

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

_____ О.В. Кочубей-Литвиненко
(підпис)

« » лютого 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ А.М. Куц
(підпис)

« » лютого 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

на тему: «Удосконалення технології спирту із крохмалевмісної сировини з інтенсифікацією процесів приготування дозрілої бражки в умовах Уладівського спиртового заводу»

Виконав: здобувач 2 курсу,
групи ЗТБ-2-1М

Косьмінська Олеся Сергіївна
(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

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Косьмінська Олеся Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення технології спирту із крохмалевмісної сировини з інтенсифікацією процесів приготування дозрілої бражки в умовах Уладівського спиртового заводу»

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 _____

_____ 3. Дослідити процес зброджування сусла із крохмалевмісної сировини з використанням фільтрату барди.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Сучасні технології спиртового сусла з крохмалевмісної сировини з використанням фільтрату барди (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методи та методика досліджень. 3. Повторне використання фільтрату барди у збродженні сусла з крохмалевмісної сировини (експериментальна частина). 4. Технологічна частина 5. Оптимізація технологічного процесу. 6. Соціально-економічна ефективність роботи. 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 – 32 _____

_____ Графіки з результатами досліджень – 5 _____

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
Керівник роботи, доцент

О.С. Косьмінська
М.В. Бондар

АНОТАЦІЯ

Косьмінська Олеся Сергіївна «Удосконалення технології спирту із крохмалевмісної сировини з інтенсифікацією процесів приготування дозрілої бражки в умовах Уладівського спиртового заводу». Магістерська робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології», спеціалізація – «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

В магістерській роботі наведено результати досліджень направлених на удосконалення технології виробництва спирту із крохмалевмісної сировини з використанням післяспиртової барди замість артезіанської води для приготування замісу.

Досліджували вплив виду крохмалевмісної сировини та початкової концентрації СР на їх концентрацію в барді, а також дослідженні впливу фільтрату барди та його кількості на процеси зброджування сусла та технологічні показники дозрілої бражки.

У роботі виконано порівняльну характеристику виду крохмалевмісної сировини, концентрації СР в барді та їх вплив на процеси зброджування сусла.

Досліджено динаміку зменшення витрат артезіанської води на виробництво спирту; збільшення виходу спирту; зменшення об'єму післяспиртової барди, що сприяє екологізації виробництва.

Обгрунтовано підвищення економічної ефективності виробництва за рахунок зниження собівартості ректифікованого спирту.

Робота викладена на 119 сторінках друкованого тексту, містить 32 таблиці, 5 рисунків.

Ключові слова: етиловий спирт, післяспиртова барда, фільтрат барди, заміс, зброджування, зріла бражка, ректифікований спирт.

АННОТАЦИЯ

Косьминська Олеся Сергеевна «Совершенствование технологии спирта с крохмалсодержащего сырья с интенсификацией процессов приготовления созревшей бражки в условиях Уладовского спиртового завода». Магистерская работа на соискание степени магистра по специальности 181 «Пищевые технологии», специализация - «Технологии продуктов брожения и виноделия». Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2021.

В магистерской работе приведены результаты исследований направленных на совершенствование технологии производства спирта из крохмалсодержащего сырья с использованием послеспиртовой барды вместо артезианской воды для приготовления замеса.

Исследовали влияние вида крохмалсодержащего сырья и начальной концентрации СР на их концентрацию в барде, а также исследовании влияния фильтрата барды и его количества на процессы сбраживания суслу и технологические показатели зрелой бражки.

В работе выполнен сравнительную характеристику вида крохмалсодержащего сырья, концентрации СР в барде и их влияние на процессы сбраживания суслу.

Исследована динамика уменьшения расходов артезианской воды на производство спирта; увеличение выхода спирта; уменьшение объема послеспиртовой барды, что способствует экологизации производства.

Обоснованно повышение экономической эффективности производства за счет снижения себестоимости ректификованного спирта.

Работа изложена на страницах 119 печатного текста, содержит 32 таблиц, 5 рисунков.

Ключевые слова: этиловый спирт, послеспиртовая барда, фильтрат барды, замес, сбраживания, зрелая бражка, ректификованный спирт.

ANOTATION

Master's work on obtaining a Master's degree in specialty 181 "Food Technologies", specialization - "Technologies of Fermentation and Wine Production". National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

The master's thesis presents the results of research aimed at improving the technology of production of alcohol from starch-containing raw materials using post-alcohol bard instead of artesian water for batch preparation.

The influence of the type of starch-containing raw materials and the initial concentration of SR on their concentration in bard, as well as the influence of bard filtrate and its amount on the processes of wort fermentation and technological indicators of mature porridge were studied.

The comparative characteristics of the type of starch-containing raw materials, the concentration of SR in the bard and their influence on the fermentation processes of the wort are performed.

The dynamics of reduction of artesian water consumption for alcohol production is studied; increase in alcohol yield; reducing the volume of post-alcoholic bards, which contributes to the greening of production.

The increase of economic efficiency of production due to the reduction of the cost of rectified alcohol is substantiated.

The work is presented on the 119 pages of printed text, contains 32 tables, 5 figures.

Key words: ethyl alcohol, post-alcoholic bard, bard filtrate, batch, fermentation, mature brew, rectified alcohol.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТОВОГО СУСЛА ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ФІЛЬТРАТУ БАРДИ (аналітичний огляд)	10
1.1 Виробництво спирту з крохмалевмісної сировини	10
1.1.1 Використання фільтрату барди в процесі підготовки крохмалевмісної сировини до зброджування	11
1.2 Способи обробки післяспиртової барди для її повторного використання у технологічному процесі	13
1.3 Раси дріжджів для зброджування сусла із крохмалевмісної сировини	14
1.3.1 Існуючі способи приготування виробничих дріжджів	16
1.3.2 Умови культивування дріжджів та використання фільтрату барди для приготування живильного середовища	17
1.4 Джерела додаткового живлення	21
1.5. Висновки	22
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	29
2.1 Матеріали досліджень	29
2.2 Методи досліджень	29
2.3 Методика досліджень	29
2.4 Висновки	30
РОЗДІЛ 3. ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРАТУ БАРДИ У ЗБРОДЖЕННІ СУСЛА З КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ (експериментальна частина)	32
3.1 Дослідження впливу виду сировини та умов розварювання на біохімічний склад післяспиртової барди	32
3.2 Вплив концентрації сусла на вихід барди	36
3.3 Дослідження процесу збродження сусла із крохмалевмісної сировини з використанням фільтрату барди	40
3.4. Визначення впливу фільтрату барди на культивування дріжджів	46
3.5 Висновки	47
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	48
4.1 Асортимент і характеристика основної сировини і допоміжних матеріалів	48
4.1.1 Характеристика проектованої продукції	48
4.1.2. Характеристика сировини, основних та допоміжних матеріалів	54
4.1.3. Характеристика мікроорганізмів-продуцентів	61
4.2 Технологічна схема	64
4.2.1. Принципова технологічна схема	64
4.2.2. Вибір та обґрунтування способів і режимів	65
4.2.3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень	70
4.2.4. Опис апаратурно-технологічної схеми	71
4.2.5. Продуктові розрахунки	72
4.2.6. Розрахунок і підбір обладнання	81
4.2.7. Технохімічний і мікробіологічний контроль	86
РОЗДІЛ 5. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	89
РОЗДІЛ 6. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	95
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ	97

<i>Удосконалення технології спирту із крохмалевмісної сировини з інтенсифікацією процесів приготування дозрілої бражки в умовах Уладівського спиртового заводу</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Косьмінська О.		
Перевір.		Бондар М.В.		
Н. контр.				
Зав. каф.		Куц А. М.		
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			Лім	Аркуш
			6	2
<i>Кафедра БПБВ, 2021</i>				

РОЗДІЛ 8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	107
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	114
ДОДАТКИ	118

ВСТУП

Входження України до загальноєвропейського ринку вимагає від підприємств спиртової галузі істотно підняти технічний рівень виробництва, щоб витримати конкуренцію з боку зарубіжних виробників. Для підвищення власної конкурентоспроможності виробники мають орієнтуватися на випуск продукції найвищої якості, впровадження енерго- та ресурсозберігаючих, мало- та безвідходних екологічно безпечних технологій. Однією з найважливіших проблем підвищення ефективності виробництва залишається комплексне використання матеріальних ресурсів шляхом удосконалення технологічних процесів, впровадження безвідходних технологій, розширення переробки вторинних ресурсів та утилізації відходів виробництва. Максимальне використання відходів дозволяє зекономити повноцінну сировину, краще організувати захист навколишнього природного середовища від забруднень. Тому, однією із найбільш важливих задач при вирішенні питання утилізації барди є зниження її виходу та підвищення концентрації сухих речовин. Рационально це проводити комплексно: за рахунок зброджування концентрованого сусла для отримання 10-12 % об спирту в зрілій бражці, з обов'язковим використанням фільтрату барди на стадії приготування замісу та використання вторинного тепла. При цьому кількість барди може бути скорочена на 60-80 % при мінімальних капітальних витратах. Використання фільтрату барди на стадії приготування замісів сприятиме не тільки зменшенню її об'єму та підвищенню концентрації, але й дозволить частково компенсувати нестачу азотного та фосфорного живлення, викликану застосуванням концентрованих ферментних препаратів (КПФ). Це також сприятиме покращенню біологічної активності дріжджів із одночасним зменшенням витрат артезіанської води на цих ділянках виробничого процесу.

Метою роботи було вивчення впливу частки освітленого фільтрату барди, яку застосовували замість артезіанської води під час приготування замісу на технохімічні показники зрілої бражки та барди.

Відповідно до поставленої мети були визначені наступні задачі:

- дослідження впливу фільтрату барди на показники бражки;
- визначення впливу фільтрату барди на культивування дріжджів;
- дослідження впливу виду сировини та концентрації сусла на вихід фільтрату барди;
- визначення впливу кількості фільтрату барди на показники дозрілої бражки та зброджування сусла.

Об'єкти досліджень – технологія спирту із зерна з впровадженням ресурсощадних заходів в умовах Уладівського спиртового заводу.

Предмети досліджень:

післяспиртова зернова барда;

зерновий заміс;
сусло;
дозріла бражка;
препарати;
кукурудза;
дріждж;
фільтрат барди.

Наукова новизна роботи:

1. Із збільшенням концентрації СР сусла до 20-22% їх вміст в барді зростає 1,6-1,8 рази відповідно, концентрація водорозчинних вуглеводів підвищується в середньому в 1,8-2,2 рази, при збільшенні вмісту спирту бражці в середньому 1,7-2,5% об.

2. При використанні підвищеної кількості фільтрату барди (30 % і більше) концентрація водорозчинних вуглеводів бражки зростає , при цьому концентрація декстринів досягає 0,3 г/см³, а концентрація спирту в бражці знижується в середньому на 2,4%.

3. Синтез дріжджових клітин з підвищенням кількості фільтрату барди від 20% до 30% зростає в 1,05-1,35 рази. В той же час кількість мертвих клітин поступово збільшується і на 6 циклі досягає 10-15%.

Практична значення: - зменшення витрат артезіанської води на виробництво спирту; збільшення виходу спирту; зменшення об'єму післяспиртової барди, що сприяє екологізації виробництва; підвищення економічної ефективності виробництва за рахунок зниження собівартості ректифікованого спирту.

Робота виконана в лабораторії на кафедрі біотехнології продуктів бродіння і виноробства Національного університету харчових технологій.

Робота складається з 8 розділів, висновків, списку використаної літератури, з 52 найменувань, в тому числі 4 іноземними мовами, додатку.

Робота викладена на 119 сторінках друкованого тексту, містить 32 таблиць і 5 рисунків.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТОВОГО СУСЛА З КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ФІЛЬТРАТУ БАРДИ

1.1 Виробництво спирту з крохмалевмісної сировини

Україна як індустріальна держава потребує великої кількості технічного етилового спирту. Зараз в Україні технічний спирт може використовуватися як первинна сировина майже у 160 виробництвах. Харчова промисловість – його головний споживач: спирт використовують при виготовленні лікерогорілчаних та плодово-ягідних напоїв, для кріплення виноматеріалів і купажування виноградних вин, у виробництві оцету, харчових ароматизаторів і парфюмерно-косметичних виробів. У мікробіологічній і медичній промисловості спирт потрібний для осадження ферментних препаратів із культуральної рідини або екстракту із твердофазної культури, для одержання вітамінів та інших препаратів і ліків. Також етиловий спирт використовується як дезінфікуючий засіб і як речовина, яка запобігає псуванню лікувальних екстрактів. Невелика кількість спирту використовується у хімічній, машинобудівній, автомобільній та інших галузях промисловості, а також у ветеринарії і фармакопеї [42]. Технологія спирту включає у себе такі процеси: підготовка сировини до розварювання; розварювання зерна з водою для руйнування клітинної структури і розчинення крохмалю; охолодження розвареної маси і оцукрення крохмалю ферментами; зброджування цукрів дріжджами у спирт; виділення спирту із бражки і його ректифікацію, а також виведення та розмноження засівних дріжджів.

На вихід та якість етилового спирту впливає багато факторів: інтенсивність аерування зброджувального сусла, концентрація в ньому цукрів, кислотність та рН сусла, температура бродіння, раса дріжджів, спосіб зброджування. Спиртове бродіння – біохімічний процес ферментації, при якому цукри, такі як глюкоза та фруктоза, розкладаються під дією ферментів з виділенням енергії та утворенням етилового спирту та вуглекислого газу. Дозволяє отримати два моль АТФ на моль глюкози в анаеробних умовах. Загальне рівняння спиртового бродіння.



Для прискорення бродіння та збільшення виходу спирту додають ферменти. Ферменти – це каталізатори білкового походження, які утворюються і функціонують в усіх живих організмах. За сучасною класифікацією всі ферменти поділяють на шість основних класів: оксидоредуктази, трансферази, гідролази, ліази, ізомерази, синтетази. Важливе виробниче значення мають гідролази, а саме амілази, які каталізують гідроліз крохмалю. Ці гідролази ще називають глікозидазами, бо вони беруть участь у розщепленні глікозидних зв'язків поліцукридів [41]. У відповідності із сучасними науковими пізнаннями ферментний комплекс спиртового бродіння в дріжджах містить такі найважливіші ферменти: фос-

форилаза, яка забезпечує перегрупування і передачу фосфорної кислоти при фосфорилуючих процесах; альдолаза каталізує зворотню реакцію розкладу дифосфату гексози в суміш фосфодіоксиацетону і фосфогліцеринового альдегіду; альдегіддегідраза каталізує реакцію утворення із двох молекул фосфогліцеринового альдегіду фосфогліцеринової кислоти і гліцеринфосфату; фосфогліцеромутаза сприяє утворенню рівноваги між 3-фосфогліцериновою і 2-фосфогліцериновою кислотами; енолаза спричиняє перегрупування фосфогліцеринової кислоти в 2-фосфопіровиноградну кислоту; карбоксилаза із піровиноградної кислоти утворює ацетальдегід і діоксид вуглецю [42].

1.1.1 Використання фільтрату барди в процесі підготовки крохмалевмісної сировини до зброджування

В зв'язку з значними об'ємами промислової переробки різного виду сировини рослинного походження на підприємствах агропромислового комплексу утворюється велика кількість цінних та придатних для подальшої переробки вторинних ресурсів [49]. В наш час гострою екологічною та економічною проблемою спиртового виробництва України являється утилізація побічних продуктів при виробництві етилового спирту із крохмалевмісної сировини. До них відносяться головним чином післяспиртова зернова барда, відпрацьовані дріжджі, головна фракція етилового спирту та сивушні масла [41]. Зернова барда – це високоякісний кормовий продукт, який нині майже не використовується у зв'язку із значними матеріальними витратами на транспортування у натуральному вигляді. Високий вміст білкових речовин, наявність жиру, клітковини, незамінних амінокислот і цілого комплексу вітамінів роблять зернову барду важливою складовою кормових раціонів сільськогосподарських тварин, птиці та риби [11]. Отже, висока кормова цінність барди добре відома, але низький вміст сухих речовин (5-8%) знижує можливість використання її в нативному вигляді і до того ж воно є неефективним, так як на сьогодні цей цінний корм роздається господарствам практично безкоштовно, або подається на поля фільтрації, що сприяє погіршенню екологічного стану навколишнього середовища [1]. Питання раціонального використання зернової барди як високоцінного корму є актуальним. В сільському господарстві багатьох країн широко використовується продукт переробки барди. Так, у Франції та США 90-95% післяспиртової барди перероблюється в сухий кормовий продукт, який містить сухий протеїн, вуглеводи, вітаміни, мікро- та макроелементи [49]. З практики зарубіжних країн відомо, що згущення та сушка барди є економічно вигідним виробництвом [49]. В Україні переробка післяспиртової барди в кормопродукти не вирішена. За останні роки вивчений досвід вирішення цієї проблеми в багатьох країнах. Варіантів утилізації барди досить багато. Але впровадження сушки нативної барди є економічно недоцільним, а також при використанні дорогого і, особливо, зарубіжного обладнання

термін окупності проекту складає 10 і більше років [49]. Тому першочерговим моментом при вирішенні питання утилізації барди є зниження її виходу та підвищення концентрації технологічним шляхом [1]. Найбільш раціонально це проводити комплексно: за рахунок збродження концентрованого суслу при отриманні 10-12% спирту в зрілій бражці, шляхом використання фільтрату барди на стадії приготування замісу та використання вторинного тепла. При цьому кількість барди може бути скорочена на 40-60% при мінімальних капітальних витратах [49]. В останні роки відбулися значні зміни в процесах виробництва спирту. Широке впровадження отримали висококонцентровані ферментні препарати, які містять, як правило, одну групу ферментів [41]. Використання очищених ФП на стадії розрідження та оцукрення замісів призводить до недостатнього накопичення в суслі амінокислот, які необхідні дріжджам, як азотний субстрат в процесі їх розмноження, що негативно впливає на фізіологічну активність дріжджової клітини. Післяспиртова барда представляє собою складну полідисперсну систему, до складу якої входять органічні та мінеральні речовини зерна, біомаса дріжджових грибів, яка і забезпечує барду білковими речовинами, амінокислотами і цілим комплексом вітамінів [11]. Тому використання фільтрату барди на стадії приготування замісів сприятиме не тільки зменшенню її виходу та підвищенню концентрації, але й дозволить частково компенсувати нестачу азотного та фосфорного живлення, викликану застосуванням концентрованих ферментних препаратів (КПФ), а також покращити біологічну активність дріжджів на стадії їх приготування та збродження суслу та зменшити потреби в артезіанській воді [12]. Збільшення витрати фільтрату барди на стадії приготування замісу істотно не впливає на підвищення кислотності зрілої бражки. Під час додавання фільтрату барди в кількості 50 % на стадії збродження кислотність бражки підвищується до 0,75°. Очевидно, що фільтрат барди, який заданий на стадії бродіння, не підлягає пастеризації, на відміну від внесення фільтрату барди під час приготування замісу. Використання фільтрату барди немає істотного впливу на вміст загальних незброджених вуглеводів, кількість яких зумовлена підвищенням вмісту нерозчинного крохмалю. Цей показник в бражках з фільтратом барди дещо вищий, ніж в контролі, що пояснюється внесенням крохмалю разом з фільтратом барди. Під час додавання фільтрату барди на стадії збродження вміст нерозчинного крохмалю в бражці вищий порівняно із внесенням фільтрату барди під час приготування замісу. Кількість синтезованого спирту зростає на 1,9-2,4 %, що свідчить про збільшення фізіологічної активності дріжджів.

