МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор ННІХТ	Завідувач кафедри БПБВ
_____ О.В. Кочубей-Литвиненко (підпис)	_____ А.М. Куц (підпис)
« » лютого 2021 р.	« » лютого 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

на тему: **«Дослідження та удосконалення процесів сушіння дріжджів для забезпечення конкурентноздатності готової продукції в умовах мініпивоварні»**

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗТБ-2-1М — Воловод Ростислав Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник — Бондар Микола Васильович (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

Воловод Ростислав Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «**Дослідження та удосконалення процесів сушіння дріжджів для забезпечення конкурентноздатності готової продукції в умовах мініпивоварні»**

Керівник роботи Бондар М.В., к.т.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 28 жовтня 2020 року № 883-КС
2. Строк подання роботи _____01 лютого 2021 р._____
3. Вихідні дані до роботи _____
1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики_____
2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт_____.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Сучасні технології сушіння дріжджів під впливом різних факторів (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методи та методика досліджень. 3. Удосконалення технології сушіння дріжджів (експериментальна частина). 4. Технологічна частина 5. Оптимізація технологічного процесу. 6. Розрахунок соціально-економічної ефективності. 7. Охорона праці. 8. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури. Додатки_____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Таблиці з результатами досліджень – 30_____
Графіки з результатами досліджень – 23_____

6. Консультанти розділів магістерської роботи

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

7. Дата видачі завдання 31 серпня 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	
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	
	1-а атестація	**5.11.2020**	
3.	Експериментальні дослідження, підготовка розділу та погодження його з керівником	05.11.20-17.12.20	
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.20-22.12.20	
	2-а атестація	**23.12.20**	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.20-30.12.20	
6.	Технологічна частина**,** підготовка розділу та погодження його з керівником	31.12.20-06.01.21	
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.21-13.01.21	
8.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	14.01.21-24.01.21	
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.21-31.01.21	
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	30.01.21-03.02.21	
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	01.02.21-07.02.21	
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	08.02.21-10.02.21	
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач Р.В. Воловод

Керівник роботи, доцент М.В. Бондар

АНОТАЦІЯ

Воловод Ростислав Володимирович «Дослідження та удосконалення процесів сушіння дріжджів для забезпечення конкурентноздатності готової продукції в умовах мініпивоварні». Магістерська робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології», спеціалізація – «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

В даній магістерській роботі пропонується сушіння дріжджів на розпилювальній сушильній установці та порівняння розрахунковим шляхом з сублімаційною.

Головний показник якості пива — харчова цінність, яка залежить від його хімічного складу й зумовлена кількісним складом цукрів, амінокислот, пептидів, макро- й мікроелементів та інших біологічно активних речовин. У виробництві пива є два основних джерела таких сполук — екстрактивні речовини солоду й несолодованих зернопродуктів та сполуки, які утворюються дріжджами під час їх культивування. Зброджування сусла, а також внаслідок автолізу під час доброджування й дозрівання пива.

Нарівні з ячмінним чи пшеничним солодом, водою та хмелем дріжджі, які забезпечують пиво вітамінами. незамінними амінокислотами, ферментами та іншими біологічно активними речовинами, - також основа для виробництва пива. Пивоварні дріжджі — одноклітинні мікроорганізми, які розвиваючись в охмеленому пивному суслі без доступу кисню повітря завдяки анаеробному бродінню, утворюють внаслідок метаболізму цукрів та амінокислот етиловий спирт, діоксид вуглецю, вищі спирти, ароматичні сполуки та біологічні речовини, тим самим перетворюючи його в пиво. Встановлено, що понад 200 смакових і ароматичних речовин пива утворюється внаслідок життєдіяльності дріжджів.

Робота представлена на 126 сторінках друкованого тексту, містить 30 таблиць, 23 рисунків.

Ключові слова: пиво, дріжджі, пептиди, культивування, сусло, сполуки, мікроорганізми.

АННОТАЦИЯ

Воловод Ростислав Владимирович «Исследование и усовершенствований ния процессов сушки дрожжей для обеспечения конкурентоспособности готовой продукции в условиях минипивоварни». Магистерская работа на здо-бытия степени магистра по специальности 181 «Пищевые технологии», специализация - «Технологии продуктов брожения и виноделия». Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2021.

В данной магистерской работе предлагается сушки дрожжей на распылительной сушильной установке и сравнения расчетным путем с сублимационной.

Главный показатель качества пива - пищевая ценность, которая зависит от его химического состава и обусловлена количественным составом сахаров, аминокислот, пептидов, макро и микроэлементов и других биологически активных веществ. В производстве пива есть два основных источника таких соединений - экстрактивные вещества солода и несоложенных зернопродуктов и соединения, которые образуются дрожжами во время их культивирования. Сбраживания сусла, а также в результате автолиза при дображивания и созревания пива.

Наряду с ячменным или пшеничной солодом, водой и хмелем дрожжи, которые обеспечивают пиво витаминами. незаменимыми аминокислотами, ферментами и другими биологически активными веществами, также основа для производства пива. Пивоварные дрожжи - одноклеточные микроорганизмы, которые развиваясь в охмеленного пивном сусле без доступа кислорода воздуха благодаря анаэробного брожения, образуют в результате метаболизма сахаров и аминокислот этиловый спирт, диоксид углерода, высшие спирты, ароматические соединения и биологические вещества, тем самым превращая его в пиво. Установлено, что по-над 200 вкусовых и ароматических веществ пива образуется в результате жизнедеятельности дрожжей.

Работа представлена на 126 страницах печатного текста, содержит 30 таблиц, 23 рисунков.

Ключевые слова: пиво, дрожжи, пептиды, культивирование, сусло, пол-ки, микроорганизмы.

ANNOTATION

Volovod Rostyslav Volodymyrovych **"Research and improvement of yeast drying processes to ensure the competitiveness of finished products in a mini-brewery."** Master's thesis for a master's degree in specialty 181 "Food Technology", specialization - "Technology of fermentation products and winemaking." National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

In this master's thesis it is proposed to dry the yeast on a spray dryer and compare it by calculation with sublimation.

The main indicator of beer quality is its nutritional value, which depends on its chemical composition and is determined by the quantitative composition of sugars, amino acids, peptides, macro and microelements and other biologically active substances. There are two main sources of such compounds in beer production - extractives of malt and unmalted grain products and compounds formed by yeast during their cultivation. Fermentation of wort, as well as due to autolysis during fermentation and maturation of beer.

Along with barley or wheat malt, water and hops, yeast, which provides beer with vitamins. essential amino acids, enzymes and other biologically active substances, as well as the basis for beer production. Brewer's yeast is a single-celled microorganism that develops in a hopped beer wort without access to oxygen due to anaerobic fermentation, forming due to the metabolism of sugars and amino acids ethyl alcohol, carbon dioxide, higher alcohols, aromatic compounds and biological substances, thereby converting it into biological substances. It is established that more than 200 flavors and aromas of beer are formed due to the activity of yeast.

The work is presented on the 126 pages of printed text, contains 30 tables, 23 figures.

Key words: beer, yeast, peptides, cultivation, wort, compounds, microorganisms.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ДРІЖДЖІВ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ФАКТОРІВ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД)…….. 9

1.1 Дріжджі – збудники бродіння……. 9

1.1.2 Вплив товщини шару на процес сушіння дріжджів……..... 21

1.1.3 Вплив форми й розмірів часток дріжджів на процес сушіння та їх зберігання……..... 21

1.1.4 Вплив режиму процесу на сушіння дріжджів у киплячому й віброкиплячому шарі…….. 22

1.2 Класифікація сушильних установок та способи сушки……... 23

1.3.Висновки..... 35

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ …… 37

2.1 Матеріали досліджень 37

2.2 Методи досліджень..... 37

2.3 Методика досліджень..... 37

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ДРІЖДЖІВ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА)……. 40

3.1 Визначення фізичних характеристик дріжджів……. 40

3.2 Визначення залежності зміни температури краплі від часу та зміни її маси…. 42

3.3 Дослідження зміни питомої інтенсивності сушіння…… 46

3.4 Дослідження зброджувальної здатності дріжджів……..... 47

3.5 Дослідження вплив терміну зберігання і температури теплоносія на бродильну активність дріжджових суспензій…….. 50

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА…….. ……. 53

4.1 Асортимент і характеристика основної сировини і допоміжних матеріалів….. 53

4.1.1 Характеристика проектованої продукції…… 55

4.1.2. Характеристика сировини, основних та допоміжних матеріалів……... 59

4.1.3. Характеристика мікроорганізмів-продуцентів……. 60

4.2 Технологічна схема……... 62

4.2.1. Принципова технологічна схема…… 62

4.2.2. Вибір та обґрунтування способів і режимів……. 63

4.2.3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень…..... 74

4.2.4. Опис апаратурно-технологічної схеми……. 75

4.2.5. Продуктові розрахунки…….. 76

4.2.6. Розрахунок і підбір обладнання……..... 83

4.2.7. Технохімічний і мікробіологічний контроль …….. 89

РОЗДІЛ 5. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ..... 91

РОЗДІЛ 6. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ…… 99

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ..... 109

РОЗДІЛ 8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ..... 116

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ……..... 120

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 122

ДОДАТКИ…… 124

					Дослідження та удосконалення процесів сушіння дріжджів для забезпечення конкурентноздатності готової продукції в умовах мініпивоварні		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Воловод Р.В.			**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**	*Літ*	Аркуш 6 / Аркушів 1
Перевір.		.Бондар М.В.					
Н. контр.						*Кафедра БПБВ,2021*	
Зав. каф.		Куц А. М.					

ВСТУП

Останнім часом дедалі більшої популярності набуває створення мініпивоварень продуктивністю від 250 до 1000 дм^3 пива на добу, які, займаючи площу від 50 до 200 м^2, розташовуються в допоміжних приміщеннях ресторанів, барів та торговельно-розважальних центрів. У таких приміщеннях дуже важко забезпечити всі санітарно – гігієнічні та технологічні вимоги для створення відділення чистої культури дріжджів. Тому найчастіше для бродіння використовують сухі культури пивоварних дріжджів, які легко підготувати для застосування в умовах міні – пивоварень для першої генерації бродіння. Але ефективні способи їх попередньої підготовки з метою максимального відновлення їх бродильної активності перебувають поки що на стадії розробки.

Розроблення нових та удосконалення існуючих способів сушіння пивних дріжджів дасть можливість зменшити енергетичні затрати, інтенсифікувати процес, уникнути забруднення довкілля і зберегти високі якісні показники готового продукту, є актуальним на даний час. Серед можливих шляхів вирішення проблеми сушіння пивних дріжджів викликає цікавість спосіб зневоднення в розпиленому стані у вібропсевдозрідженому шарі інертного матеріалу, який характеризується високою інтенсивністю і ефективністю.

У зв'язку з цим актуальним завданням сьогодення є розроблення процесу сушіння пивних дріжджів і механізму впливу ряду факторів на нього, що уможливить удосконалення існуючого та розроблення нового високоефективного сушильного обладнання.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є дослідження процесу сушіння пивних дріжджів на органолептичні та фізико хімічні показники готового пива.

За результатами проведеного аналізу спеціальних літературних джерел та експериментальних досліджень, щодо процесу сушіння пивних дріжджів, у роботі були прийняті такі рішення:

- визначити основні технологічні показники зразків дріжджів перед висушуванням, зокрема активну **pH** і титровану кислотність**,** вміст сухих речовин **СР** і концентрацію дріжджових клітин;
- дослідити вплив температури теплоносія на процес зневоднення дріжжових суспензій;
- дослідити зброджувальну здатність дріжджів залежно від температури.
- дослідити вплив використання сухих пивних дріжджів на показники готового пива.

Об’єкти досліджень – технологія процесів сушіння пивних дріжджів, готове пиво.

Предмети досліджень - сухі пивні дріжджі, дріжджова суспензія, органолептичні та фізико хімічні показники готового пива.

Методи досліджень – аналітичні, хімічні, фізико-хімічні з використанням сучасних приладів та методик.

Наукова новизна роботи. Дослідження процесу розпилювального сушіння пивних дріжджів, а також механізму впливу окремих факторів на тепломасообмін сприятиме виявленню оптимальних режимних параметрів і розширенню застосування розпилювальних сушарок для харчових продуктів та вдосконаленню існуючої технології пива.

Практична значення: Запропоновано спосіб збільшення тривалості зберігання дріжджів (зневоднення), а саме висушування їх до рівноважної вологості, з послідуючим повторним використанням.

Структура та обсяг роботи. Робота складається з 8 розділів, висновків, списку використаної літератури, з 23 найменувань, додатку.

Робота викладена на 126 сторінках друкованого тексту, містить 30 таблиць і 23 рисунків.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ДРІЖДЖІВ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ФАКТОРІВ

1.1 Дріжджі – збудники бродіння

У 1803 році вперше Луї Жак Тенар вказав на дріжджі як на справжню причину бродіння. У 1831 році з'явилися, незалежно одна від одної, роботи Коньяр де ла Тура, Кютцінга, Шванна. Автори робіт прийшли до висновку, що дріжджі є рослиною і розмножуються шляхом брунькування. Шванн вперше спостерігав спороутворення, Мейен ввів у 1838 р. родову назву Saccharomyces і відніс дріжджі до грибів. Класифікація вперше проведена датським ботаніком Е. Ганзеном у 1904 році, що розділила дріжджі на спорогенні і аспорогенні. Спочатку вона була недосконалою і надалі постійно змінювалася, уточнювалася. У країнах СНД для класифікації спорогенних дріжджів користуються систематикою В. Кудрявцева, для аспорогенних – систематикою Ж. Лоддер. Критеріями для класифікації дріжджів служить морфо-фізіологічні ознаки – форма і розмір вегетативних клітин і спор, а також характер їх утворення.

Проблема розмноження, переробки і використання пивних дріжджів є однією з актуальних у галузі пивоваріння. У зв'язку з великим вмістом поживних речовин, а саме білків, вуглеводів, жирів та вітамінів, дріжджі набули широкого використання в харчовій, фармацевтичній і мікробіологічній промисловості.

Одним з найефективніших способів збільшення тривалості зберігання і транспортування дріжджів є зневоднення, а саме висушування їх до рівноважної вологості.

Сушіння є найбільш надійним способом консервування харчових продуктів. Отже, розроблення нових та удосконалення існуючих способів сушіння пивних дріжджів, що дасть можливість зменшити енергетичні затрати, інтенсифікувати процес, уникнути забруднення довкілля і зберегти високі якісні показники готового продукту, є актуальним та інноваційним на даний час.

Раніше сухі пивоварні дріжджі не мали успіху через низьку та нестабільну життєздатність. Та публікації кінця 1990-х років змусили провести переоцінку можливостей промислових активних дріжджів. Їх маркетинг, де спочатку основну увагу приділяли первинному бродінню, пивовари зацікавились використанням активних сухих дріжджів в якості доповнення або взагалі заміни рідких дріжджів.

Перевагою сухих дріжджів над класичними сирими є полегшення транспортування, можливість їх зберігання при 10 ºС до 2 років, доступ в застосуванні, особливо на мініпивзаводах, швидкість та простота виготовлення, скорочення затрат виробництва та виробничих площ, отримання необхідної кількості біомаси при активному фізіологічному стані.

Активні сухі пивоварні дріжджі все більше займають позицію як "багатофункціональні", причому їх застосування та можливості змінюються від "мініпивоварень" до підприємств національного значення.

Впровадження сухих дріжджів стало можливим завдяки унікальній властивості мікроорганізмів переходити в стан анабіозу при висушуванні, зберігаючи життєздатність при зберіганні і відновлювати свою життєдіяльність при зволоженні.

Процес відновлення дріжджів має два етапи: регідратація (зволоження клітин, яке проходить 10 -20 хв, в залежності, від розмірів гранул) і реактивація (відновлення активності ферментних систем клітини і функції тонких клітинних структур). Регідратацію потрібно проводити на повноцінному субстраті, який містить при необхідності аміачні солі, вітаміни, амінокислоти.

Дріжджі являють собою одноклітинні мікроорганізми рослинного походження і належать до класу вищих грибів. Розміри клітин дріжджів коливаються від 9 до 11 мкм у довжину і від 6 до 8 мкм у ширину. Вони бувають яйцеподібної, еліпсоподібної, овальної чи витягнутої форми в залежності від видів та умов їх культивування. Зустрічаються клітини і менших розмірів, які висушуються швидше.

Складається дріжджова клітина з оболонки, ядра й цитоплазми. Зовнішня оболонка – із полісахаридів типу геміцелюлоз, а внутрішня – з білкових речовин, фосфоліпідів, ліпоїдів. Ядро – це овальне тіло, оточене цитоплазмою в нерозчинній формі. В ядро включена дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) та її протеїд (ДНКП) і велика кількість РНК.

ДНК сприяє передачі спадкової інформації та збереженню відповідних властивостей. У життєдіяльності клітини ядро відіграє надзвичайно важливу роль. Це обмін речовин, ріст та розмноження дріжджів.

Цитоплазма має в’язку консистенцію і колоїдний характер. Крім білків вона містить рибозонуклеопротеїди, ліпоїди, вуглеводи та воду. Всі ферментативні перетворення здійснюються у цитоплазмі за допомогою ферментів: це перетворення цукрів у спирти та CO_2 за допомогою амілолітичних ферментів, білків у амінокислоти за допомогою протеолітичних ферментів тощо.

Клітинна зовнішня оболонка, тобто мембрана, має дуже маленькі отвори, через які в клітину проходять розчинені у воді поживні речовини, необхідні для її живлення, життєдіяльності та обміну. У складі мембран білки становлять 75 % і є їхньою структурною основою. У молекулах білків та ліпідів є полярні ділянки, які зумовлюють виникнення електростатичних сил внаслідок дії протилежно заряджених часточок іонізованих молекул.

На поверхні оболонки знаходиться фермент фосфатаза, який бере активну участь у проникненні у клітину фосфатів і глюкози, а також інвертаза , що гідролізує (перетворює) сахарозу.

Ріст і розмноження дріжджів відбувається завдяки асиміляції (засвоєння необхідних речовин із зовнішнього середовища для життєдіяльності і розвитку) розчинених у середовищі поживних речовин. Для цього хімічна енергія виробляється у клітині. Одночасно з асиміляцією в організмі клітини відбуваються процеси дисиміляції, тобто розпад речовин, що супроводжується виділенням енергії. Енергія при цьому використовується для синтезу(одержання складних хімічних речовин шляхом сполучення простіших речовин або елементів) з метою підвищення життя клітин. Таким чином, обидва біохімічні процеси - асиміляція і дисиміляція - взаємозв'язані і здійснюються у клітині одночасно. Бродіння і дихання - це дві форми дисиміляції.

Для здійснення життєво необхідних процесів обміну речовин і для утворення нової субстанції клітин, дріжджі потребують енергію та поживні речовини. Енергію для підтримання цих процесів дріжджі, як і всі живі організми, отримують, головним чином, за рахунок дихання. Отримання енергії таким шляхом важливе, оскільки глюкоза розкладається без залишку. При диханні отримані поживні речовини (наприклад, цукри) розщеплюються повністю на вуглекислий газ і воду:

$$C_6H_{12}0_6 + 6\ 0_2 \rightarrow 6\ H_20 + 6\ C0_2 \uparrow$$

При відсутності повітря дріжджі (єдиний живий організм) в анаеробних умовах переходять на спиртове бродіння. При цьому з глюкози утворюється спирт і вуглекислий газ:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ C0_2 \uparrow$$

Розщеплення глюкози до продуктів реакції - спирту, або при диханні - до води та двоокису вуглецю - відбувається шляхом великої кількості послідовних реакцій, які проходять з допомогою спеціального фермента-каталізатора.

Шляхом бродіння дріжджова клітина отримує порівняно менше енергії, ніж шляхом дихання.

Існує декілька фаз росту дріжджової клітини, які протікають з різною швидкістю:

1. латентна фаза (лаг-фаза) - відбувається активізація обміну речовин. Тривалість цієї фази залежить від виду мікроорганізмів, віку культури та від умов вирощування, закінчується з початком поділу клітин;

2. фаза прискорення - підвищується швидкість розмноження;

3. експоненціальна фаза (лог-фаза) - швидкість розмноження постійна і максимальна;

4. фаза уповільнення - зменшується швидкість розмноження внаслідок дії різних чинників;

5. стаціонарна фаза - число мікроорганізмів залишається постійним, коли встановлюється рівновага між числом утворених та відмерлих клітин.

6. фаза відмирання - остання фаза. Кількість мікроорганізмів зменшується (число відмерлих клітин перевищує число утворених внаслідок розмноження).

На тривалість і інтенсивність деяких фаз впливає ряд факторів. Зокрема, субстрат, температура, фізіологічний стан дріжджів тощо. Фізіологічний стан клітини - це її вік, здатність пристосовуватись до нового живильного середовища. Ці чинники мають вплив на тривалість латентної фази. Субстрат повинен містити в собі всі поживні речовини, необхідні для розвитку і росту дріжджів. Важливе значення має вода, яка є основною складовою живої матерії. Субстрат повинен містити 15 % води. Температура також важливий чинник – ріст мікроорганізмів можливий при оптимальній температурі. Лише за таких умов дріжджі можуть розмножуватись.

Дріжджі споживають із сусла моносахариди (глюкозу і фруктозу), дисахариди (мальтозу і сахарозу), трисахариди (мальтотриозу) та зброджують їх в цій же послідовності. Відомо; що 98 % цукрів йде на бродіння і лишень 2 % - на дихання.

Невелику кількість мальтози (0,25 %) дріжджі запасають як резервний вуглевод. Найважливіший запасний вуглевод - глікоген (полімер глюкози, що синтезує і зберігається в цитоплазмі дріжджової клітини у формі характерних скупчень). Глікоген споживається дріжджами перед початком бродіння в аеробних умовах як первинне джерело енергії і тому його кількість значно зменшується в перші 10 - 12 годин після введення дріжджів у сусло, а потім знову зростає. Маса накопиченого в ході бродіння глікогену може становити до 30 % маси клітини (в перерахунку на суху речовину). В період зберігання дріжджів перед наступним використанням кількість глікогену значно зменшується. Причому сильніше тоді, коли довше і при більш високій температурі зберігаються дріжджі. При пониженій температурі глікоген в значній мірі зберігається, і це має великий вплив на подальшу життєдіяльність дріжджів.

Запасні вуглеводи, особливо глікоген, мають для дріжджів важливе значення. Дріжджова клітина споживає цей запас, коли ззовні не залишається поживних речовин; тим самим вона може отримувати енергію і підтримувати обмін речовин на мінімальному рівні. Це якраз відбувається в кінці холодного доброджування, а також при зберіганні дріжджів до наступного використання.

Крім, азотовмісних речовин та вуглеводів дріжджам для життєдіяльності потрібні мінеральні речовини. Містять дріжджі у середньому 25 % сухої речовини і 75 % води. Хі-

мічний склад дріжджів залежить від раси, фізіологічного стану та живильного середовища. До сухої речовини дріжджів входять азотовмісні речовини – 35...65 %, без азотисті екстрактивні речовини – 20...63 %, жири 2..5 %, мінеральні речовини 5...11 %.

Білок в дріжджах досягає 45 % на суху речовину. Білки складаються в основному з вуглецю, кисню, азоту та водню. До складу деяких білків входить сірка та фосфор. Молекули являють собою довгі ланцюжки, які складаються з різних амінокислот. Молекулярна маса білків може становити від 10^4 до 10^6.

Білки при розкладанні спочатку розпадаються на поліпептиди, потім на більш прості з'єднання - амінокислоти. При синтезі ж, навпаки, утворення білків починається з амінокислот.

Білки бувають прості і складні. Прості білки називають протеїнами. До них відносяться альбуміни, глобуліни, які при розкладанні утворюють тільки амінокислоти. До складу складних білків, які називають протеїдами, входить простий білок і небілкова група, що представляє собою або нуклеїнові кислоти, або жироподібні речовини (такі з'єднання білків називають нуклеопротеїдами, ліпопротеїдами й ін.). Прості білки здійснюють роль запасних речовин, а складні білки є основою життєдіяльності дріжджової клітини.

Білки дуже чутливі до впливу зовнішнього середовища. Однією із причин загибелі мікроорганізмів є перехід білків у нежиттєздатний стан, що називають денатурацією. Це відбувається під дією таких факторів, як нагрівання, дія кислот, лугів, солей важких металів (ртуть, срібло, свинець, мідь і т.п.), випромінювань і інших факторів.

Жири - запасні речовини клітини, які є складними ефірами трьохатомного спирту - гліцерину й високомолекулярних органічних кислот. Вони перетворюються клітиною в міру потреби у вуглеводи й використовуються потім для одержання енергії.

Вуглеводи – це органічні сполуки, до складу яких обов’язково входить вуглець, оксиген та водень. Їх розділяють на вищі й нижчі вуглеводи. До вищих вуглеводів відносяться полісахариди, такі, як крохмаль, глікоген і клітковина, а також дисахариди - сахароза, мальтоза, лактоза. До нижчих вуглеводів відносяться моносахариди - глюкоза, фруктоза, ксилоза, рибоза.

При розкладанні полісахаридів, наприклад крохмалю, спочатку утворюються декстрини, потім дисахариди й моносахариди, а синтез складних вуглеводів починається з моносахаридів. Глікоген є запасною речовиною у дріжджах. Вуглеводи служать клітині джерелом енергії.

Ферменти – природні біологічні каталізатори білкового походження, які прискорюють реакції живої клітини в мільйони раз у порівнянні з реакціями, що проходять поза живим організмом або хімічним способом. Ферменти характеризуються високою активні-

стю, специфічністю дії й нестійкістю до впливу умов зовнішнього середовища. Всі біохімічні реакції в живій клітині відбуваються за участю ферментів. Кожний фермент має свою назву, що походить від назви тієї речовини, перетворення якої він прискорює. При цьому в назві речовини міняється закінчення, наприклад: речовина сахароза - фермент сахараза або мальтоза – фермент мальтаза.

Найбільшу активність ферменти проявляють тільки при оптимальній температурі і кислотності. Нестійкість ферментів пояснюється їхньою білковою природою, тобто чутливістю до високих температур, кислотності, до наявності солей важких металів, що викликають їхню денатурацію.

Специфічність дії ферментів полягає в тому, що один фермент прискорює тільки певну реакцію, тому в мікроорганізмах діють одночасно десятки різних ферментів, не заважаючи один одному. Так, наприклад, фермент, що розкладає сахарозу, не може розкладати білки, жири або інші речовини.

Багато ферментів можуть впливати як на розпад якої-небудь речовини, так і на його синтез. Окремі ферменти в живих клітинах утворюють ферментні системи, що складаються з 10-12 ферментів. Прикладом такої ферментної системи є комплекс ферментів дріжджів, що розкладають цукри з утворенням спирту, діоксиду вуглецю і води. Цей комплекс ферментів називається зимазним, або «зимаза».

До складу мінеральних речовин (золи) пивних дріжджів входять CaO, P_2O_5, Mg0, K_20 SiO_2, SiOз, CI. Основною складовою золи є фосфор, який входить до складу фосфатидів, що є частиною цитоплазми і являються складовою частиною проміжних продуктів спиртового бродіння. У золі в чистому вигляді також знаходяться калій, кальцій, магній, залізо, сірка, мідь, кремнієва кислота, цинк.

Вологість дріжджів перед сушінням складає 70-75% мас. Основна волога знаходиться в середині дріжджевих клітин.

З результатів досліджень Плєвако Е. А. випливає, що в дріжджах вологістю 75% мас, внутрішньоклітинна волога становить 72-81% загальної вологості; при вологості дріжджів 72% мас. – 80 – 90 % від загальної вологості. Решта вологи знаходиться за межами клітини і її називають зовнішньоклітинною.

Отже, збільшення вологості біомаси відбувається головним чином за рахунок зовнішньоклітинної вологи, яка обумовлює структурно – механічні властивості дріжджів.

На рис. 1. 1 представлена класифікація видів зв’язку вологи в колоїдних капілярно – пористих тілах за П.О. Ребіндером.

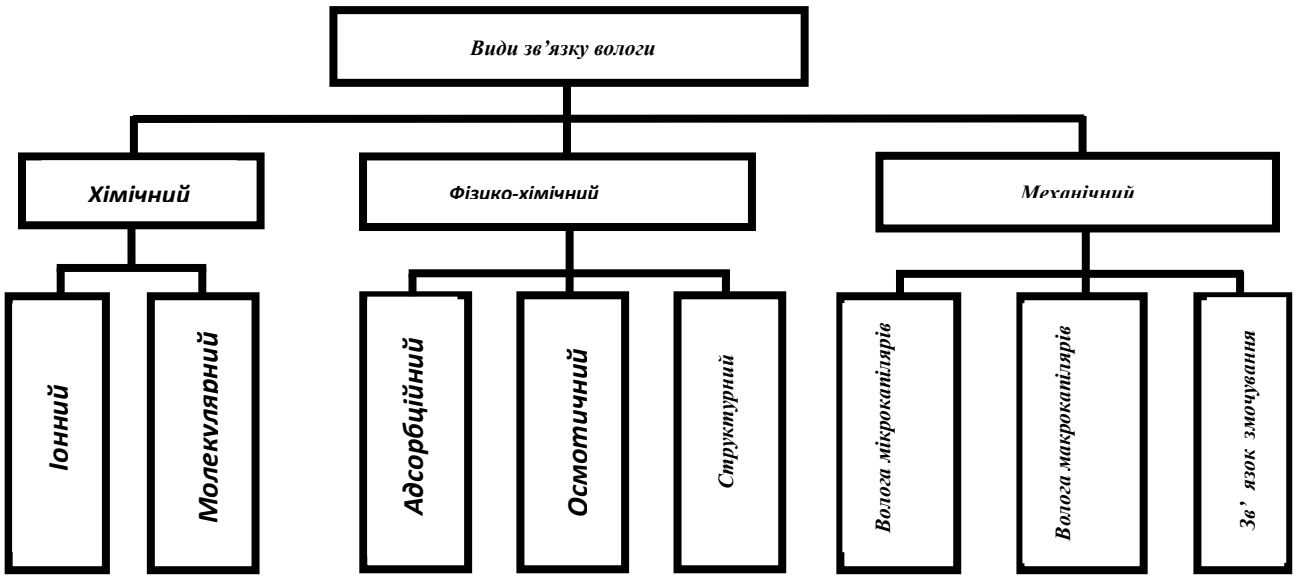


Рис. 1. 1 Класифікація видів зв'язку вологи в колоїдних капілярно – пористих тілах за П.О. Ребіндером.

Хімічний зв'язок або зв'язок у точних співвідношеннях елементів є найбільш міцною формою зв'язку. До різновидів даного зв'язку можна віднести іонний (наприклад, сполучення Са $(OH)_2$) та молекулярний (наприклад, гідратна вода $CuSO_4$ х 5 H_2O). Для руйнування хімічного зв'язку з метою вилучення вологи необхідно застосовувати досить енерговитратні методи, зокрема проколювання або хімічну взаємодію.

Фізико – хімічний зв'язок у різних, але не досить чітко визначених співвідношення елементів. За даного зв'язку волога у матеріалі утримується адсорбційно, осмотично та внаслідок структурного утворення. Адсорбційна зв'язана волога утримується біля поверхні розділу колоїдних часток з навколишнім середовищем за рахунок молекулярного силового поля. Таке поле може бути настільки сильним, що не дозволяє зв'язаній рідині брати участь у деяких процесах розчинення. Вилучення адсорбційної вологи вимагає витратити певної кількості енергії, що називається теплотою гідратації. Осмотично зв'язана волога знаходиться у замкнених осередках (клітинах) та утримується осмотичними силами, які не є досить значними. Структурний зв'язок має місце, коли волога утримується тілом при його формуванні та утворенні (наприклад, волога у клітинах рослинних тканин) або волога, яка поглинається матеріалом при безпосередньому контакті з рідиною. Руйнування адсорбційного зв'язку доцільно вести методами сушіння, десорбції, осмотично – та структурно – механічними методами.

Механічний зв'язок характеризується невизначеними співвідношеннями елементів і представлена капілярною вологою та вологою змочування. При капілярному зв'язку волога утримується на поверхні продукції шляхом змочування або у порожнинах макрокапілярів (середній діаметр яких перевищує 10^{-7} м), а також мікрокапілярів (середній діаметр

яких не перевищує 10^{-7} м). За енергією зв'язку капілярну вологу можна віднести до вільної вологи, але ця форма зв'язку більш міцна, чим волога набухання. Волога змочування (набухання) – найменш міцно зв'язана волога з тілом. Вона знаходиться в порах і порожнинах тіла, а також на його поверхні і може бути видалена механічним методом.

Характер видалення вологи обумовлений методом утворення форми зв'язку з матеріалом. Так, наприклад, волога макрокапілярів в основному переміщюється у вигляді рідини по капілярам, волога набухання – шляхом дифузії крізь стінки клітин. Для видалення адсорбційної зв'язаної вологи необхідно перетворити її в пару.

Таким чином, волога з матеріалів може бути видалена трьома способами:

1 механічним;

2 фізико-хімічним;

3 тепловим.

Сушка, як тепловий спосіб видалення вологи з матеріалу, отримала найбільше поширення. Процес сушіння характеризується підводом до вихідного продукту тепла, за рахунок чого відбувається випаровування вологи. Для відводу випареної вологи застосовують сушильні агенти – підігріте повітря, перегрітий пар, топочні гази, що насичуються вологою, яка дифундує з поверхні матеріалу .

Сушіння являється, з одного боку, дифузійним процесом, а з іншого – тепловим. Це складний технологічний процес, в результаті якого змінюються властивості матеріалу.

Технологія сушіння є одним з найважливіших розділів науки про обезвожування матеріалів. Задача технології сушіння заключається в розробці методів управління процесами, які протікають в самому матеріалі – об'єкті сушіння, з метою отримання продукту високої якості з регламентованими показниками.

Під технологічними властивостями матеріалів розуміють – біологічні, фізико-хімічні, структурно-механічні, теплофізичні, електрофізичні та інші. Для кожного конкретного продукту ті або інші властивості відіграють важливу роль. Важливо, щоб в процесі сушіння збережені і покращені саме ці властивості.

Наприклад, правильно вибраний режим сушки продовольчого зерна повинен забезпечити збереження кількості та якості клейковини; для сім'яного зерна важливо покращення схожості і енергії проростання, при сушці продуктів в електричному полі високої частоти важливу роль відіграють їх електрофізичні властивості. При сушінні дріжджів необхідно запобігти денатурації білків і зберегти біологічні властивості. При сушінні плодів та ягід важливо зберегти вітаміни, а при сушінні чаю, кавового екстракту та бобів какао необхідно зберегти їх аромат, смак і колір.

Таким чином, специфічні властивості окремих матеріалів обумовлюють різні вимоги до процесу, а отже і до режиму його проведення. Тому при організації процесу сушіння потрібно враховувати властивості продукту як об'єкту сушіння.

