аргументу.

Виконуємо заміну кодованих змінних:

$$z = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i}$$

$$z_1 = \frac{t - 12}{3}$$

$$z_2 = \frac{C_{\text{др.кл.}} - 22,5}{7,5}$$

$$z_3 = \frac{\tau - 7}{2}$$

$$y_1 = 64,06 + 19,56z_1 + 3,19z_2 + 7,2z_3 + 1,38z_1z_3$$

$$y_1 = 64,06 + 19,56\left(\frac{t - 12}{3}\right) + 3,19\left(\frac{C_{\text{др.кл.}} - 22,5}{7,5}\right) + 7,2\left(\frac{\tau - 7}{2}\right) + 1,38\left(\frac{t - 12}{3}\right)\left(\frac{\tau - 7}{2}\right)$$

$$= 0,23t \cdot \tau + 4,91t + 0,425C_{\text{др.кл.}} + 0,84\tau - 69,07$$

Отримали рівняння математичної моделі головного бродіння ВГ сусла за критерієм СЗв:

$$y_1 = 0,23 t \cdot \tau + 4,91 t + 0,425 C_{\text{др.кл.}} + 0,84 \tau - 69,07$$

Висновки

1. Обґрунтовано вибір технологічних параметрів головного бродіння ВГ сусла: температури, норми внесення дріжджів, концентрації сусла.
2. Отримано регресійні моделі другого порядку залежностей СЗв та вмісту ВДК у молодому пиві від технологічних параметрів, які адекватно описують процес головного бродіння ВГ сусла та можуть бути використані для визначення тривалості процесу до досягнення необхідного СЗ пива.
3. Встановлено, що найбільший вплив на СЗв має температура бродіння, меншою мірою впливає тривалість процесу, норма внесення дріжджів має найменший вплив.
4. Визначено раціональні умови процесу головного бродіння ВГ сусла, які забезпечують досягнення СЗв пива 75 %: температура 15 °С, норма внесення дріжджів 30 млн. клітин в 1 см³ сусла, тривалість 7 діб. За аналогічних умов досягається мінімальний вміст ВДК у пиві, проте за тривалості 9 діб.

5. СОЦІАЛЬНО ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Впровадження технології високогустинного пивоваріння дозволяє збільшити продуктивність виробництва за наявного на підприємстві обладнання. Проте, стресові умови, що виникають під час зброджування дріжджами високогустинного сусла призводять до зниження бродильної активності, подовження тривалості бродіння та погіршення смаку пива, що знижує економічний ефект технології ВГП. Додавання ФП Альфалаза дозволяє скоротити тривалість бродіння високогустинного сусла на 3 доби і таким чином збільшити продуктивність виробництва на 16%. При цьому покращується смак пива за рахунок значного зменшення вмісту віцинальних дикетонів.

З метою визначення економічного ефекту впровадження удосконалених технологій розраховували вартості сировини і матеріалів на виробництво пива (табл. 5.1, 5.2) [1].

Таблиця 5.1 – Вартість сировини і матеріалів на виробництво 1000 дал пива

Назва сировини і матеріалів	Одиниці виміру	Витрати на 1 дал	Витрати на 1000 дал	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Світлий солод	кг	2,01	2010	25,0	50250
Кукурудзяне борошно	кг	0,85	850	7,6	6460
Хміль	кг	0,03	30	1050	31500
Вода	м ³	0,0197	19,7	8,57	169
ФП Церамікс Плюс MG	кг	0,0018	1,8	14	25,2
Разом					88408,2

Таблиця 5.2 – Вартість сировини і матеріалів на виробництво 1000 дал пива з додаванням ФП Альфалаза

Назва сировини і матеріалів	Одиниці виміру	Витрати на 1 дал	Витрати на 1000 дал	Ціна за одиницю, грн.	Сума, Грн.
Світлий солод	кг	2,01	2010	25,0	50250
Кукурудзяне борошно	кг	0,85	850	7,6	6460
Хміль	кг	0,03	30	1050	31500
Вода	м ³	0,0197	19,7	8,57	169
ФП Альфалаза	г	0,2	200	2	400
ФП Церамікс Плюс MG	кг	0,0018	1,8	14	25,2
Разом					88808,2

Результати розрахунку вартості енергетичних витрат на виробництво 1000 дал пива за удосконаленими технологіями наведений в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Енергетичні витрати на виробництво 1000 дал пива за інтенсифікованими технологіями

Найменування показника	Одиниця виміру	Витрати на 1 дал	Витрати на 1000 дал	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Паливо (природний газ)	м ³	0,684	684	9,142	6253
Електроенергія	кВт·год	1,05	1050	1,86	1901
Разом	-	-	-	-	8154

Результати обрахунку собівартості на виробництво 1000дал пива за інтенсифікованими технологіями представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Калькуляція собівартості 1000 дал пива за удосконаленими технологіями

Стаття витрат	Сума, грн
	Технологія з додаванням ФП Альфалаза
Сировина	88808,2
Тара	30000
Енергетичні витрати	8154

Заробітна плата	278
Відрахування на соціальне страхування	104,3
Собівартість	127321,8
Прибуток	25464,4
Оптова ціна	152811,4

Враховуючи, що продуктивність виробництва збільшується на 16%, на кожну 1000 дал пива підприємство додатково отримуватиме:

$$1000 * 16 / 100 = 160 \text{ дал пива.}$$

Враховуючи, що оптова ціна 1000 дал пива при додаванні ФП Альфалаза 152811,4 грн, а прибуток – 20 %, економічний ефект від впровадження удосконалених технологій збродження високогустинного сусла становитиме:

при додаванні ФП Альфалаза

$$160 * 152811,4 / 1000 * 20 / 100 = 4890 \text{ грн./1000 дал пива.}$$

Проте, додавання ферментного препарату збільшуватиме витрати на виробництво пива. Тому необхідно розрахувати економічну ефективність удосконалених технологій виробництва пива[1].

Вартість ФП Альфалаза становить:

$$\text{ФП Альфалаза} - 2000 \text{ грн./кг.}$$

Витрата ФП Альфалаза на 1000 дал сусла:

$$\text{ФП Альфалаза} - 0,2 * 1000 = 200 \text{ г,}$$

д, 0,2 г/дал – витрата ФП Альфалаза на 1 дал сусла.