1.2 Способи обробки післяспиртової барди для її повторного використання у технологічному процесі

Багаторазовому використанню фільтрату післяспиртової барди для приготування замісу перешкоджають два основних фактори:

- поступове підвищення вмісту сухих речовин в середовищі внаслідок наявності їх в фільтраті барди в кількості 3-4 %; - збільшення рівня кислотності замісу.

Тому проводяться дослідження в напрямі обробки післяспиртової барди для усунення цих негативних факторів. Для цього застосовували такі технологічні прийоми:

- фільтрування післяспиртової барди;
- нейтралізація грубого фільтрату барди (до рН 6,7-6,9) 1 н розчином NaOH;
- обробка нативної барди або її грубого фільтрату за допомогою кальцій-фосфатного способу з подальшою фільтрацією і одержанням освітленого фільтрату.

Фільтрування нативної післяспиртової барди можна проводити для отримання твердої або рідкої фази, коли одна з фаз є відходом, а також для одночасного отримання твердої та рідкої фази. Розділ суспензії, яка складається з рідини, в якій є зважені тверді частинки, проводиться за допомогою фільтра. Фільтрування барди проводять на ситах з діаметром отворів 1мм. Під час фільтрування отримують шротину в кількості 22-25 % та грубий фільтрат барди (ГФБ) 75-78 %.

Метод нейтралізації полягає в додаванні до ГФБ 1н розчину NaOH, в такій кількості, щоб рН було рівне 6,7-6,9.

Обробка гел'фосфатним методом полягає у внесенні в середовище оксиду кальцію (CaO) і ортофосфатної кислоти (H₃PO₄). Ці реагенти вступаючи в реакцію між собою, утворюють стійку желеподібну масу, що має високі адсорбційні властивості до зважених і розчинених речовин. При обробленні барди гідроокисом кальцію підвищується показник рН, внаслідок чого відбувається коагуляція колоїдних речовин та високомолекулярних сполук, які містить барда. Внаслідок взаємодії з кальцієм білкових речовин та органічних кислот утворюється нерозчинний осад. При цьому поліпшуються фільтраційно-седиментаційні властивості барди, і, як наслідок, зменшується вміст протеїновмісних речовин в рідкій фракції обробленої барди та, відповідно, збільшується їх концентрація у густій фракції. Крім того, іони кальцію, якими збагачується рідка фракція, є стимулятором активності α -амілази, яка застосовується для розріджування крохмалю при розварюванні замісу, а також розмноження дріжджів при зброджуванні. У разі послідовного оброблення нативної барди гідроокисом кальцію та двоокисом вуглецю газів бродіння, при взаємодії останніх утворюється нерозчинний карбонат кальцію, який додатково адсорбує колоїдні та високомолекулярні сполуки. Наявність карбонату кальцію в осаді сприяє

більш повному і швидкому осаджуванню колоїдно - дисперсних часток, що підвищує ступінь розділення барди як при осаджуванні (гравітаційному або в центрифугі), так і при фільтруванні за рахунок розрихлення осаду і зменшення його стискання. Суттєвим є й те, що показник рН обробленої барди знаходиться в межах 5,5-6,5, що є оптимальним для дії ферментних препаратів. Одночасно підвищується вихід густої фракції барди і покращуються її кормові властивості.

1.3 Раси дріжджів для зброджування сусла із крохмалевмісної сировини

Дріжджі представляють собою одноклітинні мікроскопічні неміцеліальні гриби і відносяться до різних сімейств. Більшість дріжджів, що використовуються в бродильних виробництвах, відносяться до сімейств *Saccharomycetaceae* /*Endomycetaceae*/. Особливий інтерес представляє рід *Saccharomyces*, який об'єднує найбільше число дріжджів, що розмножуються брунькуванням. Культурні, або істинні дріжджі відносяться до цього роду і поділяються на підгрупи в залежності від відношення їх до цукрів. Дріжджі першої групи зброджують глюкозу, сахарозу, мальтозу. До цієї групи відносяться більшість промислових цінних дріжджів. Вихідним видом спиртовим, пивним і винних дріжджів є вид *Saccharomyces cerevisiae*, який вперше точно визначив Пісс і детально описав Мейен. Серед них можна відмітити: спиртові *Saccharomyces cerevisiae* раси XII, XV, Я, М, В, термотолерантні штами *Saccharomyces cerevisiae* ВП, К-81, У-717, *Shizosacch. pombe* 80, ряд гібридних дріжджів 67, 73, 75, 105, 112 та інші; пивні *Saccharomyces cerevisiae* Floberg, *Sacch. Carlsbergensis* та інші; винні –*Sacch. Vini* - /*elipsoideus*/ та інші [45]. Всі ці дріжджі використовуються в різних галузях бродильних виробництв і набули в результаті тривалого культивування характерні ознаки, наприклад, глибину виброджування сусла, утворення специфічного аромату, здатність до низового і верхового бродіння і інші. Розмножуються ці дріжджі брунькуванням або діленням, а при несприятливих умовах дають спори. Хороші спиртові дріжджі відзначаються швидким розмноженням, стійкістю до великих концентрацій спирту і цукру, здатністю активно перетворювати вуглеводи зернових замісів у спирт при температурі не менше 32°C і загальній стійкості їх до раптових перемін зовнішніх умов/рН, температура, осмотичний тиск/. Дріжджі відрізняються за виходом спирту із одиниці сировини, впливом на ароматичні властивості дистиляту, по стійкості їх до високих концентрацій спирту і цукру, а також швидкості розмноження і ступені зброджування. Одна із найбільш важливих властивостей дріжджів є стійкість їх до високих концентрацій спирту. Слід підкреслити, що максимальна концентрація спирту, при якій буде проходити розмноження, менш важлива, ніж ступінь впливу низької концентрації спирту на швидкість зброджування. Недоцільно, наприклад, зброджувати вуглеводи в концентраціях, еквівалентних тій концентрації етанолу, яку максимально витримують дріжджі, якщо не

враховувати при цьому швидкості розмноження і зброджування. Для зброджування суслу із крохмалевмісної сировини загальне розповсюдження в Україні набули дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси XII. Вони зброджують глюкозу, фруктозу, сахарозу, галактозу, мальтозу і на 1/3 рафінозу, пентоди і декстрини ці дріжджі не зброджують. Подібна раса II, селекціонована в Бродильному інституті в Берліні, але вона менше використовується, ніж раса XII, через надмірне пінення. За кордоном відомі також раса I; дана раса цікава тим, що є значно термотолерантнішою, її температурний оптимум знаходиться в межах 40-45°C. Англійського походження є раса A, яка за своїми властивостями подібна до раси XII [41]. До термофільних відносяться також нові раси B4 і Bc, які відселекціоновані в Польщі і характеризуються як фізіологічно стійкі дріжджі, що не піддаються дегенерації при раптових змінах умов культивування при переробці крохмалевмісної сировини на спирт. Перспективні також вітчизняні штами дріжджів *Sacch. cerevisiae* K-81 і *Shizosaccharomyces pombe* 80 та інші [41]. Як зазначено вище, при переробці крохмалевмісної сировини на спирт спостерігаються великі виробничі втрати сировини і споживанням теплової енергії. Оскільки наша держава забезпечена власними енергоносіями лише на 42%, прийнято концепцію розвитку енергозберігаючих технологій виробництва спирту [41]. Цій проблемі в світі приділяється велика увага і постійно проводяться наукові дослідження, які спрямовані на зменшення втрат сировини і зниження споживання теплоенергії. Одним із напрямків вирішення цієї задачі є селекція нових штамів дріжджів з амілолітичними і бродильними властивостями і розробка способів безпосереднього зброджування ними крохмалевмісних матеріалів. Дріжджі зі здатністю деградувати крохмаль і зброджувати в етанол сахариди, які утворюються при цьому, виділив із природного матеріалу також Banerjee і кол. [49] та ідентифікував їх як *Saccharomyces diastaticum*. Від інших видів роду *Saccharomyces* вони відрізняються саме тим, що асимілюють і зброджують крохмаль. *Saccharomyces diastaticum* має глюкоамілазну активність, короткий генеративний час, добре росте на синтетичному мінеральному середовищі з субстратами, в яких є крохмаль, але продуктивність спирту цими дріжджами ще недостатньо вивчена і є лише деякі відомості про синтез спирту із глюкози і декстринів. В оптимальних умовах було досягнуто після 3-х діб ферментації в бражці 5,7 % мас. Етанолу і 80 % конверсії крохмалю, причому відмічено інгибуючий вплив етанолу на ріст дріжджів [45]. Pancel і кол. [45] вважають, що *Saccharomyces diastaticus* є більш перспективними дріжджами для ферментації крохмалю звичними методами, ніж *Saccharomyces cerevisiae*. Whitney і кол. [45] з допомогою *Saccharomyces diastaticum* досягли 50 % - ого зниження дози глюкоамілази, яка використовувалася при промиловому виробництві етанолу із крохмалевмісного матеріалу. Проводяться роботи по клонуванню в дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* екзо – 1,4 – α – D – глю-

козіади Asp. Awamori [49]. Але, на жаль, до цього часу ще не вдалося сконструювати такий штам дріжджів, який мав би ідеальні амілолітичні та бродильні властивості і який би знайшов широке розповсюдження в промисловому масштабі. Всі ж відомі до теперішнього часу спеціально сконструйовані дріжджі можуть зброджувати непідготовлений крохмаль з утворенням етанолу щонайбільше із 50 % -им виходом до теоретичної величини [49]. Слід підкреслити, що вибір хорошої раси дріжджів ще не є запорукою успіху при бродінні. При відсутності належних умов культивування навіть продуктивна раса дріжджів через декілька поколінь втрачає свої властивості. Для того, щоб зберегти в дріжджах необхідні якості, повинні бути створені і постійно підтримуватися певні умови культивування.

1.3.1 Існуючі способи приготування виробничих дріжджів

Для зброджування сусла із крохмалевмісної сировини використовують природну чисту культуру дріжджів, яку вирощують в умовах граничного попадання сторонніх мікроорганізмів.

Розвиток інфекції пригнічується при підкисленні сусла молочною або сірчаною кислотою до рН 3,8-4,0. Це значення рН менш сприятливе для розмноження дріжджів, ніж 4,7-5,0, але воно забезпечує отримання мікробіологічно чистої культури [41]. Приготування виробничих дріжджів ведуть періодичним, напівбезперервним і безперервним способами [41]. Сутність періодичного способу полягає в тому, що всі операції по підготовці сусла та культивуванню дріжджів здійснюються в одному дріжджегенераторі [41]. При періодичному культивуванні дріжджів в середовищі накопичується не менше 100-120 млн/мл клітин в 1 мл. Цей спосіб отримав найбільше поширення в спиртовій промисловості. Напівбезперервне культивування виробничих дріжджів було розроблено Є.П. Скалкіною і полягає в тому, що всі операції по приготуванню дріжджового сусла проводять в окремому апараті-пастеризаторі, який знаходиться вище двох дріжджегенераторів. Пастеризатор має таку ж будову, як і дріжджегенератор, тільки об'єм його на 1/3 менший [41]. В цьому способі не було передбачено профілактичної пастеризації обладнання, тому він не знайшов широкого розповсюдження. Для приготування дріжджів з високою ферментативною активністю розроблений напіваеробний спосіб їх культивування [41]. Сутність цього методу полягає в тому, що в сусло для дріжджів вводяться стерильне повітря в кількості 1/8 об'єму на 1 об'єм сусла. При такому способі кількість дріжджових клітин через 16 годин росту при 36°C досягає 400-500 млн/мл. Витрата виробничих дріжджів за даним способом призводить до збільшення втрат зброджуваних речовин від нерозчиненого крохмалю і може призводити до інфікування бражки. На сьогодні створення сучасних прогресивних технологій для інтенсифікації процесу зброджування диктує необхідність виді-

лення та селекції фізіологічно активних рас дріжджів. Але у вітчизняній промисловості цьому питанню приділялося недостатньо уваги. Враховуючи специфіку роботи спиртових заводів, де періодично стикаються з зупинками та пуском підприємств, нестачею охолоджуючої води, інфікуванням середовища, відсутністю умов для розведення та підтримання чистої культури дріжджів, зарубіжні компанії пропонують препарати активних сухих спиртових дріжджів Ферміпан і Ферміол, Спіріферм СП та інші. Препарати представляють собою мікрогранульовані сухі дріжджі, спеціально селекціоновані для спиртового виробництва. Але вони витримують не більше 13-15 генерацій. Найбільш ефективним і перспективним є безперервний спосіб культивування дріжджів. Коли дріжджові клітини ростуть в періодичному режимі, їх ріст продовжується недовго. Як тільки живильні речовини вичерпуються із субстрату, ріст клітин припиняється. При безперервному способі культивування дріжджів клітини можуть рости безперервно і із постійною швидкістю на протязі довгого часу. Сутність способу полягає в тому, що культивування дріжджів проходить в потоці в одному або декількох послідовно з'єднаних апаратах. Головним його недоліком є велика вірогідність інфікування середовища. В процесі приготування виробничих дріжджів, незалежно від способу культивування, концентрація суслу знижується на 2/3 від початкової її концентрації, а вміст спирту зростає до 3,5-4,5 % об. Кислотність суслу від початку до кінця процесу культивування дріжджів повинна залишатися без зміни. Готова культура повинна мати клітини з багатим вмістом глікогену, 34% брунькуючих і не більше 1 % мертвих клітин при повній відсутності сторонніх мікроорганізмів. Якщо у відібраній культурі виявлено 1-2 палички сторонньої мікрофлори, її обробляють сірчаною кислотою при рН 2,5-2,8 протягом 40-60 хвилин, кількість засівних дріжджів збільшується до 15-20 %, а температуру культивування піднімають на 3-4°C [45].

1.3.2 Умови культивування дріжджів та використання фільтрату барди для приготування живильного середовища

Дріжджі, які вирощують на фільтраті зернової барди, повинні відповідати таким вимогам: бути непатогенними, мати велику швидкість розмноження на даному поживному середовищі, асимілювати найбільшу кількість поживних речовин середовища з високим економічним коефіцієнтом, добре виділятися сепаруванням, бути стійким до контамінуючої мікрофлори й інгібіторам росту, забезпечувати потрібну кількість протеїну і за хімічним складом відповідати вимогам стандарту. Під час відбору культур дріжджів потрібно враховувати також їх потребу у вітамінах та інших біологічних стимуляторах росту, а також поліауксію – черговість використання різних поживних речовин середовища. Різні види дріжджів з різною швидкістю засвоюють гліцерин і органічні кислоти, повніше асимілюють молочну кислоту і гліцерин, які складають більше 1/3 усіх засвоєваних джерел

вуглецю, і накопичують більшу біомасу. Ці особливості дріжджів беруть до уваги під час підбору їх суміші для вирощування на різних за хімічним складом поживних середовищах [49]. Використання мікроорганізмів в технології різних виробництв пов'язано, перш за все, з їх розмноженням. Якщо ставиться задача використання продуктів обміну речовин, які одержують в результаті їх життєдіяльності, то для перетворення субстрату в необхідні сполуки не вимагається особливої інтенсифікації росту цих мікроорганізмів. Прикладом цього якраз і є одержання етанолу. Виробництва ж, які зацікавлені в максимальному накопиченні біомаси мікроорганізмів і не використовують продукти обміну цих мікроорганізмів, прагнуть тільки інтенсифікувати процес розмноження [49].

В залежності від галузі виробництва зовнішні фактори, які визначають життєдіяльність дріжджів, можуть відрізнятися. Через це в кожному окремому випадку намагаються підібрати свої оптимальні умови, які б забезпечили максимальний вихід бажаного продукту. На розмноження дріжджів у спиртовому виробництві впливають такі фактори: температура, концентрація водневих іонів /рН/, кисень, перемішування дріжджового суслу і продукти метаболізму. При культивуванні на багатому живильному середовищі найбільш чітко проявляються фази росту дріжджових клітин: лаг-період, експоненціальна фаза, стаціонарна фаза і фаза затухання [45]. Кожній фазі розвитку дріжджових кліток відповідає певний вміст вільних внутрішньоклітинних амінокислот, поліпептидів, білку, розчинних фосфатів і поліфосфатів, рибонуклеїнових кислот [45], зміни цих фізіологічно важливих сполук зумовлюють перехід дріжджових клітин із однієї фази росту до іншої. Вплив температури на дріжджові клітини узгоджується із впливом її на ензиматичні реакції. Цей вплив помітний до певної температури, потім досягається оптимальне її значення, а далі спостерігається швидке знаходження інтенсивності ферментативних реакцій. Слід підкреслити, що оптимальна температура для найінтенсивнішого зброджування цукрів не співпадає з оптимальною температурою для розмноження дріжджів, тому треба для кожної фази зброджування і для кожної культури дріжджів визначити відповідну оптимальну температуру. Встановлено, що максимальна гранична температура для розмноження дріжджів є 38°C, а оптимальна 28-34°C. Відмічається, що швидкість росту дріжджів при 30-31°C і 20-21°C знаходяться у співвідношенні 1,57:1. Оптимальна температура для розмноження дріжджів спиртових є 33-34°C, але вирощені при такій температурі дріжджі мають невелику бродильну енергію; крім того ця температура сприятлива для розвитку бактеріальної мікрофлори. Тому при розмноженні дріжджів необхідно підтримувати температуру 28-30°C, причому дріжджі, які вирощені при температурі, нижчій від оптимальної /1722° C/, мають вищу бродильну енергію [41]. Для практики важливою є температура, при якій дріжджі гинуть, що має значення при стерилізації суслу і обладнання. Зазнача-

ється, що ця температура, в залежності від культури дріжджів, при дії на протязі декількох хвилин становить 58-64 °С, хоча в деяких посиланнях наводиться температура 50°С [45]. Стосовно низьких температур дріжджі дуже стійкі. Як і будь-який біологічний процес, вирощування дріжджів також залежить від концентрації водневих іонів /рН/ в живильному середовищі. Дріжджі можуть розвиватися в середовищі з рН 2-8, оптимальним є рН 4,5-5,0, але вони досить добре розмножуються і при більш низькому значенні рН 3,63,8. В той же час в цих умовах подавляється життєдіяльність інфікуючих мікроорганізмів. Відомо [41], що дріжджі мають властивість змінювати рН суслу в кислу сторону. Гейл [41] припускає, що ця властивість має пристосований характер і дозволяє мікроорганізмам приводити кислотнолужні умови середовища до рівня, сприятливого для їхнього розвитку. Доведено [41], що в основі регуляції рН середовища є дія розширеного принципу Ле-Шатальє-Брауна, який є загальною закономірністю зміщення хімічної рівноваги і виражає важливу властивість відкритих систем – аутостабілізацію, тобто властивість самозбереження стаціонарного стану хімічних систем при зміні зовнішніх умов. Зміною рН середовища можна викликати зміну напрямку біохімічних реакцій в сторону утворення тих чи інших продуктів. Показано [41], що дріжджі можуть в розчинах цукру знизити рН субстрату на протязі 160 годин з 5,47 до 2,37. При вирощуванні дріжджів в анаеробних умовах при безперервному або періодичному притоку живильних речовин, рН змінюється в кислу сторону, але ця зміна урівноважується за допомогою добавлення живильних компонентів, таких, як діамоній фосфат, аміак та інші. Добавка живильних речовин дозволяє, як правило, підтримувати рН середовища близько 5,0.