Знання цих властивостей і закономірностей, а також зміни їх при сушінні в залежності від параметрів дає можливість вибрати найбільш раціональний спосіб сушіння і найкращий оптимальний режим проведення процесу [2].

Харчові продукти складаються з гідрофільних, тобто зв'язуючих воду, високомолекулярних речовин (полімерів), до якого відносяться крохмаль та інші вуглеводи, а також білкові речовини. Деякі харчові продукти втрачають в процесі сушіння до 75 – 90 % всієї води, що в них міститься.

Обезводнення харчових продуктів проводиться з метою запобігання або сповільнення фізико-хімічних, біохімічних та інших процесів, які викликають зниження поживної цінності продуктів і навіть їх псування. Процес сушіння повинен проводитись в таких умовах, щоб запобігти виникненню в продуктах змін, які можуть призвести до погіршення їх якості. Ці зміни, здебільшого, пов'язані з процесом денатурації білків та клейстеризації крохмалю, обумовлених нагріванням матеріалу в процесі сушіння.

Для термолабільних продуктів процес сушіння бажано проводити в короткий термін; але можливість перегріву та „пересушка" продукту особливо його поверхневого шару часто змушує проводити процес сушіння при м'якому режимі збільшує затрату часу.

Якщо конвективне сушіння матеріалу проходить в перший період і температура його приблизно рівна температурі мокрого термометру, то можна підвищити температуру сушильного агенту без ризику перегріву матеріалу.

З пониженням вологості термостійкість білків підвищується, що має дуже важливе значення при сушці таких продуктів як зерно. Тому при сушці цих продуктів на другій стадії процесу можна застосовувати більш жорсткий режим.

З іншого боку, наявність в деяких продуктах, наприклад в хлібопекарських дріжджах, протеолітичних ферментів, діяльність яких при підвищенні температури може призвести до зниження якості, вимагає застосовувати більш жорсткий режим на початковій стадії сушіння, щоб інактивувати протеолітичні ферменти.

Для термолабільних матеріалів рослинного та тваринного походження термостійкість являється важливою технологічною властивістю. Показником термостійкості продуктів прийнято вважати максимально допустиму температуру нагріву в процесі сушіння, яка повинна бути нижчою за температуру денатурації білків.

По аналогії з термостійкістю потрібно ввести поняття „вологостійкості" продуктів, яке характеризується максимальною швидкістю вологовіддачі в процесі сушіння з ураху-

ванням допустимої нерівномірності сушіння по перерізу матеріалу, обумовленої його вологоінерційністю.

Зрозуміло, що вологостійкість продуктів обумовлена їх хімічним складом і біологічною природою, а також тепло-масообмінними, теплофізичними, структурно – механічними характеристиками продуктів.

Для продуктів, які містять активні ферменти і від яких залежить їх біологічна активність існує мінімальний поріг значення вологості, нижче якого в продуктах можуть відбуватись незворотні зміни. Внаслідок цього основна технологічна вимога до сушіння – відновлення властивостей продукту після його обезводнення. Для хлібопекарських дріжджів вважали, що такою межою являється вологість 7 –8%. Однак, як показали досліди, мінімальна вологість залежить від способу відновлення продукту після сушіння. Якщо це відновлення проходить в атмосфері волого повітря, коли продукт зволожується в результаті сорбції пари з навколишнього середовища, то кінцева вологість дріжджів може бути знижена до 4% .

Біологічна природа дріжджів обумовлює особливу роль вологи в їх життєдіяльності. Тому механізм сушіння в основному обумовлений станом вологи, яка в них знаходиться. Значна частина вологи знаходиться всередині дріжджевої клітини, решта в міжклітинному просторі. По суті вільною являється осмотично утримана волога, що потрапила в середину клітин шляхом дифузії через її стінки. Скелет сухої речовини, який складається з білків, а також протоплазма клітин звязують частину води за рахунок адсорбційних сил.

Початок процесу сушіння дріжджів протікає з постійною швидкістю. В цей період, до першої критичної точки, вивільняється в основному зовнішньоклітинна волога. На початку періоду падаючої швидкості сушіння, видаляється частина внутрішньоклітинної – осмотично утриманої вологи. В кінці процесу сушіння починається видалення адсорбційно звязаної вологи.

Зміна кількості внутрішньоклітинної вологи, обумовлює перехід білкових речовин в гідрозолі. До визначеної вологи цей процес зворотній і не впливає на властивості дріжджів. Видалення зовнішньоклітинної вологи і частини внутрішньоклітинної має незначний вплив на властивості дріжджів; в період падаючої швидкості при видаленні більш міцно звязаної вологи починаються незворотні зміни дріжджів, які можуть призвести до значного зниження їх активності.

Видалення зовнішньоклітинної і осмотично утриманої внутрішньоклітинної вологи проходить значно швидше; це впливає на швидку інактивацію протеолітичних ферментів і зниження втрат сухих речовин дріжджів. Ці втрати обумовлені дихальними процесами, які підсилюються в дріжджах нагрітих до 30-32 ºС. При видаленні адсорбційно звязаної

вологи (уже починаючи з 18-20 %) дріжджеві клітини відмирають, що призводить до погіршення процесу бродіння.

Зазвичай вважають, що при видаленні вологи, яка міститься в дріжджах менше 6,5-7% виникають незворотні зміни (денатурація) білків і дріжджові клітини гинуть. Таким чином, як було вказано вище, при малій вологості клітини переходять в стан глибокого анабіозу.

Отже, механізм сушіння дріжджів ускладнений біологічними властивостями дріжджових клітин, які можуть різко змінюватись при значному зниженні вмісту внутрішньоклітинної вологи. У звязку з цим, процес сушіння дріжджів повине бути розділений на декілька стадій. При чому, найбільш відповідальною являється остання стадія.

З метою збереження ферментативної активності дріжджів сушіння ведеться при порівняно невисокій температурі, при цьому в них відбуваються фізіологічні процеси, що приводять до втрати сухої речовини. За даними Л. Г. Ноткіной, втрати сухих речовин становлять при тривалості сушіння 2-7 год 1-3%, а при тривалому сушінні протягом 15-24 - год 5-8%. При тривалій витримці здрібнених дріжджів перед сушінням в умовах високої температури (26—35° С) втрати сухих речовин можуть становити 2—5%.

Якщо при сушінні поряд з фізіологічними процесами відбувається відмирання значної кількості дріжджових клітин, то втрати сухих речовин клітини ще більше збільшуються. Так, за даними Е. А. Плевако [2], втрати сухих речовин дріжджів становлять при сушінні ня карусельних сушарках 10-11%, а на карусельно-шафових установках 6-7%. Зниження втрат сухої речовини дріжджів у процесі сушіння має велике економічне значення.

Важливим фактором збереження життєздатності дріжджових клітин є їхня залишкова вологість. Разом з тим при сушінні дріжджів методом сублімації виявлено, що не можна занадто різко знижувати тиск у сушильній камері й знижувати температуру дріжджів, тому що при цих умовах може відбутися розрив оболонки дріжджових клітин.

Багато дослідників вважають, що при зниженні вологості дріжджів нижче 6% відбувається незворотне згортання білка. Однак відомо, що в США випускають сушені дріжджі вологістю 2—2,5%, які після знаходження протягом 2—4 год в атмосфері вологого повітря температурою 30°С здобувають необхідну активність. На підставі цього М. Е. Беккер висловлює припущення, що при вологості менш 6% дріжджові клітини не гинуть, а переходять у стан глибокого анабіозу, з якого вони повинні виходити поступово, так само як відбувається поступове відтаювання заморожених дріжджів.

Досвіди, проведені А. А. Улумієвим, показали, що дріжджі, висушені методом сублімації до вологості 3,5%, при зберіганні у вакуумі в алюмінієвій формі показали високу

стійкість. Таким чином, зберігання дріжджів з досить низькою залишковою вологістю залежить також від методу сушіння. Важливо відзначити, що позитивні результати по зберіганню отримані при сублімаційному сушінні дріжджів з заповненням вакууму азотом наприкінці процесу. Очевидно, що при подачі в сушильну камеру інертного газу поверхня дріжджів «покривається» шаром цього газу, що адсорбується на поверхні й захищає продукт від проникнення кисню.

Температура сушильного агенту на різних етапах процесу сушіння дріжджів впливає по-різному. Позитивні результати дає поступове зниження температури, хоча тривалість сушіння при цьому трохи зростає. При постійному температурному режимі (температура сушильного агенту 30°С) тривалість сушіння збільшується настільки, що відбувається протеолітичний розпад білків і зниження ферментативної активності дріжджів.

Аналогічні дані отримані Н. М. Сєміхатовой. Сушіння при «падаючому» режимі (зниження температури агенту від 48 до 32°С на протязі 2 год) дали кращі результати, чим при постійній температурі агенту (близько 28° С) як по скороченню тривалості сушіння (3 год замість 5 год), так і відносно покращення якості продукту.

С. Коларж також рекомендує застосовувати падаючий режим сушіння при поступовому зниженні температури агенту від 45 до 38 ºС.

Фактором, що лімітує вибір температури сушильного агенту, є температура самих дріжджів, яка повинна бути не вище 30°С. При цьому важливо враховувати не тільки значення температури агенту, але й тривалість контакту його із дріжджами. Плевако Е. А. встановила, що якщо в камерній сушарці температура повітря повинна бути не вище 45—48°С, то при інтенсивному сушінні в розпилювальній сушарці, де температура дріжджів залишається приблизно на рівні температури мокрого термометра, температура агенту при вході в сушарку може досягати 105—115°С.

Вологість сушильного агенту теж впливає на процес сушіння дріжджів, причому так само, як і для температури, вплив цей різний і в різні періоди сушіння: вона менша на початку сушіння й значно більша наприкінці процесу, коли вологість повітря повинна відповідати кінцевій рівноважній вологості дріжджів. Е. А. Плевако рекомендує на різних стадіях сушіння дріжджів використовувати агент різної вологості, що повинна змінюватися від 15 (на початку сушіння) до 36% (наприкінці процесу).

Б. М. Смольский, який детально досліджував гігрометрично – рівноважний стан хлібопекарських дріжджів, обґрунтовано звернув увагу на особливе значення вологості агенту для поверхневого шару дріжджової вермішелі; при низькій вологості повітря цей шар може «пересохнути», що приводить до відмирання дріжджових клітин. Тому він пропонує робити сушіння дріжджів при продуванні через шар матеріалу агентом температу-

рою близько 32°С и вологістю близько 30%, що відповідає рівноважній вологості дріжджів 7%. При цьому тривалість сушіння трохи збільшується, але забезпечується більше рівномірне сушіння в шарі й поліпшується якість кінцеваого продукту.

При збільшенні швидкості агенту щільний шар дріжджової вермішелі переходить у псевдорозріджений стан. Критична швидкість залежить від розміру часточок і вологості дріжджів. Згідно дослідів М. Е. Беккера, при швидкості близько 4 м/с шар вологих дріжджів у вигляді гранул різних розмірів переходить у вапняний стан. У міру висихання дріжджів швидкість повітря в пневмотрубі може бути знижена.

1.1.2. Вплив товщини шару на процес сушіння дріжджів

Чим тонший шар дріжджової вермішелі, тим швидше й рівномірніше протікає сушіння; однак при дуже тонкому шарі масове навантаження на сито значно зменшується й продуктивність сушарки знижується. Е. А. Плевако рекомендує при русі повітря уздовж матеріалу завантажувати на 1 $м^2$ сита не більше 5 кг дріжджової вермішелі діаметром 2 мм при висоті шару не більше 5-6 см і перемішуванні його через кожні 30-60 хв.

Перемішування значно інтенсифікує процес і забезпечує більше рівномірне сушіння. Так, на 1 $м^2$ сита за 10 хв без перемішування було висушено 2 кг сирих дріжджів, а при перемішуванні — 4,5 кг.

Для виробничих умов при продуванні повітря через шар Б. М. Смольский вважає за можливе прийняти навантаження 32 кг/$м^2$ при сушінні дріжджової вермішелі діаметром 1 —1,5 мм у шарі висотою 10—12 см. Повітря продувається через шар при швидкості потоку, що набігає, 1 м/с, при цьому тривалість сушіння становить близько 3 год.

Ще більше збільшується навантаження на сито при сушінні в киплячому шарі; за даними И. А. Мельцера й Н. М. Михайлова , вона досягає 43,2 кг/$м^2$ при питомому зніманні вологи 20 кг/$м^2$ за дві години. Ці показники значно вищі, ніж для камерної сушарки при паралельному потоці повітря [6,45 кг/$м^2$ і 0,93 кг/(м ^{2}/год)].

1.1.3. Вплив форми й розмірів часток дріжджів на процес сушіння та їх зберігання.

За інших рівних умов зі зменшенням розмірів часточок дріжджів процес сушіння протікає швидше. Дуже важливе значення має рівномірність диспергування дріжджової маси перед сушінням, тому що вона обумовлює рівномірність сушіння.

Пилоподібні сушені дріжджі (розмір часточок 0,2-0,5 і 0,2-1 мм) у більшій мірі втрачають свою активність, чим гранули дріжджів розмірами до 3-4 мм. Таким чином, дріжджі, призначені для тривалого зберігання, доцільніше сушити у вигляді гранул.

Техніка гранулювання дріжджів вимагає подальшого вдосконалення відносно забезпечення монодисперсності. Варто також урахувати, що в процесі сушіння може відбутися злипання окремих часточок, а також прилипання часток до робочих поверхонь сушарки, що може порушити нормальний хід сушильного процесу. Тому при пневмотранспортуванні дріжджових гранул варто звести до мінімуму місцеві опори (вигини, повороти й т.п.) у трубопроводах.

1.1.4. Вплив режиму процесу на сушіння дріжджів у киплячому й віброкиплячому шарі

Дослідження процесу сушіння дріжджів у киплячому шарі проводилися І. А. Мельцером і Н. М. Михайловим, Б. Н. Кіріевським, В. І. Хорєвим, а також А. А. Улуміевим.

Як було відзначено, при сушінні в киплячому шарі питоме навантаження на решітку може бути значно підвищене в порівнянні із сушінням у щільному шарі.

Б. Н. Кіріевский експериментально встановив, що критична швидкість псевдорозрідження становить 0,97-2,0 м/с залежно від еквівалентного діаметра дріжджів і до першої критичної точки вона не залежить від вологості дріжджів, а при подальшому зниженні вологості залежність має параболічний характер.

Причиною цього є поглиблення поверхні випару й об'ємна усадка дріжджів у другий період. При швидкості повітря близько 1,5 м/с спостерігається стійке кипіння дріжджового шару; ця швидкість відповідає початку вихрового кипіння, при якому число псевдорозрідження,що дорівнює відношенню швидкості повітря, яке подається під решітку, до критичної швидкості, досягає 1,7- 2,0.

А. А. Улумієвим установлено, що оптимальне значення діаметра дріжджової вермішелі при сушінні в киплячому шарі дорівнює 1,5—2,0 мм. При більшому діаметрі спостерігається значна нерівномірність сушіння по перетину продукту, а при меншому діаметрі — значне стирання й віднесення продукту. Температуру агента сушіння рекомендовано знижувати з 40 до 35°С.

Сушінню у виброкиплячому шарі вченими піддавалися товарні пресовані дріжджі шведської раси виробництва Узловского дріжджового заводу. Результати досвідів приводились для трьох зон, на які доцільно розділити процес сушіння.

Якість дріжджів, висушених при трьохзонному режимі повністю відповідала вимогам стандарту, причому дріжджі добре зберігалися протягом тривалого часу.

Отже, можна зробити наступні висновки. Сушіння дріжджів, як живих мікроорганізмів, вимагає ретельної регламентації як вихідних якісних показників пресованих дріжджів, так і параметрів режиму сушіння.

Для сушіння дріжджів застосовується конвективний метод при використанні повітря як сушильного агенту. Доведено, що термостійкість білків зростає зі зменшенням їхньої вологості. Дріжджі як біоматеріал, що містять близько 30% білкових речовин, варто було б сушити при підвищенні температури сушильного агента в другій стадії сушіння. Однак у дріжджах знаходяться протеолітичні ферменти, які можуть активуватись. Щоб уникнути протеолізу температура сушильного агенту на початку процесу повинна бути трохи вище, ніж наприкінці сушіння. Це узгоджується також з характером процесу сушіння дріжджів, коли в перший період сушіння вологовіддача максимальна й основна кількість тепла витрачається на випарювання вологи, внаслідок чого температура дріжджів виявляється нижче температури сушильного агента.

У другий період сушіння швидкість вологовіддачі зменшується й можливий перегрів матеріалу; тому в цей період температура сушильного агенту повинна бути знижена. У цій стадії процесу сушіння доцільно застосувати вакуум.

Вцілому для сушіння дріжджів необхідно застосовувати способи, які забезпечують найкращий контакт сушильного агента з матеріалом: продування повітря через шар дріжджової вермішелі оптимальної товщини, сушіння в барабанній сушарці при інтенсивному перемішуванні матеріалу, сушіння в киплячому шарі й у зваженому стані.

1.2 Класифікація сушильних установок та способи сушки

В харчовій промисловості для сушки продуктів використовують самі різноманітні сушарки. Конструкція сушарки повинна перш за все забезпечити рівномірне нагрівання продукту та сушіння при надійному контролі його температури та вологості.

Сушарки повинні мати достатньо високу продуктивність, але при цьому повинні бути економічними по витратами теплоти та електроенергії, мати меншу металоємкість.

Сучасні сушарки повинні бути універсальними, тобто мати можливість сушки різних матеріалів.

Сушильні установки класифікуються:

- по способу підведення теплоти до вологого матеріалу:

1. конвективні (відбувається передача теплоти матеріалу від агенту, який рухається.);

2. кондуктивні (відбувається передача теплоти від нагрітої металічної або другої поверхні, використовуючи її теплопровідність до матеріалу.);

3. радіаційні за допомогою інфрачервоних променів.

- по тиску повітря в сушильній камері:

1. атмосферні;

2. вакуумні;

3. сублімаційні.

- по характеру роботи:

1. апарати періодичної дії;

2. апарати безперервної дії.

- по виду сушильного агенту:

1. нагріте повітря;

2. димові гази;

3. суміш повітря з димовими газами;

4. перегрітий пар.

- по способу циркуляції сушильного агенту

1. установки з природною циркуляцію;

2. установки з вимушеною циркуляцією;

3. за допомогою вентиляторів (відцентрові та осьові).

- по характеру руху сушильного агенту відносно матеріалу:

1. прямоточні – при однаковому направленні руху сушильного агенту і матеріалу;

2. протиточні – при різному направленні руху сушильного агенту і матеріалу;

3. з пронизуванням шару матеріалу потоком сушильного агенту.

- по способу нагріву сушильного агенту:

1. сушильні установки з паровими калориферами;

2. сушильні установки з вогневими калориферами;

3. сушильні установки, з використанням димових газів.

- по виду об’єкту сушки:

1. для твердих (крупних, мілких, пилоподібних);

2. для рідких;

3. для пастоподібних.

- по кратності використання сушильного агенту:

1. однократне використання;

2. багатократне використання нагрітого повітря в різних варіантах.

- по конструктивним ознакам:

1. тунельні;

2. камерні;

3. коридорні;

4. барабанні;

5. вальцеві та ін.

Методи сушки відрізняються способами підводу теплоти. В сушильній техніці застосовуються конвективний, кондуктивний, термовипромінюванням і токами високої частоти.

Конвективний спосіб сушіння матеріалів. Цей спосіб сушки отримав широке використання. Сушильний агент(нагріте повітря, перегрітий пар або суміш топочних газів) виконує функції теплоносія і вологопоглинача. Простота, можливість регулювання температури матеріалу – переваги цього методу.

Можливості інтенсифікації конвективної сушки пов'язані з збільшенням тепломасообміну між матеріалом та сушильним агентом шляхом підвищення швидкості і температури сушильного агенту або зменшення розміру частинок.

Сушка матеріалів в нерухомому шарі. В камерних, стрічкових конвеєрних, тунельних і шахтних сушильних установках процес проходить в нерухомому шарі.

Тунельні сушильні установки використовують для сушки плодів. Для їх установки характерні простота конструкції, надійність в роботі. Основний недолік – паралельний рух повітря і матеріалу, що значно зменшує контакт і теплообмін між ними.

Найкращі з шахтних сушильних установок – стрічкові конвеєрні установки, що забезпечують безперервність процесу сушіння.

Сушіння в віброкиплячому шарі. Віброкиплячий шар утворюється або під дією тільки вібраційних коливань, або при сумісній дії вібраційних коливань і швидкості повітря. В першому випадку теплопідвід здійснюється за допомогою інфрачервоних променів або контактним способом, інший випадок відноситься до конвективного методу сушіння.

Сучасні сушильні установки віброкиплячого шару компактні, забезпечують добре перемішування; тривалість перебування матеріалу в сушильній установці регулюють.

Пневматична сушка. Використовується при обезводжуванні мілкодисперсних матеріалів для видалення головним чином поверхневої вологи. Швидкість руху повітря в апаратах приблизно вдвічі більша швидкості витання частинок. Пневматичні труби сушарки прямоточні, що дозволяє використовувати високі температури сушильного агенту. Сушка продовжується декілька секунд, 50 % вологи видаляється на початку процесу. Ефективність пневматичної сушки досягається рециркуляцією підсушеного матеріалу і змішуванням його з вологим.

Кондуктивний спосіб сушіння матеріалів. Метод заснований на передачі теплоти матеріалу безпосередньо при контакті з гарячою поверхнею. Повітря служить лише для видалення водяного пару з сушарки, являючись вологопоглиначем. Коефіцієнт тепловіддачі при цьому способі значно вищий, ніж при конвективному сушінні. Контактний спосіб сушки харчових матеріалів має обмежене застосування

Сушка інфрачервоними променями. Швидкість сушіння підвищується, порівняно з конвективною, але не пропорціонально росту теплового потоку; оскільки швидкість сушіння залежить не стільки від швидкості передачі теплоти, скільки від швидкості переміщення вологи в середині матеріалу.

Все більше поширюється **сублімаційне сушіння** продуктів в замороженому стані в умовах глибокого вакууму, де відсутній контакт матеріалу з киснем повітря. Основна кількість вологи (75-90 %) видаляється при сублімації льоду при температурі продукту нижче 0 ºС, і тільки видалення залишкової вологи проходить при нагріванні матеріалу до 40 – 60 ºС. Продукти сублімаційного сушіння мають високу якість, підвищену здатність до відновлення, пористу структуру, зберігають біологічні властивості, колір. З точки зору зберігання якості, сублімаційне сушіння являється найкращим із існуючих способів сушіння.

Першою технологічною операцією при сублімаційному сушінні являється заморожування продукту. Застосовують або швидке попереднє заморожування в холодильних камерах, або самозаморожування в субліматорі. В процесі самозаморожування з матеріалу випаровується 10 – 15 % всієї вологи за рахунок виділення теплоти плавлення льоду при замерзанні води. Утворення кристалів льоду проходить поступово шляхом поглиблення зони кристалізації. Закінчення самозаморожування визначають конкретно для кожного матеріалу при досягненні в середині частинки температури від -5 до -20 ºС і тривалості 10 – 15 хв. При збільшенні часу самозаморожування можливе утворення надто крупних кристалів льоду, які можуть зрруйнувати клітини тканини і погіршити якість продукту. Попереднє заморожування проводять для рідких продуктів, а також для кускових матеріалів, щоб не утворрювалась кірка, яка сповільнює сушіння. Заморожування ведуть при температурі на декілька градусів нижче температури сублімації, щоб виключити відтавання під час загрузки матеріалу в субліматор і при створенні розрідження. Наступний період характеризується постійною швидкістю сушіння матеріалу. В цей період видаляється основна маса вологи (до 60 % і більше), проходить сублімація льоду шляхом поступового поглиблення зони випаровування. Чим більше вологи видаляється за цей період, тим краще зберігаються властивості сировини. Тривалість періоду постійного терміну сушіння залежить від величини залишкового тиску в субліматорі, інтенсивності підводу теплоти, температури матеріалу і поверхності конденсації, швидкості видалення парової суміші. Інтенсивність сушіння в цьому періоді відповідає інтенсивності випаровування. Третій період видалення залишкової вологи характеризується падаючою швидкістю сушіння. Приблизно на цьому етапі закінчується сублімація льоду і температура матеріалу стає позитивною. В цей період видаляється зв′язана волога, яка не замерзла в матеріалі. Швидкість сушіння

залежить від інтенсивності підводу теплоти в заглиблену зону випаровування і видалення пари із зони випаровування через шари, які вже віддали вологу до поверхні матеріалу. На інтенсивність випаровування впливають структура, пористість висушеного матеріалу, форма, розмір і товщина частинок. Швидкість сушіння поступово знижується, а температура матеріалу підвищується до температури навколишнього середовища. В цей період видаляється 10 – 20 % всієї вологи.

В той же час для ефективного низькотемпературного зневоднення термолабільних матеріалів можливо застосувати теплонасосні конвекційні сушарки з замкнутим циркуляційним контуром і примусовим зневодненням сушильного агента. Цей напрям є найбільш перспективним на шляху інтенсифікації процесів тепломасообміну при зневодненні термолабільних матеріалів, так як він забезпечує підвищення рухомої сили процесу зневоднення за рахунок зниження вологовмісту сушильного агента. Крім того, значно в 2 ÷ 2,5 рази знижуються витрати енергії на кілограм вилученої вологи.

Схематично теплонасосна сушарка і процес сушіння в *I–d* діаграмі показані на рис. 1.2

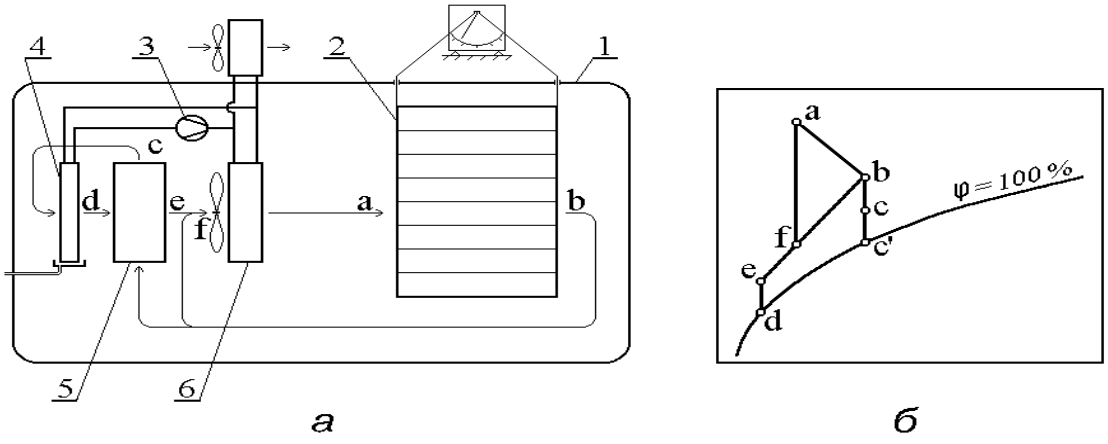


Рис. 1.2 Принципова схема теплонасосної сушарки

1 - сушильна камера; 2 - візок; 3 - холодильний компресор; 4 - випарник;

5 - рекуперативний теплообмінник; 6 - двосекційний повітряний конденсатор;

a-b - насичення вологою; *b-c* - попереднє охолодження в рекуператорі; *c-c'-d* - охолодження у випарнику; *d-e* - нагрівання в рекуператорі; *e-f* і *b-f* - змішування; *f-a* – нагрівання в конденсаторі.

Сушарка являє собою герметичну камеру 1, у якій розміщені візок 2 з полицями для продукту і теплонасосний сушильний агрегат. Теплонасосний агрегат включає холодильний компресор 3, випарник 4 із системою відводу конденсату, рекуперативний тепло-

обмінник «повітря-повітря» 5 і двосекційний повітряний конденсатор 6, одна із секцій якого розміщена поза сушильною камерою. Підтримка необхідних тепловологісних параметрів сушильного агента здійснюється за допомогою системи автоматики (на схемі не показана) шляхом регулювання подачі холодоагенту у випарник і перерозподілу в необхідному співвідношенні величини теплового навантаження на секції конденсатора.

Робота установки здійснюється в такому порядку: нагріте у конденсаторі теплового насоса сухе повітря (точка *a*) обдуває візок із продуктом і, відбираючи вологу від продукту, адіабатично зволожується (процес *a*-*b*). Після цього зволожене повітря розділяється на два потоки, один із яких повертається на рециркуляцію, а другий подається в тепловий насос на обезводжування. Сухе повітря спочатку частково охолоджується в рекуператорі (процес *b*-*c*′), після чого доохолоджується у випарнику (процес *c*-*c*′-*d*). При цьому частина вологи, що міститься в повітрі, конденсується, і вода виводиться з об'єму сушильної камери. Після проходження через випарник охолоджене й осушене повітря підігрівається в рекуператорі (процес *d*-*e*) і змішується з вологим рециркулюючим повітрям (процеси *e*-*f* і *b*-*f*). Змішане повітря (точка *f*) підігрівається в конденсаторі теплового насоса (процес *f*-*a*), і цикл повторюється.

Принципова схема теплонасосної сушарки наведена на рис. 1.3.

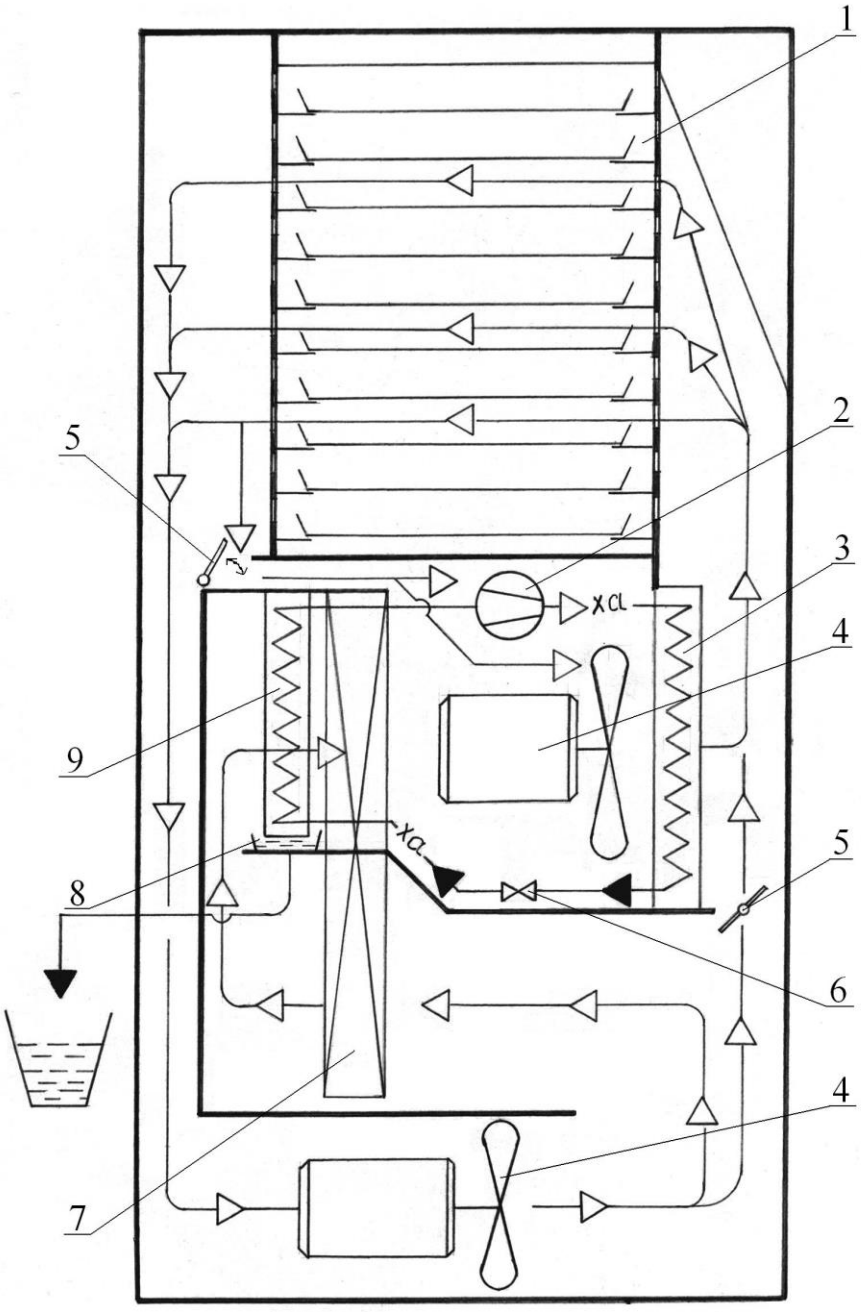
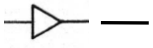


Рис. 1.3 Принципова схема теплонасосної сушарки:

1 – сушильна камера; 2 – компресор; 3 – конденсатор; 4 – напірний вентилятор; 5 – шибер; 6 – ТРВ; 7 – регенеративний теплообмінник; 8 – конденсатозбірник; 9 – випарник.

– холодильний агент

 – сушильний агент

Робочі процеси в сушарці здійснюються наступним чином.

Зневоднювальний матеріал розміщають на піддонах і завантажують у сушильну камеру, де циркулює гарячий сушильний агент. Проходячи над матеріалом, сушильний агент нагріває його і зневоднює, змінюючи при цьому свій вологовміст. Частина відпрацьованого вологого сушильного агента циркуляційним вентилятором 4 подається до рекуперативного теплообмінника 7, де охолоджується, потім до випарника 9. У випарнику сушильний агент охолоджується до температури точки роси і з нього вилучається скраплена волога, яка збирається в збірнику конденсата 8 і виводиться з сушарки. Зневоднений сушильний агент нагрівається в рекуперативному теплообміннику 7 і вентилятором подається на конденсатор теплонасосного агрегата 3, де нагрівається сприймаючи теплоту конденсації холодильного агента. Після виходу з конденсатора гарячий зневоднений сушильний агент змішується з відпрацьованим сушильним агентом і знову направляється до сушильної камери.

Охолодження і зневоднення сушильного агента у випарнику та його нагрів у конденсаторі проходять за умов реалізації теплонасосоного циклу в компресійному холодильному агрегаті, при якому утилізується прихована теплота скраплення пари сушильного агента, що дозволяє значно скоротити витрати енергії на процес сушіння.