З врахуванням 7 % втрат сусла за рідкою фазою витрата ФП Альфалаза на 1000 дал пива:

$$\text{ФП Альфалаза} - 200 * (100 - 7) / 100 = 186 \text{ г.}$$

Вартість ФП Альфалаза, витрачених на 1000 дал пива:

$$\text{ФП Альфалаза} - 186 * 2000 / 1000 = 372 \text{ грн.}$$

Економічний ефект впровадження удосконаленої технології ВГП з додаванням ФП Альфалаза :

$$4890 - 372 = 4509,4 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток становить 4509,4 грн. що є цілком економічно.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ:

Правила розроблені з врахуванням “Положення про організацію роботи з охорони праці учасників навчально-виховного процесу в установах лабораторій та навчальних закладах”

Дані правила поширюються на лабораторії кафедри хімії та методики навчання хімії. За створення безпечних умов праці та навчання несе відповідальність керівництво факультету, а за виконання цих правил викладачі та старші лаборанти кафедри[16].

Правила є обов'язковими під час проведення всіх робіт з хімічними речовинами в навчальних лабораторіях хімії.

Усі спеціальні хімічні лабораторії повинні мати інструкції з безпечного проведення робіт із застосуванням хімічних речовин і їх зберігання, складеними у відповідності з даними правилами.

Експлуатація діючих навчальних, наукових лабораторій, де використовуються хімічні речовини, без наявності інструкцій з їх безпечної експлуатації забороняється.

До самостійної роботи в лабораторіях допускаються особи, що пройшли попередній медичний огляд, навчання та інструктаж з охорони праці та протипожежної безпеки[16].

Усі навчальні посібники і методичні розробки для виконання лабораторних занять з використанням хімічних речовин повинні включати самостійний розділ “Охорона праці”, містити відомості про безпеку проведення навчальних занять та надання першої медичної допомоги при нещасному випадку.

Первинний, повторний, поточний, позаплановий інструктажі з охорони праці та безпеки життєдіяльності з кожним співробітником кафедри проводиться безпосередньо завідувачем кафедрою. Повторний інструктаж проходять всі

працівники кафедри незалежно від кваліфікації, освіти, стажу та характеру виконання робіт не рідше ніж через 6 місяців, а на роботах із шкідливими умовами праці – через 3 місяці. Позаплановий інструктаж проводять перед виконанням нових робіт, використанням нової технології, нових речовин та приладів, при порушенні працівниками вимог нормативно-правових актів про охорону[11].

Проведення первинного інструктажу на робочому місці зі студентами та їх допуск до виконання лабораторних робіт покладається на викладача та старшого лаборанта, закріпленого за даною лабораторією.

Приймати їжу та палити в приміщенні лабораторії, де проводяться роботи з хімічними речовинами, – забороняється, у зв'язку із можливим отруєнням.

Забороняється використання хімічних лабораторій для проведення занять з нехімічних дисциплін.

Кількість одночасно працюючих студентів, які виконують лабораторні роботи, не повинна перевищувати кількості індивідуальних робочих місць.

Пожежне обладнання, ящики з піском, водопровідні крани, електрощити, рубильники, вогнегасники повинні бути легкодоступні в будь-який час.

Під час роботи у вечірній час, а також при виконанні небезпечних робіт у лабораторії повинно знаходитись не менше двох осіб, причому один з них призначається старшим.

Забороняється тримати в лабораторії речовини і розчини у посуді без етикеток. На кожній склянці має бути назва речовини та концентрація розчину. У всіх лабораторіях обов'язково повинно бути:

- медична аптечка з набором медикаментів, перев'язувальних засобів, необхідних для надання першої медичної допомоги при нещасних випадках;
- первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники хімічні пінні, сухий пісок із совком, ковдра);
- індивідуальні та колективні засоби захисту працівників і студентів.

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

1. До виконання кожної лабораторної роботи студенти допускаються лише після одержання інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки й дозволу викладача.
2. Перед початком роботи потрібно досконало оглянути установку, прилади, посуд, допоміжні матеріали, вивчити методику роботи, правила її безпечного виконання, перевірити чи вірно зібраний прилад або установка, переконатися чи відповідають взяті речовини тим, які вказані в методичних рекомендаціях.
3. Студенти в хімічній лабораторії зобов'язані одягнути халати та мати при собі індивідуальні засоби захисту, що передбачені інструкціями.
4. Дотримуватись записів, брати для роботи лише вказану кількість та концентрацію речовини, використовувати вказаний посуд та прилади, проводити роботу в умовах, які рекомендуються в підручниках та інструкціях.
5. Витягну шафу необхідно включати за 10 хв. до початку роботи і виключати після закінчення роботи.
6. Одягати гумові трубки на скляні, засувати скляні трубки у гумові корки

7. дуже обережно, без натиску та великого зусилля.
8. У хімічних лабораторіях забороняється працювати студентам із реактивами, приладами та посудом без нагляду викладача або старших лаборантів[11].

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Під час роботи з отруйними та шкідливими речовинами у лабораторії повинно бути не менше двох чоловік.
2. Працюючи у витяжній шафі з отруйними речовинами, вікна шафи піднімайте не більш як на 1/3 від його висоти.
3. Під час роботи з отруйними та шкідливими речовинами вентиляція повинна забезпечити не менш як 15-кратний обмін повітря на годину.
4. Необхідно, щоб особливо шкідливі продукти у вигляді газів або парів поглинались при виході їх з приладу. Не допускайте потрапляння їх у вентиляційні канали.
5. Під час систематичної роботи з токсичними речовинами у витяжній шафі повинні знаходитися дегазуючі речовини: насичений розчин перманганату калію у 1–2 % розчині лугу, нітратна кислота з густиною 1,18 г/см³.
6. Нагрівати отруйні речовини можна тільки у круглodonних колбах, застосування відкритого полум'я забороняється.
7. Для зважування отруйних речовин використовуйте окремі ваги та різноважки.
8. Усі роботи з отруйними речовинами виконуйте у гумових рукавицях, захисних окулярах або респіраторях, а також у закритих приладах, ступках, колбах. Зважувати під витяжною шафою.
9. Під час роботи з горючими та легкозаймистими отруйними речовинами необхідно суворо дотримуватися усіх правил роботи з вогне- та вибухонебезпечними речовинами.
10. Переносити посуд з розчинами отруйних речовин необхідно у відрі або в ящику, на дні якого є пісок або активоване вугілля.
11. Індикація та перевірка невідомих хімічних речовин можлива тільки за допомогою характерної якісної реакції.
12. Під час аварійної ситуації роботу з хлором, фтором, аміаком і т.д. необхідно проводити у респіраторі, а під час роботи з рідкими отруйними речовинами – в гумових рукавицях, захисних окулярах, халаті і за необхідності у респіраторі.
13. Колби з отруйними речовинами повинні мати чіткі і виразні етикетки з написом “ОТРУТА” та назвою речовини.
14. Отруйні речовини, які використовуються в лабораторії, зберігаються у спеціальній шафі або сейфі під замком.
15. Взяття проби або наповнення посуду отруйними речовинами виконується за допомогою сифонів або спеціальних піпеток з гумовою грушею.
16. Проявляйте особливу обережність під час подрібнення, розтирання, нагрівання до критичної температури сильнодіючих отруйних речовин.
17. У лабораторіях, де працюють з отруйними речовинами, необхідно

періодично не менше 4 разів на рік проводити дослідження повітря на вміст у ньому отруйних речовин.