Вивчався вплив зміни рН середовища з 4,0 до 7,5 на внутрішньоклітинний вміст проміжних продуктів енергетичного обміну. Показано, що різке підвищення рН середовища, в якому є глюкоза, викликало збільшення концентрації 3-фосфогліцерату фосфоенол-пірувату, початкове різке зменшення вмісту глюкозо-6-фосфату, фруктозо-1, 6-дифосфату і дигідроацетону, за яким наступала фаза збільшення концентрації цих сполук до рівня, який перевищував початковий; збільшення концентрації аденоінфосфату, аденозиндифосфату і зниження аденозинтрифосфату [49]. Перенесення іонів водню супроводжується зміною рН, який впливає на гліколіз і дихання. Властивість дріжджів і їх відмінність від багатьох інших мікроорганізмів полягає саме в тому, що вони можуть проявляти життєдіяльність як в аеробних, так і в анаеробних умовах, причому, навіть без зміни живильного середовища можуть швидко переключатися з одного типу обміну на інший. В анаеробних умовах при зброджуванні цукру дріжджі отримують необхідну їм енергію і лабільні проміжні продукти для всіх її життєвих процесів. В аеробних же умовах дріжджі не зброджують, а окислюють вуглеводи до діоксиду вуглецю і води, майже не утворюючи

при цьому спирту, але різко прискорюють процес розмноження дріжджів шляхом дихального фосфорилування, яке дозволяє мобілізувати енергію найбільш швидко і ефективним шляхом. Так, при диханні дріжджів виділяється вся енергія, що є в глюкозі, але не вся вивільнена використовується для побудови клітини. Наприклад, спиртові дріжджі використовують тільки 50-60 %, а пивні – 10 – 15 % енергії, яка вивільняється виключно при диханні. Таким чином, дріжджі можуть використати обидва типи реакцій розпаду вуглеводів в клітині: реакцію окислення цукрів киснем повітря і реакцією безкисневого анаеробного розпаду, яка лежить в основі процесу бродіння [41]. В аеробних же умовах при достатній кількості кисню в середовищі весь цукор може витрачатися на накопичення біомаси дріжджів. Тут переважають два цикли – цикл трикарбонових кислот і пентозофосфатний цикл, по якому близько 30% глюкози через проміжні сполуки, що взаємодіють з пуриновими або піридиновими основами, перетворюється в нуклеотиди, тобто має місце синтез. Дріжджі, як і всі інші мікроорганізми, розмножуються і ростуть у розчинах, концентрація сухих речовин в яких менше концентрації їх в клітинному соку [41]. Різні співвідношення концентрації розчину внутрішньоклітинного соку і концентрації зовнішнього середовища в порівнянні з концентрацією внутрішньоклітинного соку зумовлює плазмоліз дріжджів. Через це явище осмосу в життєдіяльності дріжджів відіграє важливу роль. Якщо концентрація живильних речовин в середовищі постійно підтримується в необхідних межах, то кількість дріжджів визначається їх питомою швидкістю росту $/C/$ і концентрацією субстрату $/S/$. Була також визначена пряма залежність між ростом мікроорганізмів і утилізацією живильних речовин. В цих умовах швидкість розмноження є постійною функцією швидкості споживання живильних речовин: $dx/dt = -y ds/dt$ або, $dx/dt = C = -y ds/dt$ де:

S – концентрація субстрату;

C – питома швидкість росту; y – економічний коефіцієнт, константа, яка визначається із залежності;

$y = x/S_0 - S$ – маса мікроорганізмів / маса використаного субстрату. На жаль, ця залежність дійсна, головним чином, для третього шляху використання живильних речовин. При дріжджогенеруванні в цій залежності необхідно враховувати частину сухої маси субстрату, яка буде використана для утворення етанолу поряд із біомасою дріжджів, що не викликає особливих труднощів. В фактичній роботі зрілими засівними дріжджами вважаються такі, які збродили до 1/3 концентрації сухих речовин вихідного живильного сула, отже мають відброд 4-4,5° по цукроміру і 100-120 млн. дріжджових клітин в 1 см³ [45].

1.4 Джерела додаткового живлення

Дріжджі сприймають живильні речовини шляхом абсорбції їх на поверхні клітин і наступною дифузією усередину.

Оболонка і периферійний шар протоплазми грає при цьому роль напівпроникної перегородки, яка регулює надходження в клітину живильних речовин і відведення до зовнішнього середовища продуктів життєдіяльності. Щоб потрапити в клітину, живильні речовини повинні бути низькомолекулярними і розчинними у воді. Частина цих речовин перетворюється в клітині у високомолекулярні сполуки. Живильні речовини повинні бути асимільованому дріжджами вигляді, асимілюючі речовини повинні відповідати необхідному для виробництва типу обміну речовин дріжджової клітини. Великий вплив на життєдіяльність дріжджів виявляють мінеральні речовини і, в першу чергу, фосфор, який входить до складу нуклеопротейдів, поліфосфатів, багатьох ферментів, проміжних продуктів спиртового бродіння і утворюють багаті на енергію зв'язки. Для дріжджів необхідні також в мікродозах магній і марганець, які беруть участь у багатьох проміжних реакціях спиртового бродіння, наприклад, в реакціях, що каталізуються фосфоферазами, зближуючи фермент і субстрат; а також залізо, яке входить до складу багатьох ферментів дихання. Дріжджі мають у своєму складі також калій, сірку і інші елементи, роль, яких ще недостатньо вивчена. Слід зауважити, що зернові виробничі середовища містять у собі близько 15-16 % вуглеводів, 0,2 % азоту, фосфорні органічні сполуки і багатий набір мінеральних солей, мікроелементів і інших речовин. Такі натуральні середовища, крохмаль і азотні речовини яких зазнали дії ферментів, достатньо повноцінні як за своїм складом, так і за кількісним вмістом живильних речовин. Однією із важливих умов, які забезпечують ефективне виробництво етилового спирту із крохмалевмісної сировини, є підготовка достатньої кількості і відповідної якості засівних дріжджів. Незалежно від способу заповнення бродильного апарату об'єм дріжджів в ньому складає 6-8 % від його об'єму [41]. На втрати цукру при розмноженні дріжджів в спиртовому виробництві впливають: склад поживного середовища, концентрація водневих іонів, температура, аерація і інші фактори. Технологія підготовки засівних дріжджів на теперішній час достатньо добре вивчена. Оптимальні умови для культивування засівних дріжджів – рН 3,8-4,0, температура – 28-30°C однакові незалежно від того, який ферментний препарат використовується для оцукрення крохмалю: ферменти солоду чи ферментний препарат із мікроорганізмів. Стосовно ж складу живильного середовища спостерігається дещо інша ситуація. Для нормального розвитку дріжджів необхідно, щоб у живильному середовищі містились не тільки зброджуванні вуглеводи, але і достатня кількість азотних речовин, які засвоюються дріжджами. Відомо, що амінокислоти відіграють значну роль при вирощуванні засівних дріжджів, а тому в середовищі, де

вони культивуються, має бути достатня їх кількість [41]. Недостаток азотних живильних речовин приводить до того, що кількість дріжджових клітин в зрілих дріжджах не перевищує 70 млн/см³ замість необхідних 100-120 млн/см³, хоча в літературі є дані, що деякі штами дріжджів можуть повністю збродити пшеничне сусло з вмістом вуглеводів >200 г/дм³ навіть при низькій концентрації азотних речовин. Одним із способів покращення якості живильного середовища для культивування дріжджів є використання декантованої барди, яка додається в розварене і оцукрене сусло, яка знижує величину рН до більш оптимальної, підвищує буферність середовища при вирощуванні дріжджів і забезпечує дріжджі живильними речовинами. Деякі дослідники пропонують використовувати барду замість води для приготування затору і, як джерело теплової енергії, необхідної для створення температури при ферментативному оцукренні, що веде до економії палива, підвищення виходу і зниженню собівартості етанолу [49].

1.5.Висновки

Однією з найважливіших проблем підвищення ефективності виробництва залишається комплексне використання матеріальних ресурсів шляхом удосконалення технологічних процесів, впровадження безвідходних технологій, розширення переробки вторинних ресурсів та утилізація відходів. Найбільш повне використання відходів дозволяє економити повноцінну сировину, краще організувати захист навколишнього природного середовища від забруднення. Використання фільтрату барди на стадії приготування замісів сприятиме не тільки зменшенню її виходу та підвищенню концентрації, але й дозволить частково компенсувати нестачу азотного та фосфорного живлення, викликану застосуванням концентрованих ферментних препаратів (КПФ), а також покращити біологічну активність дріжджів на стадії їх приготування та зброджування сусла та зменшити потреби в артезіанській воді.

Отже, метою досліджень було вивчення впливу фільтрату барди, його концентрації та кратності на техно-хімічні показники бражки та барди, за умови повного використання фільтрату барди на стадії приготування замісу. Завданнями досліджень є:

- дослідження впливу багаторазового використання фільтрату барди на показники бражки;
- визначення впливу фільтрату барди на культивування дріжджів;
- дослідження впливу виду сировини та концентрації сусла на вихід фільтрату барди;
- визначення впливу кількості фільтрату барди на показники дозрілої бражки та зброджування сусла.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Матеріали досліджень

Об'єкт досліджень – технологія спирту із зерна з впровадженням ресурсощадних заходів.

Предмети досліджень: післяспиртова зернова барда, зерновий заміс, сусло, дозріла бражка, фільтрат барди.

2.2. Методи досліджень

Використовували – теоретичні, загальноприйняті фізико-хімічні, органолептичні методи досліджень, які прийняті у спиртовому виробництві.

2.2.1 Приготування замісу

В конічну колбу на 500 см³ беремо наважку в 50-55 г помелу кукурудзи, в контрольний заміс додавали 145-150 см³ води, а у досліджуваний такий же об'єм проясненого фільтрату барди. Перемішуємо і додаємо розріджуваний ферментний препарат, після чого проводимо процес розварювання протягом 3 год. при температурі 90-95 °С. Після цього сусло охолоджуємо до температури 32°С, додаємо оцукрюючий ферментний препарат, витримуємо протягом 30 хв. і отримуємо готове сусло для бродіння. 2.2.2 Зброджування сусла В розріджений заміс додаємо дріжджі в кількості 20 млн. кл/см³. Колби шпунтуємо і зважуємо, та поміщаємо в термостат в якому стабільно витримується температура 30-32 °С. Кожні 12 год. проводимо зважування, для визначення динаміки зброджування сусла.

2.3 Методика визначення якісних та кількісних показників сусла і зрілої бражки

Крохмалистість вихідного зерна визначали за методом Еверса [31] він оснований на розчиненні крохмалю при кип'ятінні з мало концентрованим розчином соляної кислоти.

Гранулометричний склад помелу зерна визначали методом розсіву на металевих та капронових ситах [31]. Концентрацію сухих речовин визначали на рефрактометрі харчових лабораторій типу РПЛ – 3 [31]. В залежності від забарвлення проби сухі речовини розчину визначають в проходящому або відбитому світлі. Вміст аміноного азоту визначали йодометричним методом (по Пову і Стівенсу) в основу методу покладена можливість амінокислот утворювати розчинні сполуки з міді, кількість яких визначають йодометричним титруванням. В зрілій бражці рН та активну кислотність визначали електрометричним методом. Вміст етанолу – рефрактометричним методом, за допомогою погружного рефрактометра, так як показник заломлення світла водно-спиртового розчину залежить від його концентрації по цій залежності є побудовані графіки і виведені таблиці,

в яких показник заломлення виражений як функція концентрації водно-спиртових розчинів [31]. Кількість розчинних вуглеводів, нерозчинного крохмалю, спирторозчинних вуглеводів та декстринів – фотоелектроколориметричним методом з антроновим реактивом [31] який оснований на вимірюванні оптичної густини розчину, отриманого після реакції вуглеводів з реактивом, утворюючи забарвлення. Оптична густина прямо пропорційна концентрації розчину. Кількість мертвих і живих дріжджових клітин визначали за допомогою мікроскопу і камери Горяєва, при цьому в розчин додавали металеву синь. Всі визначення показників якості визначали у трьохкратній повторюваності з подальшим статистичним аналізом отриманих результатів.

2.4 Висновки і задачі дослідження

Однією з найважливіших проблем підвищення ефективності виробництва є комплексне використання матеріальних ресурсів шляхом вдосконалення технологічних процесів, впровадження безвідходних технологій, розширення переробки вторинних ресурсів та утилізації відходів. Найповніше використання відходів дозволяє економити повноцінну сировину, краще організувати захист навколишнього середовища від забруднення. Застосування фільтрату барду на стадії приготування партій не тільки зменшить його вихід і збільшить концентрацію, але й частково компенсує брак азоту та фосфору, спричинений використанням концентрованих ферментних препаратів (КФП) як покращують біологічну активність дріжджів під час приготування та бродіння, і зменшити артезіанські потреби у воді. Таким чином, метою дослідження було вивчити вплив фільтрату барди, його концентрацію на техніко-хімічні параметри браги та барди, за умови повноцінного використання фільтрату барди на стадії приготування суміші. Завданнями дослідження є:

- вивчення впливу фільтрату барду на параметри пивоваріння;
- визначення впливу фільтрату барди на вирощування дріжджів;
- вивчення впливу типу сировини та концентрації сусла на вихід фільтрату барди;
- визначення впливу кількості фільтрату барди на показники зрілої закваски та бродіння сусла.

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

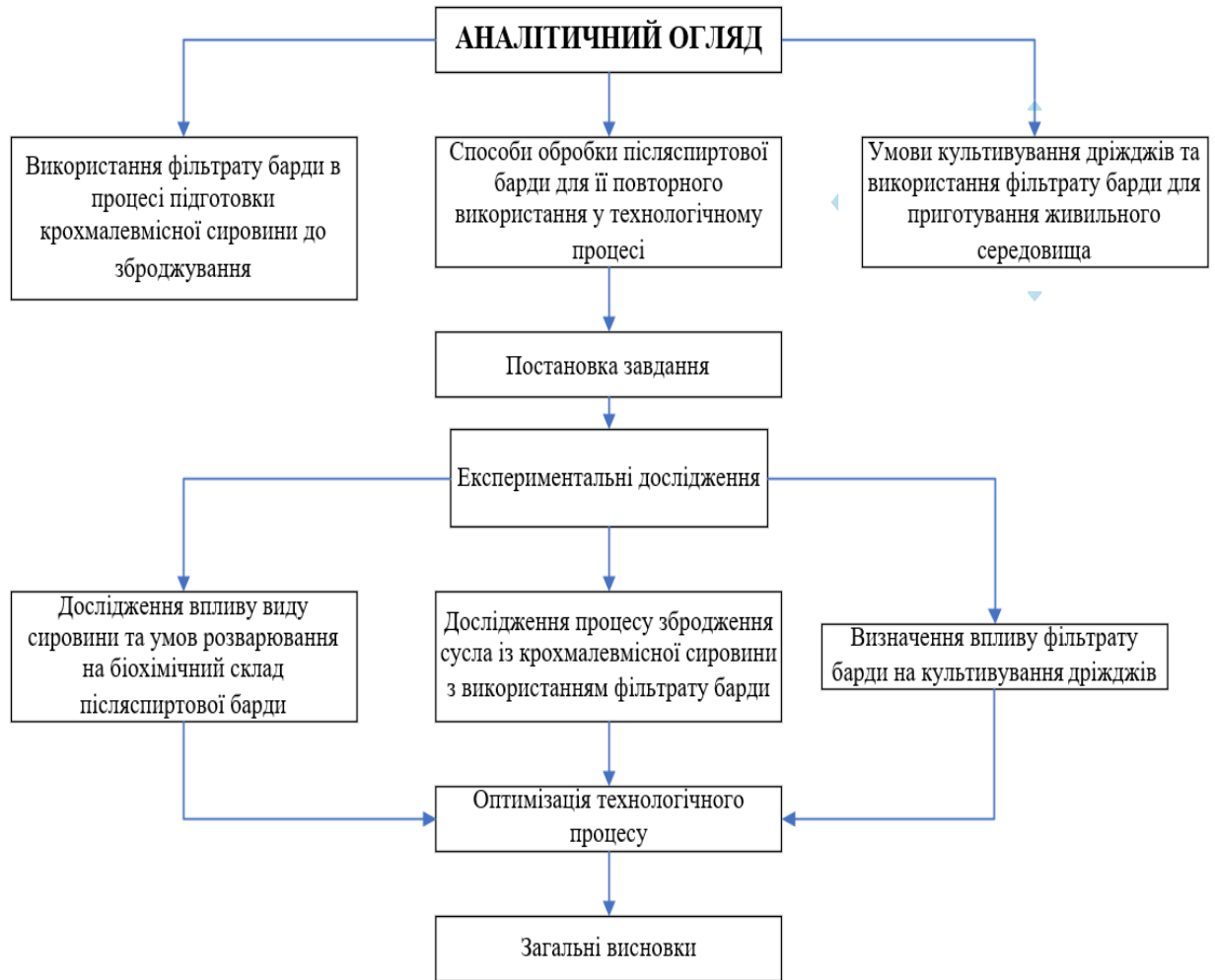


Рис. 2.1 - Програма проведення аналітичних та експериментальних досліджень

РОЗДІЛ 3. ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРАТУ БАРДИ У ЗБРОДЖЕННІ СУСЛА З КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ

3.1 Дослідження впливу виду сировини та умов розварювання на біохімічний склад післяспиртової барди

В умовах ринкової економіки перед вітчизняною спиртовою галуззю стоять складні завдання, впершу чергу, це зниження собівартості продукції за рахунок розробки і впровадження принципово нових інноваційних технологій, які забезпечать збільшення питомого виходу товарної продукції при максимальній утилізації відходів виробництва.