Основним недоліком традиційних конденсаційних теплонасосних сушарок є те, що температура охолодження сушильного агента і, відповідно, ступінь його зневоднювання, протягом усього періоду сушіння підтримуються незмінними, у той час як теплофізичні характеристики матеріалу, які обезводнюються, змінюються. При такому режимі не забезпечується оптимальна швидкість процесу і мінімальні енерговитрати протягом усього періоду сушіння, тому що в початковий період, коли матеріал має найбільшу вологість, і з нього легко видаляється вільна волога, немає необхідності підтримувати високий ступінь осушення агента, а наприкінці процесу, коли в матеріалі залишається лише зв'язана волога, необхідно проводити більш глибоке осушення агента, тому що при невеликому ступені осушення тривалість останнього періоду сушіння значно збільшується. Це приводить до зайвих енерговитрат.

На основі аналітичних і експериментальних досліджень запропонований спосіб теплонасосної конвективної сушки, що забезпечує оптимальний з точки зору енерговитрат режим роботи на всіх стадіях процесу сушіння.

На початковій стадії доцільно здійснювати процес сушіння не в замкнутому контурі, а з підживленням деякої кількості свіжого повітря. Така послідовність проведення конвективного сушіння матеріалу пояснюється тим, що спочатку з матеріалу видаляється вільна волога, тому достатнім є невеликий ступінь осушення агенту, менш глибоке його охолодження і, відповідно, більш висока температура у випарнику. В свою чергу, підви-

щення температури кипіння холодоагенту приводить до збільшення коефіцієнта перетворення теплового насоса, тобто до збільшення кількості теплоти, що виходить у конденсаторі теплового насоса в розрахунку на одиницю витраченої енергії. Для максимально повного використання теплоти конденсації і зниження питомих витрат на першій стадії сушіння доцільно надлишки вологи, що не можуть бути сконденсовані, відводити в пароподібному стані за рахунок підживлення в сушарку свіжого повітря і викиду відпрацьованої частини.

На другій стадії процесу сушіння необхідно трохи знизити температуру у випарнику теплового насоса. Це пояснюється тим, що в міру зменшення вологовмісту матеріалу, знижується парціальний тиск водяної пари над ним, тобто зменшується масообмінний напір процесу. Для підтримки постійної величини масообмінного напору між матеріалом, що обезводнюється, необхідно в міру зниження парціального тиску пари над матеріалом відповідно знижувати вологовміст сушильного агента, збільшуючи ступінь його осушення шляхом зниження температури охолодження.

На кінцевій стадії зневоднювання з матеріалу необхідно видалити капілярно- і адсорбційно-зв'язану вологу, яка важко видаляється, і тому основним фактором, що визначає енерговитрати на даному етапі, є тривалість процесу. Для збільшення швидкості сушіння і збереження якості матеріалу необхідно максимально збільшувати ступінь осушення сушильного агента, тобто максимально знизити температуру точки роси. Нижньою межою є температура замерзання конденсату, тому що при роботі випарника в зоні мінусових температур відбувається заростання льодом його теплообмінної поверхні, що викликає різке падіння ефективність роботи устаткування.

Таким чином, здійснення процесу конвективного сушіння з перемінним режимом роботи теплонасосного агрегату дозволяє створити оптимальні умови для сушіння термолабільних матеріалів з високою вологістю і забезпечити зниження питомих енерговитрат шляхом регулювання ступеня осушення агента протягом усього періоду сушіння.

Технологічний режим сушарки характеризується різними параметрами процесу, значення яких необхідно підтримувати при роботі. Головними параметрами є температура, швидкість сушильного агенту над продуктом, навантаження сировини на піддон, розміри шматочків матеріалу та висота шару зневоднюваного матеріалу. При цьому приймається до уваги не тільки інтенсивність процесу сушіння, а і якість кінцевого продукту, яка визначається органолептичними та хімічними показниками.

Найважливішим параметром процесу сушіння для термолабільних матеріалів є температура сушильного агенту. З одного боку, підвищення температури інтенсифікує процес, а з другого – висока температура і тривалість її впливу (особливо коли температу-

ра матеріалу наближається до температури сушильного агента) можуть привести до значного погіршення якості продукції, що вкрай недопустимо при сушінні продуктів харчування, так як з'являється гіркота, погіршується смак, матеріал підгорає і втрачає товарний вигляд. Оптимальна температура залежить від термочутливості матеріалу, розміру шматочків, цукровмісту та багатьох інших чинників.

Другим параметром режиму, який впливає на інтенсивність процесу є швидкість руху сушильного агенту над продуктом, а її значення залежить від геометричної форми часток матеріалу. Необхідно враховувати також, що при збільшенні швидкості сушильного агенту швидкість випаровування вологи з поверхні матеріалу не повинна перевищувати швидкість дифузії вологи в матеріалі. Таким чином підвищення швидкості сушильного агенту більш визначеної величини для даного матеріалу при визначених тепловологістних умовах не має сенсу, так як це приведе до великих енергозатрат на сушіння одиниці продукції.

Температура сушильного агенту в сушарці підтримується автоматично на заданому рівні за допомогою електронного блоку регулювання температури "Termo 9902".

Вологовміст сушильного агенту регулюється через глибину зневоднення, яка в свою чергу визначається температурою кипіння холодоагенту в випарнику і витратами вологого сушильного агенту через випарник. Температура кипіння холодоагенту встановлюється за допомогою терморегулюючого вентиля ТРВ-1, встановленого на вході у випарник, а витрати сушильного агента змінюються за допомогою шиберів. Швидкість руху сушильного агенту над матеріалом регулюється зміною числа обертів електродвигунів напорного і циркуляційного вентиляторів.

Недолік теплонасосного сушіння є неможливість висушувати рідкі речовини.

Розпилювальна сушка в основному застосовується, якщо необхідно випарити розчинник та отримати із висушеного матеріалу порошкоподібний чи гранульваний продукт. Вона отримала розповсюдження при виробництві сухого молока і молочних продуктів, сухих молочних сумішей дитячого харчування, сухої крові, розчинної кави, квасної комбінованої закваски, пивних дріжджів, а також при виробництві овочевих та фруктово-ягідних порошків.

Економічна доцільність розпилювальної сушарки очевидна при необхідності сушіння матеріалів, близьких до стану насичення, а також при організації в камері сушарки комбінованого процесу гігротермічної обробки. Вихідна сировина диспергується в сушильній камері, через яку протікають тепло- і вологоносії в газоподібному стані. Завдяки розвиненій поверхні диспергованих частинок проходить інтенсивний тепло- і масообмін з агентом сушки (теплоносієм), і розпилені частинки швидко віддають свою вологу. Сухий

продукт у вигляді порошку осідає на дно сушильної камери, звідки безперервно видаляється.

Метод дозволяє значно інтенсифікувати процес за рахунок максимального зменшення розміру частинок. В цих установках використовують підвищені температури сушильного агенту (до 200 ºС) при сушці термолабільних харчових матеріалів. На процес випаровування затрачається більша кількість теплоти і температура матеріалу регулюється по температурі повітря, що відводиться (70-80 ºС). Невисока температура матеріалу і швидка сушка (10 - 15 с) дозволяють отримати сухий порошок з повним збереганням біологічно активних речовин.

В якості нагрівачів сушильного агенту застосовують парові калорифери різної конструкції. Нагріте повітря (160 - 200 ºС) поступає в сушильну камеру, яка має форму циліндра з плоским або конічним дном. На механічному чи залізобетонному каркасі закріплені подвійні стінки, між якими проложена теплова ізоляція. Сушильна камера має розпилювальні форсунки. Рух розпилених частинок та повітря в камері може бути прямоточним, протиточним і змішаним. При сушці термолабільних матеріалів віддають перевагу прямоточному способу, так як це може дозволити застосовувати більш високі температури сушильного агенту без ризику перегріву матеріалу.

Існують і інші способи сушіння розпилюванням: вакуум-розпилювальне сушіння чи так зване "холодне". Спосіб холодного сушіння розпилюванням застосовується для матеріалів, які в нагрітому стані представляють собою рідину, а при нормальних умовах являються твердими тілами. Такі матеріали розпилюються в нагрітому стані у потоці холодного повітря. Випаровування проходить за рахунок тепла, яке акумульоване безпосередньо матеріалом.

Для сушіння пивоварних дріжджів краще за все використовувати розпилювальну сушильну установку.

Перший етап підготовки сухих пивоварних дріжджів — регідратація, тобто процес обводнення дріжджових клітин з метою відновлення їх життєдіяльності. На другому етапі (активної життєдіяльності дріжджів) мають бути створені такі умови, за яких обмін речовин у дріжджових клітинах та на їх поверхні спрямовувався б у напрямку біохімічних процесів бродіння, здійснюючи тим самим інтенсивне зброджування цукрів пивного сусла.

У процесі сушіння пивних дріжджів у розпилювальних сушарках, у сушарках з вібропсевдозрідженим шаром інертного матеріалу одними із визначальних параметрів, що впливають на процес розпилення і сушіння, є поверхневий натяг і кут змочування.

Процес відбувається при температурах, що не впливають на розпад витамінно - білкових з'єднань і переробляючи екологічно - чисту вихідну сировину ми не зіпсуємо його, а готовий продукт - це абсолютно новий, практично нічим не відрізняється від вихідного по своєму складу й смакових якостях. Отриманий кінцевий продукт не вимагає подрібнення, має високі якісні характеристики, гарною розчинністю.

З огляду на те, що пропонований пристрій має світову новизну й застосування цього устаткування як треба ще не апробовано, цілком можливо його використовувати й для виробництва інших товарів. Наприклад - безалкогольне вино, спирт найвищої якості, готування сухих сумішей для дитячого харчування тощо.

Установка проста в експлуатації, що обслуговується одним оператором і складається з функціональних блоків - вакуумного, електронного, сушильного зі спеціальними затримуючими й пристроями, що розподіляють, розташованими в робочому обсязі й технологічних трубопроводах, об'єднаних загальною рамою, що дозволяє зручно скомпонувати блокове встаткування.

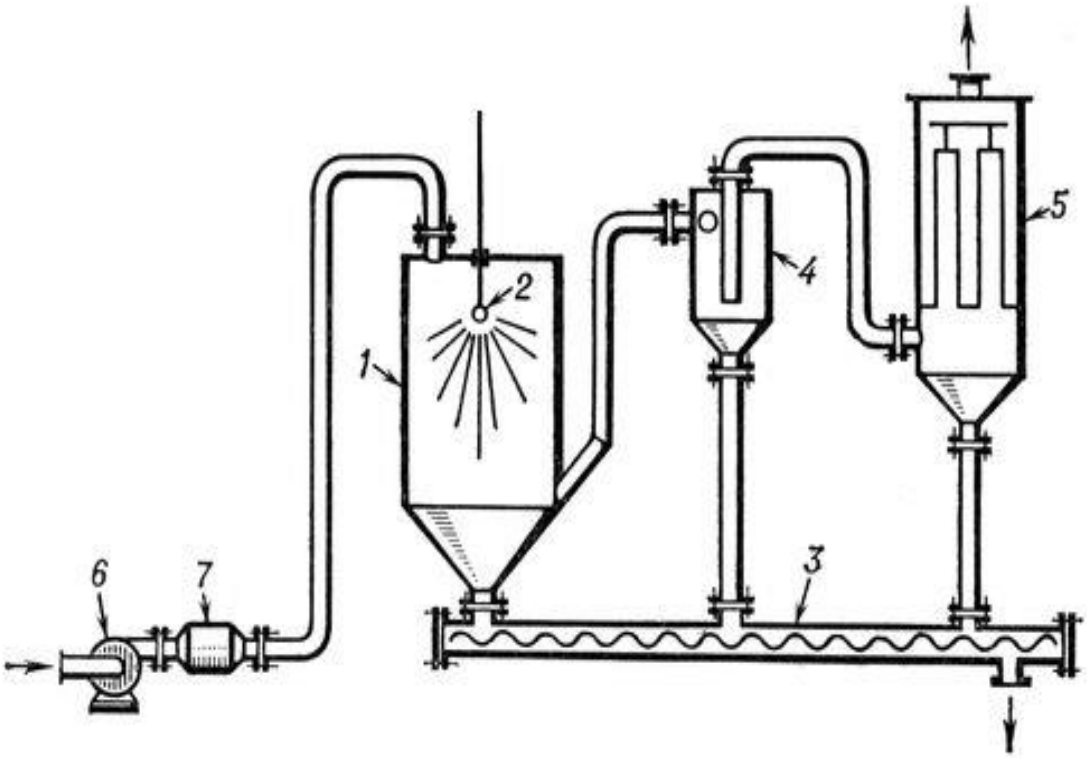


Рис. 1.4. Розпилювальна сушильна установка: 1 - камера сушіння; 2 - форсунка; 3 - шнек для вивантаження висушеного матеріалу; 4 - циклон; 5 - рукавний фільтр; 6 - вентилятор; 7 - калорифер.

Принцип дії

На форсунку 2, встановлений у верхній частині сушильної камери 1 , насосом подається розчин, що розсікається на мілкодисперсні частки обертовим диском розпилюва-

ча. Одночасно в цю зону вентилятором 6 подається відфільтроване нагріте повітря, яке нагрівається в калорифері 7 , яким проходить сушіння. Частина порошку, що утворився, потоком повітря переміщається в циклонний сепаратор 4, звідки йде його вивантаження. Вивантаження іншої частини порошку проходить з нижньої частини сушарки шнеком 3. Відпрацьоване повітря поступає у рукавний фільтр 5 і знову увентилятор 6.

1.3.Висновки

В даний час як мініпивоварні, так і потужні промислові підприємства використовують поряд з дріжджами, отриманими та вирощуваними за традиційними технологіями, сухі дріжджі. Практика свідчить, що якість готового пива не залежить від варіанту застосування дріжджів, а від їх фізіологічного стану та повноти дотримання нормативних показників технологічного процесу приготування пива.

Завдяки використанню даного способу сушіння розпилюванням можна зробити наступні висновки:

- процес сушіння протікає швидко і частинки в зоні підвищених температур мають насичену поверхню. Завдяки миттєвому сушінню і невисокій температурі розпилених частин матеріалу висушений продукт має високу якість; наприклад, не відбувається денатурація білків, окиснення, втрати вітамінів. Цей метод дуже часто застосовується для сушіння харчових продуктів, органічних солей, термочутливих матеріалів. По якісним показникам продукт, висушений в розпилювальних сушарках в нагрітому повітрі, можна порівнювати тільки з продуктом висушеним при глибокому вакуумі;

- при сушінні розпилюванням легко регулювати і змінювати в потрібному напрямку якісні показники готового продукту;

- в результаті сушіння отримують готовий продукт, який не потребує подальшого подрібнення і має підвищену розчинність;

- може бути значно скорочений та повністю механізованй технологічний цикл отримання сухого продукту. Такі процеси як фільтрація, центрифугування можуть бути взагалі виключені ;

- в розпилювальних сушарках можна досягти високої продуктивності, при цьому не потрібно великої кількості обслуговуючого персоналу;

- в розпилювальних сушарках можна висушувати матеріал при широких температурних режимах (60 – 1200 ºС);

- розпилювальні сушарки можуть бути використані для сушки липких аморфних продуктів;

- не відбувається винос пилу в приміщення цеху, що особливо важливо при сушінні шкідливих для людини речовин.
- сухі дріжджі не мають негативного впливу на показники готового пива і знаходять широке застосування у пивоварінні.

Техніко-економічні показники цього методу сушки можуть бути значно покращені за рахунок інтенсифікації процесу випаровування.

Як показала практика, при сушінні високодисперсних матеріалів можна значно інтенсифікувати процес, в результаті чого зменшуються габарити установки і витрати електроенергії та теплоти.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Матеріали досліджень

Об'єкти досліджень – технологія процесів сушіння пивних дріжджів, готове пиво.

Предмети досліджень - сухі пивні дріжджі, дріжджова суспензія, органолептичні та фізико хімічні показники готового пива.

2.2. Методи досліджень

Використовували - теоретичні, загальноприйняті фізико-хімічні методи досліджень, які прийняті в пивоварінні.

2.3 Методика

Для проведення експериментів були використані пивоварні дріжджі .

Визначення вмісту сухих речовин

Вміст сухих речовин визначаємо за допомогою рефрактометра. Наливаємо в колбу 100 мл дріждової суспензії, доводимо до температури 20 °С. Потім додаємо 2-3 краплі на призму рефрактометра і накриваємо. Вміст сухих речовин зразка №1 - 6,8 % мас., зразка №2 – 6,2 %мас.

Визначення кількості клітин

Визначаємо за допомогою мікроскопіювання. Беремо стерильною піпеткою наносимо на предметне скельце 1 мл дріжджової суспензії, зверху кладемо камеру Горяєва і ставимо на предметний столик мікроскопа. Дивлячись у об'єктив мікроскопа водимо камеру і рахуємо кількість клітин. Сума клітин у зразку №1 нарахована камерою Горяєва складе 144.

N_1 = 50000*144 = 7,2 млн клітин/мл

С ума клітин у зразку №2 нарахована камерою Горяєва складе 152.

N_2 = 50000*152 = 7,6 млн клітин/мл

Принципово – технологічна схема пророщування та низькотемпературного сушіння пивних дріжджів на теплонасосній сушильній установці наведена на рис. 2.1.

Рис. 2.1 - Принципово – технологічна схема пророщування та низькотемпературного сушіння пивних дріжджів на теплонасосній сушильній установці

Програма проведення аналітичних і експериментальних досліджень зображена на рис. 2.1.

Рис. 2.1 - Програма проведення аналітичних та експериментальних досліджень

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ДРІЖДЖІВ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА)

3.1. Визначення фізичних характеристик дріжджів.

Фізичні характеристики дріжджів визначали загальноприйнятими методами. Експерименти проведено при п'ятьох стабілізованих значеннях температур дріжджів, °С: 20; 30; 40; 50; 60. У таблиці 3.1 наведено основні технологічні показники зразків дріжджів перед висушуванням, зокрема активну **pH** і титровану кислотність**,** вміст сухих речовин **СР** і концентрацію дріжджових клітин.

Узагальнюючи отримані результати досліджень, прийшли до таких висновків:

Таблиця 3.1 - Показники зразків дріжджів

Номер зразка	СР, %	pH	Титрована кислотність,см^3	Концентрація дріжджових клітин, млн/ см^3
1	10,3	3,4	5,1	42
2	6,6	3,5	5,5	36
3	6,3	3,6	4,7	34
4	4,3	3,5	3,4	33
5	4,2	3,7	2,8	25

1) Густина всіх зразків дріжджів (рис.3.1) зменшувалась з підвищенням температури за законом, наближеним до лінійного: зростання температури на 10°С приводило до зменшення густини в середньому на ~2,5 кг/м^3. За схожою закономірністю на густину впливає зміна концентрації сухих речовин: зростання вмісту СР на 1% у зразках дріждів (при t = const) викликає збільшення їх густини на ~ 2,5 кг/м^3;

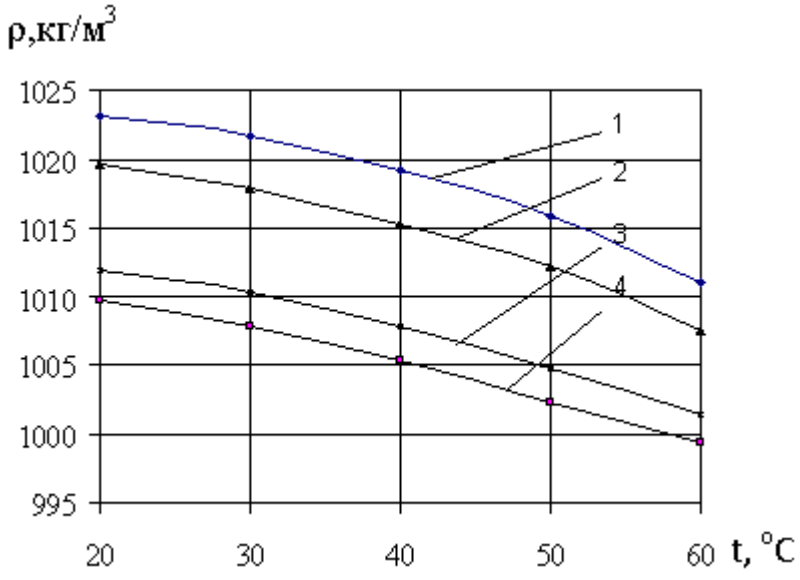


Рис.3.1. Залежність густини дріжджів від температури та вмісту СР, %: 1 − 10,3; 2 − 6,6; 3

– 4,3; 4 – 4,2

2) В'язкість всіх зразків дріжджів зменшувалась з підвищенням температури. Так, для температури 20 °С різниця в'язкості для зразків № 1 і 5 становила ~ 4,707·10-4 Па·с, а при температурі 60 °С ~ 0,775·10-4 Па·с (рис. 3.2). Ця закономірність відповідає властивостям структурованих ньютонівських розчинів;

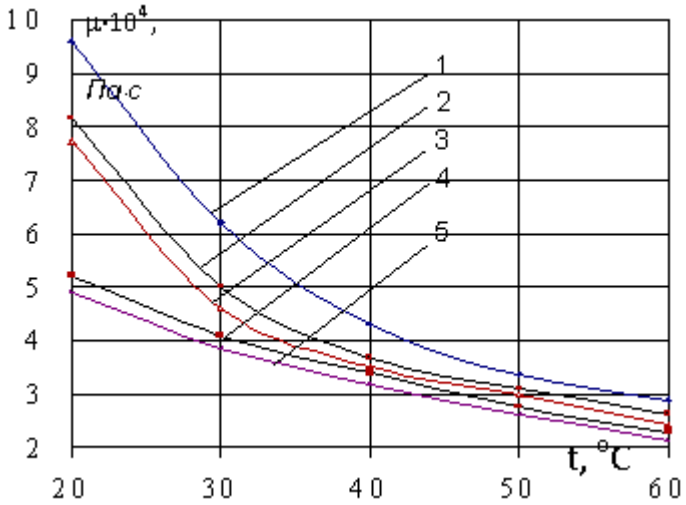


Рис. 3.2. Залежність коефіцієнтів динамічної в'язкості дріжджів від температури та вмісту сухих речовин, %: 1–10,3; 2–6,6; 3–6,3; 4–4,3; 5–4,2

3) Поверхневий натяг всіх зразків дріжджів зменшувався зі зростанням температури за практично лінійним законом за схожою закономірністю для різних значень СР для будь-якого сталого значення температури зразків. Збільшення температури для всіх зразків на 10 оС приводило до спадання поверхневого натягу дріжджів у середньому на ~ 2,2·10-3 Н/м. Збільшення вмісту сухих речовин на 1 % приводило до зростання поверхневого натягу дріжджів у середньому на 1,2·10-3 Н/м (рис.3.3).

Після апроксимації дослідних даних одержано узагальнені рівняння для розрахунку густини ρ, коефціента динамічної в'язкості μ і поверхневого натягу σ дріжджів залежно від їх поточних температур t і вмісту сухих речовин СР:

$$\rho=1012+6,93CP-4,56t-0,82CPt; \quad (3.1)$$

$$\mu=4,88\cdot10^{-4}+0,15CP-0,24\cdot10^{-3}t-9,88\cdot10^{-5}CPt; \quad (3.2)$$

$$\sigma=54,91+4,62CP-4,69t-0,085CPt. \quad (4.3)$$

Наведені рівняння (1)-(3) адекватні дослідним даним у межах зміни значень температури дріжджів від 20 до 60 °С та сухих речовин від 4 до 12 %.

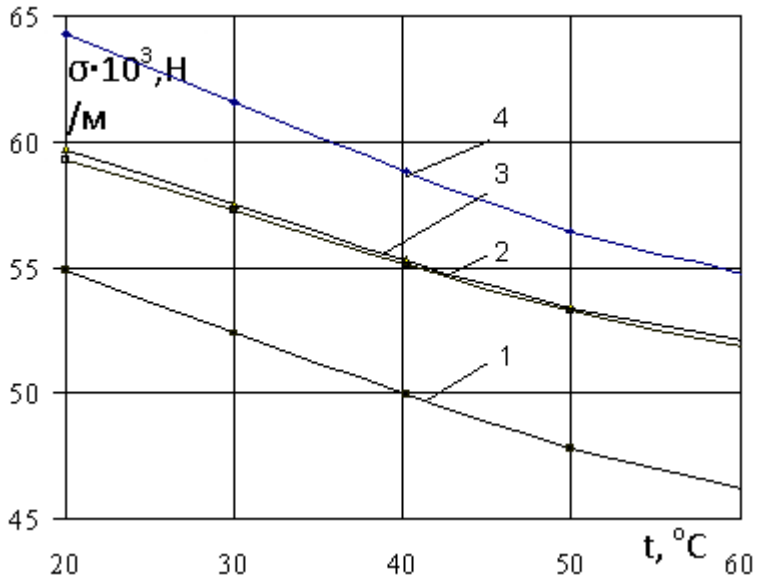


Рис. 3.3. Залежність поверхневого натягу дріжджів від температури та вмісту СР, %: 1−10,3; 2−6,6; 3−6,3; 4−4,2

Дослідження проводили з суспензіями дріжджів з концентраціями сухих речовин в межах 6…20 % і температурами повітря в межах 100...180 °С. Термограми процесу сушіння розчинів дріжджів були виконані як в статичних умовах, так і в потоці теплоносія зі швидкістю 0,5 м/с.

3.2. Визначення залежності зміни температури краплі від часу та зміни її маси.

Для виведення рівняння кінетики сушіння дріжджів було проаналізовано отримані на описаному вище стенді експериментальні термо-масо- і кінограми. Експериментальні залежності зміни температури краплі дріжджів від часу та зміни її маси в процесі зневоднення показані на рис. 3.4 і 3.5.

На термограмах (графіки 1–4) спостерігається п’ять періодів сушіння, які є різними за температурою в середині краплини $t_к$ і за часом для кожної суспензії дріжджів. Початковий період кривої від позначки 0 до позначки I – відповідає прогріванню, коли середньоінтегральна температура краплини підвищується від початкового значення до температури рівноважного випаровування. Після цього настає період рівноважного випаровування (між позначками I і II). Позначка II відповідає першій критичній точці кр1, близькій до температури мокрого термометра $t_м$. Деякі підвищення температури в період рівноважного випаровування свідчать про те, що суспензії дріжджів відносяться до гідрофільних і ліофільних колоїдних розчинів. Збільшення концентрації розчинених речовин у поверхневому шарі краплини веде до зменшення маси видаленої вологи з поверхні краплини, в результаті чого спостерігається підвищення температури випаровування. Процес рівноважного випаровування закінчується формуванням кірки на поверхневому шарі краплини.

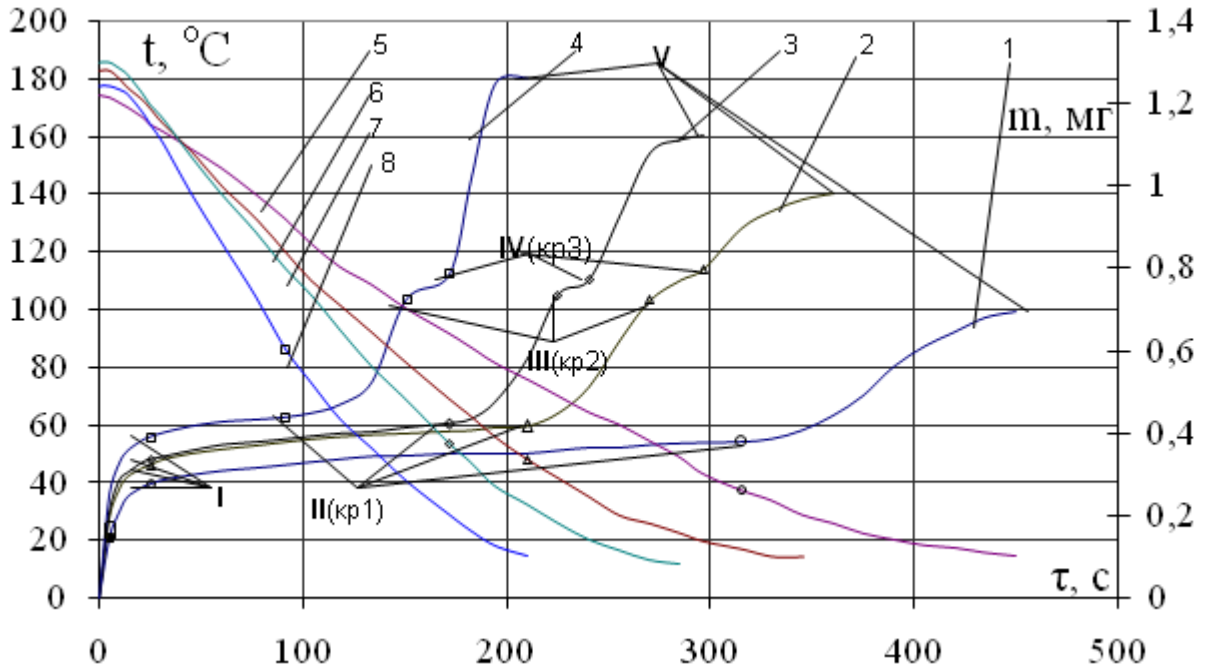


Рис.3.4. Термограма (1 – 4) і масограма (5–8) зневоднювання частинок дріжджів при масовій частці СР 10,1 і температурах теплоносія, °С: 1 і 5–100; 2 і 6–140; 3 і 7–160; 4, 8–180

З моменту утворення на поверхні краплини кірки (позначка II($кр_1$)) починається період кіркоутворення, який характеризується різким підвищенням температури розчину до температури кипіння. Цей період відзначений на термограмі позначками II і III. Позначка III відповідає критичній точці кр2, з якої починається четвертий період, – період кипіння розчину під утвореною кіркою. Температура частинки в цьому періоді, як видно із термограм процесу між позначками III і IV¸ є величиною постійною і близькою до температури кипіння розчину з визначеною концентрацією. Період кипіння найбільш явно виражений при температурі теплоносія більше 140 °С. Закінчення процесу кипіння відзначено на термограмах позначкою IV, яка відповідає критичній точці кр3. Цю стадію пов’язують з завершальною стадією видалення всієї фізико-механічно зв’язаної вологи із краплини. Заключною стадією зневоднення краплини розчину є період процесу сушіння, коли температура частинки після точки кр3 різко збільшується і в кінці процесу наближається до температури теплоносія. Це – період видалення фізико-хімічно зв’язаної вологи, відзначений позначками IV і V, при якому відбувається максимальне видалення фізико-хімічно зв’язаної вологи.

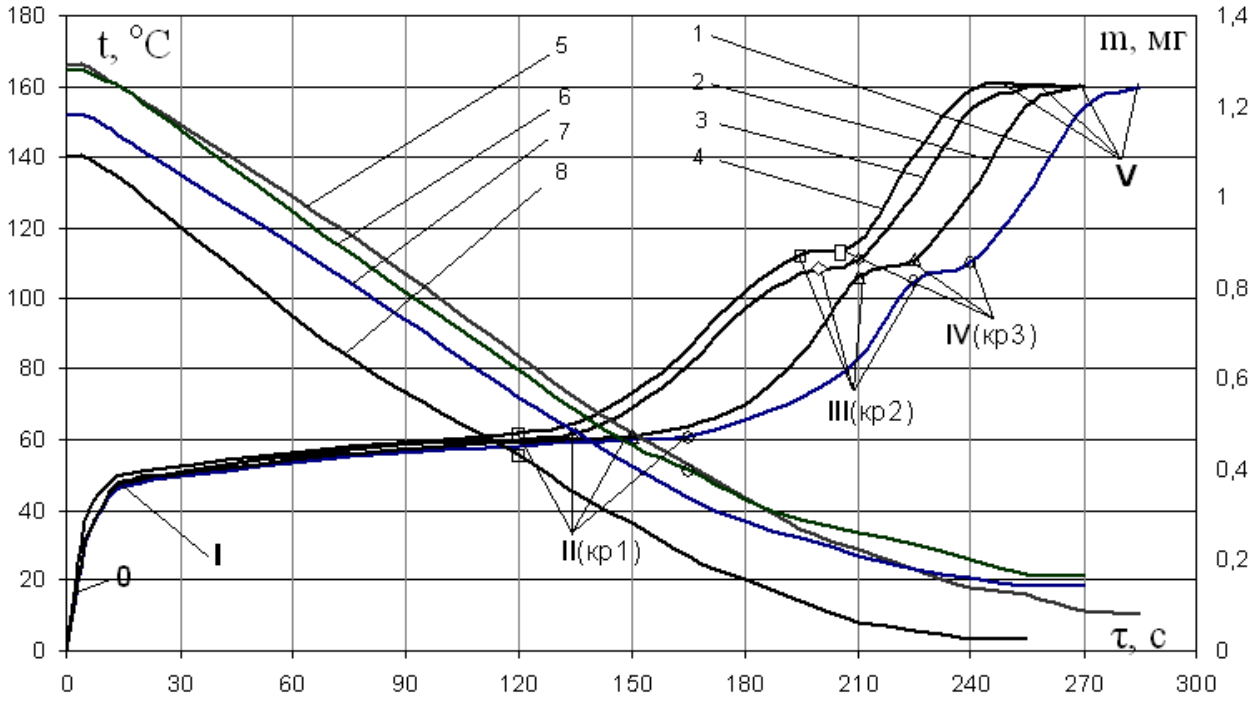


Рис. 3.5. Термограма (1–4) і масограма (5–8) зневоднювання частинок дріжджів при температурі теплоносія 160 ºС і масовій частці СР,%: *1, 5* – 6,2; *2* і *6* – 10,1; *3* і *7* – 14,7; *4* і *8* – 20

Тривалість зневоднення окремих періодів різна, що пояснюється різною концентрацією сухих речовин у дріжджах.

Значний вплив на процес зневоднення краплинок дріжджів має температура теплоносія. При підвищенні температури теплоносія від 100 до 180...190 °С суттєво зменшується загальна тривалість зневоднення. Тривалість зневоднення може скорочуватися майже вдвоє, що спостерігається на рис. 4. З підвищенням масової частки сухих речовин у дріжджах спостерігається незначне скорочення загальної тривалості зневоднення порівняно з підвищенням температури теплоносія, що спостерігається на рис. 5. Отже, попереднє концентрування дріжджів мало впливає на собівартість виготовлення порошку.

Експериментальні залежності зміни температури краплі дріжджів від зміни її маси в процесі зневоднення та отримані на їх основі залежності швидкості сушіння від його тривалості показані на рис. 3.6.