18. Для роботи з отруйними речовинами повинні виділятися спеціальні робочі місця.

19. Коробка з активованим вугіллям, натронним вапном та їдким натром вбирає кислі гази та органічні пари.

20. Поглинач – силікагель, оброблений хлоридом цинку, або вугілля, оброблене мідним купоросом, поглинає гази лужного характеру.

21. Пемза, оброблена солями свинцю, та шар активованого вугілля поглинають аміак і сірководень.

22. Шар силікагелю, оброблений хлоридом кальцію для захисту гопкаліта від вологи, і шар гопкаліту (суміш оксидів міді і пероксиду марганцю) вбирають чадний газ.

23. При низьких концентраціях парів ртуті у повітрі можна користуватися респіратором марки «POLAX».

24. Переливати концентровані кислоти дозволяється лише у витяжних шафах при майже закритих дверцятах.

25. Під час розбавлення сульфатної кислоти, кислоту поступово і обережно доливають у воду в термічно стійкий або фарфоровий стакан.

26. Намагайтесь уникати контакту концентрованої нітратної кислоти зі стружками, ватою та іншими органічними речовинами.

27. Забороняється зберігати кислоти з іншими речовинами.

28. Категорично забороняється переносити бутлі з кислотами на спині. Одна людина може переносити не більше 5 л кислоти в спеціальних плетених або металічних корзинах.

29. Усі операції з плавиковою кислотою проводяться у спеціально відведеному для цього приміщенні, витяжній шафі, у гумовому фартусі та рукавицях.

30. Під час роботи з їдкими (агресивними) речовинами всі співробітники лабораторії повинні користуватися захисними окулярами.

31. Під час розчинення лугів невеликі куски їх поступово додавайте у воду, весь час перемішуючи.

32. Категорично забороняється нюхати концентровані розчини аміаку або близько нахилитися до штуцера балону, який містить рідкий аміак.

33. Зберігайте концентровані розчини в скляних бутлях з притертими пробками разом з іншими лугами, але ізольовано від бром, йоду, мінеральних кислот.

34. Бром зберігайте у спеціальних склянках з притертими пробками і скляними притертими ковпачками.

35. Усі роботи з бромом і його органічними похідними необхідно проводити у витяжній шафі з нижніми та боковими відводами.

36. Усі види обробки скла необхідно проводити у захисних окулярах.

37. Нагрітий скляний посуд не можна закривати притертою пробкою до тих пір, поки він не охолоне повністю.

38. Не користуйтеся тонкостінними скляними трубками для одягання гумових трубок. Правильно підбирайте їх діаметри. Підплавлюйте кінці

39. трубок. Змочуйте під час надягання внутрішню сторону гумової трубки водою або гліцерином.

40. Скляні трубки або палички ламайте тільки після надрізу їх напилком або ножом для різання скла. Руки при цьому захищайте рушником. Кінці трубок і паличок підплавляйте.

41. Не допустиме застосування у вакуумних установках плоскодонного скляного посуду.

42. Ексикатор, що підключається вперше до вакууму, необхідно загорнути у рушник і збільшувати вакуум поступово.

43. Фосфор білий (жовтий) самозаймається на повітрі, тому його необхідно зберігати під шаром води в герметичних посудинах.

44. Під час перегонки горючих рідин не допускайте повного випарювання рідини.

45. Під час висушування вогне- та вибухонебезпечних речовин слідкуйте, щоб сушильна шафа була справна, а термометр давав вірні показники.

46. Легкозаймісті та горючі речовини зберігайте в товстостінних скляних банках з притертими пробками, в металічних шафах або ящиках з кришками, дно і стінки яких викладені азбестом.

47. Усі легкозаймісті та вибухонебезпечні речовини є вогненебезпечними. Запаси їх в лабораторії не повинні перевищувати денної норми.

48. Білий фосфор і сірковуглець надзвичайно вогненебезпечні. Залишки фосфору після роботи потрібно знищувати. Гасити фосфор піском або азбестовою ковдрою.

49. Масло в електробанях не повинно нагріватися вище температури його займання.

50. Коли нагрівають пробірку з рідиною, треба тримати її отвором в сторону від себе і від своїх товаришів, які працюють поряд. Усі роботи з легкозаймістими та горючими рідинами, а також пов'язані із виділенням шкідливих парів і газів, проводяться у витяжних шафах.

51. Забороняється коштувати на смак хімічні речовини. Нюхати речовини можна лише направляючи на себе гази або пар летким помахом руки.

52. Забороняється покидати своє робоче місце і залишати без нагляду запалені спиртівки та інші нагрівні прилади. Перехід на інше місце під час виконання роботи без дозволу викладача не допускається[11].

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ:

1. Після закінчення роботи в лабораторії працюючі повинні відключити воду, світло, електроприлади.

2. По закінченню проведення лабораторної роботи кожний працюючий повинен перевірити і привести в порядок своє робоче місце, прилади і апарати, а той що йде останнім виключити світло та перекрити воду, перевірити чи видалені з приміщення ЛЗР і ГР, чи оброблені відпрацьовані розчини, чи всі склянки і посуд з хімічними речовинами закриті пробками та поставлені на відповідні місця.

3. Фільтри і папір, які використовувалися під час роботи з отруйними

речовинами, потрібно негайно знищити.

4. Розлиті концентровані кислоти, луги, аміак або бром швидко засипайте піском. Після прибирання піску місце нейтралізуйте (кислоти – содою або вапном, луги – оцтовою кислотою), а потім добре промийте водою.

5. Категорично забороняється виливати відпрацьовані кислоти, луги, аміак, бром і інші їдкі речовини в каналізацію, їх потрібно збирати в окремий посуд і після нейтралізації виливати в каналізацію або в інше спеціально відведене місце.

6. Використані під час роботи зразки, продукти дегазації та промивні води зливаються у спеціальну тару; зливати ці речовини у каналізацію забороняється[11].

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ В АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ:

1. При загорянні електропроводів і електроустановок негайно виключіть електричний струм, після цього гасіть пожежу.

2. При спалаху людини не дозволяйте їй бігти, намагайтеся перекрити доступ повітря до горючого одягу важкою ковдрою, пальто або іншими доступними матеріалами.