Конкурентоспроможність товарної продукції, як на внутрішньому так і на зовнішньому ринках, досягається за рахунок розробки та впровадження у виробництво ресурсозберігаючих та безвідходних технологій з одночасним підвищенням якості товарної продукції та екологізації виробництва.

В Національному університеті харчових технологій ведуться системні дослідження, спрямовані на розробку ресурсо- та енергозберігаючих технологій спиртового виробництва і зниження впливу шкідливих відходів на навколишнє середовище. Зокрема інтенсифікація процесу зброджування сусла з крохмалевмісної сировини та утилізації післяспиртової барди.

Основним відходом спиртових заводів є післяспиртова барда, кількість якої залежить від концентрації спирту в бражці, бражному дистиляті та кількості конденсату гріючої пари, яка витрачається на брагоперегонку при «відкритому» обігріві бражної колони. Кількість післяспиртової барди в середньому становить 11...13 дал/ на 1 дал спирту [11].

Утилізація барди при концентрації в ній сухих речовин (СР) 5...8 % шляхом випарювання з послідуочим висушуванням приводить до значних енерговитрат, потребує додаткового обладнання при окупності первинних інвестицій 4...6 років. Крім того, при підготовці крохмалевмісної сировини до розварювання і термоферментативної обробки витрачається 300...400% технологічної води до маси зерна [1].

Проблему зниження кількості післяспиртової барди необхідно вирішувати комплексно.

По-перше — на стадії приготування зернових замісів використовувати часткову заміну технологічної води фільтратом барди і по-друге — збільшувати початкову концентрацію сухих речовин замісу до 24...26 % СР, що дозволить зменшити витрату технологічної води на стадії підготовки крохмалевмісної сировини до зброджування на 60...80 %. Крім того збільшення концентрації СР замісу дозволяє підвищити вміст етанолу в зрілій бражці з 9...10 %об. до 12...13 %об., зменшити за рахунок цього витрату гріючої пари і охолоджува-

ної води на брагоперегонку в середньому на 10...12 %.

Післяспиртова барда представляє собою складну полідисперсну систему, до складу якої входять органічні та мінеральні речовини зерна, а також дріжджова біомаса, що збагачують її білковими речовинами, амінокислотами та цілим комплексом вітамінів. Використання фільтрату барди на стадії приготування замісів дозволяє не тільки знизити її загальну кількість, але і збагачує сусло аміним азотом і фосфорним живленням, підвищує фізіологічну активність дріжджів на стадії їх приготування та зброджування сусла, а також збільшує питомий вихід спирту [24].

Мета дослідження полягала у вивченні впливу виду крохмалевмісної сировини, початкової концентрації сухих речовин (СР) сусла на їх концентрацію в барді та кількості фільтрату барди на процеси зброджування сусла і технологічні показники дозрілої бражки.

В спиртовому виробництві сировину, що містить вуглеводи, а саме крохмаль, який гідролізується КФП до зброджуваних вуглеводів, мікроорганізми (а це дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* різних рас) зброджують, використовуючи тільки вуглеводи і частково білок (амінокислоти), а всі інші поживні речовини субстрату попадають у побічні продукти, які потім необхідно утилізувати. До таких продуктів належить післяспиртова зернова барда.

На сьогодні на спиртових заводах України переробляють, в основному, жито, кукурудзу, ячмінь, частково пшеницю.

Спиртові заводи працюють переважно на зернових сумішах, тому склад барди, отриманої із суміші зернопродуктів відрізняється від складу барди отриманої із однієї культури.

В таблиці 3.1 наведені дані хімічного складу барди отриманої із зерноsumіші - кукурудза + жито у співвідношенні 2 : 1 при концентрації сусла 17,5 % СР. Сусло готували в умовах низькотемпературного розварювання. Розрідження замісів проводили концентрованим ферментним препаратом Tegamyl HS 77 L при температурі 85-90°C, оцукрення - ФП Tegamyl GA 400 L проводили в продильному апараті. Зброджували сусло в термостаті при $t = 32-35^{\circ}\text{C}$ дріжджам *Saccharomyces cerevisiae* раси ДО-11.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад зернової барди

Показники	Вміст в нативній барді, %
Вода	93
Суша речовина, в тому числі:	7,2
Вуглеводи	2,8
Сирий протеїн	2,4
Клітковина	0,9
Жир	0,42
Зола	0,65

Також в процесі теоретичних досліджень було визначено і склад барди в залежності від виду сировини. Для досліджень використовували зерно із жита крохмалистістю 53 %, кукурудзи - 60 %, ячменю - 55 % та пшениці - 56 %. Фізико-хімічний склад нативної барди, отриманої із різних культур наведений в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники післяспиртової барди

Склад барди, %	Сировина			
	Кукурудза	Жито	Ячмінь	Пшениця
Вода	93,25	92,45	93,25	95,0
Сухі речовини, %	6,75	7,15	6,75	6,8
Розчинні сухі речовини	2,39	2,69	2,68	2,59
Вуглеводи:				
Редукуючі речовини, в перерахунку на мальтозу	0,552	0,435	0,438	0,440
Редукуючі речовини після гідролізу із HCl, в перерахунку на глюкозу	0,590	0,770	0,420	0,421
Крохмаль	0,12	0,099	0,100	0,11
Пецтозани (в фільтраті)	0,400	0,449	0,405	0,390
Геміцелюлози	1,75	1,69	1,71	1,50
Клітковина	0,30	0,46	0,595	0,41
Азот,	0,450	0,320	0,238	0,350
В тому числі в фільтраті	0,041	0,0765	0,064	0,039
Зола,	0,071	0,431	0,602	0,359
В тому числі в фільтраті	0,282	0,194	0,300	0,264
Жир	0,61	-	0,425	0,359

Згідно аналізу таблиці 3.2 склад післяспиртової барди залежав від виду сировини. Так, найвищий вміст сухих та редукуючих речовин був в барді із жита, а азотних речовин - із кукурудзи, що і обумовлено хімічним складом вихідної сировини. Згідно даних А. Ф. Бернштейна склад барди залежить також і від режиму розварювання сировини. Було про-

ведено дослідження по впливу температури розварювання на фізико-хімічний склад барди. Дані досліджень наведені в таблиці 1.3.

Встановлено, що із підвищенням температури розварювання вміст білків в барді зростає на 9-42 % залежно від виду сировини. Найбільша кількість білку в післяспиртовій барді при підвищенні температури розварювання спостерігалася у пшениці і складала 43 % СР (табл.3.3).

Таблиця 3.3 – Вплив температури розварювання на хімічний склад

Сировина	Температура термоферментативної обробки, °С	Склад барди, % СР		
		Білки	Жири	Зола
Пшениця	90-95	25-43	5,4-4,1	2,1-2,2
Кукурудза	70-75	32-35	8,2-11,2	1,8-2,0
Жито	70-75	29-32	6,2 - 6,7	2,1 -2,2

При зброджуванні суслу в процесі ферментації дріжджові клітини синтезують додатковий протеїн та вітаміни, покращуючи таким чином кормові властивості барди, а при використанні її фільтрату для приготування замісу та подальшого зброджування суслу.

Було проведено теоретичні дослідження по визначенню амінокислотного складу післяспиртової барди (табл. 3.4)

Таблиця 3.4 – Амінокислотний склад барди із зернової суміші

Амінокислоти	Вміст в нативній барді, г/кг
Лізин	0,58
Метіонін	0,31
Цистин	0,18
Триптофан	0,13
Аргінін	0,49
Гістидін	0,50
Лейцин	1,58
Валін	1,14
Глютамінова кислота	0,79
Тирозин	0,47

Як видно із таблиці 3.4 в складі білку, що міститься в барді, високий вміст незамінних амінокислот, і в тому числі таких важливих, як лізин та метіонін. Тому використання фільтрату барди на стадії приготування замісу є доцільним.

3.2 Вплив концентрації суслу на вихід барди

В виробництві етилового спирту із харчової сировини на сьогодні актуальним є питання покращення якості спирту та утилізації відходів - барди.

При впровадженні технології сушки барди практично неможливо без використання дорогих і складних в експлуатації випарних установок, які є енергоємними. Тому вирішення цих питань на першому етапі повинно проводитися технологічним шляхом, тобто: удосконаленням режимів підготовки сировини до зброджування із використанням ферментних препаратів в умовах низкотемпературного розварювання.

Для визначення оптимальних технологічних параметрів барди спиртового виробництва при рециркуляції фільтрату барди необхідні данні по його кількості. Для досліджень використовували сусло із кукурудзи концентрацією 18 та 22% СР.

Кількість фільтрату барди при «закритому» обігріві бражної колони і концентрації спирту в бражках (X_B) більше 6,0 об.% завжди менша ніж кількість води потрібної для приготування замісу і залежить від багатьох факторів: кількості бражки (Б), концентрації спирту в бражці (X_B), кількості бражного дистиляту (Д), концентрації спирту у бражному дистиляту (X_D), кількості граючої пари на бражну колону (P_B) та способу її обігріву, гідромодуля, концентрації сухих речовин (СР) барди ($СР_{БР}$), фільтрату барди ($СР_{ФР}$) та вологого концентрату барди — КЕК ($СР_{КЕК}$).

Кількість барди (БР), вологого концентрату барди — КЕК та фільтрату барди (ФБ) визначається за наступними рівняннями матеріальних балансів:

$$БР = \frac{\rho_{сп}}{100} * \left[\left(1 + \frac{ВТ}{100} \right) * \left(\frac{1}{X_B} - \frac{1}{X_D} \right) \right], \quad \frac{кг}{дал} \quad (1)$$

Таблиця 3.5 – Залежність кількості фільтрату барди від параметрів технологічного процесу

№ п/п	Показники			Концентрація су- хих речовин, %СР		Кількість, кг/дал			
	Кількість зерна, кг	Вологість зерна, %	Кількість необхідної води, кг	СРсусла	СР фі- льтра- ту ба- рди	G бра- жки	G бар- ди	G кек	G філь- трату барди
Концентрація спирту в бражці 10,0 %.									
1	20,0	13,0	78,4	18,0	7,2	98,42	72,11	17,13	54,97
	20,0	13,0	78,4	18,0	7,2	98,42	75,87	18,03	57,84
	20,0	13,0	78,4	18,0	7,2	98,42	78,68	18,70	59,99
	20,0	13,0	78,4	18,0	7,2	98,42	80,88	19,22	61,66
Концентрація спирту в бражці 12,0 %.									
2	20,3	13,0	61,4	22,0	8,8	81,71	55,40	18,53	36,87
	20,3	13,0	61,4	22,0	8,8	81,71	59,16	19,78	39,37
	20,3	13,0	61,4	22,0	8,8	81,71	61,98	20,72	41,25
	20,3	13,0	61,4	22,0	8,8	81,71	64,17	21,46	42,71

$$КЕК = БР * \frac{СР_{БР} - СР_{ФБ}}{СР_{КЕК} - СР_{ФБ}} \cdot \frac{кг}{дал} \quad (2)$$

$$ФБ = БР * \left[1 - \frac{СР_{Б} - СР_{ФБ}}{СР_{КЕК} - СР_{ФБ}} \right] \cdot \frac{кг}{дал} \quad (3)$$

При «відкритому» обігріві бражної колони кількість барди (БР_р) визначається за рівнянням:

$$БР_{р} = БР + РБ \cdot \frac{кг}{дал} \quad (4)$$

$$РБ = \frac{Д * h'' + БР * С_{БР} - Б * С_{Б} * t_{Б}}{h'' - С_{БР} * t_{БР}} \cdot \frac{кг}{дал} \quad (5)$$

$$Д = \frac{\rho_{сп}}{100 * X_{д}} * \left(1 + \frac{В_{Т}}{100} \right) \quad (6)$$

де, $\rho_{сп}$ – густина спирту, кг/м³ В_Т

втрати спирту, %

X_Б, X_д – концентрація спирту в бражці та бражному дистиляті, ваг. %

С_{Р_Б}, С_{Р_{БР}}, С_{Р_{ФБ}}, С_{Р_{КЕК}} – сухі речовини бражки, барди, фільтрату барди, КЕК відповідно, вагова частка Д – дистилят, кг/дал

С_Б, С_{БР} – теплоємність бражки, барди, кДж/кг*к

h_д'', h'' – ентальпія пари дистиляту та гріючої пари, кДж/кг

3.3 Дослідження процесу збродження сусла із крохмалевмісної сировини з використанням фільтрату барди

Одним із способів підвищення рентабельності та екологізації спиртового виробництва є використання висококонцентрованого зернового сусла із заміною технологічної води фільтратом барди.

Для досліджень використовували жито, кукурудзу та пшеницю крохмалистістю 53,3, 65,3, 56,4 % відповідно. Термоферментативну обробку зернових замісів проводили при температурі 85...90 °С із використанням термостабільної α -амілази (Tegamyl HS 77 L) із розрахунку 0,5 од. АС/г крохмалю при експозиції 3 години. Гідроліз розріджуваного сусла до зброджуванних цукрів проводили глюकोамілазним ферментним препаратом (Diazyme SG) із розрахунку 6 од. ГЛА/г крохмалю при температурі 55...60 °С і експозиції 30 хв.

Зброджували сусло при температурі 32...35 °С дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11 (селекція НУХТ) [4]. Концентрація крохмалю в зерні, гранулометричний склад помелу, концентрацію сухих речовин визначали за методиками прийнятими в спиртовій галузі. В зрілій бражці рН визначали електрометричним методом, вміст етанолу — пікнометричним та аерометричним методом, вуглеводів — фотоелектроколометричним методом із антроновим реактивом [5].

Для визначення впливу концентрації СР сусла на їх вміст в барді готували зернові заміси різної концентрації (контроль 16 %), 18, 20, 22% СР. Встановлено, що з підвищенням концентрації сухих речовин сусла до 20...22% їх вміст в барді зростає в середньому в 1,6...1,8 раз відповідно. Кількість водорозчинених вуглеводів збільшується при зброджуванні житнього сусла в середньому в 1,8...2,2, пшеничного — 1,3...1,5 і кукурудзяного 1,3...1,4 рази, а концентрація спирту підвищується на 1,86...2,5об.% в залежності від виду сировини в порівнянні з контролем (табл.1.6).

З підвищенням концентрації СР в суслі зростає їх концентрація і в післяспиртовій барді. Це дозволяє підвищити кормову цінність барди та знизити її вихід.

Існує позитивний досвід часткової (до 30...40%) заміни технологічної води фільтратом барди та розведення концентрованого оцукреного сусла фільтратом барди на стадії бродіння.

Дослідження по зброджуванню сусла проводилися з додаванням фільтрату барди в кількості 20, 30, 60 та 80 % від кількості артезіанської води на стадії приготування замісу. Для приготування замісів використовували фільтрат барди, який отримували шляхом центрифугування нативної барди на центрифусі марки ОС–6М із вмістом завислих частинок не більше 1%. Середнє значення рН барди становило — 4,5. Для контролю використовували сусло, яке готували на артезіанській воді. Дріжджі вносили із розрахунку 20 млн/см³. Технологічні показники в'язкості сусла та фільтрату післяспиртової барди визначили за допомогою віскозиметра «Брукфільда DV-E». Зброджували сусло із кукурудзи та жита концентрацією 20 % СР.

Кількість виділеного діоксиду вуглецю під час бродіння слугувало критерієм оцінки інтенсивності бродіння і синтезу етилового спирту. Досліджено динаміку виділення діоксиду вуглецю при додаванні різної кількості фільтрату барди на стадії приготування замісу із кукурудзи (рис. 3.1). Внесення фільтрату барди, незалежно від його кількості, сприяє інтенсифікації процесу зброджування сусла. Так, на першу добу зброджування виділення діоксиду вуглецю зростало на 10,3, 17,1 та 21,4 %, відповідно кількості внесеного фільтрату барди по відношенню до контролю.

Підвищена інтенсивність зброджування сусла в зразках із фільтратом барди спостерігалася протягом всієї тривалості зброджування (рис. 3.1).

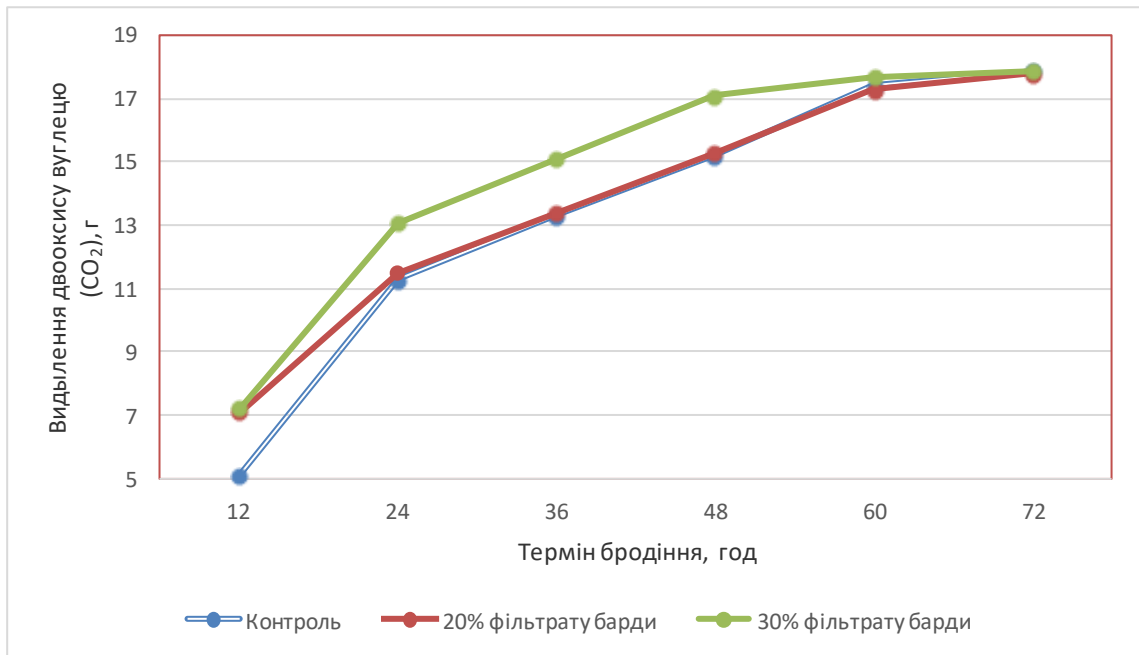


Рис. 3.1 - Вплив кількості фільтрату барди на динаміку збродження суслу з кукурудзи

Із підвищенням кількості фільтрату барди рН суслу знижувались. Так при переробці зернової сировини в контрольному зразку рН суслу становила 6,13, із підвищенням кількості фільтрату барди цей показник знижувався (табл. 3.6).

Динамічна в'язкість суслу з підвищенням кількості фільтрату барди на стадії приготування замісу, зростає в порівнянні з контрольним зразком на 4,1...19,4% в залежності від кількості фільтрату барди та виду сировини. При цьому зберігається достатня текучість суслу, що відповідає технічним вимогам насосної техніки при перекачуванні продуктів гідролізу по трубопроводам.