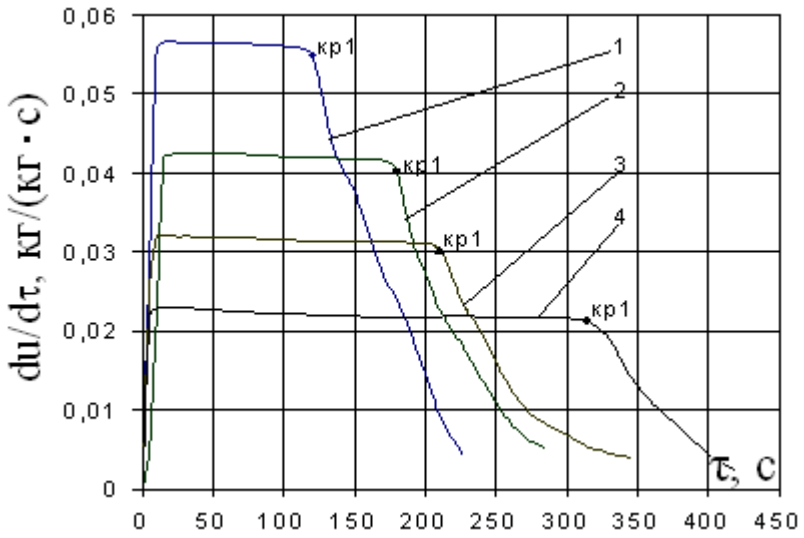


Рис. 3.6. Залежність швидкості зневоднення дріжджів від тривалості при масовій частці СР 10,1 % і температурах теплоносія, ºС: 1–180; 2–160; 3–140; 4–100

При виведенні рівняння кінетики сушіння з експериментальних залежностей $du/d\tau=f(\tau)$ встановлено, що на першій стадії швидкість сушіння можна вважати приблизно постійною. З підвищенням температури теплоносія вона зростає від 0,026 кг/(кг ·с) (для 100 ºС) до 0,058 кг/(кг ·с) (для 180 ºС).

Дослідження температурно-вологісних характеристик дріжджів в процесі їх висушування дали можливість встановити залежність між температурою частинки та її вологовмістом.

Отримані температурно-вологісні залежності дозволили визначити температурний коефіцієнт сушіння дріжджів (табл. 3.2).

Встановлено, що зі збільшенням температури середовища і початкового вологовмісту температурний коефіцієнт сушіння зменшується для даних розчинів дріжджів. Це пояснюється тим, що зі збільшенням температури середовища сушильна стадія настає при більших вологовмісті і температурі краплини.

Таблиця 3.2 - Температурний коефіцієнт сушіння в період кіркоутворення при зневодненні краплі дріжджів, b, °С/(кг/ кг)

Температура середовища t_c, °С	Початковий вологовміст, мг/мг			
	4	6	9	15
100	58,3	53,1	47,4	35,8
140	40,8	36,5	32,6	22,7
160	25,4	19,3	16.3	8,8
180	20,2	17,1	14	7,3

3.3. Дослідження зміни питомої інтенсивності сушіння

На основі термомасо- і кінограм зневоднення знаходили значення зміни питомої інтенсивності сушіння, яка характеризує зміну маси дріжджів за одиницю часу з одиниці поверхні краплі: $(dm/d\tau)(1/4\pi R^2) = N(\tau)$.

Загальну закономірність зміни питомого потоку маси при зневодненні частинки дріжджів з масовою часткою СР 10,1 % зображено на рис. 3.7 при температурах теплоносія в межах 100…180 °С.

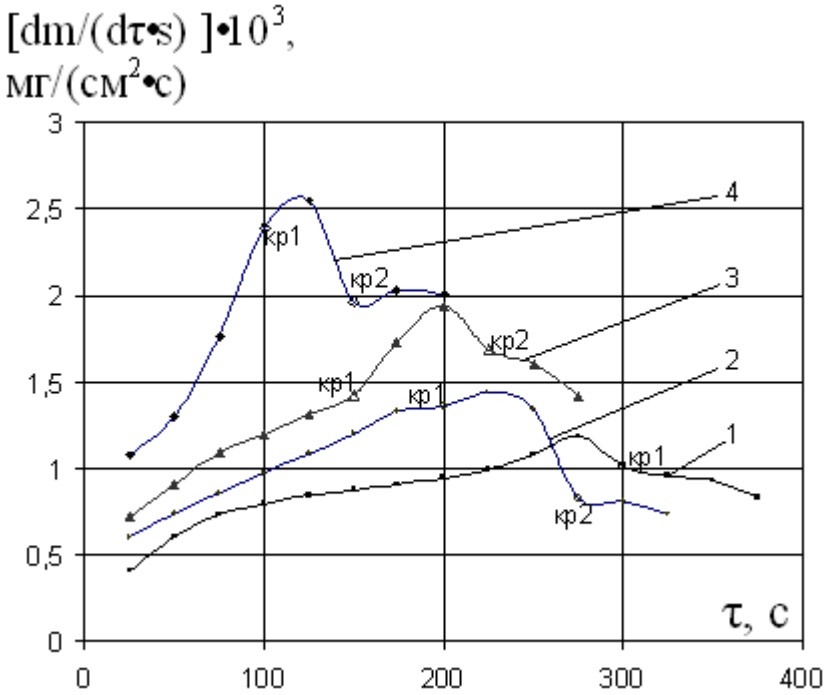


Рис. 3.7. Зміна питомої інтенсивності зневоднення крапель дріжджів при масовій частці сухих речовин 10,1% і температурах теплоносія,°С: 1–100; 2–140; 3–160; 4–180.

Питомий потік маси, що випаровується в процесі зневоднення, спочатку стрімко збільшується до моменту кіркоутворення кр1, потім зростання триває до досягнення певної товщини кірки. Зростання відбувається за рахунок низької структурної щільності кірки, спричиненої її властивостями і низькою концентрацією дріжджів. Зі зростанням

товщини кірки збільшується опір масопереносу кірки, і криві питомої інтенсивності сушіння спадають до досягнення температури кипіння кр2. Під час періоду кипіння кірка перестає обмежувати процес перенесення вологи, оскільки тиск насичених парів під кіркою перевищує зовнішній тиск і в кірці утворюються тріщини (отвори) для вільного відведення пари. Після кр2 питомий потік маси, що випаровується в процесі зневоднення, залишається майже однаковим.

Підвищення температури теплоносія призводить до збільшення питомої інтенсивності випаровування крапель дріжджів. При цьому на графіках відмічається зсув критичних точок кр1 і кр2 ліворуч.

Отримані характеристики відображають особливості процесу зневоднення краплин дріжджів в період кіркоутворення і рекомендуються для розрахунку тепломасообміну при конструюванні розпилювальних сушильних установок. Таким чином, дослідження кінетики сушіння крапель дріжджів дали можливість вибрати режим сушіння в розпилювальній камері з урахуванням особливостей процесу.

Наведено результати досліджень сушіння на дисковій розпилювальній сушарці з прямотечійним рухом теплоносія і диспергованих дріжджів з інтервалами температур теплоносія 140…220 °С.

3.4. Дослідження зброджувальної здатності дріжджів

Зброджувальну здатність сухих дріжджів, одержаних при різних температурах висушування, визначали порівняно з рідкою суспензією до висушування. Відзначали зменшення вмісту сухих речовин, що свідчило, головним чином, про бродильну активність дріжджових клітин та зростання титрованої кислотності − результат життєдіяльності дріжджової суспензії. Сухі дріжджі розводили в суслі в перерахунку на сухі речовини відповідно до їх вмісту в рідкій суспензії.

Встановлено, що зброджувальна здатність сухих дріжджів зменшувалась із зростанням температури сушіння за логарифмічною залежністю (рис. 3.8).

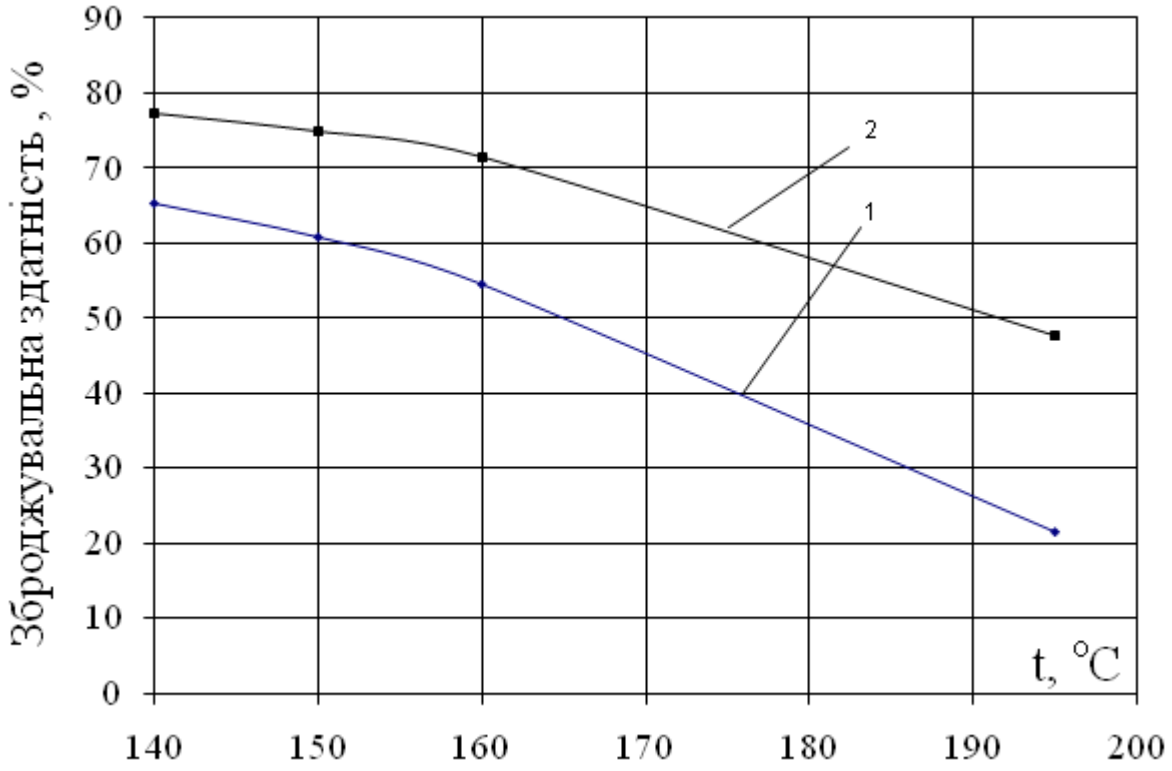


Рис. 3.8. Залежність зброджувальної здатності сухих дріжджів порівняно з дріжджова суспензією від температури: 1 – дріжджова суспензія, %; 2 – сухі дріжджі.

Сухі дріжджів містять культури мікроорганізмів, які перебувають у стані анабіозу і при внесенні в живильне середовище здатні відновлювати свою фізіологічну активність. При цьому відпадає потреба у стадії нарощування потрібної біомаси. Крім того, для виробництва пива використовували сухі дріжджі з захисними середовищами. Захисне середовище за рахунок створення плівки навколо клітин мікроорганізмів перешкоджає вбиранню порошком вологи, що дає змогу тривалий час забезпечувати високу зброджувальну здатність дріжджів.

Після апроксимації одержаних даних рівняння мають такий вигляд:

$к_{др} = –137\ln(t) + 747{,}7;$ (3.4)

$к_{мкб} = –93\ln(t) + 541,$ (3.5)

де $к_{др}$ − зброджувальна здатність дріжджів, %; $к_{мкб}$ − зброджувальна здатність дріжджової суспензії,%; t − температура теплоносія, °С.

Середньоквадратичне відхилення для рівняння (4) – $R^2 = 0{,}9711$, а для рівняння (5) − $R^2 = 0{,}9529$, що свідчить про їх адекватність реальному процесу.

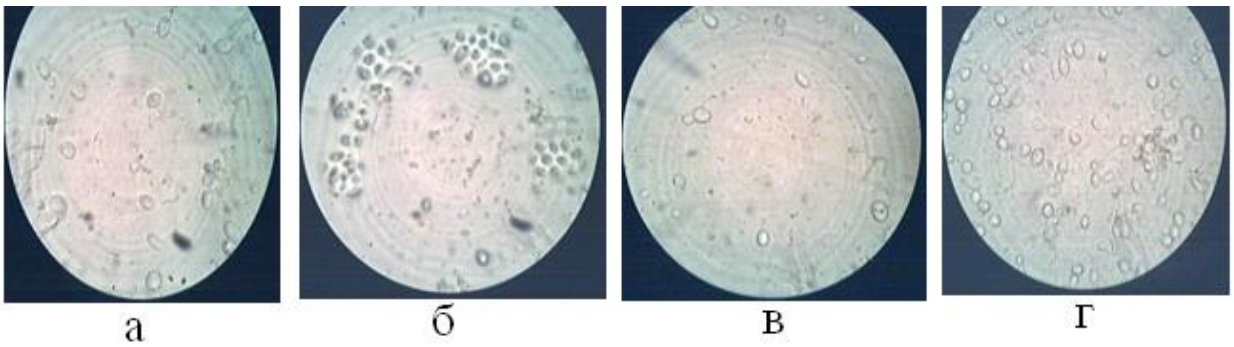


Рис 3.9 Стан дріжджів

У результаті порівняння росту рідких суспензій і сухих дріжджів в суслі встановлено, що в рідкій суспензії згідно з літературними даними процес ділення триває 24 год (рис. 3.9, а); сухі дріжджі переживають стан адаптації, оскільки клітини перебувають в ослабленому стані (рис. 3.9, б). Протягом наступних 12 год спостерігали фазу відмирання клітин рідкої суспензії (рис. 3.9, в), клітини сухих дріжджів перебували в стадії інтенсивного росту (рис. 3.9, г). Отже, на початку культивування ріст мікроорганізмів у рідкій суспензії відбувався більш інтенсивно, ніж у сухій. Клітини мікроорганізмів перебувають в стані анабіозу і при внесенні в живильне середовище потребують адаптації, тому їх ріст відбувався з певним запізненням. Ці недоліки не є вирішальними, якщо характеризувати дріжджі за терміном зберігання. Так, рідка суспензія має термін зберігання 5…7 діб, а суха зберігає свою зброджувальну здатність протягом кількох місяців.

Однією з найважливіших характеристик сухих дріжджів при їх зберіганні є гігроскопічність. Встановлено, що дріжджі гігроскопічні і їх необхідно зберігати в герметичній упаковці. Зволоження сухого порошку в негерметичній тарі активізує біохімічні процеси в клітинах мікроорганізмів і призводить до загибелі клітин.

Встановлено, що одержані сухі дріжджі не були гігроскопічними протягом 21 доби зберігання при відносній вологості повітря 85 % (рис. 3.10). Висока гігроскопічність зразка без наповнювача (крива 1) активізувала життєдіяльність культур мікроорганізмів, що за браком живлення викликало їх лізис. Зміна зовнішнього вигляду дріжджів без наповнювача при збільшенні в 400 раз протягом трьох діб спостережень при відносній вологості повітря 60 % зображена на рис 11. Вологість дослідного зразка з наповнювачем (крива 2) протягом зберігання не змінювалась, що дало можливість забезпечити фізіологічну стабільність культур.

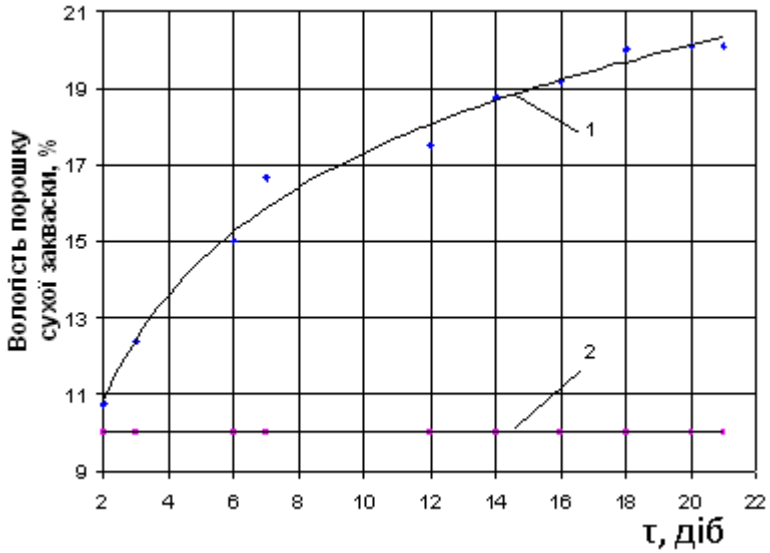


Рис. 3.10. Гігроскопічність сухих дріжджів: 1 - без наповнювача, 2 - з наповнювачем

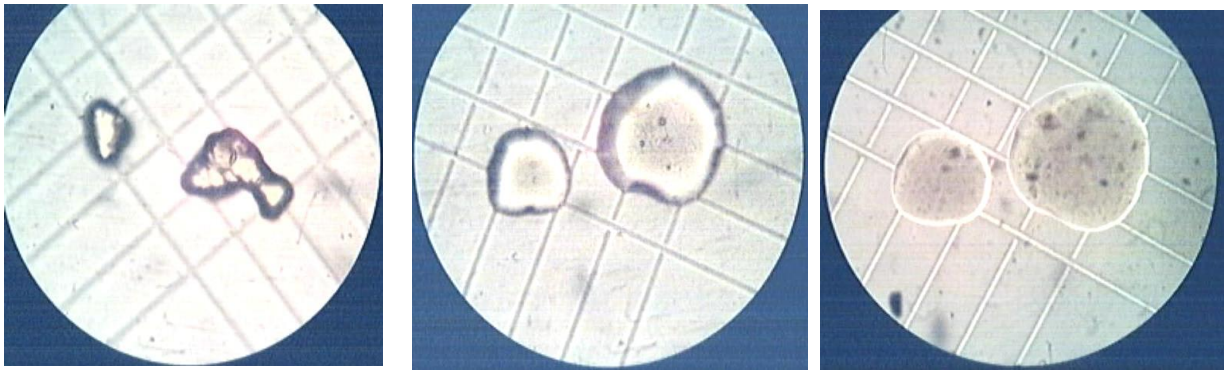


Рис.3.11. Зовнішній вигляд дріжджів при зберіганні 1 доба.

Захисне середовище внаслідок створення під час висушування навколо клітин мікроорганізмів желатинової плівки запобігає видаленню клітинної вологи, а під час зберігання перешкоджає її поглинанню. В процесі висушування дріжджів з різною кількістю желатину встановлено, що оптимальною є добавка в кількості 1,0…1,5 % від маси висушеного продукту. Менші концентрації не забезпечують потрібну гігроскопічність готового продукту, а більші − погіршують його якісні показники.

3.5. Дослідження вплив терміну зберігання і температури теплоносія на бродильну активність дріжджових суспензій

З наведених на рис. 3.12, 3.13 даних видно, що найкраще зберігаються дріжджі висушені при температурах 155 і 160°С; їх бродильна активність відповідає нормативним вимогам не менш як протягом місяця зберігання. Дріжджі, які висушені при температурі 140 °С, мала найкращі якісні показники безпосередньо після сушіння, але зберігалася найгірше. Це зумовлено високою залишковою вологістю (12 %), при якій мікроорганізми не припиняють свою ферментативну активність, що при відсутності поживних речовин

призводить до їх загибелі. Дріжджі, висушені при температурі 150 і 170 °С, мали схожі властивості і поводили себе майже ідентично при бродінні.

Погіршення якості при зберіганні дріжджів, висушених при температурі 150 °С, можна пояснити високою вологістю після висушування (10,2 %), а висушених при температурі 170 °С – значною кількістю мертвих клітин (47 %). Отже, можна зробити висновок, що температура 155 °С є оптимальною для висушування. Дріжджі, висушені при цій температурі, найкраще зберігають свої властивості в герметичній упаковці при 5 °С протягом кількох місяців.

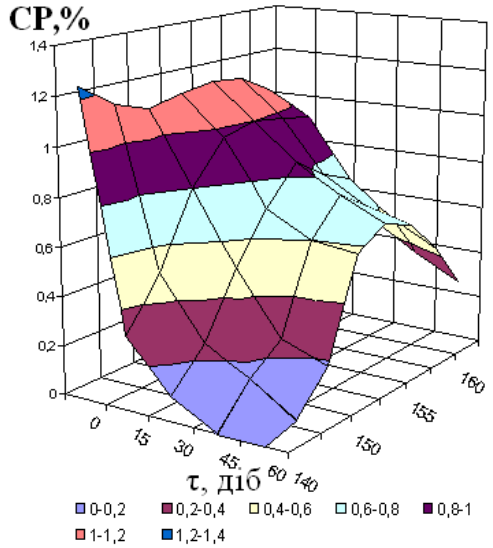


Рис.3.12. Вплив терміну зберігання і температури теплоносія на бродильну активність дріжджів.

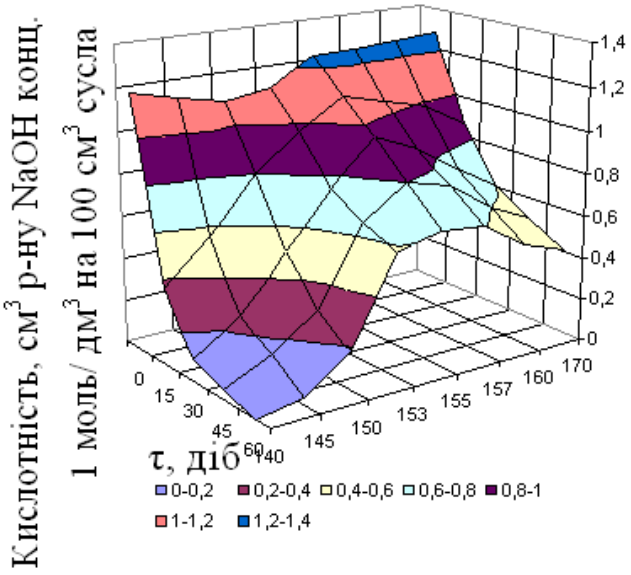


Рис.3.13. Вплив терміну зберігання і температури теплоносія на бродильну активність

дріжджової суспензії.

Для зменшення енергетичних витрат на висушування дріжджів проводили дослідження з попереднім їх концентруванням. Для цього культуральну рідину центрифугували з дріжджами. Якість розділення при різних частотах обертання перевіряли за коефіцієнтом світлопропускання надосадної рідини. Дослідні дані апроксимували й одержали узагальнюючі рівняння для розрахунку коефіцієнтів світлопропускання надосадної рідини дріжджової суспензії (3.6) і дріжджів (3.7):

$к_{др} = 24{,}265\ln(Ф) - 16{,}718$; (3.6)

$к_{мкб} = 38{,}241\ln(Ф) - 157{,}16$, (3.7)

де Ф – фактор розділення.

Встановлено, що дріжджової суспензії повністю осідали при факторі розділення 2500…3500, а дріжджі – при 1000.

На лабораторній розпилювальній установці при проведенні сушіння дріжджів для встановлення впливу основних технологічних параметрів сушіння (а саме ─ температури теплоносія на вході сушильної камери, концентрації дріжджів) на вологість отриманого продукту, зброджувальну здатність дріжджів було використано метод повного факторного експерименту.

Після розрахунку коефіцієнтів, похибки відтворюваності, критеріїв Ст'юдента і Фішера одержано кінцеві рівняння степеневих залежностей: зброджувальної здатності:

$К_{др} = 58{,}247СР^{0,169}t^{0,0255}С^{0,0789}$;

зброджувальної здатності дріжджової суспензії:

$К_{дс} = 72{,}296СР^{0,0217}t^{0,0083}С^{-0,0142}$;

зброджувальної здатності дріжджів після двох місяців зберігання:

$К_2^{др} = 41{,}983СР^{0,00856}t^{0,0388}С^{-0,0185}$;

зброджувальної здатності дріжджової суспензії після двох місяців зберігання:

$К_2^{дс} = 36{,}024СР^{-0,00708}\cdot t^{0,041}\cdot С^{0,0398}$;

кінцевої вологості дріжджів:

$К_w = 5{,}234СР^{-0,0546}t^{-0,0332}С^{-0,183}$.

На лабораторній розпилювальній установці процес сушіння дріжджів відбувався без ускладнень при оптимальній температурі теплоносія 155 °С. Висушений порошок був світло-коричневого кольору, дрібнодисперсний з середнім розміром частинок 15 мкм. Насипна густина порошку становила 750 кг/м^3, кінцева вологість – 9,5 %.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Асортимент і характеристика основної сировини і допоміжних матеріалів

Проектована потужність міні-пивоварного комплексу складає 13,0 тис. дал пива прийнятого асортименту на рік.

Асортимент проектоваяної продукції наведений у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Асортимент проектованої продукції

Найменування пива	Виробництво, тис. дал на рік	Відсоток від загальної кількості	Розлив пива у споживчу тару	
			тис. шт.	%
Білий Лев	6,5	50	2,6	100
Байкер	3,25	25	1,3	100
Живе Традиційне	3,25	25	1,3	100

Характеристика проектованої продукції.

Для виробництва продукції використовують воду згідно ГОСТ 2874-82 [1], солод пивоварний ячмінний згідно з ДСТУ 4282:2004 [12], хміль ароматичний згідно ДСТУ 4098.2–2002 [15], хміль гіркий згідно ДСТУ 4097.2–2002 [16].

Органолептичні показники якості пива згідно з ДСТУ 3888-99 наведені у табл. 4.2 [11].

Таблиця 4.2 – Органолептичні показники якості пива

Назва показника	Характеристика показника					
	фільтроване пиво			нефільтроване пиво: освітлене, неосвітлене		
	світле	напівтемне	темне	світле	напівтемне	темне
1	2	3	4	5	6	7
Зовнішній вигляд	Прозора пініста рідина, без осаду та сторонніх включень			Прозора пініста рідина, без сторонніх включень, не властивих продукту (допускається наявність дріжджового осаду та слабка опалесценція)		
Смак	Солодовий та хмельовий смак з гіркотою, що відповідає сорту пива	Солодовий смак із присмаком карамельного солоду, приємною гіркотою, що відповідає сорту пива	Повний солодовий смак із яскраво виираженим карамельним смаком, приємною гіркотою,що відповідає сорту пива	Чистий смак зброджено солодового напою з хмельовою гіркотою та з присмаком дріжджів. Сторонній присмак не допускається		

Закінчення табл. 4.2

1	2	3	4	5
Аромат	Аромат, що відповідає сорту пива, чистий, без сторонніх запахів та присмаку	Аромат зброджено солодового напою. Допускається слабкий дріжджовий аромат. Сторонні запахи не допускаються	Аромат	Аромат, що відповідає сорту пива, чистий, без сторонніх запахів та присмаку
Піноутворення	Пиво з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі від 8% до 11,5% : висота піни, не менше, мм – 20,0 піностійкість, не менше, хв – 2,0 Пиво з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі від 12% до 20,0% : висота піни, не менше, мм – 30,0 піностійкість, не менше, хв – 2,0			

Фізико-хімічні показники пива згідно з ДСТУ 3888-99 [11] наведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Фізико-хімічні показники пива

Показник	Сорт пива		
	Білий Лев	Байкер	Живе Традиційне
Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	12	13	13
Об'ємна частка спирту, не менше, %	4,6	5	5,5
Кислотність, $см^3$ 1 моль/$дм^3$ розчину гідроксиду натрію на 100 $см^3$ пива	1,7—3,2	1,7—3,2	2,1—3,3
Колір, $см^3$ 0,1 моль/$дм^3$ розчину йоду на 100 $см^3$ води	0,4-1,8	0,4-1,8	4,0—8,0
Масова частка діоксиду вугдецю, не менше, %	0,35	0,35	0,35
Стійкість, не менше, діб	3	3	3

Рецептури сортів пива наведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Рецептури сортів пива

Сорт пива	Сировина, %	
	Світлий солод	Солод темний
Білий Лев	100	–
Байкер	100	–
Живе Традиційне	–	100

4.1.1 Характеристика проектованої продукції

Вода повинна бути без запаху при 20 °С та при нагріванні її до 60°С, а також при підкисленні до pH 3. Вода не повинна мати присмаків при 20°С.

Колір води від безбарвного до слабо-жовтуватого – до 10 градусів за платино-кобальтовою або імітуючою шкалою. Технологічна вода повинна бути прозорою. Каламутність води повинна бути не більшою за 1 мг/дм за стандартною шкалою. Оптимальна каламутність для води, яка використовується для розбавлення пива з високою густиною - 0 мг/дм за стандартною шкалою. Фізико-хімічні показники води наведені у таблиці 4.5. Мікробіологічні показники технологічної води для пива наведені у таблиці 4.6 згідно *ГОСТ 2874-82 [1].*

Таблиця 4.5 – Фізико-хімічні показники води згідно

№ п/п	Назва показника	Оптимальні значення показника		Граничні значення показника
		За класичною технологією	Для розбавлення пива з високою густиною	
1	2	3	4	5
1	Водневий показник (pH)	6,0...7,0	6,0...7,0	6,0...9,0
2	Жорсткість води загальна, мг-екв/дм^3	2...4	не більше 2	не більше 7,0
3	Кальцій, мг-екв/дм^3	2...4	не більше 2, для запобігання помутнінню	Кальцій та магній в сумі не більше 7,0
4	Магній, мг-екв/дм^3	Сліди	Сліди	
5	Співвідношення кальцію до магнію,не менше	1:1	1:1	1:1
6	Лужність загальна, мг-екв/дм3	0,5...1,5	Сліди	0,5...6,5
7	Співвідношення кальцію до лужності (показник лужності),не менше	1,0	1,0	1,0
8	Залізо, мг/дм^3, не більше	0,1	0,1	0,3
9	Хлориди, мг/дм^3, не більше	70	70	150
10	Сульфати, мг/дм^3, не більше	150	150	200
11	Нітрати, мг/дм^3, не більше	25	25	45
12	Марганець, мг/дм^3, не більше	0,05	0,05	0,1
13	Сірководень, мг/дм^3, не більше	0	0	0
14	Алюміній, мг/дм^3, не більше	0,5	0,5	0,5
15	Цинк, мг/дм^3	0,14...5,0	0,14...5,0	0,14...5,0
16	Мідь, мг/дм^3, не більше	0,5	0,5	1,0
17	Окислюваність, мг O_2/дм^3,не більше	2,0	2,0	4,0
18	Сухий залишок,мг/дм^3, не більше	500	200	1000
19	Кисень, мг/дм^3, не більше	-	0,1	-

Закінчення табл. 4.5

1	2	3	4	5
20	Хлор та хлорфеноли	-	Відсутні	-
21	Температура	-	Аналогічна температурі пива	-

Таблиця 4.6 – Мікробіологічні показники технологічної води для пива

№ з/п	Назва показника	Оптимальні значення показника		Граничні значення показника
		За класичною технологією	Для розбавлення пива з високою густиною	
1	Загальна кількість бактерій в 1 $см^3$ води, не більше	100	20	100
2	Бактерії групи кишкової палички (БГКП): в 100 $см^3$ води в 1000 $см^3$ води, не більше	 0 3	 0 0	 0 3

Хміль — незамінна сировина в пивоварінні завдяки вмісту в ньому унікального комплексу гірких речовин, ефірної олії і поліфенольних сполук які володіють високою антиоксидантною активністю. Три групи сполук взаємопов’язані один з одним і впливають на біохімічні реакції, які протікають при зберіганні і переробці хмелю. Показники та норми якості хмелю наведені у таблиці 4.7 згідно з ДСТУ 4098.2–2002[15].

Таблиця 4.7 – Показники та норми якості хмелю

Показники	Норми якості товарних ґатунків		
1	2	3	4
Колір	Від світло-жовто-зеленого До золотисто-зеленого, зелений	Жовто-зелений і зелено-жовтий, без коричневих відтінків	Зеленувато-жовтий з коричневим відтінком, темно-жовтий без блиску. Дозволено шишки з коричневими плямами
	Дозволено шишки з почервонілими кінчиками пелюсток		
Запах	Чисто хмельовий		
	Добре відчутий, ніжний	Відчутий, приємний	Дозволено різкий і слабо відчутий

Закінчення табл. 4.7

1	2	3	4
Лупулінові зерна	Світло-золотисто-жовті, блискучі, однорідні за кольором, липкі	Жовті зі слабким блиском або слабозолотисті. Дозволено спабо-липкі	Темно-жовті, без блиску, тьмяні (помут-нілі). Дозволено не липкі. Не дозволено оранжево-коричневі внаслідок дії високої температури під час сушіння хмелю
Кондуктометричний показник гіркоти (масова частка альфа-кислот), % у сухій речовині, не менше	3.5	3,0	2,5
Ушкодженість хмелю шкідниками, %, не більше	5	15	25
Вміст вологи, %, не більше	12	12	12

Існують такі типи солодів: світлий, темний, карамельний, палений. Для виробництва темного солоду процес ведуть таким чином, щоб максимально утворювались продукти реакції Майяра (меланоїдини), що надають темному солоду характерний аромат. Віденський тип темного солоду застосовують для корекції занадто світлого солоду, який переробляється для виробництва «золотистого» пива, а також для збільшення повноти смаку. Для отримання дуже темного пива часто застосовують невеликі добавки паленого солоду. Додавати його слід не більше 1%, тому що інакше пиво дуже скоро набуває неприємний пригорілий присмак. Органолептичні показники світлого і темного солоду наведено в табл. 4.8. Фізико-хімічні показники світлого і темного солоду наведено в табл. 4.9 згідно з ДСТУ 4282:2004 [12].

Таблиця 4.8. – Органолептичні показники світлого і темного солоду

Назва показника	Характеристика світлого і темного солоду
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, що не містить пліснявих та пошкоджених зерен
Колір	Для солоду високої якості - від світло-жовтого до жовтого. Для солоду 1 та 2 класу дозволено сірувато-жовтий.
Запах	Солодовий. Не дозволено: кислий, запах плісняви та інші не властиві солодовому.
Смак	Солодовий, солодкуватий. Не дозволено сторонній присмак.

Таблиця 4.9 – Фізико-хімічні показники світлого і темного солоду

Назва показника	Норми для світлого солоду			Темного
	Високої якості	1 класу	2 класу	
Просів через сито(2,2*20) мм,%, не більше	2,0	3,0	7,0	7,0
Масова частка смітної домішки,%, не більше	Не дозволено	0,3	0,5	0,3
Кількість зерен,%:				
мучнистих, не менше	90,0	85,0	80,0	90
склоподібних, не більше	2,0	4,0	8,0	5
темних, не більше	Не дозволено	Не дозволено	4,0	10
Масова частка вологи, %, не більше	4,0	5,0	5,8	5,0
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду тонкого помелу, %, не менше	80,0	78,5	76,0	74,0
Різниця масових часток екстрактів у сухій речовині солоду тонкого і грубого помелів, %	1,0-1,5	1,6-2,5	не більше 3,5	не більше 3,5
Масова частка білкових речовин у сухій речовині солоду, %, не більше	11,5	12,0	13,0	-
Відношення масової частки розчиненого білка до масової частки білкових речовин у сухій речовині солоду (число Кольбаха), %	39-41	37-41	-	-
Розчинний азот у солоді (на сухій основі), %	0,75-0,70	0,69-0,65	0,64-0,55	-
Тривалість оцукрення, хв, не більше	10,0	15,0	25,0	-
Лабораторне сусло: Колір,$см^3$ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/$дм^3$ на 100 $см^3$ води	не більше 0,18	не більше 0,23	не більше 0,40	0,49-1,40
або в одиницях ЕВС	не більше 3,2	не більше 4,0	не більше 6,6	8-20
Кислотність, $см^3$ розчину гідроксиду натрію концентрацією 1,0 моль/$дм^3$ на 100 $см^3$ сусла	0,9-1,1	0,9-1,2	0,9-1,3	-
Прозорість (візуально)	Прозоре	Прозоре	Дозволена незначна опалесцен-ція	-
Кінцева ступінь зброджування, %	79-81	75-78	74-70	-
Вязкість, МПа*с за 20ºС	1,45-1,54	1,55-1,60	1,61-1,78	-

4.1.2. Характеристика сировини, основних та допоміжних матеріалів

Для приготування пива використовують таку сировину:

- солод пивоварний ячмінний згідно з ДСТУ 4282:2004;
- воду питну згідно з ГОСТ 2874-82;
- хміль пресований згідно з ДСТУ 4099-02;
- хміль мелений гранульований ТУУ – 01.1– 32313482 - 001-2008;
- хміль гіркий згідно з ДСТУ 4097.1-2002, ДСТУ 4097.2-2002;
- хміль ароматичний згідно з ДСТУ 4098.1-2002, ДСТУ 4098.2-2002;
- хмелеві екстракти, CO_2 — екстракт хмелю, дозволені для використання органами охорони здоров'я України або згідно з чинною нормативною документацією.