3. Не можна водою гасити речовини, які з нею взаємодіють, утворюючи вогнебезпечні сполуки (лужні метали, їх карбіди, карбід кальцію, магній, алюміній в порошок або стружка, бензин, гас, бензол, скипидар, нафтопродукти).

4. Нормальна робота витяжної шафи є першочерговим засобом для забезпечення вентиляції приміщення під час занять з метою безпеки життєдіяльності студентів.

5. При виникненні пожежі потрібно негайно визвати пожежну команду, включити пожежну сигналізацію, винести з лабораторії всі вогне- та вибухонебезпечні речовини, а також балони з газами, виключити вентиляцію й електричний струм.

6. Під час термічних опіків I ступеня обпечені місця слід присипати содою, крохмалем чи тальком.

7. Під час опіків кислотою або лугом уражені місця промити проточною водою і обробити розчином соди або розчином оцтової кислоти.

8. Під час потрапляння твердих частинок, парів їдких речовин в очі промити їх водою, а потім 3% розчином соди.

9. Під час опіків лужними металами швидко зняти з шкіри тампоном вати залишки металу, а обпечене місце промити водою і 3–5% розчином оцтової кислоти.

10. Під час потрапляння мінеральних кислот в організм через стравохід швидко прополоскати рот 5% розчином соди, давати пити вапняну воду або рослинне масло.

11. При сильних кровотечах необхідно зупинити її джгутом.

12. Вогнегасники пінні призначені для гасіння пожеж твердих, рідких і газоподібних речовин. Ними не можна гасити електроприлади, що знаходяться під напругою, а також речовини, які займаються під час взаємодії з водою (натрій, калій, карбіди).

13. Під час враження електричним струмом потерпілому, який знаходиться у

свідомості, необхідно забезпечити спокій і чисте повітря. При порушенні дихання та серцевої діяльності слід застосувати штучне дихання й непрямий масаж серця до прибуття швидкої медичної допомоги[11].

7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

1. Галузь застосування.

Ця Інструкція поширюється на всі приміщення хімічної лабораторії, встановлює вимоги пожежної безпеки, порядок дій у разі виникнення пожежі в приміщеннях хімічної лабораторії та є обов'язковою для вивчення й виконання відповідальною особою за пожежну безпеку та цивільний захист, всіма особами, які перебувають у приміщеннях лабораторії[16].

2. Вимоги пожежної безпеки

Будь-які перепланування, зміни функціонального призначення приміщень здійснювати тільки за наявності проектної документації, яка пройшла попередню експертизу на відповідальність нормативним актам з питань пожежної безпеки з позитивним результатом в органах державного пожежного нагляду.

В усіх, незалежно від призначення, приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, що за вимогами технології працюють цілодобово).

Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, у разі наявності людей повинні постійно освітлюватись електричним світлом.

Електрощити, групові електрощити повинні бути оснащені схемами підключення споживачів з пояснювальними написами і вказаним значенням номінального струму апарата захисту (плавкої вставки). Встановлення на горючі основи (конструкції) електророзеток, вимикачів, перемикачів та інших подібних апаратів допускається тільки з підкладанням під них суцільного негорючого матеріалу, що виступає за габарити апарата не менш ніж на 0,01 м.

Приміщення хімічної лабораторії за пожежною небезпекою відповідно до

НАПБ Б.03.002- 2007 належать до категорії "В", за НПАОП 40.1-1.32-1 (ПБЕ) – до зони класу П-І[11].

Припливно-витяжна вентиляція в усіх приміщеннях лабораторії вмикається за 5 хвилин до початку робочого дня й вимикається після закінчення роботи. Відповідальний за експлуатацію вентиляційних систем зобов'язаний систематично (за графіком) перевіряти за допомогою спеціальних приладів ефективність їхнього функціонування. Роботи з високотоксичними та радіоактивними речовинами можуть проводитися лише за умови вентиляції, що працює.

Користуватись витяжними шафами з розбитим склом або несправною вентиляцією, а також шафами, в яких є речовини, матеріали та устаткування, що не мають стосунку до виконуваних операцій, забороняється.

Витяжні шафи, в яких проводяться такі роботи, повинні мати верхні та нижні відсмоктувачі, а також бортики, які запобігають стіканню рідини на підлогу.

Установлення й перестановка витяжних шаф не можуть проводитися без дозволу адміністрації. Не допускається, щоб витяжна шафа встановлювалася безпосередньо біля дверей.

Робочі столи та витяжні шафи, призначені для роботи з відкритим вогнем та пожежовибухонебезпечними речовинами, мають бути всуціль покриті негорючим матеріалом, а у разі роботи з кислотами й лугами - антикорозійним матеріалом, і мати бортики.

Легкозайmistі й горючі рідини (ЛЗР і ГР) належить зберігати в лабораторіях чітко за асортиментом у металевих ящиках та шафах. Кожну речовину слід приймати в кількості, не більшій за змінну потребу. Не допускається спільне зберігання речовин, хімічна взаємодія яких може призвести до пожежі або вибуху. Порядок спільного зберігання речовин та матеріалів визначають згідно з вимогами додатка 3 до НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні [1].

Відпрацьовані ЛЗР і ГР слід збирати у спеціальну герметичну тару, яка наприкінці роботи видаляється з приміщення для регенерації або утилізації.

Посудини, в яких проводилися роботи з ЛЗР та ГР, після закінчення досліджень мають негайно промиватися пожежобезпечними речовинами. У разі нагрівання ЛЗР об'ємом більше 0,5 л, необхідно ставити під прилад кювету самої ж місткості.

В разі аварії забороняється виливати ЛЗР і ГР в каналізацію.

У випадку розлиття ЛЗР це місце необхідно негайно засипати піском. Забруднений пісок збирають лопатою або совком. Застосування сталевих лопат і совків забороняється.

Забороняється працювати з лужними металами в приміщеннях із високою вологістю та допускати їх контакт з водою, хлоровмісними органічними сполуками й твердим діоксидом вуглецю.

Для запобігання накопичення зарядів статичної електрики на устаткуванні, а також на людях мають передбачатися такі заходи захисту:

- відведення зарядів статичної електрики шляхом заземлення металевих частин апаратів, установок, устаткування, комунікацій і ємкостей, на яких вони можуть накопичуватися. Заземлювальні пристрої мають відповідати вимогам ПУЕ та ПБЕ;

- загальне й місцеве зволоження повітря до 70% відносної вологості та вище в небезпечних місцях приміщень або зволоження поверхні електролізуєчого матеріалу;

- заповнення апаратів, ємкостей, закритих транспортних пристроїв та іншого устаткування інертним газом, переважно азотом;

- улаштування підлоги з підвищеною електропровідністю та електропровідних заземлених зон для зняття зарядів статичної електрики, що накопичуються на людях;

- застосовування лійок зі струмопровідного матеріалу і заземлювати їх під час розливання рідин-діелектриків у скляні та інші посудини з ізолюючих матеріалів;

- заземлювання мідним дротом або пластиною гумових шлангів із металевими наконечниками, призначених для наливання ЛЗР і ГР у бочки, баки, цистерни, бутлі та інші ємності. Наконечники шлангів мають бути виготовлені з кольорового металу, що не утворює іскор.