Концентрація синтезованого спирту в бражних дистилятах із підвищенням кількості фільтрату барди до 30 % зростала на 0,54...1,67% залежно від виду сировини. Це пов'язано з тим, що з фільтратом барди на стадії приготування замісу додатково вноситься незброжені вуглеводи бражки, які дріжджами практично не асимілюються.

Із зниженням кількості фільтрату барди до 20% — цей показник був практично на рівні контролю (табл. 3.7).

Аналіз вуглеводного складу бражки показав, що збільшення кількості фільтрату барди при приготуванні зернових замісів відбувається підвищення концентрації нерозчиненого крохмалю і водорозчинних вуглеводів у зрілих бражках.

Концентрація дріжджових клітин в бражці збільшується в середньому на 0,6...2,3 % в залежності від кількості фільтрату барди та виду сировини.

Таким чином використання фільтрату барди на стадії приготування замісу в кількості 20 та 30% сприяє підвищенню кількості дріжджових клітин та їх фізіологічної активності. Хіміко-технологічні показники бражки по незброджених вуглеводах були на рівні регламентованих, а вихід спирту з тони умовного крохмалю зростав на 0,03...1,67%.

Таблиця 3.6 - Вплив концентрації СР сусла на динаміку бродіння та хіміко – технологічні показники зрілої бражки

п/п	Сировина	Концентрація сусла, % СР	$\Sigma\text{CO}_2, \text{г}/200 \text{ см}^3$ бражки	Кислотність см^3 1N NaOH на 100 см^3 бражки	Концентрація вуглеводів, $\text{г}/100 \text{ см}^3$ бражки		Концентрація спирту, %об.	Концентрація СР у барді, %
					Не зброженні углеводи	Нерозчинний крохмаль		
1	Пшениця	16,0	16,50	0,50	0,21	0,075	8,40	5,60
2	Пшениця	22,0	20,15	0,50	0,32	0,097	10,50	9,00
3	Жито	16,0	15,80	0,48	0,32	0,078	8,24	5,80
4	Жито	22,0	20,80	0,52	0,69	0,120	10,10	9,60
5	Кукурудза	16,0	16,80	0,52	0,28	0,090	8,70	5,59
6	Кукурудза	22,0	21,95	0,54	0,41	0,099	11,20	9,80

Таблиця 3.7 - Хіміко – технологічні показники бражки при зброджуванні сусла із використанням фільтрату барди

№ п/п	Умови дослідів кількість фільтрату барди, %	рН сусла	$\Sigma\text{CO}_2, \text{г}/200 \text{ см}^3$ бражки	Незброджуванні вуглеводи, $\text{г}/100\text{см}^3$		рН бражки	Концентрація дріжджових клітин, $\text{млн.} / \text{см}^3$	Концентрація етанолу, %об.	Динамічна в'язкість сусла, Па*с	Вихід спирту, дал/т ум.кр.
				Розчинені	Нерозчинний крохмаль					
1	Жито (контроль)	6,13	17,49	0,432	0,072	4,79	170	9,59	1,050	65,50
2	Жито + 30%	5,48	18,74	0,459	0,086	4,64	175	9,64	1,102	65,86
3	Жито +20%	5,48	18,63	0,437	0,086	4,62	171	9,59	1,095	65,52
4	Кукурудза (контроль)	6,23	19,75	0,275	0,056	4,55	142	10,10	0,955	66,60
5	Кукурудза +30%	5,37	19,98	0,378	0,064	4,64	151	10,15	1,095	66,92
6	Кукурудза +20%	5,30	19,96	0,366	0,060	4,52	147	10,12	1,071	66,62

3.4. Визначення впливу фільтрату барди на культивування дріжджів

Відомо, що додавання фільтрату післяспиртової барди збагачує сусло азотним живленням, яке необхідне в процесі розмноження та росту дріжджових клітин. Тому нами було проведено дослідження по визначенню впливу фільтрату барди на біосинтез дріжджових клітин в процесі дріжджегенерування.

В якості контролю використовували сусло, яке приготовлене згідно регламенту для культивування дріжджів, а контролем сусло приготовлене з додаванням фільтрату барди 20 та 30 % взамін води. (рисунок 3.2)

Встановлено, що вже в перші 3-6 години дріжджегенерування вміст дріжджових клітин в зразках із фільтратом барди зростав і по відношенню до контролю на 13-25%. Із зростанням терміну культивування спостерігалась така ж тенденція. Через 24 години культивування дріжджів вміст дріжджових клітин в зразках із фільтратом зростав відносно контролю на 13-25% відносно концентрації барди. Але необхідно відмітити, кількість брунькуючих клітин в зразках із бардою був значно вищий ніж в контрольному зразку та складав 10- 22%. Це свідчить про зростання фізіологічної активності дріжджів з використанням фільтрату барди.

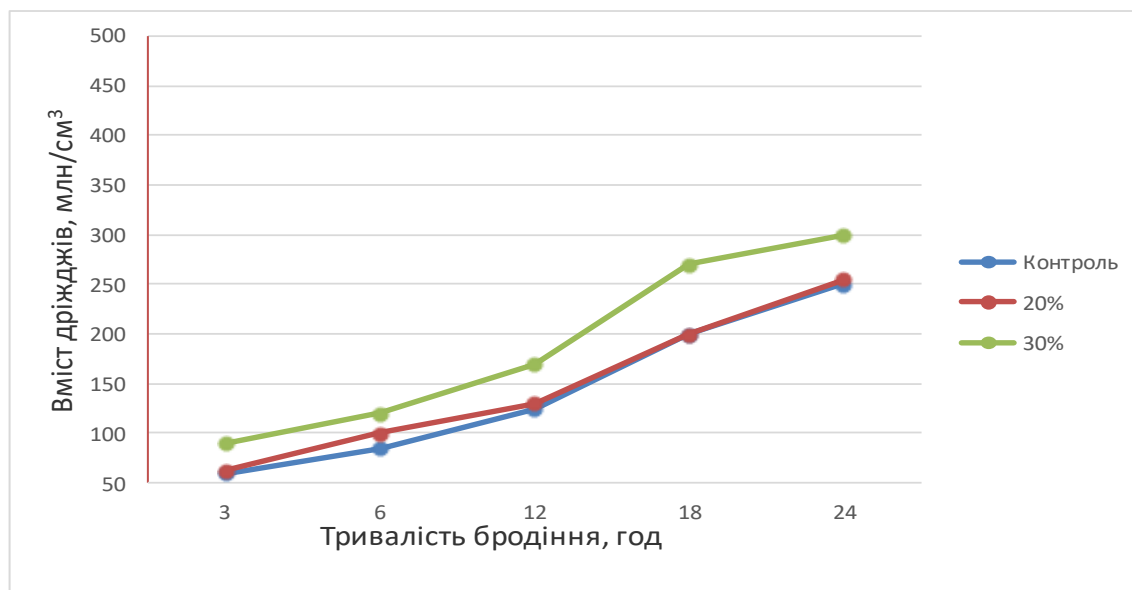


Рис 3.2 – Дінаміка накопичення дріжджових клітин залежно від кількості внесеного фільтрату барди

3.5 Висновки

1. Із збільшенням концентрації СР сусла до 20-22% їх вміст в барді зростає 1,6-1,8 рази відповідно, концентрація водорозчинних вуглеводів підвищується в середньому в 1,8-2,2 рази, при збільшенні вмісту спирту бражці в середньому 1,7-2,5% об.

2. Із зростанням кількості циклів рециркуляції фільтрату барди концентрація водорозчинних вуглеводів бражки зростає і на шостому циклі при 60-ти відсотковій кількості фільтрату барди підвищується в 2,2 рази, при цьому концентрація декстринів досягає 0,3 г/см³, а концентрація спирту в бражці знижується в середньому на 2,4%.

3. Синтез дріжджових клітин з підвищенням кількості фільтрату барди від 20% до 30% зростає в 1,05-1,35 рази. В той же час кількість мертвих клітин поступово збільшується і на 6 циклі досягає 10-15%.

4. Із підвищенням кількості фільтрату барди до 30% рН сусла знижується до 4,45, що викликає зниження активності α -амілази.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

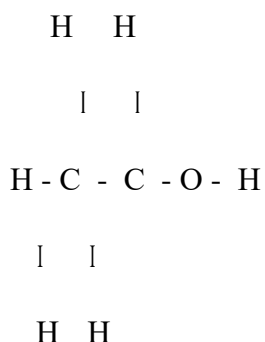
4.1 Асортимент і характеристика основної сировини і допоміжних матеріалів

4.1.1 Характеристика проектованої продукції

Етиловий спирт відіграє важливу роль в народному господарстві. Головний його споживач – харчова промисловість. Спирт використовують при виготовленні лікеро-горілчаних та плодово-ягідних напоїв, для кріплення виноматеріалів і купажування виноградних вин, у виробництві оцету, харчових ароматизаторів і парфюмерно-косметичних виробів. У мікробіологічній та медичній промисловості спирт використовують для осадження ферментних препаратів із культуральної рідини або екстракту із твердофазної культури, для одержання вітамінів та інших препаратів і ліків, також етиловий спирт використовують як дезинфікуючий засіб і як речовина, яка запобігає інфікуванню і псуванню лікувальних екстрактів (пустиннику, валеріани та ін.). Невелика кількість спирту використовується у автомобільній, хімічній, машинобудівній та інших галузях промисловості, а також у ветеринарії.

У виробництві крім основних продуктів спирту і діоксиду вуглецю одержують побічні – фракцію головну етилового спирту (ГФ), сивушне масло (суміш в основному ізоамілового, ізобутилового і пропілового спирту). Діоксид вуглецю, який утворюється при спиртовому бродінні, вловлюється, його очищують від домішок і перетворюють в рідкий чи твердий продукт («сухий лід»). Фракція головна у суміші з бензином цілком може бути використана як добавка до палива для автомобілів. Барда – залишок після відгонки спирту із бражки, використовується як добриво або корм для тварин.

Хімічна формула спирту етилового C_2H_5OH , структурна CH_3CH_2OH



Молекулярна маса - 46,07 в.о. Температура кипіння безводного спирту етилового при тиску 101,33 кПа (1 атм) становить 78,3 °С. Температура замерзання спирту –115°С. Температура samozапалення спирту +426°С. Температура спалаху +14 °С.

Спирт етиловий – гігроскопічний, змішується з водою в будь-яких співвідношеннях.

В таблиці 4.1 представлений добовий та річний асортимент в перерахунку на умовний спирт-сирець і товарну продукцію.

Таблиця 4.1 – Асортимент проекрованої продукції

Назва продукції	Відсоток від загальної кількості	Виробництво в перерахунку на умовний спирт-сирець, дал		Виробництво в перерахунку на товарну продукцію	
		за добу	за рік	за добу	за рік
Умовний спирт-сирець, в тому числі в перерахунку на безводний спирт	100	3000	915000	3100	945500
Спирт етиловий ректифікований «Люкс»	98,5	2900	884500	3000	915000
Фракція головна етилового спирту	0,8	0,8	2700	0,9	2745
Сивушний спирт	0,2	0,2	6100	0,3	9150
Сивушне масло	0,3	0,3	9150	0,4	1220
Витрати під час ректифікації	0,3	0,3	9150	0,3	9150
Барда	100	9267	2826435	9633	293865

Спирт етиловий ректифікований. Залежно від ступеня очищення спирт етиловий ректифікований виготовляють таких сортів: "Пшенична сльоза", "Люкс", "Екстра", "Вищої очистки".

За органолептичними та фізико-хімічними показниками спирт етиловий ректифікований повинен відповідати вимогам ДСТУ 4221-2003, які зазначенні в таблиці 4.2 і 4.3.

Таблиця 4.2 – Органолептичні показники

Назва показника	Характеристика	Метод контролю
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без сторонніх часток	Згідно з ДСТУ 4221
Колір	Безбарвна рідина	Згідно з ДСТУ 4221
Смак і запах	Характерний для кожного сорту етилового спирту, виробленого із відповідної сировини, без присмаку і запаху сторонніх речовин	Згідно з ДСТУ 4221

Таблиця 4.3 – Фізико-хімічні показники спирту етилового ректифікованого

Назва показника	Норма для спирту			
	«Пшенична сльоза»	«Люкс»	«Екстра»	«Вищої очистки»
Об'ємна частка етилового спирту, за температури 20 ⁰ С, % не менше	96,3	96,3	96,3	96,0
Проба на чистоту з сірчаною кислотою	витримує			
Проба на окислюваність за температури 20 ⁰ С хв, не менше	23	22	20	15
Масова концентрація альдегідів, у перерахунку на оцтовий альдегід в безводному спирті, мг/дм ³ , не менше	2,0	2,0	2,0	4,0
Проба на фурфурол	витримує			
Масова концентрація естерів, у перерахунку на оцтовий естер в безводному спирті, мг/дм ³ , не більше	1,5	2,0	3,0	5,0
Масова концентрація сухого залишку, мг/дм ³ , не більше	5,0	5,0	5,0	10,0
Масова концентрація сивушного масла, в перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) в безводному спирті, мг/дм ³ , не більше	2,0	2,0	2,0	4,0
Об'ємна частка метилового спирту, в перерахунку на безводний спирт, %, не більше	0,005	0,01	0,02	0,03
Масова концентрація вільних кислот (без CO ₂), в перерахунку на оцтову кислоту, в безводному спирті, мг/дм ³ , не більше	8,0	8,0	12,0	15,0
Масова концентрація органічних речовин, що обмилюються, в перерахунку на оцтовий естер, в безводному спирті, мг/дм ³ , не більше	12,0	18,0	25,0	30,0
Масова концентрація сивушного масла: пропілового, ізопропілового, бутилового, ізобутилового та ізоамілового спирти, в перерахунку на суміш пропілового, ізобутилового та ізоамілового спиртів (3:1:1) в безводному спирті, мг/дм ³ , не більше	3,0	4,0	7,0	10,0

Згідно з чинними нормативними документами спирт етиловий ректифікований за вмістом важких металів і миш'яку повинен відповідати вимогам в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Вміст важких металів і миш'яку

Назва показника	Допустимі рівні, мг/кг, не більше	Метод контролю
Вміст важких металів:		Згідно з ГОСТ 30178
свинець	0,300	Згідно ГОСТ 26932
кадмій	0,030	Згідно з ГОСТ 26932
ртуть	0,005	Згідно з ГОСТ 26927
цинк	4,000	Згідно з ГОСТ 26934
Вміст миш'яку	0,200	Згідно з ГОСТ 26930

Вміст радіонуклідів в спирті етиловому ректифікованому не повинен перевищувати допустимих рівнів, встановлених в гігієнічних вимогах до якості і безпеки харчових продуктів питної води та продовольчої сировини, згідно з чинними нормативними документами.

Сивушне масло. Сивушне масло – побічний продукт спиртового виробництва, який складається із суміші спиртів (мас. %): 45-65 амілового, 15-25 ізобутилового, 0,5-2 н-бутилового, 2-15 н-пропілового, 3-15 етилового. Крім того, в товарному сивушному маслі міститься 8-15 мас. % води й 0,5-4,0 мас.% інших органічних сполук (кислот, альдегідів, амінів та ін.). Сивушне масло виділяють з сивушної фракції обробкою її водою, при цьому одержують дві рідкі розшаровані фази: екстракт і сивушне масло (рафінат), що складається з екстрагента (води) з вилученим з вихідної суїші етиловим спиртом.

Сивушне масло (ДСТУ 7940:2015) за зовнішнім виглядом - прозора рідина, яка при збовтуванні не мутніє; колір від світло-жовтого до червоно-бурого; запах, властивий сивушному маслу без сторонніх запахів; відносна густина $> 0,837$, показник заломлення $> 1,395$; має витримати пробу на чистоту з сірчаною кислотою.

У період від початку перегонки до досягнення температури 120°C має бути перегнано не більше 50 % від об'єму сивушного масла. Відбір сивушної фракції звичайно складає 2-4 об.% від спирту, введеного до спиртової колони, вміст етилового спирту в ній 5-40 об.% і сивушного масла 10-45 об.%.

Сивушний спирт. Сивушний спирт – безбарвна або трохи жовтувата рідина без сторонніх включень з явно вираженим фруктовим запахом, зумовленим присутністю в ньому оцтовоізоамілового ефіру. Сивушний спирт відбирають у кількості 0,8-2,5 % від спирту, введеного в колону, при температурі на 18-й тарілці (рахуючи знизу) біля 80 °С. У його складі звичайно містилося 5-20 % пропанову та ізобутанолу, 0,3-0,8 % об. ефірів та невелика кількість азотистих речовин, альдегідів і кислот. До останнього часу сивушний

спирт як побічний продукт з установки на більшості заводів не виводився і тільки у зв'язку з підвищенням вимог до якості спирту його стали відбирати.

Головна фракція етилового спирту. Об'єм відбору головної фракції встановлюють практичним шляхом у залежності від аналітичних та органолептичних показників ректифікованого спирту і складу вказаної фракції. Головна фракція має бути прозорою, безбарвною, трохи жовтуватою або зеленуватою, з видимою концентрацією більше 92 об.%. Допускається такий склад: (г/дм³): кислот менше 1, ефірів менше 30, альдегідів при переробці крохмалистої сировини менше 10, при переробці меляси менше 35; вміст метанолу

(об. %): при переробці меляси менше 0,05, зерна менше 1,5. У головній фракції біля 90 % етилового спирту, 2-6 % летких домішок і 5-6 % води. Склад і кількість домішок значною мірою залежить від якості сировини, умов її переробки й об'єму головної фракції що відбирається.

За органолептичними показниками фракція головна повинна відповідати вимогам, які зазначені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Органолептичні показники головної фракції етилового спирту

Назва показника	Характеристика	Метод випробування
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без сторонніх домішок і без осаду	ГОСТ 5954
Кольоровість	Прозора рідина з жовтуватим і зеленуватим кольором	ГОСТ 5954
Запах	Характерний ефірам та альдегідам	ГОСТ 5954

За фізико-хімічними показниками головної фракції етилового спирту повинна відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Фізико-хімічні показники головної фракції етилового спирту

Назва показника	Норми	Метод випробування
Об'ємна частка етилового спирту в фракції головної етилового спирту, %, не менше	92	ГОСТ 3539
Масова частка альдегідів в переліку на оцтовий альдегід, г/дм ³ безводного спирту, не більше	10	п.4.4 ТУ
Масова концентрація спиртів (сивушного масла), г/дм ³ безводного спирту, не більше	2,0	п.4.6 ТУ
Об'ємна частка метилового спирту, %, не більше	1,5	ГОСТ 5964 п.4.7 ТУ

Барда. Післяспиртова зернова барда – це складна полідисперсна система, сухі речовини якої знаходяться у вигляді зависив і у розчиненому стані. При відгонці спирту у барді залишається невикористана при бродінні частина органічних речовин зерна, мінеральні речовини зерна, накопичена біомаса дріжджових грибів та продуктів їх життєдіяльності (гліцерин, органічні кислоти та інші) та частина подрібненого солоду.