Несолоджені зернопродукти:

- ячмінь згідно з ДСТУ 3769-98;
- крупу рисову згідно з ГОСТ 6292 -93;
- цикорій обсмажений та інші види зернової сировини, дозволені органами охорони здоров'я України або згідно з чинною нормативною документацією;
- смакові ароматичні добавки, дозволені органами охорони здоров'я України або згідно з нормативною документацією;

У виробництві пива використовують допоміжні матеріали та інші речовини, дозволені органами охорони здоров'я України, використання яких передбачено відповідною технологічною інструкцією, затвердженою в установленому порядку:

- молочна кислота згідно з ДСТУ 4621:2006;
- сірчана кислота згідно з ДСТУ 2184-77;
- гіпс згідно з чинною нормативною документацією;

Органолептичні, фізико-хімічні показники та характеристика кислоти молочної харчової наведені у табл. 4.10, 4.11 та 4.12 згідно з ДСТУ 4621:2006 [5].

Таблиця 4.10 – Органолептичні показники кислоти молочної харчової]

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Прозора сиропоподібна рідина без осаду та муті
Запах	Слабкий, характерний для молочної кислоти
Смак	Кислий, без стороннього присмаку

Таблиця 4.11 – Фізико-хімічні показники кислоти молочної харчової

Назва показника	Значення показників для сортів		
	Вищого	**Першого**	
Масова частка загальної молочної кислоти, %, не менше ніж	40,0 ± 1,0	40,0 ± 1,0	60,0 ±1,0
Масова частка молочної кислоти, що прямо титрується, %, не менше ніж	37,5	37,5	53,0
Масова частка ангідридів, %, не більше ніж	2,5	2.5	7,0
Колірність, градуси, не більше ніж	6,5	10,0	15,0
Масова частка золи, %, не більше ніж	0,6	1,0	1,2
Масова частка заліза (Fe), %, не більше ніж	0, 007	0,014	0,020
Масова частка сульфатів (SO_4), %, не більше ніж	0,3	не нормується	
Масова часта хлоридів (Cl), %, не більше ніж	0,1	не нормується	
Масова частка редукувальних речовин, %, не більше ніж	1,0	не нормується	
Визначання наявності барію	не допускається	не нормується	
Визначання наявності ціанисто- водневої кислоти	витримує випробовування на відсутність	Визначання наявності ціанисто-водневої кислоти	
Визначання наявності фероціанідів	витримує випробовування на відсутність	Визначання наявності фероціанідів	
Визначання наявності вільної сірчаної кислоти	витримує випробовування на відсутність	Визначання наявності вільної сірчаної кислоти	

Таблиця 4.13 – Характеристика кислоти молочної харчової

Допоміжний матеріал	Стандарт чи технічні умови	Класифікація	Сорт	Основні показники якості або характеристика
Кислота молочна харчова	ДСТУ 4621:2006	Для промисловості	–	Прозора сиропоподібна рідина без осаду та муті, на смак кисла, без стороннього присмаку, масова частка молочної кислоти, що прямо титрується, %, не менше ніж: вищого сорту - 37,5, першого - 37,5; 53.

4.1.3. Характеристика мікроорганізмів-продуцентів

Пивні дріжджі (Saccharomyces cerevisiae) – це одноклітинні мікроорганізми рослинного походження, які забезпечують процес бродіння. В даний час у пивоварінні використовують винятково культурні дріжджі. Розрізняють дріжджі верхового та низового бродіння.

Пивні дріжджі завжди повинні бути мікробіологічно чистими, швидко зброджувати сусло й осідати на дно, утворювати чисте освітлене прозоре пиво з повним смаком та ароматом. В даній магістерскій роботі передбачено використання дріжджів низового бродіння Сафлагер S-189. Цей відомий штам швейцарського походження Hurlimann. Ці дріжджі відібрані завдяки своїм нейтральним ароматичним властивостям. Седиментація: сильна. Кінцева щільність: середня. Дріжджі задаються у кількості 53-80 г/л сусла. Специфікація дріжджів наведена у табл. 4.14.

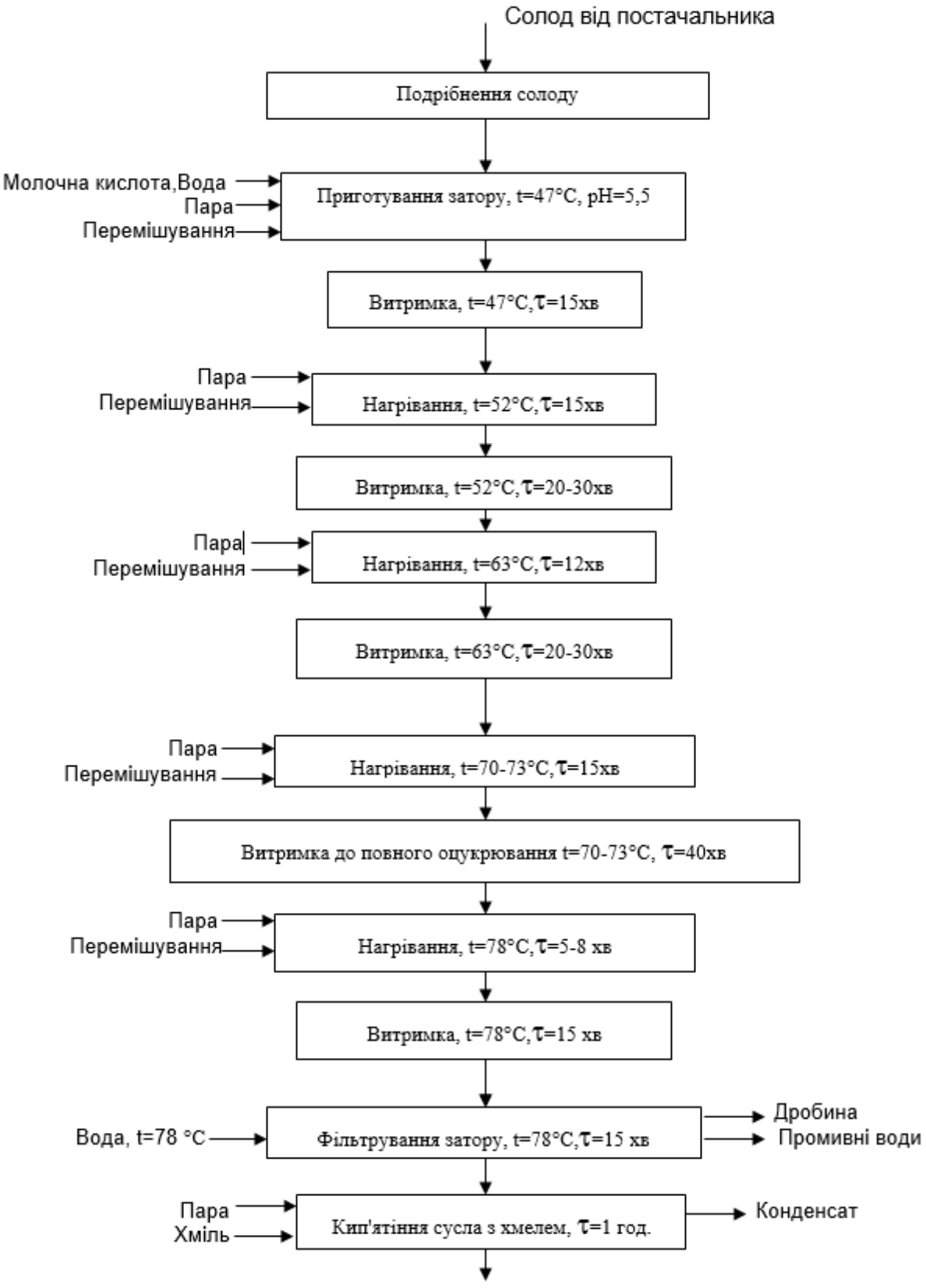
Табл. 4.14 – Специфікація дріжджів

Показник	*Значення*
Сухі речовини,%	94,0 - 96,5
Кількість живих клітин при упаковці	> 6 х 109 / грам
Загальний вміст бактерій	<5 / мл
Оцтові бактерії	<1 / мл
Lactobacillus	<1 / мл
Pediococcus	<1 / мл
Дикі дріжджі не Saccharomyces	<1 / мл
Патогенні мікроорганізми	Відповідно до законодавства

4.2 Технологічна схема

4.2.1 Принципова технологічна схема

Принципова технологічна схема виробництва пива наведена на рис 4.1.



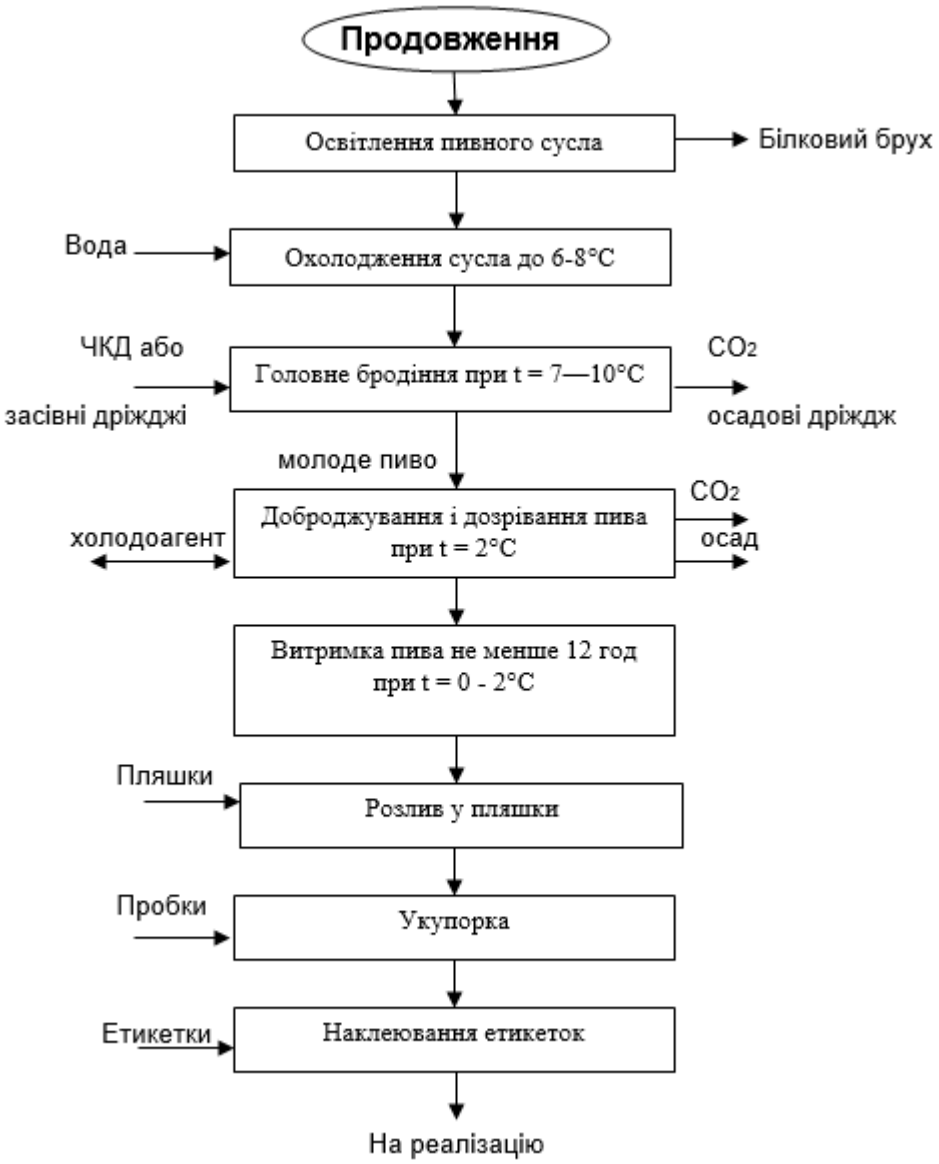


Рис. 4.1 Принципова технологічна схема виробництва пива

4.2.2 Вибір та обґрунтування способів і режимів

Виробництво пива на міні-пивоварні складається з наступних основних технологічних стадій:

1) подрібнення солоду;
2) затирання солоду;
3) фільтрування затору;
4) кип’ятіння сусла з хмелепродуктами;
5) освітлення й охолодження сусла;
6) зброджування і доброджування пивного сусла;
7) розлив готового пива.

Подрібнення солоду

Дроблення – це процес механічного подрібнення солоду з метою покращення проходження фізичних та біохімічних процесів при затиранні. Метою подрібнення солоду є полегшення і прискорення фізичних та біохімічних процесів розчинення вмісту солодового зерна при затиранні з тим, щоб забезпечити максимально можливий вихід екстрактивних речовин в сусло.

По характеру процесу подрібнення розрізняють:

- дробарки сухого помелу;
- дробарки мокрого помелу;
- молоткові дробарки.

В порівнянні з сухим подрібненням, спосіб мокрого помелу забезпечує кращу якість готового продукту, оскільки менше подрібнюються оболонки солоду і з них в менший мірі видаляються необхідні речовини, а також покращуються умови фільтрування заторів, які приводять до підвищення обертання варильного відділення; знижуються втрати екстрактивних речовин. Температура води для зволоження солоду 45-50 ^{0}C. Подрібнений солод змішується з водою, яка має температуру 45-50 ^{0}C і насосом перекачується в заторний апарат.

Якість помелу впливає на:

- спосіб затирання;
- час оцукрювання;
- фільтрування затору;
- вихід екстракту у варильному цеху;
- ступінь зброджування пива;
- фільтрацію пива;
- кольоровість, смак і загальний характер пива.

Подрібнення солоду передбачається проводити на дробарці кондиційованого помелу.

Затирання солоду

Процес затирання полягає в тому, що температуру затору піднімають до оптимальних температур для дії тих чи інших ферментів, і потім витримується пауза.

Паузи задаються при наступних оптимальних для ферментів температурах:

- 45-50 °C — білкова пауза і пауза для розщеплення β-глюкана;
- 62-63 °C — мальтозна пауза;
- 70-73 °C — пауза для оцукрення;
- 78 °C — температура закінчення затирання.

Оптимальний показник pH для дії комплексу основних ферментів солоду знаходиться в діапазоні 5-5,3, а pH затору частіше коливається від 5,6 до 6,0 (і навіть 6,3 у разі використання при затиранні води з підвищеною карбонатною твердістю). Для зниження pH затір підкислюють молочною кислотою, гіпсом або хлоридом кальцію.

По виду підвищення температури розрізняють дві групи способів затирання:

- *настійний (інфузійний) спосіб;*
- *відварний (декокційний) спосіб.*

При інфузійному способі весь затор при дотриманні пауз послідовно нагрівається до температури закінчення затирання, причому частини затору не кип'ятяться.

При способі з відварками температура підвищується завдяки тому, що частину затору ***(відварку)*** відокремлюють і кип'ятять. При зворотньому перекачуванні до іншого затору температура всього затору підвищується на наступну ступінь температурної обробки.

Різні точки зору на проведення затирання

При виборі способу затирання варто розглянути ряд точок зору на приготування затору і сусла, які б по своєму складі відповідали бажаному типу пива.

Це стосується, наприклад, вмісту зброджуємих цукрів, що визначає кінцевий ступінь зброджування, чи забезпечення досить високого рівня високомолекулярних білків для досягнення повноти смаку і піностійкості пива. Саме обраний спосіб затирання дає гарну можливість впливати на характер пива, і нижче ми приведемо найважливіші аспекти для його вибору.

Настійні способи

Найпростішою групою серед способів затирання є настійні тому, що при застосуванні цих способів весь затор ніколи не розділяється. Нагрівання всього затору здійснюють поступово, з витримуванням температурних пауз, необхідних для дії ферментів.

Для настійного способу затирання потрібно тільки одна ємність, що обігрівається. Тому, що затор не перекачується, поглинання повітря мінімальне, що є позитивним чинником, оскільки кисень при затиранні веде до окислювання поліфенолів, а з ними — і до розмивання смаку і більш високої кольоровості готового пива.

При інфузійному способі велику роль відіграє ефект перемішування. Мішалка повинна мати можливість пристосовуватися до відповідної стадії процесу затирання завдяки електродвигуну привода мішалки з переключенням полюсів і двома швидкостями чи повинна бути можливість для плавного регулювання. При цьому зростає значення конструкції лопати мішалки. Якщо при витримуванні пауз мішалку виключають, то збільшується час оцукрювання і фільтрування затору, а вихід екстракту погіршується тому,

що утвориться перепад температур, що погіршує перехід екстрактивних речовин у сусло і затрудняє роботу ферментів.

Якщо переробляється дуже добре розчинений солод, то досить того, щоб температура послідовно піднімалася по наростаючій шкалі, оптимальна для дії амілаз температура підтримувалася близько 20 хв і після оцукрювання затор перекачувався б у фільтраційний апарат.

Це означає, що дуже добре розчинений солод можна затирати при 62°С, не побоюючись, що сусло буде містити занадто багато високомолекулярних β-глюканів (проблема з фільтруванням) і при цьому не буде досягнута бажана кількість вільного амінного азоту (FAN) на рівні 200-220 мг/л. При високій температурі початку затирання вже не працюють пептидази, і тому вони більше не можуть утворювати амінокислот. З іншого боку, за допомогою термостійких протеїназ утворяться високомолекулярні піноутворюючі речовини. Перевага високої температури затирання і зв'язаної з нею тривалості затирання менш 1,5 год успішно використовується сьогодні на ряді пивоварних підприємств, коли в них у розпорядженні дуже добре розчинений солод.

Обмежуючим фактором для застосування пауз при 50 °С є ступінь розчинення солоду. При слабко чи погано розчинених солодах уже наявний вільний β-глюкан повинний продовжувати розщеплюватися β-глюканазами. Проблема полягає в тому, що не можна пропустити паузи, оптимальної для дії β-амілази (62-65 °С). При цьому неминуче, що при такій температурі β-глюкан буде продовжувати розчинятися за допомогою β-глюкансолюбілази (і тем більше, чим гірше розчинений солод). Для нормально розчиненого солоду (який має такі показники, як в’язкість < 1,52 мПа • с, вміст β-глюкана < 150 мг/л) затирання загальною тривалістю максимум 2 год и з початковою температурою 50 °С завжди надійно забезпечує позитивний ефект, і цей спосіб використовують дуже багато пивоварних підприємств.

Переваги настійних способів полягають передусім в наступному:

- вони допускають легку можливість здійснити автоматизацію процесу;

- вони сприяють більш низькому споживанню енергії, чим відварні способи;

- вони легше контрольовані.

Недоліком є декілька більш ускладнене досягнення нормальної йодної проби і відповідно — декілька менший вихід сухих речовин затору у варильного цеху при переробці солоду низької якості.

Наявні переваги настійних способів затирання підтвердили той факт, що в даний час вони знаходять усе більше застосування.

Відварні способи затирання

Загальним для відварних способів затирання є те, що частину затору відбирають і кип'ятять. Після зворотного перекачування температура всього затору підвищується. По числу цих відварок розрізняють трьох-, двох- і одновідварні способи затирання. Останнім часом ми маємо справу з загальною тенденцією до зменшення числа відварок.

Добір і кип'ятіння відварок робить наступний вплив:

- через швидке нагрівання білки тієї частини затору, що кип'ятять, менше розщеплюються;
- підвищується ступінь клейстеризації і розрідження крохмалю;
- відбувається більш сильне вилужування речовин, що містяться в насінневих оболонках;
- утвориться більше меланоїдинів;
- посилено випаровується диметилсульфід;
- відбувається зменшення вмісту ферментів в об'єднаному заторі;
- збільшується вихід екстарктивних речовин варильного цеху.

У зв'язку з кип'ятінням затору при відварних способах споживається більше енергії (у середньому на 20%), чим при використанні настійних способів. Підвищена витрата теплової енергії в відварних способах зв'язаний з більшою тривалістю процесу в цілому, випаром води при кип'ятінні і додатковій витраті електроенергії через роботу насосів при перекачуваннях.

Відварка

Для протікання процесів розщеплення при затиранні особливе значення має використання визначеного виду і числа відварок: якщо вимкнути мішалку, то тверда фаза затору, ***густий затор,*** осаджується на дно ємності, тоді як рідка фаза затору, ***рідкий затор,*** збирається в її верхній частині. Рідкий затор можна відібрати за допомогою декантатора поплавкового типу.

Щоб витягти ще нерозщеплені частки крохмалю, густий затор варто кип'ятити. Рідкий затор кип'ятити не слід тому, що він насичений ферментами, що перейшли в розчин.

В якості відварки використовують по можливості найбільш густу частину затору.

При зворотному перекачуванні затору (з'єднанні відварки й основної частини затору) для збереження ферментів в об'єднаному заторі при постійному помішуванні перекачують відварку в основну частину затору, і ніколи не роблять навпаки.

Щоб виключити непотрібний і шкідливий контакт затору з повітрям, в даний час при перекачуванні не допускається об'єднання затору шляхом подачі відварки зверху; зворотне перекачування здійснюють шляхом подачі затору в міру можливості знизу.

Зазвичай затор кип'ятять ***для виробництва світлого пива —10-15 хв, для виробництва темного пива — 20-30 хв.***

Тому що велике число відварок вимагає більше енергії і часу, прагнуть обійтися їх мінімальним числом (1 чи 2) і тим самим працювати швидше і з меншими витратами. Тому по числу відварок розрізняють:

- одновідварні способи;
- двовідварний способи;
- трьохвідварний способи.

Одновідварні способи

Одновідварні способи — це в принципі ті ж настійні способи, у яких підвищення температури — частіше до 65 і 75°С — досягають шляхом добору, кип'ятіння і зворотного перекачування відварки. Схема такого одновідварного способу може бути наступною: початок затирання при 35 °С і повільне нагрівання до 50 °С (чи початок затирання відразу при цій температурі); пауза при 50 °С і нагрівання всього затору до 64 °С, більш довга пауза (мальтозоуворення). Відділення і кип'ятіння відварки 15-30 хв. Потім з'єднання відварки з залишком затору з наступним підвищенням температури до 75 °С і оцукрюванням.

Відварки можна також робити між паузами від 35 до 50 °С чи між 50 і 64 °С, але варто враховувати, що в цих випадках нерозчинні частини відварки менше осаджуються і тим самим досягається менший ефект. Особливим варіантом одновідварних способів є ***затирання з кип'ятінням усієї густої частини*** *затору:* у цьому випадку затирають при 35 °С і відбирають відстояну рідку частину затору, близько 20%. Усю густу частину затору, що залишилася, нагрівають до кипіння при дотриманні необхідних температурних пауз і кип'ятять 30-40 хв. Потім частину затору, яка залишилася, розхолоджують до 65 °С, при цьому за рахунок додавання рідкої частини затору утвориться мальтоза, потім затор нагрівають до температури оцукрювання і після оцукрювання затор перекачують у фільтраційний апарат.

Двовідварні способи

Класичний двовідварний спосіб починається з затирання при 50 °С. Після загальної для всього затору короткої температурної паузи відбирається густий затор і після послідовного витримування необхідних коротких температурних пауз він нагрівається до кипіння, 15-20 хв кип'ятиться, і шляхом його примішування температура всього затору підви-

щується до 64 °С і витримується пауза для мальтозотуворення. Через короткий час відбирається другий раз густий затор і нагрівається до кипіння. Друга відварка кип'ятиться трохи менше, ніж перша, і з її допомогою загальний затор нагрівається приблизно до 75 °С і перекачується у фільтраційний апарат. Двовідварний спосіб займає близько 3-3,5 годин.

Якщо розглядати діаграму затирання цього способу, то впадає в око, що переважає температура 50 °С и тому відбувається дуже глибоке розщеплення білка і β -глюкана. Від цього страждає повнота смаку і піноутворення, виходить «порожнє» пиво, смак якого можна виправити тільки частково, додаючи темний солод.

Щоб змінити це положення, початок затирання можна проводити при 50 °С і нагрівати затор до 62 °С і/чи використовувати додатковий налив гарячої води, щоб можна було більш точно контролювати тривалість білкової паузи.

Іншу можливість являє собою начало затирання при 35 °С і добір першої відварки. Звичайно, при цьому варто намагатися контролювати розщеплення білків, що сьогодні здійснюють шляхом контролю вмісту вільного амінного азоту (FAN).

Особливий вид двовідварного способу — це ***прискорений спосіб затирання з двома короткими відварками.*** Температура початку затирання в цьому випадку — 62 °С, тривалість усього процесу затирання — тільки 2 ч. Він може проводитися також із використанням тільки однієї відварки. Для застосування цього способу потрібно дуже добре і рівномірно розчинений солод.

Температура початку затирання в 62°С — вище оптимальних температур для розщеплення білків; незважаючи на це, при даній температурі все ще йде їхнє інтенсивне розщеплення і можна чекати гарного піноутворення. Однак розщеплення β-глюкана тут не відбувається, і саме тому для даного способу потрібно дуже добре розчинний солод.

Вибір методу затирання

Із різних методів затирання слід вибирати той метод, який при даних обставинах забезпечує високу якість пива. Вибір методу затирання визначається типом пива, що виробляється, типом і якістю солоду та родом несолоджених матеріалів. Перш за все метод затирання повинен забезпечувати повне оцукрення затора із вмістом в суслі достатньої кількості зброджуваних цукрів для досягнення бажаної ступені зброджування пива.

Якщо переробляється добре розчинний солод, то досягають потрібних результатів пива навіть при настійному способу. Погано розчинний солод необхідно піддавати дії протеолітичних ферментів, обов’язково витримувати затор при температурі пептонізації. При додаванні великої кількості несолодженої сировини, а також при обробці темних солодів і

солодів із зниженою амілолітичною активністю необхідно робити тривалі витримки при оптимальній температурі оцукрення.

Одновідварний спосіб краще застосовувати для виробництва світлого пива, якщо переробляється добре розчинний солод з високою амілолітичною активністю. При одночасній переробці солоду і замінників солоду краще використовувати одновідварний сумісний спосіб. Спосіб забезпечує хороші результати при використанні несолоджених зернопродуктів до 20%.

Двовідварний спосіб затирання допускає різні варіанти температурного режиму, що дає можливість досягати позитивних результатів при переробці солодів різної якості як з добрим розчиненням, так і з незадовільним розщепленням білків, як з високою ферментативною активністю, так і з зниженою амілолітичною активністю.

Трьохвідварний спосіб дає надійні результати навіть при переробці неякісного солоду, оскільки при поступовому підвищенні температур проявляється дія всіх важливих ферментів, а кип'ятіння густих частин заторів полегшує переробку недостатньо розчиненого солоду. Але цей спосіб потребує багато часу і енергії, що підвищує витрати.

При застосуванні тривалих способів затирання відбувається сильне вилужування оболонок і підвищується вміст у суслі високомолекулярних азотистих сполук. Але більш швидка фільтрація затору дає майже завжди пиво з більш ніжним смаком.

В даному дипломному проекті пропонується використовувати настійний спосіб приготування пивного сусла.

Фільтрування затору

Фільтрування затору - це процес розділення заторної маси на рідку частину (сусло) та тверду (пивна дробина).

Фільтрування затору можна проводити у фільтрувальних апаратах чи фільтр-пресах.

Процес затирання проходить тим краще, чим більша однорідність помелу і чим краще подрібнені зернопродукти. Але при тонкому помолі суттєво погіршується якість фільтрації сусла і швидкість протікання процесу. Тому при роботі з тонким помелом рекомендується встановлення фільтр-пресу нового покоління.

В дипломному проекті застосовується один фільтраційний апарат. Послідовність основних операцій при використанні фільтраційного апарата наступна:

Витіснення повітря з підситового простору

Для забезпечення швидкого фільтрування підситовий простір варто звільнити від забруднень і пухирців повітря. Для цього під сита подають гарячу воду, нагріваючи при цьому самі сита.

Перекачування затору

Затор якнайшвидше перекачують у фільтраційний апарат і там його намагаються розподілити як можна більш рівномірно. Нерівномірний розподіл дробини приводить до нерівномірного вилужування і зменшення виходу. Щоб уникнути нерівномірного розподілу маси, лінійну швидкість потоку при перекачуванні підтримують по можливості невеликою, але обсяг потоку повинний бути досить великим, щоб перекачування затору виконати за 10хв, для чого потрібно великий поперечний переріз трубопроводу. Подачу затору у фільтрапарат виконують знизу. У заторному апараті під час спорожнювання включають мішалку, забезпечуючи тим самим перемішування затору.

Відділення шротини

Сусло проціджують крізь фільтруючий шар, утворений оболонками зерен.

Рециркуляція каламутного сусла.

Між дном фільтрапарата і ситами спочатку збирається донне тісто, що складається з часток, що сюди проникнули. Воно повертається у фільтрапарат разом з першим суслом, що на початку завжди має підвищену мутність. Ця операція здійснюється за 5-10 хв до появи на виході з фільтрапарата прозорого сусла. Мутне сусло, що повертається, розподіляють під поверхнею сусла, щоб поглинання кисню було якнайменше.

Збір першого сусла

Щоб не втрачати часу, перше сусло варто зібрати якнайшвидше. Концентрація першого сусла у всіх кранах однакова.

Перше сусло проходить через дробину і завдяки цьому фільтрується. При цьому дробина чинить опір суслу, що протікає, що створює розрідження, тому що випливає більше сусла, чим надходить. Це розрідження сприяє стягуванню дробини і тим самим збільшенню опору. Зрештою це може привести до того, що в підситовий простір буде надходити усе менше сусла і процес фільтрування істотно сповільниться.

У зв'язку з зазначеним прагнуть до підтримки як можна більш низького рівня фільтраційного тиску. Тому в сучасних фільтрапаратах робота розрихлювача регулюється фільтраційним тиском. У фільтрапаратах, що працюють із фільтраційнимими кранами, останні відкриваються тільки на одну чверть або третину. Крім того, завдяки підйомові сусла в кранах розрідження зменшується.

Промивання дробини

Щоб ще зберігалася плавучість дробини, стікання першого сусла допускається до тих пір, поки дробина не з’явиться на поверхні фільтрованого затору. У фільтруючому шарі все ще залишилося багато екстракту. Виділяють його за допомогою форсунок, встановлених у фільтр чані. Через форсунки шар дробини зрошують водою.

Температура води 78 °С. Процес триває, доки вміст екстракту не стане настільки низьким, що подальше промивання виявиться недоцільним. Вміст екстракту вимірюється у відсотках Плато (%Р). Промивання припиняють при 0,2-0,5 %Р.

Вивантаження дробини.

Після випуску промивної води розпушувач піднімається, ножі ставляться поперек і дробина переміщається до люка для дробини при повільному опусканні вивантажуючого пристрою.

Кип‘ятіння сусла з хмелепродуктами

Одержане в процесі фільтрації сусло кип‘ятять протягом 40-60 хв з додаванням хмелю. Хміль задається у вигляді екстракту хмелевого та хмелю гранульованого (гірких та ароматичних сортів).

Кип`ятінням досягається упарювання сусла до встановленої концентрації, екстрагування з хмелю ароматичних і гірких речовин, інактивація ферментів, коагуляція білків та стерилізація сусла.

Передбачається двухразове внесення гранульованого хмелю. Використання гранульованого хмелю дозволяє:

1. Одержати рівномірну гіркоту пива.

2. Підвищити вихід гірких речовин.

3. Зберігатється практично необмежений час.

4. Вимагають менших витрат на їхнє транспортування і збереження.

Режим задачі хмелю для пива:

1 порція: після 10хв кип’ятіння - 60%;

2 порція: після 35хв кип’ятіння - 40%.

Кип’ятіння проходить в герметично закритому апараті із зовнішнім кип’ятильником.

Освітлення та охолодження сусла

Освітлення здійснюється у гідроциклонному апараті. Такий аппарат являє собою циліндричний резервуар з невеликим конусом посередині дна. Аппарат має люк, підвідну трубу і випускний штуцер для видалення відстою.

Принцип швидкого відокремлення бруху полягає в тому, що гаряче сусло подається тангенціально і з відносно великою швидкістю (15-20 м/с) насосом, внаслідок чого набуває обертового руху, а тверді частинки - доцентрової сили. Крім того утворюється глибока воронка, яка тисне на стовбур бруху, що утворився у центрі рідини, і осад швидко концентрується у центрі апарата. Після заповнення апарата для випадання осаду потрібно не більше як 60 хв.

Переваги гідроциклонних апаратів:

- дуже прості у використанні;
- працюють надійно;
- процес освітлення сусла відбувається швидко;
- простота конструкції апарата;
- менше робочої сили і часу;
- процес легко контролюється.
- легка можливість здійснити автоматизацію процеса.

Недоліки гідроциклонних апаратів :

- необхідність створення тангенційного потоку з визначеною швидкістю сусла.

Охолодження сусла проводять на двосекційному пластинчастому теплообміннику. Охолодження проходить в дві стадії: спочатку холодною водою, де сусло охолоджується від температури 70 °С після Вірпула до 45 °С; потім охолоджується ропою до температури бродіння 5-6 °С. Освітлене і охолоджене сусло перекачують на бродіння.

Зброджування і доброджування пивного сусла

Бродіння і доброджування проходить в циліндрично-конічних бродильних апаратах (ЦКБА). Перед заповненням ЦКБА проводять аерацію сусла стерильним повітрям. Температура сусла повинна бути 6°С, максимальна температура бродіння не перевищує 14 °С, внутрішній тиск 0,04-0,05 МПа. Апарат повинен заповнюватись за 2-3 прийоми. Бродіння проводиться 5-6 діб, потім конічна частина охолоджується до 0-2°С для осадження дріжджів.