У разі появи в приміщенні запаху газу слід: негайно припинити користування газовими пальниками та приладами; не запалювати вогню; не вмикати електроприладів; не користуватися електродзвінками; перевіряти, чи закриті всі крани в газових пальниках і газових приладах; негайно повідомити відповідального за газове господарство, провітрити приміщення.

Забороняється застосовувати вогонь для виявлення витікання газу з газопроводів і приладів, а також користуватися несправними газовими пальниками та приладами, газопроводами та арматурою.

Евакуаційні шляхи та виходи завжди утримувати вільними, нічим не зашарашеними.

Завідувач лабораторії наприкінці робочого дня зобов'язаний особисто пересвідчитись у пожежобезпечності приміщень хімічної лабораторії, вимкнути всі струмоприймачі та зачинити вхідні двері на замок[11].

3. Обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі.

У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це службу порятунку за номером телефону – 101 (112). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;

- повідомити про пожежу адміністрацію та чергового на об'єкті;

- вимкнути (за необхідності) струмоприймачі та вентиляцію;

- вжити (по можливості) заходів щодо евакуації людей і матеріальних цінностей, гасіння пожежі з використанням вогнегасників та інших засобів пожежогасіння;

- організувати зустріч пожежно-рятувальних підрозділів та надати їм допомогу під час гасіння пожежі. Попередити керівника гасіння пожежі про наявність вибухопожежонебезпечних, отруйних та хімічно активних речовин.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Проведено підбір ефективної раси пивних дріжджів, а саме W-34/70, яка має такі переваги: високі осмо-, спирто- та термостійкість, високі швидкість і ступінь зброджування, утворення меншої кількості віцинальних дикетонів, що сприяє не лише інтенсифікації процесу головного бродіння, а й скороченню тривалості доброджування та дозрівання пива і отриманню напою з покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками.
2. Визначено раціональні умови процесу головного бродіння високогустинного сусла, які забезпечують досягнення видимого ступеня зброджування пива 75 %: температура 15 °С, норма внесення дріжджів 30 млн. клітин в 1 с^{м3} сусла, тривалість 7 діб. Аналогічні умови є раціональними для досягнення мінімального вмісту віцинальних дикетонів у пиві, проте за тривалості головного бродіння 9 діб.
3. Визначено, що використання ферментного препарату Альфалаза, який містить фермент α -ацетолактатдекарбоксилазу, з оптимальною витратою 2 г/г сусла дозволяє досягнути вмісту віцинальних дикетонів у молодому пиві 0,15 мг/дм³ на 3 доби швидше (33 %), що сприяє не лише інтенсифікації процесу головного бродіння, а й скороченню тривалості доброджування та дозрівання пива та отриманню напою з покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками.
4. Встановлено, що отримане за удосконаленими технологіями готове пиво має покращені фізико-хімічні та органолептичні показниками якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бевз, В. Енергозбереження - ефективний шлях до зниження витрат виробництва. *Національний університет харчових технологій*, 2010. 1-13.с
2. ДСТУ 3888:2015. УкрНДІхарчпром. 2015. 23 с.
3. ДСТУ 4646:2006. *Спирт етиловий, горілки напої лікero-горілчані газохроматографічний метод визначання справжності*. 2006. 32 с.
4. Романова З.М. Дослідження пивних дріжджів, які застосовують при зброджуванні у ЦКБА . *Харчова промисловість*, 2008. 59-61 с.
5. Карпутіна М.В. Сучасні способи активації процесів розмноження та ферментації пивоварних дріжджів. *НУХТ*, 2012. 1-8 с.
6. Корнейко Н. Культивування дріжджів і бродіння в умовах високогустинного пивоваріння. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених (Ред.), Київ: НУХТ. *Культивування дріжджів і бродіння в умовах високогустинного пивоваріння* 333-334 с.
7. Косів Р. Б. *Україна Патент №121712* 2015. 2 с.
8. Кошова В.М. Дослідження впливу різних рас дріжджів на зброджування пивного сусла і якість готового пива. *Наукові праці НУХТ*, 2015. 220-226 с.
9. Кунце В. *Технология солода и пива*. Гамбург: Профессия. 2007. 365-421 с.
10. Інтернет ресурс за посилання: <http://nvlvet.com.ua/>
11. Інтернет ресурс за посиланням:<http://dnaop.com/html/32348/>
12. Меледина Т.В. *Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация*. Санкт-Петербург: ИД Профессия. 2011
13. Меледина Т.В. *Физиологическое состояние дрожжей*. Санкт-Петербург: ИТМО. 2013 12-29 с.
14. Меледина Т.В. *Методи планирования и обработки результатов научных исследований*. Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 2011. 43-71 с.

15. Мелетьєв А.Є. Покращення якості пива з використанням заміників солоду. *Наукові праці НУХТ*, 2011. 37:38-41с.
16. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для студентів спец. 8.05170106 «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та заочної форм навчання / уклад. А.М. Куц, П.Л. Шиян, А. Є. Мелетьєв. – К.: НУХТ, 2015. – 43 с.
17. Нарцисс, Л. *Краткий курс пивоварения*. Санкт-Петербург: Издательство Профессия. 2007.76-85 с.
18. Роздобутько Б.В. Технологічні і технічні аспекти утворення диметилсульфіду в пиві. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2014. 181-187 с.
19. Тонюк М. Л. Дослідження впливу концентрації початкового сусла на органолептичні показники напою в технології високогустинного пивоваріння. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*, 2012. 47-54 с.
20. Харандюк Т.В., Косів Р. Б. Вплив концентрації сусла на стадії культивування дріжджів на зброджування висококонцентрованого пивного сусла. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, сс. 2:326-335.бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді». *Вплив раси дріжджів на зброджування високогустинного пивного сусла*, 2015. 181 с.
21. Харандюк Т.В., Косів Р. Б. . Зниження вмісту віцинальних дикетонів при зброджуванні високогустинного сусла. *Вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького*, 2017. 149-152.с.
22. Barnes I *The Complete Beer Fault Guide*. London: Carolina BrewMasters, 2013 . 12-18.p.
23. Berg J. *Biochemistry*. New York: W.H. Freeman and Company. C23
24. Boulton C. Advances in metabolic engineering of yeasts. *Brewing Microbiology*, 2015 p. 47-64 p.
25. Brouwland. *Brewferm Lager*. Отримано з Brouwland: <https://www.brouwland.com> 2017. 12.p.
26. Casey G.P. Ethanol tolerance in yeasts. *Critical Reviews in Microbiology*, 2012. 219-280. p
27. Fumi M.D. Impact of full-scale brewing processes on lager beer nitrogen compound. *Eur Food Res Technol*, 2009 . 209-216. p
28. Gabriel K. S. Net effect of wort osmotic pressure on fermentation course, yeast vitality, beer flavor, and haze. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2009. 1027–1035 p.
29. Hucker B. Vitamins in brewing: presence and influence of thiamine and riboflavin on wort fermentation. *Institute of brewing and Distilling*, 2016. 126-137 p.
30. Kharandiuk T. 5 th International Youth Science Forum «Litteris Et Artibus». *Effect of heat treatment on brewer's yeast fermentation activity*, Lviv, 2015. 400-401 P.
31. Kharandiuk T. The use of the enzyme preparation Maturex in high gravity