Склад і поживність барди залежить від виду сировини, що переробляється на спирт. Свіжа барда має кислу реакцію (рН 4,2-4,4) і характеризується такими показниками:

Сухі речовини, %.....6,7-8,4
 в тому числі:
 сирий протеїн.....1,8-2,2
 клітковина.....0,9-1,7
 зола.....0,6-0,7
 безазотисті екстрактивні речовини.....3,4-3,8

У зв'язку з великим вмістом води барда належить до об'ємних водянистих мало транспортабельних кормів, що зумовлює специфіку її використання.

Основна цінність барди полягає у наявності протеїну, вміст якого у сухій речовині зернової барди складає у середньому 26-28 %. Одна тонна барди містить 10-15 кг протеїну і 40-70 харчових одиниць.

За органолептичними показниками суха барда повинна відповідати вимогам, вказаними у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Органолептичні показники барди

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Сипучий порошок або гранули
Колір	Від світло-жовтого до коричневого
Запах	Хлібно-дріжджовий, характерний зерновій сировині і дріжджам, без стороннього запаху

За фізико-хімічними показниками суха барда повинна відповідати вимогам вказаних у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Фізико-хімічні показники барди

Назва показника	Характеристика	Метод випробувань
1	2	3
Масова частка вологи, %, не більше :		За ГОСТ 13496.3
- для сипучого порошку	10	
- для гранул	11	
Масова частка сирого протеїну, в перерахунку на суху речовину %, не менше	26	За ГОСТ 13496.4
Масова частка сирого жиру, в перерахунку на суху речовину, %, не менше	5	За ГОСТ 13496.15
Масова частка сирої клітковини, в перерахунку на суху речовину, %, не менше	7	За ГОСТ 13496.2
Масова частка сирої золи, в перерахунку на суху речовину, %, не більше	10	За ГОСТ 26226
Наявність металічних домішок: часток розміром до 2 ммвключно, мг/кг барди, не більше	30	За ГОСТ 13496.9

4.1.2. Характеристика сировини, основних та допоміжних матеріалів

Основною сировиною для виробництва спирту є зерно. У спирт переробляють будь-яке зерно, і в тому числі й не придатне для харчових і кормових цілей. Щорічний об'єм переробки зерна коливається в залежності від багатьох факторів і приблизно становить (%): пшениці-50 (переважно дефектної), ячменю-20, жита-12, кукурудзи-8, проса-5, вівса-2 та інших культур-3.

Кукурудза. Із зернових культур найкращою сировиною для виробництва спирту є кукурудза (*Zea mays*). У ній міститься відносно більше крохмалю, менше клітковини, більше жиру (що підвищує кормову цінність барди). Урожайність кукурудзи у 2-3 рази вища порівняно з іншими зерновими культурами.

Взалежності від форми зерна та ступеню розвитку ендосперму, кукурудзу поділяють на такі ботанічні групи: кременисту, пуповидну, крохмалевмісну, вос-ковидну, цукрову, лущату. Для виробництва спирту доцільно використовувати крохмалисту і пуповидну кукурудзу, які легко розварюються.

Жито, пшениця, ячмінь та овес. Жито (*Sécale*), пшениця (*Triticum*), ячмінь (*Hordeum*) і овес (*Avena*) широко культивують в Україні, Росії, овес - від субтропіків до Заполяр'я.

Зерно родини тонконогих (злаків) принципово має однакову будову. Воно складається з трьох частин: зародку, ендосперму та оболонки; останні дві - плодова та насіннева. Хімічний склад зерна сильно залежить від культури і сорту, ґрунтово-кліматичних умов, прийомів агротехніки, умов зберігання та інших факторів. У середньому зерно складається із 14 % вологи і 86 % сухих речовин.

В таблиці 4.9 наводиться вимоги до якості зерна, яке використовується в спиртовій промисловості.

Таблиця 4.9 – Характеристика зернових культур, які використовуються у виробництві спирту

№ п/п	Назва показника	Пшениця	Жито	Кукурудза	Ячмінь
1	Норматив-но-технічний документ	ДСТУ 3768-98."Пшениця. Технічні умови"	ГОСТ 16990-88 "Рожь.Требования при заготовках и поставках"	ГОСТ 13634-90 "Кукуруза. Требования при заготовках и поставках"	ДСТУ 3769-98" Ячмінь. Технічні умови"
2	Колір	Світло-коричневий - коричневий	Світло-коричневий - коричневий	Жовтий-червоно-жовтий	Світло-коричневий, жовтий
3	Запах	Характерний для здорового зерна			
4	Вологість, % не більше	14,5	14,5	15,0	14,5
5	Натура, г/дм ³ , не менше	710	715	780	620
6	Засміченість, % не більше	5,0	5,0	5,0	2,0
7	Зернова домішка, % не більше	15,0	15,0	15,0	15,0
8	Зараженість	Кліщ до 2 ст.	Кліщ до 2 ст.	Кліщ до 1 ст	Кліщ до 2 ст.

Вода. На спиртових заводах вода витрачається на технічні потреби, для охолодження напівпродуктів та продуктів, живлення парових котлів.

У технологічних процесах вода використовується для приготування замісу, для замочування зерна, миття технологічного обладнання та ін.

Вода, що використовується для технологічних цілей, входить до складу напівпродуктів спиртового виробництва, і тому її хімічний склад суттєво впливає на протікання технологічних процесів та якість продукції. Для технологічних потреб використовують артезіанську воду, для технічних цілей – воду з відкритих джерел водопостачання (річок, ставків).

Вода для технологічних цілей повинна відповідати таким самим вимогам, що і до питної води відповідно до ДСанПін 2.2.4-171-10.

За бактеріологічними показниками технологічна вода повинна відповідати таким вимогам: загальна кількість бактерій в 1 см³ нерозбавленої води, не більше 100, коли-індекс, не більше 3, коли-титр, не менше 300.

Залежно від об'єкта застосування до води пред'являються різні вимоги. Для приготування замісу перед розварюванням використовується технологічна або технічна вода з температурою не більше 50°C , рН 4,5...5,5, жорсткістю не вище 12 мг-екв/дм³. Не допускається наявність в ній солей важких металів: ртуті, свинцю, барію та ін., а також солей азотистої кислоти.

Вода, що поступає для охолодження в теплообмінні апарат, повинна мати температуру не більше $18...20^{\circ}\text{C}$, вміст зважених речовин – 100...150 мг/дм³ сухого залишку – 500...1000 мг/дм³, загальна жорсткість – 3...6 мг-екв/дм³, відсутність корозійної активності.

Природну воду, яка не відповідає цим вимогам, піддають виправленню: фільтруванню крізь кварцовий пісок, інколи з коагуляцією колоїдних домішок, обеззараженню хлором, а при необхідності і пом'якшенню содово-вапняним або іонообмінним способом.

Для проведення усіх технологічних процесів потрібна слабо кисла реакція середовища (рН 4,5...5,5). Так, крохмалевмісна сировина розварюється тим швидше і повніше, чим нижче рН. При рН 4,5...5,5 крохмаль швидше оцукрюється, рН 5...5,5 найбільш сприятливе для спиртового бродіння. Нейтральна та слабо лужна реакція сприяють розвитку кислотоутворюючих бактерій. У лужному середовищі при бродінні утворюється більше гліцерину. Надлишок гідрокарбонатів кальцію та магнію небажаний, тому що зміщує рН розвареної маси в бік підвищення, аж до нейтральної реакції. Окрім того, гідрокарбонат кальцію, вступаючи у реакцію обмінного розкладу з фосфатами сировини, перетворює їх у нерозчинні сполуки, які не можуть засвоюватися дріжджами.

У воді з кальцієвими і магнієвими солями сірчаної, соляної, азотної кислот підвищується кислотність розвареної маси, і з цієї точки зору такі солі корисні. Вони сприяють також стабілізації амілази у процесі оцукрювання. У зв'язку з цим при розварюванні зернового замісу дуже жорстку воду підкислюють сірчаною кислотою або фільтратом барди.

Води відкритих водоймищ (річок і ставків) містять відносно невелику кількість солей - 40..500 мг/дм³. Концентрація органічних домішок становить від 2 до 100 мг/дм³. У артезіанській воді більше мінеральних солей — 500...3000 мг/дм³, вміст органічних речовин не перевищує 4 мг/л, бездоганна з точки зору бактеріальної чистоти.

Оцукрюючі матеріали. У виробництві спирту із крохмалевмісної сировини (зерна злакових та ін.) використовують оцукрюючі матеріали, які містять, як правило, комплекс ферментів для гідролізу полімерів: крохмалю, білків, пектинових речовин, пентозанів, целюлози та ін. Як оцукрюючі матеріали, донедавна, на підприємствах спиртової

промисловості використовували солод, але на заміну йому з'явилися ферментні препарати мікробного походження і їх суміш. При дослідженні дії ферментних препаратів, як джерела оцукрюючого матеріалу, було виявлено ряд важливих переваг перед застосуванням солоду.

Ферментні препарати в порівнянні із солодом мають ряд переваг, які зумовлюють їх широке використання: для їх виробництва застосовують більш дешеву сировину (зерно кукурудзи, пшениці, відходи спиртового, цукрового і мукомельного виробництв); вони мають більш широкий комплекс гідролітичних ферментів, у тому числі протеолітичних, повніше гідролізується крохмаль, що дозволяє збільшити вихід спирту на 1-2%; у більшості випадків вони стерильні, що сприяє створенню умов для мікробіологічної чистоти спиртового бродіння; концентровані ферментні препарати (сиропоподібні або у вигляді сухого порошку) мають високу питому активність і зберігаються тривалий період часу; використання комплексу ферментів мікробного походження в підвищених концентраціях до субстрату дозволить значно прискорити процеси оцукрювання сировини і зброджування сусла. Ферменти мікроорганізмів більш стійкі до фізико-хімічних умов середовища.

Це дозволяє використовувати їх при високих температурах (до 105° С) під час ферментативно-теплової обробки замісів сировини і значно зменшити витрати теплової енергії та втрати зброджуваних речовин у процесі розварювання, а також проводити зброджування при порівняно низьких рН бражки, що забезпечує мікробіологічну чистоту бродіння. Використання ферментних препаратів дозволяє виготовляти сусло з високим вмістом сухих речовин (до 20-21%) і накопичувати у дозрілій бражці до 11 об. % спирту, що сприяє збільшенню потужності відповідного обладнання і зменшенню питомих енерговитрат.

В магістерській роботі запропоновано використовувати такі ферментні препарати як :

розріджуючий ферментний препарат *Tegamyl HS 77 L* в кількості 0,5 кг/1 т умовного крохмалю;

оцукрюючий ферментний препарат *Tegamyl GA 400 L* в кількості 1,2 кг/ 1 т умовного крохмалю.

Фактори, що впливають на активність ферментів

Наявність ферментів солоду або ферментних препаратів (ФП) мікробного походження визначають з кількості утворених продуктів реакції або зменшення вихідного субстрату. Активність ферментів умовно визначають за початковою швидкістю ферментативної реакції. В оцукрюючих матеріалах визначають амілолітичну, оцукрюючу,

глюкоамілазну, протеолітичну й інвертазну активність і виражають їх в умовних одиницях.

За одиницю оцукрюючої активності приймають таку кількість ферментів, яка в строго визначених умовах (температура 30° С, рН 4,7-4,9, термін дії 60 хв) каталізує гідроліз 1 г крохмалю, який не перевищує 30 % введеного в ферментативну реакцію.

Глюкоамілазна активність (ГЛА) характеризується кількістю одиниць активності в 1 г сухого ферментного препарату або в 100 мл глибинної культури.

За одиницю глюкоамілазної активності приймають таку кількість ферменту, яка при температурі 30°С і рН 4,7 протягом 1 хв. звільнює 1 мк моль глюкози.

Протеолітична активність (ПА) — здатність протеаз гідролізувати білок. За одиницю ПА приймають таку кількість ферменту, яка каталізує гідроліз 1 г казеїну в прийнятих стандартних умовах (температура 30° С, рН 7,0, термін дії 30 хз.), що складає 50 % від уведеного в ферментативну реакцію.

Інвертазна активність (ІА) - здатність ферменту Р - фруктофуранозидази каталізувати гідроліз цукрози. За одиницю активності прийнято таку кількість ферменту, яка за 1 хв. гідролізує 1,25 г цукрози при рН 4,6 і температурі 30° С, що складає не більше 50 % субстрату. Активність препарату виражають в одиницях редукуючих речовин на 1 г препарату або 1 мл розчину ферменту.

Для виробництва спирту із крохмалевмісної сировини використовують допоміжні матеріали такі як - сірчану та ортофосфорну кислоти, карбамід, хлорне вапно, полідез та інші, характеристика яких наведена в таблицях 4.10 – 4.13.

ПГМГ – дезінфікуючий засіб з високою протимікробною активністю, проти грам-позитивних, грам-негативних, аеробних та анаеробних мікроорганізмів, а також проти стійких до дії дезінфектантів спорових форм пліснявих грибів та дріжджів. Без запаху, нелеткий і не надходить у повітря з поверхонь після їх знезараження, не агресивний до будь-яких матеріалів, не викликає корозію після дезинфекції. Фізико-хімічні і аналітичні методи контролю дезінфікуючого засобу полідез повинен відповідати технічним умовам ТУ 9392-018-46907113-2002, а також інструкціях із застосування в різних галузях промисловості.

Кислота ортофосфорна технічна – малопрозора рідина, безколірна або слабо-жовтого кольору. Відносна густина 1,530. Вміст ортофосфорної кислоти у термічній кислоті біля 70 % (50,7 % у перерахунку на P₂O₅) і не більше 0,0003 % миш'яку. Є джерелом фосфорного живлення для дріжджів (вноситься в кількості 1 л на дріжданку).

Таблиця 4.10 – Вимоги до ортофосфорної кислоти технічної відповідно до ГОСТ 6552-80

Показники	Сорт		
	Хімічно чистий (х.ч.)	Чистий для аналізу (ч.д.а.)	Чистий (ч.)
Зовнішній вигляд	Мало прозора рідина, безбарвна або слабко жовтого забарвлення		
Ортофосфорна кислота, %, не менше	87	85	85
Хлориди, %, не більше	0,001	0,0002	0,003
Сульфати, %, не більше	0,0005	0,002	0,003
Залізо, %, не більше	0,0005	0,001	0,002
Важкі метали	0,0005	0,005	0,001
Миш'як, %, не більше	0,00005	0,0001	0,0002

Хлорне вапно (суміш CaCl_2 та $\text{Ca}(\text{OCl})_2$) являє собою білий порошок з вмістом активного хлору не менше 32-35 %. Використовується для дезинфекції і знезараження різних емкостей, приміщень, підлоги, сходів, каналізаційних стоків тощо. Зберігається на складі допоміжних матеріалів.

Таблиця 4.11 – Вимоги до хлорного вапна за ГОСТ 1692-85

Показники	Марка					
	А			Б		
	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
Зовнішній вигляд	Порошок білого кольору чи слабо забарвленого з наявними комками					
Масова частка активного хлору, % не менше	28	25	20	35	32	27
Коефіцієнт термостабільності, не менше	0,90	0,90	0,80	0,75	0,70	0,60

Кислота сірчана технічна – застосовується для підкислення сусла і дріжджів. Не повинна мати в своєму складі сполук азоту, свинцю, миш'яку. По кольору сірчана кислота – від безбарвного до світло коричневого.

Транспортується в залізничних сталевих цистернах і зберігається в нерозбавленому водою вигляді в сталевих ємностях.

Таблиця 4.12 – Вимоги до кислоти сірчаної технічної відповідно до ГОСТ 4204-77

Показники	Сірчана кислота		
	Хімічно чиста (х.ч.)	Чиста для аналізу (ч.д.а.)	Чиста (ч.)
Зовнішній вигляд	Не нормується		Масляниста рідина, з опалесценцією, без механічних домішок
Колір	Від безбарвного до світло-коричневого		
Вміст, %;			
-масова частка H ₂ SO ₄	93,6-95,6	93,6-95,6	93,6-95,6
-оксидів азоту N ₂ O ₃ , не більше	0,000002	0,00005	0,0005
-залишок після прокалювання, не більше	0,0006	0,001	0,005
-заліза Fe ²⁺ , не більше	0,00002	0,00005	0,00030
-миш'яку As, не більше	0,000001	0,000003	0,000010
-хлористих з'єднань Cl ⁻ , не більше	0,00002	0,00005	0,00010
-свинцю Pb ⁺ , не більше	0,0001	0,0002	0,0005

Карбамід(сечовина) – використовується як поживна речовина (азотне живлення) для дріжджів; задають карбамід із розрахунку 250-700 г на 1 м³ сусла. Виробляють карбамід в кристалічному і гранульованому вигляді з вмістом азоту не менше 46 %, карбамід одержують синтетичним шляхом з аміаку і двоокису вуглецю. Відносна густина 1,335, добре розчинний у воді, не гігроскопічний. Транспортується та зберігають в крафт-мішках.

Таблиця 4.13 – Вимоги до якості карбаміду за ГОСТ 2081-92

Показники	Марка	
	А	Б
Зовнішній вигляд	Білі або слабкозабарвлені кристали чи гранули	
Вміст, %:		
азоту (в перерахунку на суху речовину), не менше вільного аміаку	46,3	46,2
Вологи, не більше	0,3	0,25
Сульфатів(в перерахунку на SO ₄ ²⁻), не більше	0,01	Не нормується
заліза Fe ₂ O ₃ , не більше	0,001	
Розчинених у воді речовин, не більше	0,01	
Біурету, не більше	1,4	1,4

Норми витрат допоміжних матеріалів та мийних засобів наведено в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Норми витрат допоміжних матеріалів та миючих засобів

Назва допоміжного матеріалу	Витрати на, кг	
	кг/1000 дал	добу
Кислота сірчана (в моногідраті)	22,80	68,40
Кислота ортофосфорна (80 %)	1,7	5,1
Полідес	1,19	3,58
Карбамід	6,00	18,00

4.1.3. Характеристика мікроорганізмів-продуцентів

Дріжджі, що використовуються у спиртовій промисловості, належать до класу сумчастих грибів (*Ascomycetes*), родини *Saccharomycetaceae*, роду *Saccharomyces* і виду *Saccharomyces cerevisiae*. Це одноклітинні неміцеліальні гриби, які розмножуються брунькуванням, мають яскраво виражену здатність до збродження цукрів і утворення з них спирту. Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* – аеробні мікроорганізми, проте за відсутності повітря зброджують вуглеводи з утворенням етанолу і вуглекислого газу.