Приблизно за 4-8 діб, коли майже всі зброджуємі цукри, що знаходяться в суслі, перероблені, бродіння зупиняється. Піна опадає і темніє. Потім вона утворить покрив на поверхні пива.

Під час бродіння щодня контролюють вміст екстракту і температуру. Отримані значення заносять у графік бродіння. На ньому видно, як вміст екстракту знижується до рівня стабілізації.

Звичайно по закінченні основного бродіння перероблеными бувають не всі зброджуємі цукри - у середньому менше 1,5% їх залишається в пиві.

Отримане пиво називається зеленим (молодим). Смак у нього грубий і різкий. Тому воно повинно пройти процес дозрівання, щоб смак і аромат стали більш шляхетними.

Під час витримки відбувається наступне:

- пиво освітлюється (дріжджі і деякі інші речовини осаджуються)
- поліпшуються смак і аромат пива.

Після доброджування протягом 6-7 діб дріжджі випускають.

Розлив готового пива

Доброджене і дозріле пиво розливається у кеги і направляється на реалізацію.

4.2.3 Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень

В даній магістерській роботі пропонується використання парогенератора. Парогенератор - це обладнання, яке використовує потік електроенергії для перетворення води в пару.

Відомі кілька принципових конструкцій парогенераторів для отримання пари, що відрізняються за способом паротворення і підводу тепла, і їх комбінації:

1. Зовнішній нагрів джерелом тепла парового котла і нагрівання в ньому води до температури пароутворення.

До них відносяться парогенератори, що працюють на газу, солярці, дровах, вугіллі і т.д.

2. Внутрішній нагрів джерелом тепла парового котла і нагрівання в ньому води до температури пароутворення.

До них відносяться парогенератори ТеНові і Електродні парогенератори.

3. Нагрівання в спеціальній пароутворюючій камері, коли безпосередньо в середу високотемпературних газів подається розпилена вода, де вона миттєво випаровується.

4. Нагрівання води на прохід (прямоточні).

До них відносяться парогенератори з змійовиками (трубні), індукційні і т.д.

5. Гідромеханічні парогенератори.

В даній магістерській роботі пропонується гідромеханічного парогенератора.

Нагрівання теплоносія здійснюється за рахунок наступних ефектів:

- механічної дії, що полягає в ударних, зрізаючих і зтирающих навантаженнях і контактах з робочими частинами агрегату;

- гідродинамічного впливу, що виражається у великих зсувних напругах в рідині, розвиненої турбулентності, кавітації, пульсаціях тиску і швидкості потоку рідини;

- гідроакустичного впливу на рідину, що здійснюється за рахунок мікропульсацій тиску, ударних ультразвукових хвиль та нелінійних акустичних ефектів.

Переваги даного парогенератора:

- працює на будь-якій воді без хімводопідготовки, практично без утворення накипу;

- швидко, протягом 1-1,5 хв. виходить в робочий режим, при цьому нагрівається тільки та кількість води, яка необхідна для отримання пари «на прохід» і швидко вимикається;

- ККД не знижується навіть при тривалій (тисячі годин) роботи;

- простий і надійний в експлуатації, не вимагає постійного обслуговування;

- підвищений ресурс роботи так як не має швидкозношуваних елементів конструкції;

- режим роботи - будь-який: короткочасний, тривалий, безперервний;

- надійність - парогенератор практично не містить конструктивних елементів, які в процесі роботи схильні до зносу і має незрівнянно більший ресурс по відношенню до інших типів парогенераторів. Робочі елементи агрегату виконані з нержавіючої сталі. Завдяки простоті конструкції і застосуванню вузлів, розрахованих на тривалу багаторічну експлуатацію, все обслуговування парогенератора полягає тільки в періодичному контролі за станом фільтру і блоку управління електродвигуном;

- безпека - висока пожежна безпека досягається завдяки відсутності в парогенераторах нагрівальних елементів, безпосередньо контактуючих з водою і відкритого полум'я; раптове відключення електроенергії або води - не приведе до аварійної ситуації.

Гідромеханічний парогенератор є екологічно чистим обладнанням, оскільки під час роботи не відбувається спалювання будь-якого палива, необхідно тільки наявність електроенергії.

4.2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Солод надходить в двохвальцеву дробарку кондиційованого подрібнення 1, де зерно спочатку зволожується протягом 30-60 с. водою за температури 47-50°С, потім дробиться. Спеціальна конструкція дробарки забезпечує відділення від зерна практично цілих оболонок, які згодом формують хороший фільтруючий шар у фільтраційному апараті, в той час як ендосперм при дробленні залишається майже сухим, що сприяє кращому його подрібненню і відповідно більш повному оцукрюванню при затирання. Заторна маса температурою 45 °С із змішувальної камери дробарки перекачується в заторно-сусловарильний апарат 2 для приготування затору. Нагрівання рубашки заторно-сусловарильного апарату здійснюється за допомогою пару, що виробляється парогенератором 15.

Оцукрений затір надходить в фільтраційний апарат 3. Перше мутне сусло повертається в фільтрувальний апарат.

Перше прозоре сусло надходить у заторно-сусловарильний апарат 2, а промивні води у збірник промивної води 8. Зі збірника 8 промивні води направляються в заторно-сусловарильний апарат 2. Промиту дробину вивантажують в проміжний бункер 7, розташований біля фільтраційного апарату. Дробина пресується і відправляється на реалізацію. У заторно-сусловарильному апараті проходить активне кипіння сусла з хмелем, який подається з бачка для хмелю 6. З ємності молочної кислоти 5 молочна кислота подається у заторно-сусловарильний апарат 2. Гаряче охмелене сусло із заторно-сусловарильного апарату насосом перекачується у Вірпул 4, де воно піддається освітленню і охолоджується у теплообміннику 10. Тепла вода з теплообмінника направляється в бак гарячої води 11.

Білковий осад у формі конуса, що залишився у Вірпулі, розмивається водою і відводиться в збірник 9.

Освітлене та охолоджене пивне сусло потрапляє в ЦКБА 16 для бродіння, доброджування та дозрівання пива. Тиск в ЦКБА регулюється за допомогою шпунт-апарату 17. Готове пиво направляється в апарат для розливу в кеги 18. Заповнені кеги направляються на реалізацію.

4.2.5 Продуктові розрахунки

Вихідні дані

Характеристика сировини наведена у табл. 4.15.

Таблиця 4.15 –Характеристика сировини.

Сировина	Вологість,%	Екстартивність,% на суху речовину	Екстартивність,% на повітряно-суху речовину
Солод ячмінний світлий	5,6	76,0	71,7
Солод ячмінний темний	5,0	74,0	72,3
Хміль гіркий	10	-	-
Хміль ароматичний	10	-	-

Фізико-хімічні показники сортів пива наведені у табл. 4.16 [9].

Таблиця 4.16 – Фізико-хімічні показники сортів пива

Показник	Сорт пива		
	Білий Лев	Байкер	Живе Традиційне
Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	12	13	13
Об'ємна частка спирту, не менше, %	4,6	5	5,5
Кислотність, $см^3$ 1 моль/$дм^3$ розчину гідроксиду натрію на 100 $см^3$ пива	1,7—3,2	1,7—3,2	2,1—3,3
Колір, $см^3$ 0,1 моль/$дм^3$ розчину йоду на 100 $см^3$ води	0,4-1,8	0,4-1,8	4,0—8,0
Масова частка діоксиду вугдецю, не менше, %	0,35	0,35	0,35
Стійкість, не менше, діб	3	3	3

Приймаємо, що міні-пивоварний комплекс виробляє 13 тис. дал пива на рік, з яких 50 % пива світлого типу 12 %-го, 25 % пива світлого типу 13 %-го та 25 % пива темного типу 13 %-го.

Вихід товарного пива:

$$B = \frac{B_В * B_Б * B_Д * B_Р}{100*100*100*100} * 100,$$

де $B_В$, $B_Б$, $B_Д$, $B_Р$ — вихід напівпродуктів з рідкою фазою в цехах відповідно варильному, бродіння, доброджування і розливу.

У розрахунках виходу сусла у варильному цеху враховують, що об'єм сусла у процесі охолодження зменшується на 4 % .

Вихід по сортах за умови, що значення втрат прийняті для орієнтовного розрахунку, становитиме для пива:

Білий Лев 12 %-го

$$B = \frac{91{,}5*97{,}8*97{,}6*97{,}5}{100*100*100*100} * 100 = 85\%;$$

Байкер 13 %-го

$$B = \frac{91{,}4*97{,}8*97{,}6*97{,}5}{100*100*100*100} * 100 = 85\%;$$

Живе Традиційне 13 %-го

$$B = \frac{92{,}3*97{,}8*97{,}6*97{,}5}{100*100*100*100} * 100 = 86\%.$$

Загальні втрати з рідкою фазою становитимуть для пива

Білий Лев 12 %-го

100 - 85=15%;

Байкер 12 %-го

100 - 85=15%;

Живе Традиційне 13 %-го

100 - 86=14%.

Об'єм напівпродуктів у різних цехах виробництва визначають також з урахуванням втрат.

Для одержання 1 дал товарного 12 % -го пива потрібно:

пива — фільтрованого

$$\frac{1}{100-2{,}5} * 100 = 1{,}0256 \text{ дал};$$

молодого

$$\frac{1{,}0256}{100-2{,}4} * 100 = 1{,}0508 \text{ дал};$$

сусла — холодного

$$\frac{1,0508}{100-2,2}*100=1,0744 \text{ дал;}$$

гарячого

$$\frac{1,0744}{100-8,5}*100=1,1742 \text{ дал.}$$

Для одержання 1 дал 13 %-го світлого пива потрібно:

пива — фільтрованого

$$\frac{1}{100-2,5}*100=1,0256 \text{ дал;}$$

молодого

$$\frac{1,0256}{100-2,4}*100=1,0508 \text{ дал;}$$

сусла — холодного

$$\frac{1,0508}{100-2,2}*100=1,0744 \text{ дал;}$$

гарячого

$$\frac{1,0744}{100-8,6}*100=1,1755 \text{ дал.}$$

Аналогічно для одержання 1 дал 13 %-го темного пива потрібно:

пива — фільтрованого

$$\frac{1}{100-2,5}*100=1,0256 \text{ дал;}$$

молодого

$$\frac{1,0256}{100-2,4}*100=1,0508 \text{ дал;}$$

сусла — холодного

$$\frac{1,0508}{100-2,2}*100=1,0744 \text{ дал;}$$

гарячого

$$\frac{1,0744}{100-7,7}*100=1,164 \text{ дал.}$$

Витрати сировини, кг, на 1 дал пива розраховують за формулою:

$$N = \frac{e * d * 96 * 10}{(E - Втр_{ДР}) * B_T},$$

де е — масова частка сухої речовини у початковому суслі, %; d — відносна густина сусла; Е — екстрактивність зернопродуктів у перерахунку на ПСР, %; $Втр_{ДР}$ — втрати екстракту в дробині, %; $В_Т$ — вихід товарного пива, %.

Екстрактивність сировини для прийнятих сортів пива у перерахунку на ПСР становитиме: для світлого солоду вологістю 5,6 % і масовою часткою сухої речовини у початковому суслі 76 %

$$76(100 – 5,6)/100 = 71,7\ \%;$$

За втрат з дробиною 1,5 % екстракту, виході товарного пива 85 %, відносній густині сусла 1,04837, масової частки сухої речовини у початковому суслі 12 %, екстрактивності зернопродуктів у перерахунку на ПСР 71,7 % норма витрат сировини на 1 дал 12 %-го пива N буде становити:

$$N = \frac{12 * 1{,}04837 * 96 * 10}{(71{,}7 - 1{,}5) * 85} = 2{,}02 \text{ кг.}$$

За втрат з дробиною 1,5 % екстракту, виході товарного пива 85 %, відносній густині сусла 1,0527, масової частки сухої речовини у початковому суслі 13 %, екстрактивності зернопродуктів у перерахунку на ПСР 71,7 % норма витрат сировини на 1 дал 13 %-го світлого пива N буде становити:

$$N = \frac{13 * 1{,}0527 * 96 * 10}{(71{,}7 - 1{,}5) * 85} = 2{,}2 \text{ кг.}$$

За втрат з дробиною 1,5 % екстракту, виході товарного пива 86 %, відносній густині сусла 1,0527, масової частки сухої речовини у початковому суслі 13 %, екстрактивності зернопродуктів у перерахунку на ПСР 72,3 % норма витрат сировини на 1 дал 13 %-го темного пива N буде становити:

$$N = \frac{13 * 1{,}0527 * 96 * 10}{(72{,}3 - 1{,}5) * 86} = 2{,}16 \text{ кг.}$$

Витрати хмелю визначають за нормативною формулою з урахуванням основного вмісту в ньому альфа-кислот, що дорівнює 6,7 %, вологості — 10 %. Величину втрат з рідкою фазою одержано раніше в цьому розрахунку. Визначають за формулою:

$$\frac{Г_c * 10^6}{(\alpha + 1) * (100 - W) * (100 - Втр)},$$

де $Г_с$ – кількість хмельової гіркоти, яку треба внести в сусло, г/дал у перерахунку на суху речовину; α – вміст α-кислот, %; (α+1) – вміст гіркоти в хмелі, % у перерахунку на суху речовину; W – вологість хмелю, %; Втр – втрати з рідкою фазою.

Отже, витрати хмелю на 1 дал пива:

Білий Лев 12 %-го

$$\frac{0,99*10^6}{(6,7+1)*(100-10)*(100-15)} = 16,8 \text{ г/дал;}$$

Байкер 13 %-го

$$\frac{1,2*10^6}{(6,7+1)*(100-10)*(100-15)} = 20,4 \text{ г/дал ;}$$

Живе Традиційне 13 %-го

$$\frac{1,3*10^6}{(6,7+1)*(100-10)*(100-14)} = 21,8 \text{ г/дал.}$$

Витрати діоксиду вуглецю за інтенсивного способу виробництва, наприклад 13 %-го пива, приймають 0,15 кг на 1 дал пива.

Вторинна сировина. Пивна дробина містить всі речовини зернової сировини за винятком екстракту, що перейшов у сусло.

Для приготування 1 дал 12 %-го пива згідно з наведеним розрахунком потрібно 2,02 кг солоду вологістю 5,6 %. Втрати екстракту з дробиною — 1,5 %.

Кількість сирої дробини вологістю 80 % у виробництві 1 дал:

Білий Лев 12 %-го

$$\frac{2,02-2,02*0,056-2,02*0,717*0,985}{100-80}*100 = 2,4 \text{ кг;}$$

Кількість сирої дробини у виробництві 1 дал пива Байкер 13 %-го дорівнює

$$\frac{2,2-2,2*0,056-2,2*0,717*0,985}{100-80}*100 = 2,62 \text{ кг.}$$

Кількість сирої дробини у виробництві 1 дал пива Живе Традиційне 13 %-го дорівнює

$$\frac{2,16-2,16*0,05-2,16*0,723*0,985}{100-80}*100 = 2,56 \text{ кг.}$$

Кількість хмельової дробини втричі більше за кількість використаного хмелю.

Вихід дріжджів дорівнює 0,18 л на 1 дал пива, причому 0,08 використовують як насіннєві, а 0,095 л — осадові товарні дріжджі.

Вихід шламу в результаті сепарування становить 0,031 кг 1 дал пива.

Вихід осаду (відстою) з апаратів доброджування беремо 0,03 на 1 дал пива.

Приймаємо, що весь зброджуваний екстракт — мальтоза. Його зброджування відбувається за рівнянням

$$C_{12}H_{22}0_{11} + H_20 = 4C_2H_5OH + 4C0_2,$$

тобто з 342 мас. ч. мальтози утворюється 44 * 4 = 176 мас. ч. діоксиду вуглецю і 184 мас. ч. спирту.

Для 12 %-го пива дійсний ступінь зброджування приймаємо 57 %. За наведеними розрахунками об'єм холодного сусла 1 дал 12 %-го пива дорівнює 1,0744 дал, а маса його

$$1,0744 * 1,04837 * 10 = 11,26 \text{ кг.}$$

За 12 %-ї концентрації сусло містить екстракту

$$11,26 * 0,12=1,35 \text{ кг.}$$

З цієї кількості екстракту зброджується

$$1,35 * 0,57 = 0,8 \text{ кг.}$$

У процесі зброджування виділяється діоксиду вуглецю

$$\frac{0,8*176}{342} = 0,41 \text{ кг.}$$

Приймаємо, що вміст зв'язаного діоксиду вуглецю становить 0,5%

маси пива, тобто його кількість дорівнює

$$11,26 * 0,005= 0,056 \text{ кг.}$$

Вільного діоксиду вуглецю під час зброджування 1 дал 12 % -го сусла виділяється

$$0,5 - 0,05 = 0,45 \text{ кг.}$$

Ступінь зброджування 13 %-го пива світлого — 64 %. Маса холодного сусла на 1 дал пива дорівнює

$$1,0744 * 1,0527 * 10 = 11,31 \text{ кг,}$$

екстракту в суслі

$$11,31 * 0,13 = 1,47 \text{ кг,}$$

зброджується екстракту

$$1,47 * 0,64 = 0,94 \text{ кг,}$$

утворюється $C0_2$

$$\frac{0,94*176}{342} = 0,48 \text{ кг.}$$

З цієї кількості зв'язується пивом $C0_2$

$$11,31 * 0,003=0,034 \text{ кг},$$

і виділяється вільного $C0_2$

$$0,48 – 0,034=0,446 \text{ кг}.$$

Ступінь зброджування 13 %-го пива темного — 61 %. Маса холодного сусла на 1 дал пива дорівнює

$$1,0744 * 1,0527 * 10 = 11,31 \text{ кг},$$

екстракту в суслі

$$11,31 * 0,13 = 1,47 \text{ кг},$$

зброджується екстракту

$$1,47 * 0,61 = 0,89 \text{ кг},$$

утворюється $C0_2$

$$\frac{0,89*176}{342} = 0,46 \text{ кг}.$$

З цієї кількості зв'язується пивом $C0_2$

$$11,31 * 0,003=0,034 \text{ кг},$$

і виділяється вільного $C0_2$

$$0,46 – 0,034=0,426 \text{ кг}.$$

Дані продуктового розрахунку перераховують на 1 дал готового пива і на його річний випуск [13].

Результати розрахунків наведені у табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Результати розрахунків

Продукт	Одиниця вимірю - вання	Сировина, напівпродукти, відходи для сортів пива					
		12 %-го		13 %-го світлого		13 %-го темного	
		на 1 дал	на 6500 дал	на 1 дал	на 3250 дал	на 1 дал	на 3250 дал
Солод:							
світлий	кг	2,02	13130	2,2	7150		
темний						2,16	7020
Хміль		0,0168	109,2	0,0204	66,3	0,0218	70,85
Сусло:		1,1742					
гаряче	дал	1,0744	7632,3	1,1755	3820,38	1,164	3783
охолоджене			6983,6	1,0744	3491,8	1,0744	3491,8
Пиво:		1,0508					
молоде		1,0256	6830,2	1,0508	3415,1	1,0508	3415,1
фільтро-ване		1,000	6666,4	1,0256	3333,2	1,0256	3333,2
товарне			6500	1,000	3250	1,000	3250
Дробина:							
пивна	кг	2,4	15600	2,62	8515	2,56	8320
хмельова		0,0504	327,6	0,0612	198,9	0,0654	212,55
Дріжджі:							
насіннєві	л	0,085	552,5	0,085	276,25	0,085	276,25
товарні		0,095	617,5	0,095	308,75	0,095	308,75
Шлам при сепаруванні	кг	0,031	201,5	0,031	100,75	0,031	100,75
Відстій в апаратах доброджування		0,03	195	0,03	97,5	0,03	97,5
Діоксид вуглецю бродіння		0,45	1012,5	0,446	1449,5	0,426	1384,5
Витрати діоксиду вуглецю у виробництві		—	—	—	—	—	—

4.2.6 Розрахунки і підбір обладнання

1. Розрахунок двухвальцевої дробарки

З конструктивних міркувань задаємося такими параметрами:

- діаметром вальців $D_{вал} = 0{,}25$ м;
- довжиною вальців $L_{вал} = 0{,}2$ м;
- окружна швидкість яких становить $v_{вал} = 1.5 м/с$,
- насипна щільність товарного солоду $\rho_{сол} = 530 кг/м^3$;

- зазор між вальцями коливається в межах i = 0 ... 0,025 м;
- середній діаметр надходять на подрібнення часток солоду $d_{сол}$ = 0,003 м;
- динамічний коефіцієнт тертя частинок солоду об поверхню вальців f = 0,37;
- кут захоплення α = 10 °;
- коефіцієнт нерівномірності подачі на розмел ψ = 0,5;
- питома потужність на кожен кілограм часовий продуктивності $N_{пит}$ = 0,004 кВт.

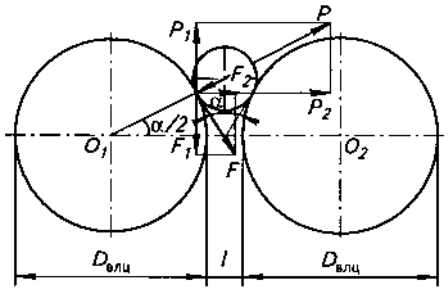


Рис. 4.2. Схема між валкової робочої зони двухвальцевої дробарки

Визначаємо зазор між вальцями:

$$i = 2\left[\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\left(\frac{D_{вал}}{2}+\frac{d_{сол}}{2}\right)-\frac{D_{вал}}{2}\right] = 2\left[\cos\left(\frac{10}{2}\right)\left(\frac{0.25}{2}+\frac{0{,}003}{2}\right)-\frac{0{,}25}{2}\right] = 0{,}002 \text{ м}$$

Частота обертання вальців:

$$n_{иал} = \frac{v_{вал}}{\pi D_{вал}} = \frac{1{,}5}{3{,}14 \cdot 0{,}25} = 1{,}91 c^{-1}$$

Фактична продуктивність дробарки:

$$G_{др.ф.} = 3600 \cdot \pi \cdot \psi \cdot \rho_{сол} \cdot D_{вал} \cdot n_{вал} \cdot L_{вал} \cdot i = 3600 \cdot 3.14 \cdot 0.5 \cdot 530 \cdot 0.25 \cdot 1.91 \cdot 0.2 \cdot 0.002 = 572.6 кг/год$$

Необхідна потужність для обертання вальців:

$$N = G_{др.ф} \cdot N_{пит} = 572.6 \cdot 0{,}004 = 2{,}3 кВт.$$

З конструктивних міркувань приймаємо розміри для бункера подачі солоду:

- ширина 0,3м;
- довжина 0,7м;
- висота 0,6м.

З загальним об´ємом 0,125 м^3.

Загальна висота дробарки з бункером Н = 1,2 м.

2. Конструктивний розрахунок заторно-сусловарильного апарата

Об'єм рідини в апараті:

$$V = \frac{Q \cdot \tau}{\rho};$$

$V = 0{,}42 м^3;$

де $V = V_{рд} + V_{рк};$

Приймаємо D=0,8 м.

$V_{рд}$ – об'єм рідини в циліндричній частині апарата,

$$V_{рд} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, H_р = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}8^2}{4}, H_р = 0{,}5 H_р;$$

$V_{рк}$ – об'єм рідини в конічній частині апарата:

$$V_{рк} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{H_к}{3}; \quad \text{де} \quad H_к = \frac{D}{2 \cdot tg\frac{\alpha}{2}}; \quad H_к = \frac{0{,}8}{2 \cdot tg 70°} = 0{,}15 м.$$

Тоді $V_{рк} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}8^2}{4} \cdot \frac{0{,}15}{3} = 0{,}023 м^3;$

V = V – Vк =0,42 – 0,23 = 0,397 м3.

З виразу знаходження об'єму циліндра, маємо:

$H_ц = V_ц /(\pi R^2)=0{,}397/(3{,}14 \cdot 0{,}42) = 0{,}82$ м.

Приймаємо $H_ц = 0{,}9$ м.

Загальна висота заторно-сусловарильного апарата:

$H=h_ц + H_{кр} + H_к = 0{,}9 + 0{,}1 + 0{,}14 = 1{,}5$ м.

3. Розрахунок фільтраційної частини апарата для фільтрації пивного затору

Розрахунок розмірів фільтраційного апарата при затиранні G = 100 кг зернопродуктів. Вихід сирої дробини з 100 кг зернопродуктів, що затираються VR= 140л. Висота шару дробини на фільтраційному ситі

h=0,3 - 0,35 м.

Поверхня площі фільтрування:

$$F = \frac{G \cdot V_R}{100 \cdot h} = \frac{80 \cdot 0{,}14}{100 \cdot 0{,}3} = 0{,}37 м^2$$

Внутрішній діаметр апарата :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}37}{3{,}14}} = 0{,}7 м$$

За дослідними даними, рекомендується на 1т зернопродуктів, що затираються, приймати $V_{пит}$ = 6–7 м^3 місткості фільтраційного апарата.

Повна місткість фільтраційного апарата при $V_{пит}$ = 6м^3/т:

$$V = V_{ПИТ} \cdot G = 6 \cdot 0{,}08 = 0{,}48 м^2.$$

Висота апарата :

$$H = \frac{V}{F} = \frac{0{,}48}{0{,}37} = 1{,}3 м$$

Підситовий простір приймаємо в межах 8 – 14 мм. Приймаємо 12 мм.

Кількість фільтрувальних кранів n розрахуємо, виходячи з умови, що на 1,2-1,5 м^2 площі поверхні фільтрування встановлюється 1 кран, тоді

$$n = \frac{F}{1{,}2} = \frac{0{,}37}{1{,}2} = 0{,}3,$$

Приймаємо n = 1

4. Розрахунок параметрів для ефекту вірпула

Для гідроциклонного апарату технологічний розрахунок зводиться до розрахунку об'єму апарату залежно від коефіцієнта заповнення апарату і продуктивності сусловарильного апарату.

$V_{ап} = V_{сус} / k$,

де $V_{ап}$- робочий об'єм гідроциклонного апарату;

$V_{сус}$ - об'єм гарячого сусла;

k- коефіцієнта заповнення апарату.

$V_{сус}$ =350 л.

k=0,8

Робочий об'єм гідроциклонного апарату:

Vап.=350 /0,8=437,5 л.

Конструктивний об'єм апарату дорівнює:

$V = \pi \cdot R^2 \cdot H = 3.14 \cdot 0.35^2 \cdot 1.25 = 0{,}48 м^3$

Висота стовпа сусла або максимальна глибина воронки, що утвориться при обертанні рідини в апараті (м) :

$h = V / (\pi \cdot R^2) = 0{,}48 / (3{,}14 \cdot 0{,}35^2) = 1{,}2$ м.

Беручи до уваги необхідність утворення на дні щільного осаду малого діаметру й початкового радіуса ядра вихря $r_{СЦ}$, що перебуває в межах 0,32R $<$ $r_{СЦ}$ $<$ 0,7R, вибираємо $r_я = 0{,}35\ R$, тобто, $r_{СЦ} = 0{,}14$ м (радіус ядра вихря $r_я$ залежить від відношення висоти стовпа сусла h, рівного глибині воронки, до повної висоти стовпа рідини в апараті H, тобто величина радіуса $r_{СЦ}$ коливається від $r_{СЦ} \to 0$ при h/H $\to 1$ до $r_я \to$ R при h/H $\to 0$

Відношення h/H вибирають у межах 0,9 $>$ (h/H) $>$0,5.

Визначимо колову швидкість ядра вихря (м/с) з рівняння:

$$v_я = \sqrt{2 \cdot g \cdot h/(1 - \frac{r}{R^2})}$$

$$v_я = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}2}{\left(1 - \frac{0{,}14}{0{,}35^2}\right)}} = 3{,}4 \text{ м/с}$$

Кутова швидкість обертання ядра вихря:

$$\varpi = \frac{v_я}{r_я} = \frac{3{,}4}{0{,}14} = 24{,}2 \text{ м/с.}$$

Розгінна швидкість, з якою сусло тангенціально входить в апарат (м/с):

$$v_р = П - Def в€™ R = 24{,}2 \cdot 0{,}35 = 8{,}47 \text{ м/с.}$$

Оскільки швидкість $v_р$ коливається від 6 до 20 м/с, вибираємо оптимальну швидкість подачі 10 м/с і продовжуємо подальші розрахунки з врахуванням цього значення швидкості.

Переріз сопла, по якому входить сусло в апарат ($м^2$), визначається по формулі:

$$f = V / v_р \cdot \tau = 0{,}35 / 10 \cdot 120 = 0{,}00029 \text{ м}^2.$$

Звідки діаметр сопла d дорівнює:

$$d = \sqrt{4 \cdot f / \pi} = \sqrt{4 \cdot 0{,}00029 / 3{,}14} = 0{,}019 м$$

Внутрішній радіус гідроциклонного апарату, R = 0,35 м.

Обсяг гарячого сусла, V = 0,35$м^3$.

Втрата тиску в трубопроводі, що нагнітає, $P_Т$ = 551293 Па.

Час наповнення апарата, τ = 2 хв (120 с).

Густина сусла при температурі, t = 90°C, $\rho_с$ = 1015 кг/$м^3$.

Гаряче сусло насосом зі швидкістю 10 м/с тангенціально подається в апарат. Після припинення подачі сусло продовжує обертатися в апараті ще протягом 20-30 хв. У цей час під дією відцентрової сили частки швидко осідають у вигляді щільного конуса осаду в центрі днища. Тривалість циклу освітлення сусла в гідроциклоні, включаючи заповнення апарата, освітлення, злив освітленого сусла і мийку апарата, становить 2-3 год.

5. Конструктивний розрахунок ЦКБА

Повний об'єм апарата складає 0,35 м^3. ЦКБА заповнюють для бродіння не повністю, оскільки при підйомі CO_2 утворюються завитки, що займають значний об'єм. У крайньому випадку завитки піднімаються через верхні клапани та можуть закупорити запобіжну арматуру. Це дуже небезпечно, оскільки засохле сусло може так заблокувати арматуру, що вона не повинен складати на менше 15-25 % від об'єму початкового сусла. Приймемо коефіцієнт заповнення φ= 0,75.

Таким чином об´єм апарата буде рівним 0,45 м^3.

Розрахунок геометричних розмірів апарату

Приймемо діаметр апарату 800 мм. Кут нахилу конуса всередині приймемо значення 70°. Розрахунок ЦКБА складається з визначення суми об'ємів:

- циліндричної частини;
- конічної частини.

$$tg\frac{\varphi}{2}=\frac{R}{h_k}=\frac{D}{2h_k}$$

$$tg\frac{\varphi}{2}=tg\frac{70}{2}=\frac{800}{2h_k}.$$

Висота конуса в нижній частині апарату:

$$h_k=\frac{D}{2tg35^\circ}=\frac{800}{2\cdot 0,7}=570мм.$$

Місткість конусної нижньої частини ЦКБА:

$$V_k=\frac{\pi r^2 h}{3}=\frac{800}{2h_k}=0,09м^3.$$

Розрахуємо циліндричну частину апарата:

$$V = V – V_к =0,45 – 0,09 = 0,36 м^3.$$

З виразу знаходження об'єму циліндра маємо:

$$h_ц = V_ц /(\pi R^2)=0,36/(3,14\cdot 0,42) = 0,75 м.$$

Загальна висота ЦКБА:

$$H=h_ц +h_в+h_к = 0,75+ 0,1+ 0,57 = 1,4м.$$

4.2.7 Технохімічний і мікробіологічний контроль

Технохімічний і мікробіологічний контроль наведений у табл 4.18.

Таблиця 4.18 - Технохімічний і мікробіологічний контроль

Стадія технологічного процесу	Обєкт контролю	Місце відбору прооби	Контрольований показник, одиниця виміру	Метод контролю	Норма або технологічні показники	Періодичність відбору проби	Відповідальний за проведення аналізу
1	2	3	4	5	6	7	8
Затирання	Затор	Заторно-сусловарильний апарат	Температура, ºС	Термомет-ром	40-42 52-53 62-63 70-72 100 76-78	В кожній варці	Технолог
			pH	pH-метром	5,5-5,6	Те ж саме	Те ж саме
			Оцукрювання	Проба на йод	Забарвлення не змінюється	-‘‘-	-‘‘-
	Загальний екстракт дробини	Фільтрацій-ний апарат	Концентрація сухих речовин, %	Пікно-метричний метод	1,5-2,0	В кожній варці	-‘‘-
	Вимивний екстракт	Фільтрацій-ний апарат	Концентрація сухих речовин, %	Пікно-метричний метод	0,5-0,7	В кожній варці	-‘‘-
	Екстракт промивних вод	Крани фільтрацій-ної батареї	Концентрація сухих речовин, %	Цукроміром	0,4-0,5	В кожній варці	-‘‘-

Закінчення табл. 4.18

1	2	3	4	5	6	7	8
	Сусло	Сусловарильний апарат	Концентрація екстрактивних речовин, %	Цукроміром	11	В кожній варці	-‘‘-
				Пікно-метричний метод	10,8-11	Те ж саме	-‘‘-
			Кислотність, у $см^3$ 1н розчину NaOH на 100 см3	Титруван-ням	0,9-1,2	-‘‘-	-‘‘-
			Колірність, $см^3$ 0,1н розчину йоду на 100см3	Титруван-ням	Не більше 0,23	-‘‘-	-‘‘-
Бродіння і доброджування	Пиво	ЦКБА	pH	pH-метром	5,2-4,2	Після заповнення через кожні 24 год; після охолодження через 48 год	Оператор процесу
			Видимий вміст СР протягом бродіння,%	Ареометром	1,2; 2-2 – 2,5	Через кожні 24 год; після охолодження через 48 год	Те ж саме
			Видимий вміст СР в кінці головного бродіння,%	Ареометром	2-2,4; допускається 1,8-2,6	До і після сепарації	-‘‘-
			Об’ємна частка спирту, не менше % об.	Спиртомір	Білий лев - 4,6 Байкер - 5 Живе Традиційне - 5,5	Після закінчення доброджува-ння	Оператор процесу
Розлив у кеги	Пиво	Кег	Визначення повноти наливу, $дм^3$		25±0,3	Один раз на зміну	Оператор процесу

РОЗДІЛ 5 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5.1 Встановлення оптимальних значень кількості внесення ферментного препарату в затор та вибору доби пророщування ячменю для досягнення необхідної екстрактивності в суслі

Для досягнення оптимальних значень кількості внесення ФП в затор та вибору доби пророщування ячменю необхідно побудувати рівняння регресії з використанням результатів, отриманих під час повного факторного експерименту.

Завдяки попередньо отриманим результатам (табл. 3.4) визначено такі вхідні параметри, які впливають на екстрактивність в суслі.

Вхідні параметри:

ФП – ферментний препарат, см^3;

ДП – доба пророщування ячменю, діб.