- brewing. *Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів і студентів*, 2017. 127. с.
32. Krogerus. Diacetyl and its control during brewer's fermentation. *J. Inst. Brew*, 2013 p. 86-97. P.
 33. Krogerus, K. Ploidy influences the functional attributes of de novo lager yeast hybrids. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2016. 72-79 p.
 34. Lei H. Effects of Lys and His supplementations on the regulation of nitrogen metabolism in lager yeast. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2013. 89–97. p.
 35. Lei H. Fermentation performance of lager yeast in high gravity beer fermentations with different sugar supplementations. *Journal of bioscience and Bioengineering*, 2016. 1-6. p
 36. Lei H. Effects of Wort Gravity and Nitrogen Level on Fermentation Performance of Brewer's Yeast and the Formation of Flavor Volatiles. *Appl Biochem Biotechnol*, 2012. 166.p
 37. Mo F. Effects of Nitrogen Composition on Fermentation Performance of Brewer's Yeast and the Absorption of Peptides with Different Molecular Weights. *Appl Biochem Biotechnol*, 2013 . 171 p.
 38. Pires E. *Biochemistry of Beer Fermentation*. New York: Springer Cham Heidelberg. 2015. 21 p.
 39. Puligundla, P. Very high gravity (VHG) ethanolic brewing and fermentation: a research update. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 2011. 13-14. p
 40. Somani, B.-K. Impact of storage temperature on lager brewing yeast viability, glycogen, trehalose, and fatty acid content. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 2012. 123-130. p
 41. Thurnham, D. Physiology. y B. Caballero, *Encyclopedia of human nutrition* 2013. 274-280. p
 42. Udeh H. O. Effect of Mineral Ion Addition on Yeast Performance during Very High Gravity Wort Fermentation. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* . 2014. 121-129.p
 43. Zeyner A. Vitamins. y R. J., *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance* London: Saunders Elsevier. 2013. 168-186 p.

ДОДАТОК А. Робоча програма магістерської роботи

Затверджено на засіданні
кафедри біотехнології продуктів
бродіння і виноробства НУХТ,
протокол № 1
від 27 серпня 2020 р.

Зав. кафедри _____ А.М. Куц

РОБОЧА ПРОГРАМА кваліфікаційної роботи на тему

«Дослідження технологічних параметрів для прискорення
процесу зброджування пивного сусла високої густини.

»

ВСТУП

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА ВИСОКОЇ ГУСТИНИ (аналітичний огляд).....

- 1.1 Сучасні уявлення про формування властивостей пива.....
- 1.2 Труднощі, які виникають при зброджуванні високогустинного сусла.....
- 1.3 Висновки.....

2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....

- 2.1 Схема проведення досліджень.....
- 2.2. Об'єкт та предмети досліджень.....
- 2.3 Методика досліджень.....

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПИВА ВИСОКОЇ ГУСТИНИ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА).....

- 3.1. Дослідження осмо-, спирто- та термостійкості рас дріжджів.....
- 3.2. Підбір оптимальної температури бродіння.....
- 3.3. Дослідження норми внесення дріжджів.....

- 3.4. Дослідження концентрація сусла.....
 3.5. Дослідження вмісту віцинальних декетонів.....
 3.6. Вплив ферментного препарату Alphasase advance на вміст віцинальних дикетонів у пиві.....
 3.7. Висновки.....

**4. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГОЛОВНОГО БРОДІННЯ
 ВИСОКОГУСТИННОГО СУСЛА.....**

- 4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
 5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ
 6 ОХОРОНА ПРАЦІ
 7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ
 ДОДАТКИ**

Здобувач

І.М. Марйоха

Керівник, доцент, к.т.н

З.М. Романова

ДОДАТОК Б

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Готова продукція повинна відповідати таким вимогам:

За органолептичними показниками

Таблиця 1 Органолептичні показники пива

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень невластивих пиву.
Аромат	Чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів
Смак	Чистий, зброджений, солодовий, з хмельовою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків

-за фізико-хімічними показниками

Назва показника	Значення показника
Масова частка сухих речовин у початковому суслі, % , $\pm 0,3$	16 (кондиціювання пива до показників 12%-го)
Масова частка спирту, %, не менше	3,4

Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ пива	1,3-3,2
Колір, см ³ , 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ води	0,2-1,8
Масова частка діоксиду вуглецю, %, не менше	0,33

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники пива

Решта показників та допустимі відхилення від норм повинні відповідати вимогам ДСТУ 3888:2015.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА МАТЕРІАЛІВ

Для виробництва пива високої густини використовують солод пивоварний ячмінний, гранули хмелю, воду питну, кукурудзу.

Для виготовлення пива високої густини використовують таку сировину та матеріали:

- солод пивоварний ячмінний згідно з ДСТУ 4282;
- гранули хмелю згідно з ДСТУ 7028;
- несолоджену сировину: кукурудзу згідно з ДСТУ 4525;
- чисту культуру пивних дріжджів низового бродіння згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;
- діоксид вуглецю газоподібний і скраплений згідно з ДСТУ 4817;
- ферментні та фільтруючі препарати згідно з чинними нормативними документами за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я;
- кислота молочна згідно з ДСТУ 4621;
- допоміжні матеріали та іншу сировину згідно з чинними

нормативними документами та за наявності позитивного висновку державної санітарно- епідеміологічної експертизи і дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я.