Дріжджі повинні мати високу бродильну активність, тобто швидко і повністю зброджувати цукри та анаеробний тип дихання, бути стійкими до продуктів свого обміну та продуктів обміну сторонніх мікроорганізмів, а також до зміни складу середовища, виносити велику концентрацію солей та сухих речовин, що містяться в суслі при переробці меляси повністю зброджувати рафінозу. При відокремленні дріжджів із зрілої бражки та використанні їх як хлібопекарських вони повинні відповідати вимогам, висунутим до хлібопекарським дріжджам по стійкості при зберіганні, підйомній сили, зимазній та мальтозній активності.

Залежно від виду сировини, що переробляється на спирт, використовуються різні раси дріжджів.

Для збродження сусла спиртового виробництва використовують дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси XII-T, K-81, ДТ-05 та ДО-11. Ці дріжджі відселекційовані і дослідженні Т.О. Мудрак.

Для спиртових заводів, котрі переробляють крохмалевмісну сировину, дріжджі повинні мати такі характеристики:

- витримувати високі концентрації сухих речовин та спирту;
- повністю зброджувати вуглеводи сусла;
- накопичувати максимальну кількість спирту і мінімальну біомасу;
- стійкість до сторонньої мікрофлори та підвищення кислотності.

Saccharomyces cerevisiae XII-T мають високу бродильну активність при температурі бродиння 35-39°C з накопиченням спирту в бражці 7,1-7,2 % об. З підвищенням концентрації спирту в бражці (на 2 - 4 % об.) бродильна активність

знижується, збільшується кількість незброджених вуглеводів, внаслідок чого знижується економічність синтезу спирту з 1 т умовного крохмалю. Причиною, яка гальмує подальше підвищення біосинтетичної активності штаму *Saccharomyces cerevisiae* XII-T є низька осмофільність цієї культури.

Saccharomyces cerevisiae K-81 мають овальну або яйцевидну форму, розміри їх клітин: діаметр 4,5-5,5 мкм, довжина 6,2-7,5 мкм. Ці дріжджі на 40 % зброджують арабінозу. У зрілій бражці, одержаній з використанням цих дріжджів, концентрація декстринів в 10 разів менше, ніж у бражці, одержаній з використанням дріжджів раси XII. Використання термотолерантних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* K-81 дозволяє на 30 % зменшити витрати води на охолодження бражки і підвищити вихід спирту внаслідок більш повного виброджування вуглеводів і меншого накопичення альдегідів (на 20-25) і гліцерину (на 40-45 %). Також дріжджі K-81 при оптимальних умовах накопичують на 70-90 % більше дріжджових клітин, у порівнянні з расою XII.

Штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae ДТ-05* відселекціоновано шляхом багаторазового відбору із виробничих бражок заводів України з наступною селекцією за ознаками термотелерантності, осмофільності та здатності зброджувати граничні декстрини.

В даній роботі перспективним є використання штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11.

Saccharomyces cerevisiae ДО-11 характеризуються високою осмофільністю, спроможні зброджувати сусло з концентрацією сухих речовин 22-31 % при температурі 32-35°C. Селекціонований штам дріжджів здатний накопичувати в зрілій бражці 12-16 % об. спирту.

Культурально - морфологічні ознаки - форма дріжджової клітини овальна, вегетативне розмноження брунькуванням. Розмір клітин добової культури на солодовому суслі 10% СР (4,4- 5,8)*(5,1- 6,1) мкм. В період інтенсивного розмноження дріжджі можуть утворювати скупчення (по 3-4 клітини). На ацетатному середовищі при температурі 25°C на протязі доби утворюють спори. На солодовому суслі - агарі колонії через 96 годин росту при температурі 30°C круглі, плоскі із заглибленням в центрі. По краю колонії ледь помітні хвильки. Забарвлення колонії матове. При пропусканні світла вони напівпрозорі. На солодовому суслі концентрацією 10 % СР дріжджі утворюють щільний осад.

Фізіолого – біохімічні ознаки – факультативні анаероби. Оптимум росту 34 - 38°C, желатину не розріджує.

Відношення до цукрів – зброджує глюкозу, галактозу, сахарозу, 1/3 рафінози, 1/2 граничних декстринів, мальтозу, заноу, інулін, ксилолу, арабінозу.

Відношення до спиртів – засвоює етиловий спирт, гліцерин, не засвоює маніт, сорбіт і дульцин.

Таким чином, застосування нового штаму ДО- 11 у виробництві спирту із крохмалевмісної сировини дозволяє підвищити концентрацію спирту в зрілих бражках до 10,0 – 16,0 об. %, і зменшити витрати води на охолодження бражки та теплової енергії.

Переваги штаму ДО-11 у порівнянні з ДТ-05 наведено у таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 – порівняльна характеристика дріжджів

Раса дріждів	Вміст незброджених вуглеводів, г/100 мл, при температурі, °С			Вміст спирту, % об., при температурі, °С		
	34	36	38	34	36	38
ДТ-05 (прототип)	0,32-0,36	0,3-0,36	0,36-0,42	10,40-10,50	10,48-10,40	10,36-10,38
ДО-11 (заявлюваний штамп)	0,28-0,30	0,27-0,29	0,28-0,30	110,45-10,60	10,45-10,55	10,44-10,51
ДТ-05 (прототип)	0,417-0,420	0,438-0,440	0,455-0,500	12,60-12,62	12,59-12,61	12,48-12,50
ДО-11 (заявлюваний штамп)	0,285-0,290	0,30-0,31	0,33-0,34	12,90-12,95	12,92-13,0	12,85-12,90
ДТ-05 (прототип)	0,85-0,90	0,90-0,94	0,98-1,02	14,85-14,90	14,20-14,40	14,0-14,2
ДО-11 (заявлюваний штамп)	0,39-0,40	0,385-0,40	0,40-0,42	15,40-5,50	15,42-15,46	15,38-15,40

4.2 Технологічна схема

4.2.1 Принципова технологічна схема

Принципова технологічна схема виробництва спирту етилового ректифікованого із крохмалевмісної сировини наведена на рис. 4.1.

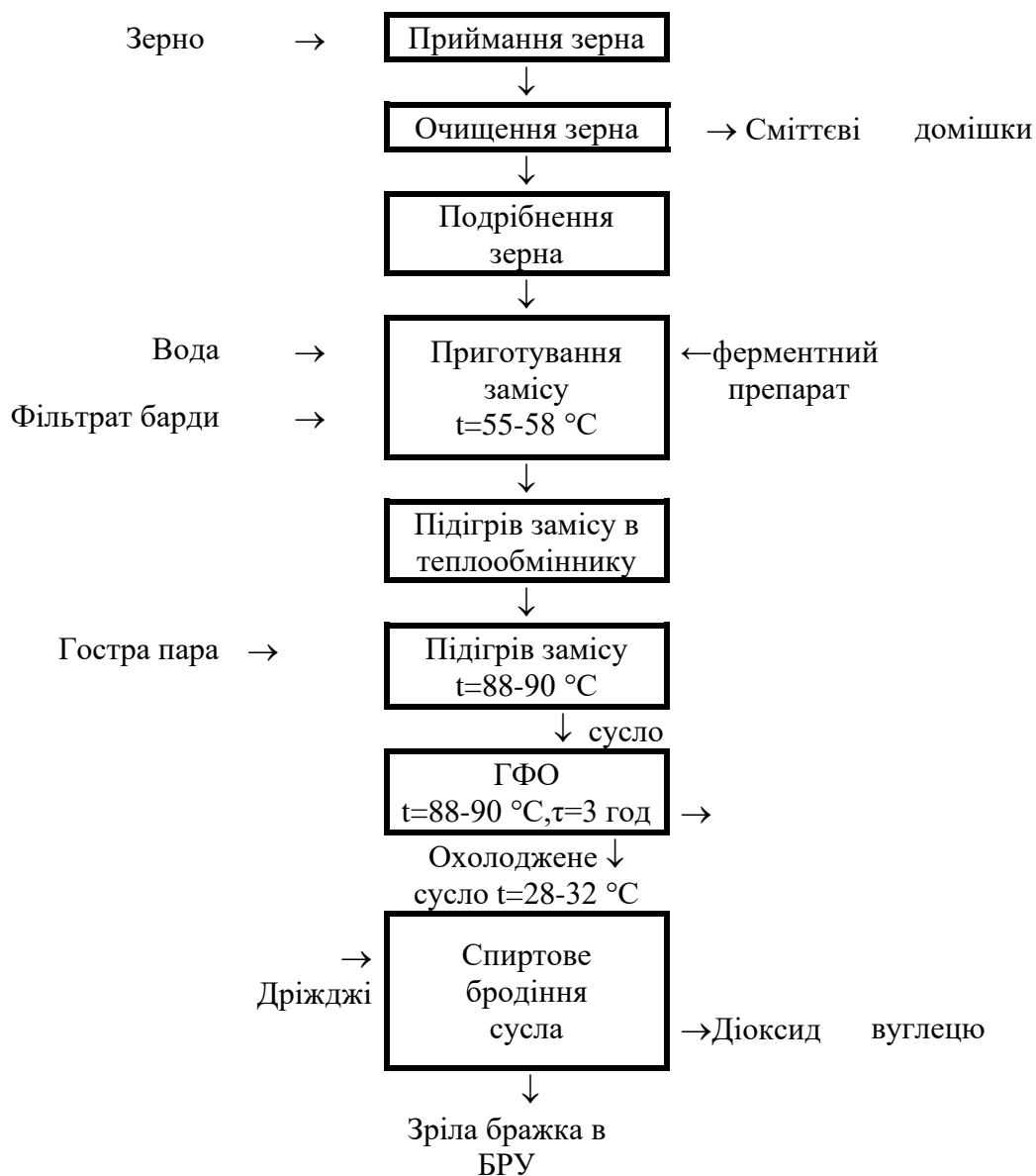


Рис. 4.1 Принципова технологічна схема виробництва спирту етилового ректифікованого із крохмалевмісної сировини

4.2.2 Вибір та обґрунтування способів і режимів

Метою подрібнення зерна є руйнування клітинної структури сировини. Це досягається подрібненням сировини на дробарках і спеціальних машинах. Високодисперсні помели зерна, одержанні з використанням дезинтеграторів, шарових дробарок, корундованих, струменевих та інших машин, мають не тільки порушену структуру зерна, клітин і крохмальних зерен, а і механодеструктовані полімери – крохмаль, білки та ін., що дозволяє проводити їх водно –теплову обробку при температурі не вище 100 С⁰. У результаті використання високодисперсних помелів зерна зменшуються втрати зброджуваних речовин при розварюванні і зменшуються витрати теплової енергії..

Перспективним для спиртової промисловості є створення прогресивних технологій спирту з використанням дезинтеграторних, електромагнітних та інших подрібнювачів з метою більш ефективного використання сировини й оцукрюючи матеріалів, а також зменшення витрат теплової енергії і кількості ферментних препаратів. При виборі машин і апаратів для одержання високодисперсних помелів зерна необхідно враховувати такі фактори: розмір і вид зерна; допустиму забрудненість помелу зерна продуктами зносу помольного агрегату; економічність та тривалість процесу; допустиму температуру нагріву помелу зерна; простоту конструкції і надійність роботи подрібнювачів.

В даній роботі пропонується використання дезинтеграторної установки для отримання високодисперсного помелу, розміри частинок якого не перевищують 250 мкм.

Дезинтегратори належать до подрібнювачів ударної дії. За їх допомогою одержують високодисперсні помели будівельних матеріалів. Однією з важливих особливостей роботи дезинтеграторів є те, що оброблений у них матеріал підлягає механічній активації. Активація речовин під дією великої механічної енергії є новим прогресивним видом удосконалення технологічних процесів. Під керівництвом В.О. Маринченка розроблено конструкцію дезинтегратора-активатора для одержання високодисперсного помелу зерна в спиртовому виробництві. Налагоджено їх виготовлення на Вузлівському спиртовому заводі. Дезинтегратори впроваджені на багатьох спиртових заводах України, Білорусії, Росії, Казахстану та ін.

Унаслідок деструкції поліцукридів у високодисперсних помелах зерна міститься майже в 10 разів більше розчинних вуглеводів, ніж у грубих.

Вміст амінного азоту в у високодисперсному помелу збільшувався на 30-50 % в порівнянні з їх вмістом в грубих помелах. Так, у грубому помолі зерна пшениці амінного азоту було 0,24 %, у високодисперсному - 0,36 %; у помолі кукурудзи відповідно 0,16 і 0,31 %. Таким чином, ВД помел зерна містить більше амінного азоту, що забезпечує додаткове азотне живлення для дріжджів і звільняє вуглеводи для збільшення утворення спирту.

Початкова температура клейстеризації суспензій із ВД помелів зерна на 18-20 °С менша, ніж суспензій із грубих помелів зерна.

Приготування замісу

Помел зерна змішують з водою у співвідношенні 2,5 -3,0 л на 1 кг помелу. Кількість води змінюють у залежності від крохмалистості і вологості зерна з урахуванням того, щоб концентрація суслу була 18-20 % за цукроміром.

Температуру замісу регулюють у залежності від дисперсності помелу зерна. Для замісів із грубого помелу вона повинна бути 40-45° С.

Оптимальні температури для приготування замісів із ВД помелів зерна пшениці, ячменю і жита – 60 °С, сорго – 70 °С, кукурудзи – 80 °С. Найбільша кількість розчинних вуглеводів накопичується в замісах, приготовлених при температурі 60-65°С. Підігрівають заміс гострою парою. Для зменшення в'язкості замісу використовують бактеріальні препарати α -амілази –Tegamil HS 77, Termamil-120L, Termamil-SC та ін. Використання цих ферментних препаратів приводить до розрідження замісів, не викликає значного накопичення цукрів і не впливає на втрати зброджуваних речовин при розварюванні.

При приготуванні зернового замісу частину води замінюють фільтратом барди. Це зменшує кількість післяспиртової барди, підвищує в ній концентрацію сухих речовин та компенсує нестачу азотного живлення на стадії приготування виробничих дріжджів. Це дає змогу скоротити технологічні витрати і за рахунок часткового повернення незброджуючих вуглеводів, зменшити потреби технологічної води, скоротити об'єм барди та витрати на її подальшу переробку. Використання фільтрату барди в виробництві було досліджено і запропоновано УкрНДІспиртбіопромом та НВО "Інтермаш" за участю провідних фахівців галузі, що розробили енерго- та ресурсозаощаджуючу технологію спиртових бражок, яка є базовою для спиртових заводів України.

Повернення фільтрату барди до виробництва може здійснюватися безпосередньо у змішувач у кількості 15-30 % без значного зниження рН, що не впливає на дію α -амілази. Роботою передбачено використання 30% фільтрату барди для приготування замісу.

Отже, на стадії приготування замісу позитивним є те, що для його приготування використовують фільтрат барди. Це дозволяє зекономити енергоресурси на підігрів води, зменшити її витрати та скоротити час роботи установки.

Особливості розварювання високодисперсних помелів зерна

Розробка енергозаощаджуючих схем приготування спиртових бражок тісно пов'язана з використанням концентрованих ферментних препаратів (КФП).

Суть технології полягає саме в тому, що для переведення крохмалю в розчинний стан використовують ФП, який містить термостабільну α -амілазу.

Традиційно на спиртових заводах для подрібнення зерна застосовують молоткові дробарки різних типів. При впровадженні низькотемпературної схеми розварювання крохмалевмісної сировини потрібно встановлювати дезінтегратор або дезінтеграторну установку, що в свою чергу забезпечує високодисперсний помел зерна (прохід через сито з діаметром отворів 250 мкм такого помелу: 95-97 %). При використанні дезінтегратора також проходить процес механохімічної деструкції (розриваються високомолекулярні ланцюги крохмалю, а в результаті збільшується розчинність крохмалю, збільшується швидкість технологічних процесів). Високодисперсний помел зерна не потребує високої температури варки та розварювання під тиском, вищим від атмосферного.

Подрібнене зерно подають в апарат замісу, куди ж задають воду з температурою 57 °С. Заміс готують при температурі 50-55 °С, щоб забезпечити часткове набухання і клейстеризації крохмалю з метою пом'якшення наступного режиму розварювання.

В зв'язку з цим при підварюванні необхідне швидке нагрівання маси до заданої температури, що визначається ступенем подрібнення і швидкістю підвищення в'язкості і швидка передача замісу на розварювання.

В апарат замісу задають 25-30 % від загальних витрат ФП, який містить термостабільну α -амілазу (Tegamyl HS 77 L).

Проектом передбачено використання низькотемпературної схеми розварювання. Переваги її над іншими схемами полягають в значному зменшенні витрат пари на розварювання замісу, що в теперішній час ціни на енергоносії стрімко зростають, відіграє дуже важливу роль.

Заміс подають в контактну головку, де нагрівають до температури 85-92 °С. Далі заміс поступає у апарат термоферментативної обробки АТФО-1 ступеня. В нього задається 70 % ФП від загальної кількості. З нього самопливом маса подається у АТФО-2 ступеня, а потім в АТФО-3 ступеня. З АТФО-3 розварена маса направляється на рекуперативний теплообмінник в якому заміс підігрівається. Час перебування маси у колонах 3-3,5 години при безперервному перемішуванні. В'язкість при цьому не дуже підвищується, так як одночасно іде розрідження крохмалю α -амілазою. Одночасно виділяється вторинна пара. Розварена маса до рекуператора з температурою 90 °С і вже на виході з нього з температурою 70 °С направляється на пластинчатий теплообмінник для охолодження до 28-32 °С, а потім поступає у бродильний апарат.

Вибір та обґрунтування способів та режимів технології на стадії оцукрювання розвареної маси

Мета оцукрювання розвареної маси крохмалевмісної сировини - гідроліз крохмалю і білків охолодженої розвареної маси ферментами оцукрюючих матеріалів, а саме ферментами солоду або ферментних препаратів мікробного походження.

Як оцукрюючі матеріали використовують солодове молоко або ферментні препарати мікробного походження різного ступеня концентрування. Витрати оцукрюючих матеріалів найбільш доцільно розраховувати по одиницях їх активності на одиницю маси крохмалю.

Процес оцукрювання складається з таких стадій: охолодження розвареної маси до заданої температури, оцукрювання, змішування розвареної маси з оцукрюючим матеріалом; оцукрювання крохмалю; охолодження суслу до початкової температури зброджування сусла, яка дістала назву температури "складки".

Оцукрення розвареної маси, як правило, здійснюється безперервним способом, який передбачає охолодження розвареної маси до визначеної температури, яка після змішування маси з солодовим молоком або розчином ферментного препарату стане оптимальної для дії амілолітичних ферментів.

Найбільш перспективним способом оцукрення є суміщення процесів оцукрення і бродіння, який дозволяє суміщувати ці процеси та зменшити витрати ферментних препаратів за рахунок зменшення їх інактивації на початкових стадіях оцукрення. В результаті оцукрення розвареної маси отримують напівпродукт – сусло спиртового виробництва.