Вихідна функція:

E – екстрактивність, %

Параметри були проранговані наступним чином:

X_1 – ФП

X_2 – ДП

1. Записуємо рівняння майбутньої залежності у вигляді полінома першого порядку [4].

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_{1,2} \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (4.1)$$

2. Вибираємо рівні варіювання вхідних параметрів:

	X_1	X_2
+	0,1	4
0	0,065	3
-	0,03	2
Δ	0,035	1

3. Кодування вхідних параметрів:

$$Z_i = \frac{x_i - x_{0i}}{\Delta_i}; \quad (4.2)$$

$$Z_1 = \frac{0.1 - 0.065}{0.035} = 1;\ Z_1 = \frac{0.03 - 0.065}{0.035} = -1;$$

$$Z_2 = \frac{4 - 3}{1} = 1;\ Z_2 = \frac{2 - 3}{1} = -1;$$

$y = b_0 + b_1 \cdot z_1 + b_2 \cdot z_2 + b_{1,2} \cdot z_1 \cdot z_2 -$ рівняння регресії в кодованому вигляді.

4. Вибираємо кількість паралельних дослідів:

$$(n \geq 2) m = 2 \tag{4.3}$$

Визначена кількість дослідів повного факторного експерименту:

$$N = 2^2 = 4$$

5. Побудова матриці планування експерименту:

№	z_0	z_1	z_2	$z_1 \cdot z_2$	y_1	y_2	$\bar{y}$	$S^2_{\text{одн}}$
1	+	+	+	+	79,7	79,5	79,6	0,02
2	+	+	-	-	78,9	78,7	78,8	0,02
3	+	-	+	-	80,0	79,6	79,8	0,08
4	+	-	-	+	78,5	78,3	78,4	0,02

Статистична обробка даних

1. Перевірка дисперсії вхідної величини на однорідність [4]:

$$S^2_{\text{одн}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2}{(m-1)}; \tag{4.4}$$

$$S^2_{\text{одн1}} = \frac{(79{,}7 - 79{,}6)^2 + (79{,}5 - 79{,}6)^2}{(2-1)} = 0{,}02;$$

$$S^2_{\text{одн2}} = \frac{(79{,}8 - 79{,}7)^2 + (79{,}6 - 79{,}7)^2}{(2-1)} = 0{,}02;$$

$$S^2_{\text{одн3}} = \frac{(80{,}0 - 79{,}8)^2 + (79{,}6 - 79{,}8)^2}{(2-1)} = 0{,}08;$$

$$S^2_{\text{одн4}} = \frac{(78{,}5 - 78{,}4)^2 + (78{,}3 - 78{,}4)^2}{(2-1)} = 0{,}02.$$

Розраховуємо критерій Кохрена:

$$G_p = \frac{S^2_{\text{одн.}max}}{\sum_{i=1}^{N} S^2_{\text{одн.}i}}, \tag{4.5}$$

$$G_p = \frac{0{,}08}{0{,}02 + 0{,}02 + 0{,}08 + 0{,}02} = 0{,}57.$$

Якщо виконується умова: $G_p < G_m$, то гіпотеза про однорідність дисперсії приймається:

$G_m = 0{,}9065$, при $f_1 = m - 1 = 2 - 1 = 1$; $f_2 = \text{N} = 4$

Виконується умова $G_p < G_m$, тобто $0{,}57 < 0{,}9065$. Отже, дисперсії однорідні, а значення вихідної величини є відтворюваним.

2. Розрахунок дисперсії відтворюваності [4]:

$$S^2_{\text{відтв.}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} S^2_{\text{одн.}i}}{N}, \tag{4.6}$$

$$S^2_{\text{відтв.}} = \frac{0{,}14}{4} = 0{,}035.$$

3. Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії:

$$b_k = \frac{\sum_{i=1}^{N} z_{ki} \cdot \bar{y}_i}{N};\ b_0 = \frac{\sum \bar{y}_i}{N}; \tag{4.7}$$

$$b_0 = \frac{+79{,}6 + 78{,}8 + 79{,}8 + 78{,}4}{4} = 79{,}15;$$

$$b_1 = \frac{+79{,}6 + 78{,}8 - 79{,}8 - 78{,}4}{4} = 0{,}05;$$

$$b_2 = \frac{+79{,}6 - 78{,}8 + 79{,}8 - 78{,}4}{4} = 0{,}55;$$

$$b_{1,2} = \frac{+79{,}6 - 78{,}8 - 79{,}8 + 78{,}4}{4} = -0{,}15;$$

4. Перевірка коефіцієнтів регресії на значущість (за критерієм Стьюдента):

$$t_{bk} = \frac{|b_k|}{S_k};\ S_k = \sqrt{S_k^2}; \tag{4.8}$$

$$S_k^2 = \frac{S^2_{\text{відтв.}}}{N} = \frac{0{,}035}{4} = 0{,}00875;$$

$$S_k = \sqrt{0{,}00875} = 0{,}09;$$

Тоді:

$$t_{b0} = \frac{79{,}4}{0.09} = 879{,}4;$$

$$t_{b1} = \frac{0{,}05}{0.09} = 0{,}55;$$

$$t_{b2} = \frac{0{,}55}{0.09} = 6{,}11;$$

$$t_{b1,2} = \frac{0{,}15}{0.09} = 1{,}6.$$

Визначаємо табличне значення (за критерієм Стьюдента) [4]:

$t_m = 2{,}78$, при $\alpha = 0{,}05$, $f = N(m-1) = 4(2-1) = 4$.

Для $t_{b0} > t_m$; $t_{b1} > t_m$; $t_{b2} > t_m$; $t_{b12} > t_m$.

Отримані числові значення коефіцієнтів t_{b0}, t_{b2} більше ніж табличний, отже ці коефіцієнти є значущими. Числові значення коефіцієнтів t_{b1}, $t_{b1,2}$ менше ніж табличний, отже ці коефіцієнти не значущі і з рівняння регресії їх можна виключити.

Тоді, рівняння регресії у спрощеному вигляді:

$$y = 79{,}4 + 0{,}55 \cdot z_2;$$

5. Перевірка рівняння регресії на адекватність (за критерієм Фішера) [4]:

$$\boldsymbol{F_p = \frac{S^2_{\text{ад.}}}{S^2_{\text{відтв.}}}}; \tag{4.9}$$

$$\boldsymbol{S^2_{\text{ад.}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} (\hat{y}_l - \bar{y}_i)^2}{N - l};\ l = 2} \tag{4.10}$$

Спочатку необхідно визначити розрахункові значення критерію оптимальності $\hat{y}$:

$$\hat{y}_1 = \hat{y}_3 = 79{,}4 + 0{,}55 \cdot (+1) = 79{,}95;$$

$$\hat{y}_2 = \hat{y}_4 = 79{,}4 + 0{,}55 \cdot (-1) = 78{,}85;$$

$$S^2_{\text{ад.}} = \frac{(79{,}95 - 79{,}6)^2 + (78{,}85 - 78{,}8)^2 + (79{,}95 - 79{,}8)^2 + (78{,}85 - 78{,}4)^2}{4 - 2}$$

$$= \frac{0{,}1225 + 0{,}0025 + 0{,}0225 + 0{,}2025}{2} = 0{,}175;$$

$$F_p = \frac{0{,}175}{0{,}035} = 5.$$

Знаходимо табличне значення критерія Фішера:

$S^2_{\text{ад}} > S^2_{\text{відтв}}$, отже $k_1 = f_1 = 4 - 2 = 2, k_2 = f_2 = 4$, рівень значущості $\alpha = 0{,}05$

$F_{\text{т}} = 6.94$

$F_p(5) < F_{\text{т}}(6.94)$ – рівняння адекватне.

Отримана математична модель у формі рівняння регресії є адекватною реальному процесу. Отже, рівняння може бути підставою для пошуку оптимальних умов ведення процесу.

Тому:

$$Z_2 = \frac{\text{ДП} - 3}{1};$$

$$y = 79{,}4 + 0{,}55 \cdot z_2;$$

$$E = 79{,}4 + \frac{0{,}55(\text{ДП} - 3)}{1} = 77{,}75 + 0{,}55 \cdot \text{ДП};$$

$$E_1 = 77{,}75 + 0{,}55 \cdot 4 = 79{,}95;$$

$$E_2 = 77{,}75 + 0{,}55 \cdot 2 = 78{,}85;$$

Розрахуємо відносну похибку:

$$\varepsilon_i = \frac{|\bar{y}_i - E_i|}{\bar{y}_i} * 100\%; \qquad (4.11)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{|79{,}8 - 79{,}95|}{79{,}8} * 100\% = 0{,}2\%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{|78{,}4 - 78{,}85|}{78{,}4} * 100\% = 0.6\%$$

$$\boldsymbol{\varepsilon = \frac{0.2 + 0.6}{2} = 0.4\%}$$

Висновки. Отримано рівняння регресії залежності екстрактивних речовин в суслі від кількості внесеного ферментного препарату в межах варіювання від 0,03 до 0,1 см^3 та доби пророщування ячменю в межах – від 2 до 4 доби з середньо відносною похибкою 0,4%. За кінцевим рівнянням можна визначити вміст екстрактивних речовин у суслі.

5.2 Встановлення оптимальних значень кількості внесення ферментного препарату в затор та вибору доби пророщування ячменю для досягнення необхідної вмісту амінного азоту в суслі

Для досягнення оптимальних значень кількості внесення ФП в затор та вибору доби пророщування ячменю необхідно побудувати рівняння регресії з використанням результатів, отриманих під час повного факторного експерименту.

Завдяки попередньо отриманим результатам (табл. 3.4) визначено такі вхідні параметри, які впливають на вміст амінного азоту в суслі.

Вхідні параметри:

ФП – ферментний препарат, см^3;

ДП – доба пророщування ячменю, діб.

Вихідна функція:

AA – вміст амінного азоту в суслі, мг/100 г СР

Параметри були проранговані наступним чином:

X_1 – ФП

X_2 – ДП

6. Записуємо рівняння майбутньої залежності у вигляді полінома першого порядку [4].

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_{1,2} \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (4.12)$$

Вибираємо рівні варіювання вхідних параметрів:

	X_1	X_2
+	0,1	4
0	0,065	3
-	0,03	2
Δ	0,035	1

1. Кодування вхідних параметрів:

$$Z_i = \frac{x_i - x_{0i}}{\Delta_i}; \quad (4.13)$$

$$Z_1 = \frac{0.1 - 0.065}{0.035} = 1;\ Z_1 = \frac{0.03 - 0.065}{0.035} = -1;$$

$$Z_2 = \frac{4 - 3}{1} = 1;\ Z_2 = \frac{2 - 3}{1} = -1;$$

$y = b_0 + b_1 \cdot z_1 + b_2 \cdot z_2 + b_{1,2} \cdot z_1 \cdot z_2 -$ рівняння регресії в кодованому вигляді.

2. Вибираємо кількість паралельних дослідів:

$$(n \geq 2) m = 2 \quad (4.14)$$

Визначена кількість дослідів повного факторного експерименту:

$$N = 2^2 = 4$$

3. Побудова матриці планування експерименту:

№	z_0	z_1	z_2	$z_1 \cdot z_2$	y_1	y_2	$\bar{y}$	$S^2_{\text{одн}}$
1	+	+	+	+	196	204	200	32
2	+	+	-	-	152	156	154	8
3	+	-	+	-	210	220	215	50
4	+	-	-	+	180	184	182	8

Статистична обробка даних

6. Перевірка дисперсії вхідної величини на однорідність [4]:

$$S^2_{\text{одн}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2}{(m-1)}; \quad (4.15)$$

$$S^2_{\text{одн1}} = \frac{(196-200)^2 + (204-200)^2}{(2-1)} = 32;$$

$$S^2_{\text{одн2}} = \frac{(152-154)^2 + (156-154)^2}{(2-1)} = 8;$$

$$S^2_{\text{одн3}} = \frac{(210-215)^2 + (220-215)^2}{(2-1)} = 50;$$

$$S^2_{\text{одн4}} = \frac{(180-182)^2 + (184-182)^2}{(2-1)} = 8.$$

Розраховуємо критерій Кохрена:

$$G_p = \frac{S^2_{\text{одн.}max}}{\sum_{i=1}^{N} S^2_{\text{одн.}i}}, \quad (4.16)$$

$$G_p = \frac{50}{32+8+50+8} = 0.51.$$

Якщо виконується умова: $G_p < G_m$, то гіпотеза про однорідність дисперсії приймається:

$G_m = 0.9065$, при $f_1 = m - 1 = 2 - 1 = 1$; $f_2 = \text{N} = 4$

Виконується умова $G_p < G_m$, тобто $0.51 < 0.9065$. Отже, дисперсії однорідні, а значення вихідної величини є відтворюваним.

7. Розрахунок дисперсії відтворюваності [4]:

$$S^2_{\text{відтв.}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} S^2_{\text{одн.}i}}{N}, \quad (4.17)$$

$$S^2_{\text{відтв.}} = \frac{98}{4} = 24.5.$$

8. Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії:

$$b_k = \frac{\sum_{i=1}^{N} z_{ki} \cdot \bar{y}_i}{N};\ b_0 = \frac{\sum \bar{y}_i}{N}; \quad (4.18)$$

$$b_0 = \frac{+200 + 154 + 215 + 182}{4} = 187.75;$$

$$b_1 = \frac{+200 + 154 - 215 - 182}{4} = -10.75;$$

$$b_2 = \frac{+200 - 154 + 215 - 182}{4} = 19.75;$$

$$b_{1,2} = \frac{+200 - 154 - 215 + 182}{4} = 3.25;$$

9. Перевірка коефіцієнтів регресії на значущість (за критерієм Стьюдента):

$$t_{bk} = \frac{|b_k|}{S_k};\ S_k = \sqrt{S_k^2}; \quad (4.19)$$

$$S_k^2 = \frac{S_{\text{відтв.}}^2}{N} = \frac{24.5}{4} = 6.125;$$

$$S_k = \sqrt{6.125} = 2.475;$$

Тоді:

$$t_{b0} = \frac{187.75}{2.475} = 75{,}86;$$

$$t_{b1} = \frac{10.75}{2.475} = 4{,}34;$$

$$t_{b2} = \frac{19.75}{2.475} = 7{,}98;$$

$$t_{b1,2} = \frac{3.25}{2.475} = 1{,}31.$$

Визначаємо табличне значення (за критерієм Стьюдента) [4]:

$t_m = 2{,}78$, при $\alpha = 0{,}05$, $f = N(m-1) = 4(2-1) = 4$.

Для $t_{b0} > t_m$; $t_{b1} > t_m$; $t_{b2} > t_m$; $t_{b12} < t_m$.

Отримані числові значення коефіцієнтів t_{b0}, t_{b1}, t_{b2} більше ніж табличний, отже ці коефіцієнти є значущими. Числове значення коефіцієнта $t_{b1,2}$ менше ніж табличний, отже цей коефіцієнт не значущий і з рівняння регресії його можна виключити.

Тоді, рівняння регресії у спрощеному вигляді:

$$y = 187{,}75 - 10{,}75 \cdot z_1 + 19{,}75 \cdot z_2;$$

10. Перевірка рівняння регресії на адекватність (за критерієм Фішера):

$$\boldsymbol{F_p} = \frac{\boldsymbol{S_{\text{ад.}}^2}}{\boldsymbol{S_{\text{відтв.}}^2}}; \quad (4.20)$$

$$\boldsymbol{S_{\text{ад.}}^2} = \frac{\sum_{i=1}^{N} (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2}{N - l};\ \boldsymbol{l = 3} \quad (4.21)$$

Спочатку необхідно визначити розрахункові значення критерію оптимальності $\hat{y}$:

$$\hat{y}_1 = 187.75 - 10.75 \cdot (+1) + 19.75 \cdot (+1) = 196.75;$$

$$\hat{y}_2 = 187.75 - 10.75 \cdot (+1) + 19.75 \cdot (-1) = 157.25;$$

$$\hat{y}_3 = 187.75 - 10.75 \cdot (-1) + 19.75 \cdot (+1) = 218.25;$$

$$\hat{y}_4 = 187.75 - 10.75 \cdot (-1) + 19.75 \cdot (-1) = 178.75;$$

$$S^2_{\text{ад.}} = \frac{(196.75 - 200)^2 + (157.25 - 154)^2 + (218.25 - 215)^2 + (178.75 - 182)^2}{4 - 3}$$

$$= \frac{10{,}56 + 10{,}56 + 10{,}56 + 10{,}56}{1} = 42.24;$$

$$F_p = \frac{42.24}{24.5} = 1{,}72.$$

Знаходимо табличне значення критерія Фішера:

$S^2_{\text{ад}} > S^2_{\text{відтв}}$, отже $k_1 = f_1 = 4 - 3 = 1, k_2 = f_2 = 4$, рівень значущості $\alpha = 0{,}05$

$F_{\text{т}} = 7.71$

$F_p(1{,}72) < F_{\text{т}}(7.71)$ – рівняння адекватне.

Отримана математична модель у формі рівняння регресії є адекватною реальному процесу. Отже, рівняння може бути підставою для пошуку оптимальних умов ведення процесу [4].

Тому:

$$Z_1 = \frac{\text{ФП} - 0.065}{0.035};\ Z_2 = \frac{\text{ДП} - 3}{1};$$

$$y = 187{,}75 - 10{,}75 \cdot z_1 + 19{,}75 \cdot z_2;$$

$$AA = 187{,}75 - \frac{10{,}75(\text{ФП} - 0.065)}{0.035} + \frac{19{,}75(\text{ДП} - 3)}{1} = 145{,}46 - 307{,}14 \cdot \text{ФП} + 19{,}75 \cdot \text{ДП};$$

$$AA_1 = 148{,}46 - 307{,}14 \cdot 0{,}1 + 19{,}75 \cdot 4 = 196{,}75;$$

$$AA_2 = 148{,}46 - 307{,}14 \cdot 0{,}1 + 19{,}75 \cdot 2 = 157{,}25;$$

$$AA_3 = 148{,}46 - 307{,}14 \cdot 0{,}03 + 19{,}75 \cdot 4 = 218{,}25;$$

$$AA_4 = 148{,}46 - 307{,}14 \cdot 0{,}03 + 19{,}75 \cdot 2 = 178{,}75;$$

Розрахуємо відносну похибку:

$$\varepsilon_i = \frac{|\bar{y}_i - AA_i|}{\bar{y}_i} * 100\%; \qquad (4.22)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{|200 - 196{,}75|}{200} * 100\% = 1{,}6\%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{|154 - 157{,}25|}{154} * 100\% = 2{,}1\%$$

$$\varepsilon_3 = \frac{|215 - 218{,}25|}{215} * 100\% = 1{,}5\%$$

$$\varepsilon_1 = \frac{|182 - 175{,}75|}{182} * 100\% = 3{,}4\%$$

$$\boldsymbol{\varepsilon = \frac{1{,}6 + 2{,}1 + 1{,}5 + 3{,}4}{4} = 2{,}15\%}$$

Висновки. Отримано рівняння регресії залежності вмісту амінного азоту в суслі від кількості внесеного ферментного препарату в межах варіювання від 0,03 до 0,1 $см^3$ та доби пророщування ячменю в межах – від 2 до 4 доби з середньо відносною похибкою 2,15%. За кінцевим рівнянням можна визначити вміст амінного азоту у суслі.

РОЗДІЛ 6. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

6.1 Обгрунтування економічної ефективності проекту мініпивоварні

Потреба у фінансових ресурсах

Сума інвестицій в проект складає 3 232 260 грн. В якості інвестора виступають засновники пивоварні. Зазначена сума покриває потребу проекту як в інвестиційних ресурсах, так і в оборотному капіталі.

Матеріально – технічна база реалізації проекту

Для створення пивоварні, передбачається оренда приміщення площею 200 кв. метрів, приміщення повністю відповідає нормативно-технічним та санітарно-гігієнічним вимогам.

Створюване підприємство комплектується новим виробничим обладнанням, меблями та іншими активами за рахунок власних коштів підприємства.

Економічна ефективність проекту

Розрахунок економічної ефективності проведено за допомогою аналізу оцінки інвестицій.

Розрахунковий річний обсяг реалізації продукції становить понад 3 860 000 грн. Чистий приведений дохід склав 1 185 603,09 грн., термін окупності проекту 2,7 роки.

Реалізація проекту передбачає створення 12 робочих місця, всі з повною зайнятістю. Загальна сума відрахувань по податках і зборах складе понад 740 000 грн. на рік.

6.2.Організаційно-правове середовище проекту

6.2.1. Організаційно-правова форма підприємства

Для реалізації даного інвестиційного проекту створюється нова організація.

Вибір організаційно правової форми підприємства здійснено з урахуванням ряду критеріїв, в першу чергу це: простота реєстрації та постановки на облік в державних органах; ступінь відповідальності засновників перед контрагентами та іншими зацікавленими особами в рамках господарських відносин; простота сведення бухгалтерського обліку.

6.2.2. Режим оподаткування

Для цілей розрахунку економічної ефективності даного інвестиційного проекту прийняті наступні ставки оподаткування, визначені Податковим Кодексом України. Податки та обов’язкові збори наведені у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Податки та обов’язкові збори

Податок,збір	База нарахування	Ставка,%	Періодичність сплати
Податок на доходи фізичних осіб	Нарахована заробітна плата	18,6	Щомісяця
Єдиний соціальний внесок	Нарахована заробітна плата	37,18	Щомісяця
Податок на прибуток	Різниця між доходами і витратами	21	Щомісяця

Відповідно до ПК України, податок на прибуток з кожним наступним роком буде зменшуватись, так в 2022 він становитиме 19%, 2023- 16%, для наступних років він залишається на рівні 16%.

6.2.3 Принципи реалізації проекту

Організацію виробництва та надання послуг на підприємстві передбачається з урахуванням таких особливостей:

1. Постійний моніторинг конкурентоспроможності асортименту та постійна робота над його удосконаленням;
2. Власне виробництво живого пива;
3. Використання комплексу заходів щодо формування попиту, ім джу, та формування попиту і стимулювання збуту.

На етапі виходу на ринок головною метою підприємства є формування стійкого попиту на послуги міні-пивоварні вище точки беззбитковості і наступне розширення ринкової частки:

На перший рік функціонування підприємства в інвестиції закладено 44 410 грн. для проведення наступних заходів:

- Реклама в друкованих ЗМІ;
- Реклама на радіо;
- Поширення рекламних буклетів;
- Проведення презентації міні-пивоварні із запрошенням керівників підприємств та ЗМІ.

Як не рекламний метод просування підприємства на ринку передбачається введення дисконтної накопичувальної системи для постійних клієнтів. Основна мета – закріплення кола постійних клієнтів.

6.3. Асортимент і обсяги реалізації

Планові значення у розрізі укрупнених позицій асортименту наведено в таблиці 6.2. Більш детальне уявлення асортименту підприємства на даному етапі реалізації проекту не доцільно, так як меню буде коригуватися в процесі діяльності пивоварні. Наведе уявлення асортименту, дозволяє оцінити економічну ефективність окремих його складових . Всі подальші розрахунки проводяться з урахуванням індексу споживчих цін (за даними державного комітету статистики України для пиво безалкогольної галузі він складає 100,8%, продукти харчування щорічно дорожчають в середньому на 9-10%).

Таблиця 6.2 – Обсяги реалізації у обсягах укрупнених позицій асортименту, грн

Укрупнена позиція асортименту	2021	2022	2023	2024
Пиво Білий лев	936 250,00	1 149 750,00	1 158 948,00	1 168 219,58
Пиво Байкер	655 375,00	804 825,00	811 263,60	817 753,71
Пиво живе Традиційне	749 000,00	919 800,00	927 158,40	934 575,67
Всього:	2340625,0	2874375,0	2897370,0	2920548,96

Аналіз таблиці 6.2 проведемо за допомогою рис 6.1

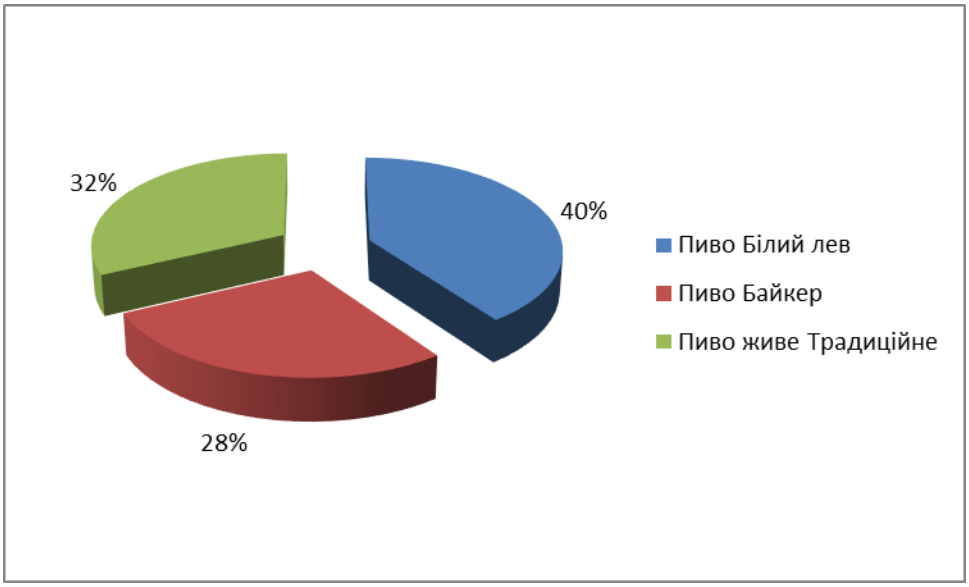


Рис. 6.1. Питома вага доходу від споживання пива

З рис. 6.1. чітко видно, що найбільшу питому вагу в доході від реалізації пива займає пиво «Білий лев». Це пояснюється тим, що ціна в даного пива найнижча, тому обсяги споживання більші. На підставі вказаної вище пива «Білий лев» будемо виробляти найбільше, 50% від загальної потужності міні-пивоварні.

6.3.1.Ціни і цінова політика

Формування цін ґрунтується не на принципі «витрати + норма прибутку», а на співвідношенні позицій асортименту з позиціями конкурентів за критерієм ціна-якість. Ціни, використані при проведені розрахунків, наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахункові ціни на продукцію пивоварні

Укрупнена позиція асортименту	Од. виміру	Ціна за одиницю,грн
Пиво білий лев	1 л	25
Пиво Байкер	1 л	35
Пиво живе традиційне	1 л	40

6.3.2.Забезпечення виробничого процесу сировиною

У відношенні організації виробничого процесу прийняті рішення представлені у таблиці 6.5.

Виходячи з наведених рішень в якості постачальників сировини для виробництва та співвідношення ціна-якість обрані наступні підприємства:

- ТОВ «Оптсервіс» : вода;

- ТОВ «Beer master»: сировина для виготовлення пива;

Таблиця 6.5 – Особливості виробничого процесу по позиціях асортименту

Укрупнена позиція асортименту	Особливості виробничого процесу
Пиво білий лев	Самостійне приготування з сировини
Пиво Байкер	Самостійне приготування з сировини
Пиво живе традиційне	Самостійне приготування з сировини

6.4.Інвестиції та поточні витрати

6.4.1.Графік реалізації проекту та інвестиційних витрат

Загальна сума витрат невиробничого характеру для реалізації даного проекту становить 3 232 260 грн. Основна стаття інвестиційних витрат «Придбання та встановлення основного та допоміжного обладнання». Графік реалізації проекту представлений в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Структура реалізації проекту

№	Назва,роботи, послуги	Термін виконання	Початок	Кінець	Виконувач	Ціна,грн
1.	Франшиза	1	1	150	«Horse Petro'S», Підрядна організація	40 100
	Оренда землі за перші три місяці					159 000
2.	Робоча документація					
2.1.	Робочий проект	45	2	45	Проектна організація	24060
2.1.1.	Технологічний проект	15	2	17	«Horse Petro'S»	24060

Продовження таблиці 6.6.

3.	Підготовка приміщення			30		
3.1.	Прокладка комунікацій:електроенергія, водопостачання,каналізація, вентиляція,кондиціонер 200м.кв. х $ 50=10000	15	45	60	Підрядна організація	80 200
3.2.	Ремонт приміщення "під фарбування",200м.кв. х $ 50=$10000	45	45	90	Підрядна організація	80 200
4.	Поставка и монтаж обладнання					
4.1.	Обладнання для пивоварні	90	1	90	«Horse Petro'S»	1 944 000
4.2	Монтаж					213 840
4.3.	Склад	45	20	65		15 000
4.4.	Монтаж					
5.	Внутрішня реклама	60	60	120	Підрядна організація + «Horse Petro'S»	20 050
6.	Спец. обладнання (система сигналізації, пожежної сигналізації, відеоконтроля, сейфи, детектори валют, супутникове ТВ, інтернет, звукова и відео система ресторану)	45	20	65	Підрядна організація	84 210
7.	Поставка сировини	45	60	90	«Horse Petro'S»	52 130
8.	Сертифікація і ліцензії	60	60		Підрядна організація	24 060
	Всього інвестицій					2760910

З даної таблиці робимо висновок про те, що найбільшу питому вагу в інвестиціях займає обладнання для пивоварні, 1 944 000 грн.

6.4.2.Загальні витрати поточної діяльності підприємства

Організація роботи буде здійснюватися на орендованих площах. Загальна площа пивоварні становить 200 кв. м, у тому числі 108 кв. м – площа пивоварні. Таким чином істотною статею поточних витрат є платежі за оренду: 53 000 грн. на місяць (265 грн. за кв. м.), вказана ціна не буде змінюватися, так я ми заключили договір довгострокової оренди з фіксованою ціною. Зміна ціни може відбутися у зв'язку із збільшенням дисконтної ставки НБУ, що на даний момент часу не прогнозується. Формування і динаміка загальних витрат підприємства наведені в таблиці 6.7

Таблиця 6.7 – Загальних витрати підприємства

Витрати	2021	2022	2023	2024
Орендна плата	371 000	696 000	696 000	696 000
Електроенергія	21 523,6	40 476,7	44 402,9	48 709,99
Реклама	-	21 994,85	24 128,35	26 468,8
Всього:	392 523,6	758 471, 55	764 531,25	771 178,79

Прямі виробничі витрати формуються з витрат на сировину та матеріали і витрат на оплату праці співробітників підприємства. Сумарні витрати на сировину і матеріали по позиціях асортименту наведено в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Витрати на сировину та матеріали

Асортимент	Ум.Од.	Витрати на од.	Сумарні витрати за періодами, грн.			
			2021	2022	2023	2024
Пиво білий лев	0,5л	6,98	261 401,00	497 708,90	545 986,70	598 947,40
Пиво Байкер	0,5л	7,35	137 628,70	262 045,88	287 464,32	315 348,36
Пиво живе традиційне	0,5л	7,8	146 055,00	278 089,50	305 064,18	334 655,40
ВСЬОГО:		22,13	545084,7	1037844,28	1138515,2	1248951,16

6.4.3.Витрати на персонал

Істотною статтею витрат підприємства є оплата праці персоналу. Загальна чисельність персоналу пивоварні становить 12 особи, в тому числі, 3 - управлінський персонал, 9 осіб - виробничий персонал. Розмір заробітної плати визначений виходячи з рівня оплати праці відповідних спеціальностей на ринку праці України. У перспективі передбачається включити до трудових договорів, персоналу пункт про участь у прибутках. За підсумками першого року функціонування пивоварні буде прийнято рішення про створення преміального фонду (у відсотках від чистого прибутку підприємства), розподіл якого буде здійснюватись на основі введення коефіцієнта трудової участі.

Таблиця 6.9 – Витрати на оплату праці персоналу пивоварні, грн.

Посада	К-ть,чоловік	Оклад
Директор	1	17000
Бухгалтер	1	14800
Охоронець	2	12500
Головний технолог	1	15000
Змінний технолог	1	13700
Працівник дробильного відділення	1	12700
Працівник розливу	1	12600
Лаборант	1	12500
Механік	1	14100
Електромонтер	1	13200
Прибиральник	1	11200
РАЗОМ	12	149300

З даної таблиці, робимо висновки, про те що щомісячні витрати на оплату праці працівникам складають 149300 грн., за рік 1791600 грн. Відповідно до Податкового кодексу України підприємство Відноситься до 21 класу ризику, за таких умов сплачується єдиний соціальний внесок в розмірі 37,18 %, тобто 55509,74 грн., щорічно (149300*0,3718)

Подальше збільшення заробітної плати буде відбуватися у результаті збільшення мінімальної заробітної плати, що всередньому за рік становить 9,4%.

6.4.4. Податкові виплати

Суми платежів у розрізі окремих податків та обов'язкових платежів за перші 4 роки реалізації проекту наведено в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Податкові та інші відрахування за обов'язковими платежами 2021-2024 рр.

Платіж	2021	2022	2023	2024
ПДФО	91 270,2	17 1170,7	187 260,8	204 863,3
ЄСВ	182 442,26	342 157,427	374 320,23	409 506,32
ПП	198 873,9186	131 191,34	103 407,16	954 46,78
Разом:	472 586,38	644 519,51	664 988,17	709 816,41

6.5. Організаційний план

Дане підприємство буде дотримуватись лінійно-організаційної структури. Ця структура є чіткою і простої взаємодії, має надійний контроль та дисципліну і повністю відповідає потребам гнучкого і оперативного керівництва.

Основні функції управлінського персоналу визначаються чинним законодавством України, установчими документами підприємства, трудовим договором та посадовими обов'язками, що мають наступний вигляд:

Управлінський персонал :

Директор підпорядковується безпосередньо раді засновників і реалізує наступні функції, як оперативний виконавчий орган ТОВ:

- ✓ Організовує всю роботу товариства;
- ✓ Несе повну відповідальність за його стан і стан трудового колективу;
- ✓ Представляє підприємство у всіх установах і організаціях;
- ✓ Розпоряджається майном підприємства;
- ✓ Укладає договори;
- ✓ Здійснює пошук постачальників сировини, послуг;
- ✓ Розробляє і реалізує збутову і цінову політику підприємства;
- ✓ Видає накази по підприємству відповідно до трудового законодавства;
- ✓ Приймає та звільняє працівників;
- ✓ Застосовує заходи заохочення і накладає стягнення на працівників підприємства.