3.РЕЦЕПТУРА

Рецептура пива високої густини:

Таблиця 3 – Рецептатура пива

Компоненти	Кількість
Солод пивоварний ячмінний світлий	70%
Кукурудзяне борошно знежирене	30%
Гранули хмелю (гіркий та ароматичний)	0,3-0,7 г/дал

4. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Опис технологічного процесу

В схему виробництва пива високої густини входять наступні стадії:

- підготування та подрібнення зернопродуктів;
- приготування пивного суслу та передача його на бродіння;
- бродіння та доброджування;
- кондиціонування, фільтрація, стабілізація та карбонізація пива;
- зберігання фільтрованого пива та передача його на розлив;
- пастеризація та розлив пива.

4.1. Солод подрібнюють на дробарках, які встановлені на підприємстві. Тривалість зберігання помелу не більше 60 хв. Після подрібнення зернопродукти передають до заторного чану, де проходить процес затирання (змішування з водою).

4.2. Знежирене кукурудзяне борошно задають в заторний чан без попередньої обробки.

4.3. Для затирання використовують підготовлену воду температурою 50-56 °С. Затір витримують за температури 50-55 °С 30 хв (білкова пауза), надалі температуру підвищують до 60-65 °С та витримують 30 хв. (мальтозна пауза). Тоді густу частину затору перекачують в інший заторний апарат, нагрівають з витриманням оцукрюючої паузи за температури 70-75 °С, нагрівають до

кипіння та кип'ятять 15- 30 хв. Після цього відвар повертають до основного затору, в результаті чого встановлюється температура 70-75 °С, за якої витримують оцукрюючу паузу, закінчення якої контролюють за йодною пробою. Після завершення оцукрювання затір нагрівають до температури 76-78 °С для інактивації ферментів та передають на фільтрування.

Показник рН затору під час затирання повинен бути в межах 5,3-5,6. Якщо склад води та якість солоду не забезпечують зазначеного рН затору, його коригування проводять молочною кислотою. За необхідності при приготуванні затору допускається використання ферментних препаратів, які задаються в заторний котел на початку процесу затирання та дозволені для використання відповідним центральним органом виконавчої влади України.

У разі потреби режим затирання може коригуватись головним пивоваром в залежності від якості сировини та особливостей технологічного процесу.

4.4. Після фільтрації сусло в сусловарильному котлі підігрівають до температури кипіння, тривалість якого становить 1,5-2 год.

Гранули хмелю в сусловарильний котел вносять в три заходи:

- 75% від загальної кількості хмелю вносять відразу після 10 хв. кип'ятіння;
- 20% від загальної кількості хмелю - за 10 хв. до закінчення кип'ятіння;
- 5% від загальної кількості хмелю після закінчення кип'ятіння перед передачею у вірпул.

Під час кип'ятіння сусла з хмелем показник рН повинен бути в межах 5,0-5,3, а масова частка сухих речовин готового сусла – 15,7-16,3%.

4.5. Гаряче сусло передають з сусловарильного котла у вірпул для його освітлення. Потім сусло охолоджують в теплообмінниках до температури 10-12 °С.

4.6. Бродіння та доброджування пивного сусла проводять відповідно до приведених нижче технологічних режимів:

- температура головного бродіння 14-15 °С;
- температура доброджування 0-2 °С;

В потік сусла, який надходить в циліндро-конічний апарат, задають ферментний препарат Альфалаза (2 г/гл). Засівні дріжджі задають в сусло першої варки, яке надходить на бродіння в циліндро-конічному танку з розрахунку 1 л/гл охолодженого сусла (30 млн. клітин на 1 см³ сусла). У виробництві дозволяється використовувати не більше 5-ти генерацій дріжджів.

4.7. Головне бродіння проводять впродовж 6 діб до досягнення видимого вмісту екстрактивних речовин в молодому пиві ≤ 4 % мас. та вмісту віцинальних дикетонів менше 0,15 мг/дм³.

4.8. На 7-й день після початку бродіння конічну частину апарату охолоджують до 2 °С для осідання дріжджів. Після знімання дріжджів все молоде пиво в циліндро- конічному танку охолоджують до 0-2 °С, апарат шпунтують. Доброджування та дозрівання пива триває 10 діб при надлишковому тиску 0,05 МПа.

4.9. Потім пиво охолоджують до температури холодної витримки (-1,5 ÷ 0)°С і витримують за цієї температури не менше ніж 24 години, при тиску в циліндро- конічному танку не менше ніж 0,14 МПа.

4.10. Для пива високої густини час від початку бродіння пива до передачі його на фільтрацію повинен становити не менше ніж 16 діб.

4.11. Пиво кондиціюють деаерованою водою до досягнення показників, характерних для світлого пива з початковою екстрактивністю 12 % мас.

4.12. Фільтрацію пива проводять на кізельгуровому фільтрі, де забезпечується належна прозорість та стійкість пива. Поточне дозування сумішей кізельгуру та стабілізатора проводять їх водним розчином у відповідних співвідношеннях, при постійній карбонізації CO₂. Кондиційоване пиво додатково насичується діоксидом вуглецю та направляється на розлив.

ДОДАТОК В

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ ВИСОКОГУСТИННОГО ПИВНОГО СУСЛА

Романова Зоряна Миколаївна

к.т.н., доцент

Марйоха Ігор Михайлович

магістрант

Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

pani.zoriana@gmail.com

maryokhai1998@gmail.com

Вступ. Високогустинне пивоваріння є інноваційною технологією, яка відрізняється високою ефективністю виробництва. За цією технологією готують концентроване пивне сусло з вмістом сухих речовин 14-18%, зброджують його та після дозрівання і фільтрування пиво розбавляють підготовленою деаерованою водою. Без істотних вкладень у додаткове виробниче обладнання підприємства значно збільшується випуск готового пива, що особливо актуально в літній період, коли значно зростає попит. З огляду на це багато пивоварни підприємств у даний

час перейшли на технологію високогустинного пивоваріння.

Однак на стадії головного бродіння виникають істотні технологічні проблеми, пов'язані з гальмуванням процесу ферментації, подовженням його тривалості, утворенням більшої кількості побічних продуктів бродіння і, як наслідок, погіршенням органолептичних показників пива.

Метою роботи є інтенсифікація технології зброджування пивного сусла у високогустинному пивоварінні для збільшення продуктивності виробництва та отримання пива високої якості.

Матеріали і методи. Матеріалом для дослідження послужили, молоде пиво раси пивних дріжджів, ферментний препарат *Alfalaze advance*, високогустинне сусло, готове пиво.

При вирішенні завдань використано сучасні загальноприйняті та специфічні фізико-хімічні, спектрофотометричні, газохроматографічні, мікробіологічні, органолептичні методи досліджень сусла, дріжджів, і пива; методи планування експерименту, математичного моделювання, оптимізації та оброблення експериментальних даних з використанням сучасних приладів, комп'ютерних технологій та програм.