Бухгалтер підпорядковується безпосередньо директорові, є його заступником з економічних питань і відповідає за наступні функції:

- ✓ Керує роботою з планування та економічного стимулювання на підприємстві, підвищенню продуктивності праці, виявленню і використанню виробничих резервів поліпшенню організації виробництва, праці та заробітної плати;
- ✓ Розробляє нормативи для утворення фондів економічного стимулювання;
- ✓ Проводить всебічний аналіз результатів діяльності підприємства;
- ✓ Розробляє заходи щодо зниження собівартості і підвищення рентабельності підприємства, поліпшення використання виробничих фондів, виявлення та використання резервів на підприємстві;
- ✓ Здійснює облік коштів підприємства і господарських операцій з матеріальними та грошовими ресурсами;
- ✓ Встановлює результати фінансово-господарської діяльності підприємства;
- ✓ Виробляє фінансові розрахунки з замовниками та постачальниками, пов'язані з реалізацією готової продукції, придбанням необхідної сировини, до її завдань також отримання кредитів у банку, своєчасне повернення позичок, стосунки з державним бюджетом;
- ✓ Організовує і веде на підприємстві бухгалтерський і податковий облік відповідно до вимог чинного законодавства та затвердженої облікової політики підприємства.

Технолог підпорядковується безпосередньо директорові і виконує наступні функції:

- ✓ Відповідає за випуск високоякісної продукції та якість асортименту;
- ✓ Відповідає за впровадження у виробництво новітніх досягнень науки і техніки;
- ✓ Відповідає за механізацію та автоматизацію виробничих процесів;
- ✓ Стежить за дотриманням встановленої технології;
- ✓ Здійснює оперативний контроль над ходом виробництва;

- ✓ Розробляє календарні графіки роботи;
- ✓ Усуває причини, що порушують нормальний режим виробництва;
- ✓ Здійснює контроль над комплексністю та якістю готової продукції;
- ✓ Організовує контроль над якістю що надходить на підприємство сировини, матеріалів, напівфабрикатів.

Організаційна структура підприємства представлена в додатках.

1.6.Розрахунок економічної ефективності проекту

Базою для розрахунку економічної ефективності є дані грошового потоку представлені в таблиці 6.11. Ставка дисконтування за даними НБУ, складає 18%.

Таблиця 6.11 – Показники економічної ефективності проекту

Показник		2021	2022	2023	2024
1. Сума інвестицій, тис. грн.	3232260				
2. Виручка від реалізації, тис. грн.		2 876 130,02	3 864 056,04	3 983 050,10	4 111 540,03
3. Витрати на експлуатацію проекту, тис. грн.		2127985,279	3 304 766,65	3 336 755,38	3610444,427
4. Амортизаційні відрахування, тис. грн.		116640	116640	116640	116640
5. Ставка дисконту,%		18	18	18	18
6. Грошові потоки, тис. грн.		864 784,74	675 929,39	762 934,72	617 735,60
7. Дисконтовані грошові потоки, тис. грн.		1020445,995	941164,0811	1253526,164	1202726,845

Сума інвестицій у проект становить 3 232 260 грн., дисконтова ні грошові потоки в результаті реалізації проекту становитимуть 2021-2024 рр. 4417863 грн.

Для оцінки інвестиційних проектів розраховують наступні показники:

1. Чистий приведений дохід – це абсолютна сума ефекту від здійснення інвестицій. Визначається за формулою:

$$ЧПД = ГП_т – ІК,$$

де $ГП_т$ — сума грошового потоку, приведена до теперішньої вартості, за весь період експлуатації інвестиційного проекту (чистий прибуток плюс амортизаційні відрахування); ІК — сума інвестиційних коштів, спрямованих на реалізацію інвестиційного проекту.

Приведення грошового потоку до його теперішньої вартості здійснюють методом дисконтування, використовуючи складні проценти. Теперішню вартість грошового потоку за наведеною методикою можна розрахувати так:

$$ГПт = \frac{ГПм}{(1+i)^{\underline{n}}},$$

де ГПм — майбутня вартість грошового потоку; і — відсоткова ставка, виражена десятковим дробом; n — кількість періодів (місяців, кварталів, років) з початку інвестиційного циклу.

2. Індекс дохідності — це відносний показник, що характеризує ефективність інвестицій. Він визначається відношенням суми грошового по-току, приведеної до теперішньої вартості, до суми інвестиційних коштів:

$$Iд = \frac{ІК}{ГПс}$$

3. Період окупності — найпоширеніший з показників оцінювання ефективності інвестицій. Він допомагає відповісти на питання, за який період вкладені кошти повернуться до інвестора. Період окупності розраховують за формулою:

$$ПО = \frac{ІК}{ГПс}$$

де ГПс — середня сума грошового потоку в теперішній вартості в конк-ретному періоді (у разі короткострокових інвестицій цей період може тривати один місяць, а в разі довгострокових — один рік).

Розрахунок зазначених показників представлений в таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – Ефект від здійснення інвестицій

Показник	Розрахунок	Результат	Висновок
Чистий приведений дохід	3232260-2640944	1185603,09	1885603,09 ▹ 0, отже проект ефективний
Індекс доходності	$\frac{2640944}{3232260}$	1,4	1,4 ▹ 0, отже проек ефективний
Період окупності	$\frac{3232260}{2640944/3,7}$	2,7	Проект повністю окупиться через 2,7 років функціонування

Чистий приведений дохід проекту дорівнює 1 185 603,09 грн. Оскільки, NPV > 0, інвестиційний проект є вигідним для інвесторів. За 3,7 років функціонування проекту грошовий потік не лише задовольняє очікування інвестора у відношенні щодо одержання доходу, а й перевищує очікувані доходи на 1 885 603 грн.

Індекс доходності дорівнює 1,4. Отже PI >0 і проект є ефективним.

В цілому проект можна вважати економічно ефективним, і рекомендувати до реалізації.

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Організація служби охорони праці на підприємстві

Служба охорони праці на підприємствах бродильної промисловості вирішує такі завдання:

- забезпечення працівників підприємства засобами індивідуального захисту;
- професійна підготовка та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- вибір оптимальних режимів праці і відпочинку працівників;
- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- професійний підбір працівників для визначених видів робіт;
- здійснення оперативного та поточного контролю за станом охорони праці на підприємстві;
- участь у підготовці та складанні статистичних звітів підприємства з питань охорони праці;
- планування та контроль витрат коштів на охорону праці з відповідного фонду;

Організація роботи з охорони праці на підприємстві, права та обов'язки посадових осіб та працівників повинні бути викладенні у нормативних актах, розроблених згідно з порядком опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві.

7.2 Вимоги безпеки під час виробництва солоду:

1. При експлуатації силосів бункерів для зберігання сировини та її відходів мають забезпечувати можливість повного витікання з них продуктів.

2. Відділення подрібнювальне, замочувальне, солодоростильне і солодосушильне повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією. Технологічні процеси, пов'язані з можливістю виділення пилу в робочу зону, мають виконуватись за умов герметизації устаткування та завантажувальних пристроїв. При роботі норії, зернових сепараторів, очищувально-сортувальних машин, розсівачів, трієрів та інших машин для подрібнення зернопродуктів має бути включена аспірація. Вимкнення аспіраційних установок при роботі технологічного і транспортного устаткування не дозволяється.

3. Все обладнання повинне мати надійне заземлення для відведення статичної електрики. Магнітна сепарація зернопродуктів повинна проводитись тільки при безперервній роботі світлової сигналізації дії електромагнітних сепараторів. Напруга в ланцюзі управління електроприводів солодозворушувача, інших механізмів та машин солодорощення має бути не вище 42 В.

4. Посудини для замочування зерна повинні бути обладнані пристроєм для видалення діоксиду вуглецю. Солодозворушувачі повинні мати дистанційне керування. Шахта солодосуша-

рки у верхній частині повинна бути закрита незнімними ґратами. Замочувальні чани, ящики солодопророщування, пересувні грядки, барабани, ящикові сита, підситовий простір, перегородки в ящиках, ворошителі зерна та інше обладнання після кожного циклу робіт необхідно чистити, мити та дезінфікувати.

5. Топки для рідкого та газоподібного палива повинні мати автоматичне блокування, що забезпечує: відсічення подачі палива в топку при згасанні факела; неможливість запалювання палива без попереднього запуску вентиляторів гарячого повітря і продування топки. Топки, що працюють на рідкому і газоподібному видах палива, повинні бути обладнані вибуховими клапанами, кількість, розмір і розташування яких визначається проектною організацією. На магістралі, що підводить рідке або газоподібне паливо до топок, повинен бути головний запірний вентиль, встановлений зовні приміщення, де розташовані топки.

7.2.1 Правила безпеки у варильному відділенні:

1. Пускові пристрої привода мішалок заторних, фільтраційних, сусловарильних апаратів, інших технологічних апаратів і посудин з мішалками повинні мати написи назв апаратів та їх порядкові номери.

2. На паровому трубопроводі на вводі до варильного відділення повинен установлюватися автоматичний пристрій з манометром і запобіжним клапаном.

3. Подавання несолоджених матеріалів до заторного апарату, хмелю до сусловарильного апарата повинно бути механізовано. Заторний, сусловарильний і фільтраційний апарат повинні бути обладнані витяжними трубами і в середині освітлюватися стаціонарними світильниками напругою не вище 12 В.

4. Сусловарильні апарати повинні мати позначку максимального рівня наповнення їх продуктом та блокуванням, що перешкоджає самочинному закриванню заслінки на витяжних трубах.

5. Корпуси заторного, сусловарильного та фільтраційного апарата, баки гарячої води повинні мати теплоізоляцію.

6. Фільтрпреси повинні бути обладнані гідравлічними або механічними затискачами, манометрами і запобіжними клапанами. Під фільтрпресами повинні бути встановлені металеві грати для запобігання падінню у бункер сторонніх речей. Рамні фільтрпреси повинні бути обладнані пристроєм для механічного затискання рам.

7. Фільтрпреси мають працювати з повним комплектом рам та плит.

7.1.3 Правила безпеки при роботі в хімічній лабораторії:

В хімічній лабораторії дозволяється працювати тільки за наявності справної припливно-витяжної вентиляції, обладнаних витяжних шаф, спецодягу, засобів індивідуального захисту, пожежогасіння і аптечки першої допомоги.

В хімічній лабораторії забороняється пити воду і приймати їжу.

Після закінчення роботи необхідно привести в належний стан своє робоче місце, помити та прибрати посуд, поставити на місце хімічні реактиви, виключити електроприлади, воду, газ, стисле повітря та освітлення [23].

Правила роботи з скляним посудом. При роботі з скляним хімічним посудом і скляними приладами необхідно дотримуватися певних правил безпеки. Необхідно пам'ятати, що хімічний посуд крихкий і, в основному, тонкостінний, а через це при необережній роботі його можна розбити і отримати порізи і травми. Скляний посуд і прилади потрібно тримати обережно, не стискаючи його сильно пальцями. Для попередження травматичних пошкоджень при роботі з скляним посудом необхідно дотримуватись таких застережних заходів:

1. Відразу ж прибирати склобій і відходи теплової обробки скла.

2. При збиранні скляних частин приладів суворо дотримуватися діючих правил, які наведені у відповідних інструкціях.

3. При розрізані скляних трубок і паличок руки потрібно захищати рушником.

4. При митті посуду «йоршами» бути обережним, адже можна ними легко пробити днище або стінки посуду. Для попередження цього на оголений металевий кінець «йорша» або кінець скляної палички необхідно надіти шматочок гумової трубки.

Правила роботи з хімічними реактивами. Щоб запобігти нещасним випадкам під час роботи з хімічними реактивами необхідно керуватися такими правилами:

1. Токсичні рідини забороняється втягувати в піпетку ротом. В цьому випадку потрібно користуватися гумовою грушою.

2. Заборонено приливати концентровані кислоти до концентрованих лугів (або навпаки); їх необхідно попередньо розводити водою для проведення нейтралізації.

3. Нагрівання пробірок та іншого скляного посуду потрібно проводити поступово, направляючи їх отворами від працюючого та інших осіб.

4. Не можна змішувати киплячі розчини або додавати в них сухі реагенти на нагрівальних приладах.

5. Перед нагріванням води в колбі-промивалці з останньої виймають пробку.

6. Всі процеси, пов’язані з виділенням токсичних газів, пари та диму, проводять у витяжній шафі. З токсичними речовинами працюють в гумових рукавичках.

7. Використані розчини, які містять в собі токсичні речовини, виливають в раковину витяжної шафи. Посуд та раковину старанно миють.

8. Всі роботи з легкозаймистими речовинами або вогненебезпечними рідинами необхідно проводити у витяжній шафі при працюючій вентиляції.

9. Перегонку і нагрівання низькокиплячих вогненебезпечних речовин необхідно проводити в круглодонних колбах з тугоплавкого скла і на водяних банях.

10. Відпрацьовані кислоти та луги потрібно збирати окремо в спеціальний посуд і після нейтралізації зливати в каналізацію або інше спеціально відведене для цієї мети місце.

Протипожежні правила безпеки:

1. Забороняється залишати без догляду газові пальники і електронагрівальні прилади. При пожежі необхідно виключити рубильники, перекрити газовий кран, полум’я засипати піском.

2. При займанні одягу необхідно накрити потерпілого одіялом або облити водою.

3. При розливі вогненебезпечної рідини необхідно відключити всі пальники і електронагрівальні прилади, а потім прибрати рідину.

4. При виявленні запаху газу заборонено запалювати вогонь і користуватись електронагрівальними приладами, необхідно добре провітрити лабораторію. [16]

Перша допомога при опіках та порізах:

1. При опіках водяною парою, гарячими предметами або відкритим полум’ям пошкоджене місце обробляють етиловим спиртом або 3-10 %-ним розчином перманганату калію і накладають стерильну пов’язку.

2. При попаданні гарячої олії на шкіру, обпечене місце обробляють бензином, далі змащують маззю від опіків. При опіках бромом шкіру промивають водою і змащують вазеліном або обробляють концентрованим розчином тіосульфату натрію і водою.

3. При попаданні на одяг та шкіру кислот вражене місце промивають спочатку водою і 3 %-м розчином гідрокарбонату натрію, а при попаданні лугу — водою та 1-5 %-м розчином оцтової кислоти.

4. При порізах склом необхідно переконатися у відсутності залишків скла в рані, а далі її обробити розчином йоду. Можна промити рану водою, присипати стрептоцидом і перев‘язати. При сильній кровотечі рану обробляють 3 %-м розчином перекису водню і перев’язують.

6.2 Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Санітарно-побутові приміщення нормуються відповідно до галузевих санітарних норм.

Виходячи з нормативних даних для цехів виробництва необхідно передбачити гардеробні з шафами (по два відділення в кожній) з такою кількістю шаф, що забезпечить її індивідуальне використання кожним працівником окремо.

До гардеробних повинні примикати душові, що мають по два душових відділення. В гардеробних необхідно мати мінімум по одному умивальнику. При цьому повинна бути сушарка для робочого одягу.

6.3 Повітря робочої зони

Мікроклімат. Мікроклімат на підприємствах повинен забезпечуватись відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Параметри мікроклімату, що нормуються:

- температура, °С;
- відносна вологість повітря, %;
- швидкість руху повітря, м/с;
- потужність теплового потоку, Вт/м^2.

Запиленість повітря. Запиленість повітря – це присутність у повітрі робочої зони пилу, тобто дуже подрібнених частинок твердої речовини, які можуть мати різну форму та розміри.

У відповідності з ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы», підвищена запиленість повітря робочої зони відноситься до небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Запиленість нормується для відділення складу сировини та її полірування, оскільки тут є обладнання, яке виділяє пил.

Освітлення. Освітлення у виробничому приміщенні має відповідати нормам і правилам регламентованими в ДБН.В 2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення. Норми проектування».

Освітленість робочих місць здійснюється природнім світлом – в світлі години доби і штучним – у темні. Вимоги, які ставляться до раціонального освітлення: достатня освітленість робочого місця (нормована); рівномірне освітлення; відсутність тіней, особливо рухомих, на робочій поверхні; захист від сліпучої дії джерела світла; вірний вибір напрямку світла.

Природне освітлення поділяється на бічне одностороннє та двостороннє; верхнє, коли ліхтарі та світлові прорізи знаходяться в покритті або в стінах під ним; комбіноване, коли сполучається бічне і верхнє освітлення.

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне. Розрізняють такі системи штучного освітлення: загальну, місцеву та комбіновану [16].

7.3 Електробезпека

Електробезпека – це комплекс організаційно-технічних заходів, які направленні на захист людини від ураження електричним струмом.

Виробничі приміщення за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом та в залежності від стану виробничого середовища «Правилами улаштування електроустаткування» (ПУЕ) класифікуються як:

- приміщення з підвищеною небезпекою, що характеризуються наявністю в них одного із наступних факторів небезпеки: сирість (відносна вологість повітря перевищує 75%); присутній струмоведучий пил, що може осідати на провідниках, проникати в середину машин та апаратів; струмопровідна підлога (металева, земляна, залізобетонна, цегляна); висока температура повітря (постійно або періодично перевищує 35˚С); існує можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею, технологічних апаратів, механізмів, з однієї сторони і до металевих корпусів електрообладнання з іншої;
- особливо небезпечні приміщення, що характеризуються наявністю в них одного з наступних факторів небезпеки: особлива сирість (відносна вологість повітря до 100%; стеля, стіни, підлога та речі в приміщенні покриті вологою); присутнє хімічно-активне або органічне середовище (агресивні гази, речовини та рідини, які руйнують ізоляцію та струмоведучі частини електрообладнання); одночасно діють два або більше факторів небезпеки, що характеризують приміщення підвищеної небезпеки.

Щоб забезпечити захист працюючих від дії електричного струму треба застосовувати способи захисту, які передбачені «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) та «Правилами техніки безпеки споживачів».

Згідно з ПУЕ всі виробничі приміщення поділяються в залежності від небезпеки ураження людини електричним струмом на категорії:

- без підвищеної небезпеки;
- з підвищеною небезпекою;
- особливо небезпечні.

Розглядаючи приміщення цеху солодового виробництва можна визначити, що зони, де встановлене обладнання, відносяться, згідно класифікацією ПУЕ, до зон підвищеної небезпеки.

7.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека нормується відповідно до ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять»:

1. Ступінь вогнестійкості будівлі для промислових будівель категорії Д, основних будівель, повинен бути не нижчим від другого ступеню.

2. Згідно з ПУЕ цех солодового виробництва за вибухонебезпечністю електричного обладнання відноситься до вологої зони.

Відділення обладнані автоматичною пожежною сигналізацією і забезпечені засобами пожежогасіння.

До комплекту засобів пожежогасіння слід включати: вогнегасники – 3 одиниці, ящик з піском – 1 одиниця, покривало 2х2 м – 1 одиниця, гаки – 3 одиниці, лопати – 2 одиниці, ломи – 2 одиниці, сокири – 2 одиниці (стандарт ISO 3941-77).

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 по класу пожежі відділення відносяться до категорії А – пожежі твердих речовин.

Для пожежогасіння необхідно мати резервуар місткістю не менше 250 $дм^3$.

Відділення повинне мати не менше двох шляхів евакуації. Вони не повинні перетинати приміщення, де розміщені виробництва категорії А, В за вибухонебезпечністю. В разі необхідності одним шляхом може бути вікно з пожежною драбиною або сходами, що ведуть на подвір'я [16].

РОЗДІЛ 8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Виробнича аварія - раптова зупинка або порушення установленого виробничого процесу на промисловому об'єкті, транспорті, які призводять до пошкодження або знищення матеріальних цінностей, травмування або загибелі людей.

Аварії у системі електропостачання. Основні причини виникнення аварій у системі електропостачання на харчових підприємствах [34]:

- пошкодження основного чи допоміжного устаткування (вимикачі, генератори, двигуни, трансформатори, лінії електропередачі тощо);

- пошкодження і неправильне спрацьовування комутаційних і автоматичних обладнань (пристрої релейного захисту, апарати вторинної комутації);

- пошкодження і помилкові показники вимірювальних приладів, що зумовлює неправильну інформацію.

Безаварійність роботи системи електропостачання підприємств досягається не тільки технічними, а й організаційними заходами. Основні з них: постійний нагляд і контроль за роботою обладнання; суворе дотримання режимів його роботи та технічних параметрів; усунення будь-яких відхилень параметрів під час експлуатації електрообладнання; неухильне дотримання інструкцій щодо обслуговування устаткування в нормальній роботі, під час пусків і зупинок; своєчасне профілактичне обслуговування устаткування.

Аварії у системі газопостачання. Причини аварій:

- раптове порушення нормальної роботи газопроводів, газового обладнання;

- вибух газоповітряної суміші. Тиск у момент вибуху газоповітряної суміші може дорівнювати 700 - 800 кПа.

Безаварійність роботи забезпечується:

- своєчасним вимкненням системи подачі газу під час загрози стихійного лиха (буревію, землетрусу, повені), раптового повного припинення подачі газу, несправності газопускового агрегату, проникнення газу в приміщення цеху, під час пожежі, вибуху та загрози їх виникнення;

- своєчасне виявлення газу у повітрі, визначення місць витікання газу і негайне його усунення.

Аварії у системі водопостачання. Такі аварії можуть спричинити появу вторинних небезпечних явищ - затоплення підвалів й інших заглиблених споруд, де встановлено енергетичне устаткування, розміщено сховища, протирадіаційні укриття, встановлено енергетичне обладнання або зберігаються матеріальні цінності.

Для системи водопостачання підприємств найхарактерніші аварії на трубопроводах і в арматурі водопровідної мережі. Ці аварії пов'язані переважно з пошкодженням розтрубних з'єднань і зварених стиковок, переломами труб, появою свищів і тріщин.

Безаварійність роботи системи водопостачання підприємств досягається: своєчасним виявом аварійних ситуацій і швидкої їх ліквідації; екстреним вимкненням насосної станції; будівництвом резервних заглиблених місткостей; завчасним створенням автономних джерел водопостачання.

Аварії від вибухів промислового пилу. Такі аварії ймовірні на підприємствах хлібопекарського, макаронного виробництв, з переробки і зберігання зерна (комбікормові заводи і цехи, млини, елеватори й хлібоприймальні підприємства). Цукрові заводи і пивоварні підприємства також є потенційними вибухонебезпечними об'єктами [34].

Заходи щодо запобігання та локалізації вибуху і займання мають бути спрямовані на усунення основних причин виникнення цих ситуацій.

Для того щоб вибух стався, необхідні дві умови: наявність вибухонебезпечної пилоповітряної суміші й джерела її займання.

Профілактичні заходи мають бути спрямовані на усунення можливості виникнення названих умов і особливо можливості їх одночасної і сумісної появи.

Отже, для попередження пилових вибухів на підприємствах необхідно ліквідувати вибухонебезпечну пилоповітряну суміш чи усунути можливість її утворення у виробничих приміщеннях; виключити наявність потенціальних джерел займання чи можливість їх виникнення.

Якщо уникнути можливості утворення вибухонебезпечних концентрацій пилу, то навіть за наявності джерела займання пиловий вибух не станеться.

Максимально можливе зниження запилювання виробничих підприємств досягається: зменшенням пиловиділення з технологічного і транспортного обладнання його герметизацією; зменшенням пиловиділення у виробничих приміщеннях аспірацією технологічного і транспортного обладнання; систематичним і своєчасним прибиранням пилу у виробничих приміщеннях.

З метою зниження руйнівної сили вибуху у вибухонебезпечних приміщеннях підприємств слід забезпечувати умову для швидкого скиду тиску повітря, для чого люки, вікна, двері мають самі розчинятися під тиском повітря, а окремі ділянки аспірації вимикатися системою засувок.

Аварії від вибухів газоповітряних сумішей. Одним із можливих пожежо- і вибухонебезпечних об'єктів на підприємствах є склади рідкого палива.

Для зменшення небезпечного впливу наслідків аварії на складах паливно-мастильних речовин наземні резервуари розміщують на ділянках, оточених валом. Ділянка має бути розрахована на вилив рідин з найбільшої місткості. Кожну місткість оснащують покажчиком рідини, витяжною трубою з вогнезахистом, сифонним краном для спускання сміття і води, зовнішніми сходами, замірним люком, люком-лазом і змійовиком для підігрівання (при зберіганні важкого палива).

На дахах підземних резервуарів висота витяжних труб має бути не менше 2 м. Насосні станції розміщують у будівлях не нижче третього ступеня вогнестійкості. Не допускається скупчення і застій таких речовин. Підземні резервуари і насосні станції мають бути обладнані системою пожежогасіння.

Вибухонебезпечні також приміщення на спиртових і виноробних заводах, на заводах безалкогольних напоїв, склади спирту, спиртових настоянок і есенцій. Тому приймання, зберігання, виробництво спирту, вина, відпускання спирту, настоянок і есенцій слід проводити у суворій відповідності з інструкцією про заходи пожежної безпеки на таких підприємствах.

Аварії з викидом (виливом) СДОР в атмосферу. На підприємствах харчової промисловості використовують як вихідні або допоміжні матеріали в технологічному процесі різні хімічні речовини. Багато з них небезпечні й токсичні. Хлор, аміак, сірчистий ангідрид, окис вуглецю тощо належать до сильнодіючих отруйних речовин (СДОР).

Утримують СДОР на виробничих майданчиках або транспортних засобах у стандартних ємностях. Такими можуть бути алюмінієві, залізобетонні й сталеві оболонки, газові балони. На підприємствах в технологічних лініях і установках використовують ресивери - ємності, в яких підтримується певний тиск відповідно до вимог технології.

Найчастіше на підприємствах виробничий персонал має справу з посудинами високого тиску у вигляді різноманітних балонів. Вони бувають різних розмірів, фарбування і призначені для зберігання стиснутих скраплених і розчинених під тиском газів.

Зберігають СДОР на складах підприємств:

- у резервуарах під великим тиском (у даному разі розрахунковий тиск резервуара відповідає тиску пари продукту над рідиною при максимальній температурі навколишнього середовища);
- у закритих місткостях при температурі навколишнього середовища (характерно для висококиплячих рідин);
- у ізотермічних сховищах при тиску, близькому до атмосферного (низькотемпературне зберігання) або до 1 Па (ізотермічне сховище, з використанням кульових резервуарів великої місткості).

Ємності мають штучно охолоджуватись. Тиск насиченої пари скраплених газів залежить від температури: що нижча температура, то менший тиск пари. Саме спосіб зберігання СДОР визначає їх поведінку під час аварії (пошкодженні, руйнуванні оболонок місткостей).

Дозиметричний контроль на об'єктах харчової промисловості. У випадку виникнення радіаційної аварії, зараження навколишнього середовища хімічними отруйними речовинами або бактеріологічними засобами об'єкти харчової промисловості можуть підпадати під дію

радіоактивного, хімічного та бактеріологічного ураження. Це призводить до ураження незахищеного виробничого персоналу, забруднення території, споруд і приміщень об'єкта, транспорту, обладнання, напівфабрикатів, води та готової продукції на підприємстві [34].

З метою одержання даних для оцінки працездатності персоналу, визначення обсягу медичної допомоги і санітарної обробки людей (а на підприємствах м'ясної промисловості - ветеринарної обробки сільськогосподарських тварин), спеціальної обробки техніки та обладнання, знезараження продуктів харчування, води і об'єкта в цілому на підприємствах харчової промисловості організують і проводять дозиметричний, хімічний і бактеріологічний контроль.

Дозиметричний і хімічний контроль організують начальники управлінь з надзвичайних ситуацій, служб цивільної оборони підприємства харчової промисловості та командири формувань цивільної оборони.

Методика спостережень і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, що визначає єдиний порядок спостережень щодо радіаційної та хімічної обстановки у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру затверджена наказом Міністерства надзвичайних ситуацій №186 від 06.08.2003 року. При повсякденній діяльності спостереження за радіоактивним, хімічним та бактеріологічним зараженням здійснюється за рахунок мережі спостереження та лабораторного контролю.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі сушіння пивних дріжджів на розпилювальній сушильній установці більш економічно вигідне, на відміну від сушіння сублімаційною сушильною установкою. Процес сушіння розпилювальною сушильною установкою триває набагато менше, приблизно 2 год, на відміну від сублімаційної.

1.При визначенні фізичних характеристик густина всіх зразків зменшувалась з підвищенням температури за законом, наближеним до лінійного: зростання температури на 10°С приводило до зменшення густини в середньому на ~2,5 кг/м^3.

2. В'язкість всіх зразків зменшувалась з підвищенням температури. Так, для температури 20 °С різниця в'язкості для зразків № 1 і 5 становила ~ 4,707·10-4 Па·с, а при температурі 60 °С ~ 0,775·10-4 Па·с

3. При визначення залежності зміни температури краплі від часу та зміни її маси встановлено, що зі збільшенням температури середовища і початкового вологовмісту температурний коефіцієнт сушіння зменшується. Це пояснюється тим, що зі збільшенням температури середовища сушильна стадія настає при більших вологовмісті і температурі краплини.

4. На основі термомасо- і кінограм зневоднення знаходили значення зміни питомої інтенсивності сушіння. Підвищення температури теплоносія призводить до збільшення питомої інтенсивності випаровування.

5. Встановлено, що зброджувальна здатність зменшувалась із зростанням температури сушіння.

6. Встановлено, що висушені дріжджі гігроскопічні і їх необхідно зберігати в герметичній упаковці. Зволоження сухого порошку в негерметичній тарі активізує біохімічні процеси в клітинах мікроорганізмів і призводить до загибелі клітин.

7.Для покращення роботи міні пивоварні проведено систематизований розрахунок продуктів виробництва пива, який дасть змогу чітко прослідкувати за правильністю процесу. А саме було розраховано витрати сировини, об’єм напівпродуктів і відходів виробництва на одиницю готової продукції.

8.Для досягнення відмінної якості пива використовувати лише ячмінний солод високої якості без додавання несолоджених зернопродуктів та ферментних препаратів, гранульований хміль гірких та ароматичних сортів, дріжджі низового бродіння. Важливе значення у приготуванні пива має обладнання. Основним устаткуванням для виготовлення пивного сусла є заторно-сусловарильний апарат. Для приготування сусла використовується двоапаратний варильний агрегат. Він складається з заторно-

сусловарильного апарата і фільтраційного апарата. Для освітлення сусла використовується гідроциклонний апарат. Для бродіння та доброджування пропонується використовувати ЦКБА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гетун Г.В. Основи проектування промислових підприємств. Київ: Кондор, 2003. 210 с.
2. Гинзбург А.С. Проблемы теории сушки влажных материалов. Тепло- и масоперенос. Москва: Энергия, 1966. 337 с.
3. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. Москва: Пищевая промышленность, 1976. 248 с.
4. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива: підр. Київ: ІНКОС, 2004. 426с.
5. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-05-12]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 42с. (Державні санітарні норми та правила).
6. ДСанПіН 4.4.4.152-2008 Державні санітарні норми і правила для підприємств, що виробляють солод, пиво та безалкогольні напої. [Чинний від 2007-12-26]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 60с. (Державні санітарні норми та правила).
7. ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні вимоги. [Чинний від 1998-06-26]. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. 15с. (Національний Стандарт України)
8. ДСТУ 3888:2015. Пиво. Загальні технічні умови [Чинний від 2015-11-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 13 с. (Національний стандарт Украни).
9. ДСТУ 4097.2–2002. Хміль гіркий. Загальні технічні умови. [Чинний від 2003-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 19 с. (Національний стандарт України).
10. ДСТУ 4098.2-2002. Хміль ароматичний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2003-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 19 с. (Національний стандарт України).
11. ДСТУ 4282-2004. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2004-03-31]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 34с. (Національний стандарт України).
12. ДСТУ 4621:2006. Кислота молочна харчова. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2007-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України 2003. 34 с. (Національний стандарт України).
13. Дубковецький І.В. Оптимізація процесу висушування квасної комбінованої закваски на розпилювальній сушарці: дис. канд. техн наук. Київ: НУХТ, 2005. 173 с.
14. Квасников Е.И., Щелокова И.Ф. Дрожжи. Биология. Путь использования. Київ: Наук. думка, 1991. 328 с.
15. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива. / пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.

16. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. Основи охорони праці: підручник. Київ: Основа, 2000. 416 с.

17. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. Москва: Государственное энергетическое издательство, 1963. 320 с.

18. Лыков М.В., Леончик Б.Н. Распылительные сушилки. Москва: Машиностроение, 1966. 330 с.

19. Мелетьєв А.Є., Проценко А.Н., Заднепряный Ю.В. Мини-пивзаводы – путь к расширению ассортимента и повышению качества пива. *«Пивовар».* Киев. №1. 1994. С. 5.

20. Мелетьєв А.Є., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підручник. Вінниця: Нова книга, 2007. 392с.

21. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи для студентів спец. 8.05170106 «Технологія продуктів бродіння і виноробства» денної і заочної форм навчання / уклад. А.М. Куц, П.Л. Шиян, А.Є. Мелетьєв. Київ: НУХТ, 2015. 39 с.

22. Новое в пивоварении / под ред. Ч. Бэмформа. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. 519 с.

23. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах / А.Є. Мелетьєв та ін.; за ред. А.Є. Мелетьєва. Київ: НУХТ, 2007. 256 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Затверджено на засіданні кафедри
біотехнології продуктів бродіння
і виноробства НУХТ.
Зав. кафедри _____ А.М. Куц
Протокол № __від «___» _____ 202_ р.

Робоча програма
кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра на тему:
«Дослідження та удосконалення процесів сушіння дріжджів для забезпечення конкурентноздатності готової продукції в умовах мініпивоварні»

ЗМІСТ

ВСТУП
1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ДРІЖДЖІВ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ФАКТОРІВ (аналітичний огляд)
1.1 Дріжджі – збудники бродіння
1.1.2 Вплив товщини шару на процес сушіння дріжджів
1.1.3 Вплив форми й розмірів часток дріжджів на процес сушіння та їх зберігання
1.1.4 Вплив режиму процесу на сушіння дріжджів у киплячому й віброкиплячому шарі
1.2 Класифікація сушильних установок та способи сушки
1.3.Висновки
2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ
2.1 Матеріали досліджень
2.2 Методи досліджень
2.3 Методика досліджень
3. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ДРІЖДЖІВ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА)
3.1 Визначення фізичних характеристик дріжджів
3.2 Визначення залежності зміни температури краплі від часу та зміни її маси
3.3 Дослідження зміни питомої інтенсивності сушіння
3.4 Дослідження збродживальної здатності дріжджів
3.5 Дослідження вплив терміну зберігання і температури теплоносія на бродильну активність дріжджових суспензій
4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА
4.1 Асортимент і характеристика основної сировини і допоміжних матеріалів
4.1.1 Характеристика проектованої продукції
4.1.2. Характеристика сировини, основних та допоміжних матеріалів
4.1.3. Характеристика мікроорганізмів-продуцентів
4.2 Технологічна схема

4.2.1. Принципова технологічна схема
4.2.2. Вибір та обґрунтування способів і режимів
4.2.3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень
4.2.4. Опис апаратурно-технологічної схеми
4.2.5. Продуктові розрахунки
4.2.6. Розрахунок і підбір обладнання
4.2.7. Технохімічний і мікробіологічний контроль

5. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
6. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ
7. ОХОРОНА ПРАЦІ
8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Магістрант Воловод Р.В.

Керівник, доцент, к.т.н. Бондар М.В.