Результати та обговорення. Для проведення досліджень із сухих дріжджів низового бродіння методом штрихових посівів на сусловому агарі виділено чисті культури дріжджів рас *Brewferm Lager*, *Saflager S-23*, *Saflager W-34/70*, які широко використовуються у пивоварнях Європи та світу. Проведено підбір ефективної раси дріжджів *W-34/70*, перевагами якої є високі осмо-, спирто- та термостійкість, швидкість і ступінь зброджування, утворення меншої кількості віцинальних дикетонів, що сприяє не тільки інтенсифікації процесу головного бродіння, а й скороченню тривалості дозрівання пива та отриманню напою з покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками.

Визначено раціональну концентрацію високогустинного сусла 16 % мас. Досліджено технологічний процес головного бродіння високогустинного сусла методом математичного планування експерименту за трьома факторами:

температурою в діапазоні від 9 до 15 °С, нормою внесення дріжджів від 15 до 30 млн. клітин в 1 см³ сусла, тривалістю бродіння від 5 до 9 діб..

Визначено раціональні умови головного бродіння, які забезпечують досягнення видимого ступеня зброджування пива 75 %: температура 15 °С, норма внесення дріжджів 30 млн. клітин в 1 см³ сусла, тривалість 7 діб. Аналогічні умови є раціональними для досягнення мінімального вмісту віцинальних дикетонів у пиві, проте за тривалості 9 діб.

Важливим критерієм завершення головного бродіння сусла є вміст віцинальних дикетонів у пиві. З метою скорочення тривалості головного бродіння до досягнення мінімального вмісту віцинальних дикетонів рекомендовано використовувати фермент α -ацетолактатдекарбоксілазу, який дозволяє перетворити попередник діацетилу α -ацетолактат безпосередньо в ацетоїн, минаючи стадію утворення діацетилу. Визначено, що використання ферментного препарату Альфалаза, який містить фермент α -ацетолактатдекарбоксілазу, з оптимальною витратою 2 г/гл сусла дозволяє досягнути вмісту віцинальних дикетонів у молодому пиві 0,15 мг/дм³, на 3 доби швидше (33 %), що сприяє не тільки інтенсифікації процесу головного бродіння, а й скороченню тривалості дозрівання пива та отриманню напою з покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологічну схему виробництва пива за удосконаленими технологіями зброджування високогустинного сусла з використанням ферментного препарату Альфалаза яка включає стадію головного бродіння за температури 15 °С впродовж 6 діб і стадію доброджування та дозрівання пива за температури 0-2 °С впродовж 10 діб.

Використання ферментного препарату Альфалаза (2 г/гл), дозволяє скоротити тривалість головного бродіння високогустинного сусла, доброджування та дозрівання пива на 3 доби, збільшити продуктивність виробництва на 16 % і отримати пиво з покращеними фізико-хімічними та органолептичними показниками.

Висновки: встановлено, що використання ферментного препарату Альфааза дозволяє знизити вміст альдегідів і вищих спиртів у пиві, що не тільки покращує смак і аромат напою, а й сприятиме його кращому зберіганню завдяки зниженню кількості попередників карбонільних сполук старіння.





InterConf
Scientific Publishing Center

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

We're honored to present this certificate to

Thor Mariokha

for participation in the I International Scientific
and Practical Conference GLOBAL AND REGIONAL
ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT, held on
October 26-28, 2020 in Copenhagen, Denmark

and for publishing a scientific article:

**АНАЛІЗ ТА ПІДБІР РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ
ВИГОТОВЛЕННЯ НАПОЇВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО
ПРИЗНАЧЕННЯ**

12 hours
of remote
participation



Активация W
Чтобы активиро
раздел "Парамет

41.	<i>Polutrenko M. S., Lopushniak V. I., Hrytsulyak H. M., Kotsyubynsky A. O., Savvuk R. M.</i>	193
	METHOD OF PROCESSING OF TERRESTRIAL PART OF PLANTS.	
42.	<i>Savvova O. V., Fesenko O. I., Voronov H. K., Pokroieva Ya. O., Molchanova K. I.</i>	197
	ANTIBACTERIAL GLAZES FOR CERAMIC TILES.	
43.	<i>Strashynskyi I. M., Marynin A. I., Omelchenko M. H.</i>	202
	THE USING OF EMULGATORS IN THE COMPOSITION OF COMPLEX FOOD ADDITIVES IN THE TECHNOLOGY OF MEAT PRODUCTS.	
44.	<i>Антонюк І. Ю., Медведєва А. О.</i>	207
	ТЕХНОЛОГІЯ ПІСТЕЧКА «ТАЄМНА НАСОЛОДА» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОРСЬКОЇ ВОДОРОСТІ ЛАМІНАРІЇ.	
45.	<i>Григоренко С. М., Шуляк О. Ю., Михайлов А. В.</i>	214
	ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ DADSS ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ ВОДІВ ПРИ КЕРУВАННІ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ.	
46.	<i>Дронь Д. В., Коваленко А. Ю., Коломієць А. С.</i>	218
	УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ FASHION-ПРОЄКТІВ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ.	
47.	<i>Крепак А. С., Манойлов О. В., Кудинова Е. В.</i>	225
	ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЯНУЩЕЙ ПОДАЧИ.	
48.	<i>Копичко Р. Р., Самохліб О. О.</i>	231
	ВПРОВАДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ СФЕРІ.	
49.	<i>Любчик Г. Н., Фялко Н. М., Реграги Абубакр, Шеренковский Ю. В., Наверодская Р. А.</i>	233
	ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ЭНТАЛЬПИЙНО-ЭНТРОПИЙНОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ.	
50.	<i>Мартынюк Т. Б., Круковський Б. П.</i>	238
	ВОЗМОЖНОСТИ АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ.	
51.	<i>Найдюк А. М., Романова З. М.</i>	242
	БЕЗАЛКОГОЛЬНІ НЕГАЗОВАНІ СПЕЦІАЛЬНІ НАПОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.	
52.	<i>Романова З. М., Марйоха І. М.</i>	250
	ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ ВИСОКОГУСТИННОГО ПИВНОГО СУСЛА.	
53.	<i>Салія М. Г., Мікаутадзе Р. І.</i>	254
	ДО ПИТАННЯ ПРО ПОСИЛЕННЯ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ СТІН ЗА ДОПОМОГОЮ СТАЛЕВИХ СМУТ.	
54.	<i>Трубінікова А. А., Бондар С. М., Чебанова О. Б.</i>	260
	ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИДАЛЕННЯ ЛАКТОЗИ З МАСЛЯНКИ.	