В даній роботі процес оцукрювання і бродіння проходить безпосередньо в бродильному апараті.

Вибір та обґрунтування способів та режимів технології на стадії зброджування сусла з крохмалевмісної сировини

Частина сусла йде на приготування дріжджів, а інша частина перекачується у бродильні апарати сусло зброджується дріжджами у спирт. При зброджуванні сусла з крохмалевмісної сировини відбувається також дооцукровування декстринів. Сусло, що бродить, називають бражкою, а зброджене сусло - зрілою бражкою.

Показники цукроміру у фільтраті бражки – показують видимий вміст сухих речовин. Показники цукроміру у фільтраті бражки після відгонки спирту і доведення дистильованою водою до первинного об'єму - вміст дійсних сухих речовин бражки. Цими термінами замінені ті, які раніш використовувалися, - видимий і дійсний відброди. Показники спиртоміру у дистилаті зрілої бражки у об'ємних процентах називають міцністю бражки.

Розрізняють три періоди бродіння: розброджування, головне бродіння і доброджування. В умовах спиртових заводів розброджування не так помітне, тому що використовується значна кількість засівних дріжджів.

Для зброджування сусла із крохмалевмісної сировини характерний довгий період доброджування. У суслі з усього крохмалю (100 %) біля 4-6 % знаходиться у вигляді нерозчиненого, 75-77 % — перетвореного у мальтозу та глюкозу, біля 19 % — перетвореного у декстрини. Швидкість доброджування визначається активністю декстринази чи глюкоамілази. У першу чергу зброджується глюкоза, а потім основна кількість мальтози, декстрини оцукрюються тільки після того, коли приблизно 1/3 мальтози буде зброджена.

В Україні на спиртових заводах в основному застосовують періодичний спосіб зброджування сусла з крохмалевмісної сировини. Відомі й інші способи зброджування цього середовища – безперервно-проточний, проточно-рециркуляний і циклічний. На Мартинівському МПД ДП «Укрспирт» на даний час використовують періодичну технологію зброджування сусла із крохмалевмісної сировини.

В даній роботі передбачена реконструкція дріжджебродильного відділення з впровадженням напівбезперервного способу зброджування сусла.

Даний спосіб зброджування був запропонований В.Л. Яковенком і Е.П. Скалкіною. Суть напівбезперервного способу бродіння полягає у тому, що розброджування і головне бродіння протікають безперервно, а доброджування - періодично.

Для здійснення способу необхідні 2-3 механізованих дріжджанки, один розброджувач і 6-8 бродильних апаратів, які послідовно з'єднуються між собою переливними трубами з дисковими затворами для їх виключення під час стерилізації.

Робота бродильної батареї починається з розмноження дріжджів у дріжджових апаратах і продовжується у розброджувачі, об'єм якого становить 25-30% від місткості головного бродильного апарата. Розмноження дріжджів у дріжджових апаратах і у розброджувачі триває по 14-16 год. кислотність сусла у дріжджових апаратах 0,9-1,2 град, у розброджувачі 0,5-0,7 град встановлюється додаванням розчину сірчаної кислоти, інколи - внаслідок молочнокислого закисання. Концентрація дріжджових клітин за увесь період розмноження збільшується від 20-25 до 80-100 млн/мл.

У дріжджових апаратах дріжджі розмножуються на суслі з оцукрювача після відповідної підготовки.

З початку роботи батареї головний бродильний апарат заповнюють одночасно суслom і дріжджами. Бражка послідовно перепливає з апарата в апарат і останній бродильний апарат 6 або 7-й заповнює приблизно через 25-30 год, після цього приплив сусла припиняють і переводять його і подачу дріжджів на другу паралельну батарею, а у

першій проводять періодичним способом доброджування бражки при температурі не вище 30°C протягом 32-38 год. поки заповнюють другу батарею, закінчується доброджування бражки у першій. Батарею звільняють від бражки, починаючи від останнього апарата послідовно до головного. Новий цикл бродіння у першій батареї починають з останнього апарата, він стає головним, бражка перетікає у зворотному напрямку після звільнення, стерилізації і охолодження бродильних апаратів. Її залишають на доброджування, а сусло подають у останній апарат другої батареї і далі.

Недоліки циклічного способу - неоднакова тривалість перебування бражки у окремих апаратах батареї: найбільша вона у головних апаратах, найменша - у останніх. Така неоднорідність веде до наднормованого наростання кислотності бражки, втрат цукру і зниження виходу спирту. Дуже ускладнюється апаратурне оформлення схеми бродіння і регулювання технологічних процесів.

4.2.3 Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень

Серед розглянутих технологічних режимів, що здійснюються на заводі, проектом пропонується здійснити наступні заходи щодо енерго- і ресурсозбереження у варильному і дріжджебродильному відділеннях.

1. Для забезпечення високодисперсного помелу зерна молоткові дробарки замінюються на дезінтеграторну установку, а для зменшення витрат води на приготування замісу передбачається 30 % необхідної кількості води замінити фільтратом барди.

2. Для економії пари на нагрів замісу в контактній головці встановлюємо спіральний теплообмінник (який є металоємним та ефективнішим та дозволяє скоротити витрати пари на 15-20 %) перед апаратами АТФО, який нагріває заміс за рахунок розвареної маси, яка надходить з АФТО-3.

4. Для охолодження розвареної маси замість теплообмінника типу "труба в трубі" буде встановлений пластинчастий теплообмінник.

5. Процеси оцукрення і зброджування сусла суміщуються. Тому для зброджування буде використана осмофільна раса дріжджів ДО-11 та напівбезперервний спосіб збродження сусла.

6. Для запобігання розвитку інфекції під час розмноження дріжджів і бродіння передбачається використання біоциду Полідез. Ці заходи приводять до зменшення витрат води на охолодження дріжджебродильної апаратури та пари на її стерилізацію.

Отже, можна зробити висновок, реконструкція позитивно вплине на роботу заводу, завдяки вище перерахованих заходів.

4.2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Зерно на підприємство подається за допомогою авторозвантажувача **1**, звідки зерно поступає в приймальний бункер **2**. З нього норією **5** поступає в силос **4** з якого шнеком **3** направляється до норії, звідки поступає на магнітний сепаратор **6**. Після магнітного сепаратора зерно подається на зерноочисну машину **7**, де відбираються сміттєві домішки. Далі зерно направляється на бункер зерна **11**, після чого подається для подрібнення на дезінтегратор **14**, з якого виходить високодисперсний помел з розміром частинок не більше 250 мкм, який подається в сепараційну камеру **13**, а потім поступає на циклон **12** і на приготування замісу в змішувач дисмембратор **15**, куди ще й поступає вода. Із змішувача дисмембратора заміс подається в ємкість для змішування **18**, куди із збірника задається 30% фільтрату барди з брагоректифікаційного відділення і ферментний препарат Tegamyl HS 77 L розведений водою 1/10-30% від загальної кількості із збірника **17**. Після чого заміс подається плунжерним насосом **20** на спіральний теплообмінник **21**, в якому він підігрівається за рахунок розвареної маси, яка надходить з АТФО-3, а потім насосом **20** подається в гостропарову контактну головку **22**, де миттєво нагрівається до температури 85-90 С.

Із контактної головки маса поступає в апарати гідроферментативної обробки АТФО-1,2,3. У АТФО-1 із збірника ФП **17** задають решту ФП Tegamyl HS 77 L - 70%. Маса витримується в апаратах три години при безперервному перемішуванні. Далі через вловлювач **19** плунжерним насосом **20** частина сусла (10%) направляється у маточник **30** та дріжджанки **31** для приготування дріжджів, а решта на охолодження в пластинчастий теплообмінник **25**, де охолоджується водою і подається до з'єднаних переливними горизонтальними рукавами прямокутного перетину бродильних апаратів **32** з температурою 30-32°C, в якому бродіння проходить 60-72 години. Після підготовки бродильних апаратів по трубопроводу в апарат спускають дріжджі в об'ємі норми, розрахованої на два бродильні апарати. Далі через трьохходовий кран подається охоложене сусло. Після заповнення бродильного апарату сусло, що бродить переливається самопливом через переливний рукав в наступний чан і після його заповнення на 50-60% об'єму, не припиняючи приток сусла в чан, відкривають крани. Потім включають насос **26** і перекачують сусло з чана в чан. Заповнюються пари чанів при закритих верхніх люках. Контролюється рециркуляція через світловий ліхтар. Виділений в процесі бродіння газу надходять до спиртовловлювача **33**, де виділяється CO₂ і йде у цех діоксиду вуглецю, а сконденсована водноспиртова суміш потрапляє у збірник **34**. Після бродіння сусло надходить у брагоректифікаційне відділення для виділення спирту з бражки.

4.2.5 Продуктові розрахунки

Вихідні дані для розрахунків

Спиртовий завод потужністю 3000 дал на добу виробляє спирт етиловий ректифікований.

Зерно для розварювання - кукурудза крохмалистістю 65,8 % і вологістю 14%.

Вихід спирту з 1 т умовного крохмалю кукурудзи за умови напівбезперервного розварювання і заміни солоду ферментними препаратами — 66,5 дал.

Використають розріджуючий ферментний препарат Thegamyl HS 77 L в кількості 0,5 дм³/1 т умовного крохмалю та оцукрюючий ферментний препарат Tegamyl GA 400 L в кількості 1,2 дм³/1 т умовного крохмалю.

Для антисептування застосовують Полідез з витратою 20 см³/1 м³ сусла.

Додаткове живлення для дріжджів: ортофосфорна кислота — 1,3 кг/1000 дал спирту, карбамід – 0,8 кг/1000 дал спирту.

Розрахунки виконують на 100 дал умовного спирту-сирцю.

Вихід спирту

Плановий вихід спирту в дал із 1 т крохмалю кукурудзи за умови неперервного розварювання з надбавками на технологічні вдосконалення

$$V_{\text{х.пл}} = 66,5 + 0,33 = 66,83 \text{ дал,}$$

де 0,33 — неперервне зброджування, дал.

Витрати зерна для отримання 100 дал спирту

Кількість крохмалю сировини, що необхідна для одержання 100 дал спирту

$$G_{\text{кр}} = 100 \cdot 1000 / V_{\text{х.пл}} = 100 \cdot 1000 / 66,83 = 1496,33 \text{ кг.}$$

Витрати зерна кукурудзи для отримання 100 дал спирту

$$G_{\text{кук}} = G_{\text{кр}} \cdot 100 / K_{\text{р}} = 1496,33 \cdot 100 / 65,8 = 2274 \text{ кг,}$$

де $K_{\text{р}}$ — крохмалистість кукурудзи, %.

У цій кількості кукурудзи міститься:

$$\text{води } G_{\text{в.кук}} = G_{\text{кук}} W / 100 = 2274 \cdot 14 / 100 = 318,36 \text{ кг,}$$

$$\text{сухих речовин } G_{\text{СР.кук}} = G_{\text{кук}} - G_{\text{в.кук}} = 2274 - 318,36 = 1955,6 \text{ кг,}$$

$$\text{з них зброджуваних } G_{\text{зб}} = G_{\text{кук}} K_{\text{р}} / 100 = 2274 \cdot 65,8 / 100 = 1496,3 \text{ кг,}$$

$$\text{незброджуваних } G_{\text{незб}} = G_{\text{СР.кук}} - G_{\text{зб}} = 1955,6 - 1496,3 = 459,3 \text{ кг.}$$

Витрата ферментних препаратів

На 1 т умовного крохмалю зерна витрачають 0,5 дм³ Tegamyl HS 77 L та 1,2 дм³ Tegamyl GA 400 L.

Витрата Tegamyl HS 77 L складатиме

$$V_{\text{ТегHS}} = G_{\text{зб}} \cdot 0,5 = 1,496 \cdot 0,5 = 0,748 \text{ дм}^3.$$

Перед введенням ферментного препарату в збірник замісу його розводять з водою 1:10. Об'єм води для розведення ферментного препарату

$$V_{\text{в.ТегHS}} = V_{\text{ТегHS}} \cdot 10 = 0,748 \cdot 10 = 7,48 \text{ дм}^3.$$

При густині ферментного препарату 1,2 кг/дм³ маса ферментного препарату дорівнює

$$G_{\text{ТегHS}} = V_{\text{ТегHS}} \cdot 1,2 = 0,748 \cdot 1,2 = 0,90 \text{ кг.}$$

Загальна маса розчину ферментного препарату Tegamyl HS 77 L

$$G_{\text{заг.ТегHS}} = V_{\text{в.ТегHS}} + G_{\text{ТегHS}} = 7,48 + 0,90 = 8,38 \text{ кг.}$$

Маса розчину ферментного препарату Tegamyl HS 77 L, що вводиться в заміс

$$G_{\text{зам.ТегHS}} = G_{\text{заг.ТегHS}} \cdot 0,3 = 8,38 \cdot 0,3 = 2,5 \text{ кг,}$$

де 0,3 — 30 % від об'єму ферментного препарату Tegamyl HS 77 L, який задають у збірник для приготування замісу.

Витрата ферментного препарату Tegamyl GA 400 L

$$V_{\text{ТегGA}} = G_{\text{зб}} \cdot 0,8 = 1,496 \cdot 1,2 = 1,80 \text{ дм}^3,$$

Об'єм води для розведення ферментного препарату Tegamyl GA 400 L

$$V_{\text{в.ТегGA}} = V_{\text{GA}} \cdot 10 = 1,8 \cdot 10 = 18 \text{ дм}^3.$$

Маса ферментного препарату Tegamyl GA 400 L при густині ферментного препарату 1,2 кг/дм³

$$G_{\text{ТегGA}} = V_{\text{GA}} \cdot 1,2 = 1,80 \cdot 1,2 = 2,16 \text{ кг.}$$

Загальні маса і об'єм розчину ферментного препарату Tegamyl GA 400 L:

$$G_{\text{заг.GA}} = V_{\text{в.GA}} + G_{\text{GA}} = 18 + 2,16 = 20,16 \text{ кг,}$$

$$V_{\text{заг.GA}} = V_{\text{в.GA}} + V_{\text{GA}} = 18 + 1,80 = 19,8 \text{ дм}^3.$$

Приготування замісу

Для приготування замісу використовують помел зерна з температурою 20 °С, воду з температурою 50 °С і фільтрат барди в кількості 30 % з температурою 80 °С від кількості води. У заміс задають 30 % від загальних витрат розчину Tegamyl HS 77 L. Середню температуру замісу розраховують таким чином.

Кількість води і фільтрату барди, яка потрібна для приготування замісу

$$G_{\text{в.ф.б}} = G_{\text{кук}} \cdot 2,5 = 2274 \cdot 2,5 = 5685 \text{ кг,}$$

де 2,5 — витрати води і фільтрату барди, кг на 1 кг помелу зерна.

Із цієї кількості складатимуть витрати:

$$\text{фільтрату барди} \quad G_{\text{ф.б}} = 5685 \cdot 0,3 = 1705,5 \text{ кг,}$$

$$\text{води} \quad G_{\text{в.зам}} = 5685 \cdot 0,7 = 3979,5 \text{ кг.}$$

Загальна маса замісу

$$G_{\text{зам}} = G_{\text{кук}} + G_{\text{в.зам}} + G_{\text{ф.б}} + G_{\text{зам.ТегHS}} =$$

$$2274 + 3411 + 2274 + 2,5 = 7961,5 \text{ кг.}$$

Сухих речовин у замісі така ж кількість, що і у кукурудзі, тобто 1955,6 кг.
 Процентний вміст сухих речовин у замісі

$$C_{\text{зам}} = G_{\text{СР}} \cdot 100 / G_{\text{зам}} = 1955,6 \cdot 100 / 7961,5 = 24,4 \%$$

Об'єм замісу

$$V_{\text{зам}} = G_{\text{зам}} / \rho_{\text{зам}} = 7961,5 / 1,0910 = 7297,4 \text{ дм}^3,$$

де 1,0910 — густина замісу, кг/дм³.

Температура замісу

Теплоємність замісу

$$c_{\text{зам}} = (G_{\text{кук}} c_1 + G_{\text{в}} c_2 + G_{\text{ф.б}} c_3 + G_{\text{зам.ТегНСс4}}) / G_{\text{зам}} \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}),$$

$$c_{\text{зам}} = (2274 \cdot 1,5 + 3979,5 \cdot 4,18 + 1705,5 \cdot 4,2 + 2,5 \cdot 4,185) / 7961,5 = 3,42 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}),$$

де c_1 — теплоємність кукурудзи, кДж/(кг·град); c_2 — теплоємність води, кДж/(кг·град);
 c_3 — теплоємність фільтрату барди, кДж/(кг·град); c_4 — теплоємність розчину
 ферментного препарату Tegamyl HS 77 L, кДж/(кг·град).

Кількість тепла замісу

$$Q_{\text{зам}} = G_{\text{кук}} c_1 t_{\text{кук}} + G_{\text{в}} c_2 t_{\text{в}} + G_{\text{ф.б}} c_3 t_{\text{ф.б}} + G_{\text{зам.ТегНСс4}} t_{\text{зам.ТегНС}}, \text{ кДж},$$

$$Q_{\text{зам}} = 2274 \cdot 1,5 \cdot 20 + 3979,5 \cdot 4,18 \cdot 50 + 1705,5 \cdot 4,2 \cdot 80 + 2,5 \cdot 4,185 \cdot 25 = \\ = 1473245,1 \text{ кДж},$$

де $G_{\text{кук}}$ — маса кукурудзи, кг; $G_{\text{в}}$ — витрата води, кг; $G_{\text{ф.б}}$ — витрата фільтрату барди,
 кг; $G_{\text{зам.Тегм}}$ — витрата ферментного препарату Tegamyl 120 L, що вводиться в заміс,
 кг; $t_{\text{кук}}$ — температура кукурудзи, °С; $t_{\text{в}}$ — температура води, °С; $t_{\text{ф.б}}$ — температура
 барди, °С; $t_{\text{зам.ТегНС}}$ — температура ферментного препарату Tegamyl HS 77 L, що
 вводиться в заміс, °С.

Температура замісу в збірнику

$$t_{\text{зам}} = Q_{\text{зам}} / (G_{\text{зам}} c_{\text{зам}}) = 1473245,1 / (7961,5 \cdot 3,42) = 54 \text{ °С.}$$

Термоферментативна обробка замісу

У контактній головці перед надходженням в апарат термоферментативної
 обробки заміс підігривають до температури $t_{\text{к}}$ 95 °С паром з тиском 130 кПа. Витрати
 пари складуть

$$G_{\text{п.АТФО}} = G_{\text{зам}} c_{\text{зам}} (t_{\text{к}} - t_{\text{зам}}) \cdot 1,02 / (2687 - 449,19) = \\ = 7961,5 \cdot 3,42 \cdot (95 - 54) \cdot 1,02 / (2687 - 449,19) = 508,8 \text{ кг},$$

де 1,02 — коефіцієнт, що враховує втрати пари в навколишнє середовище; 2687 —
 ентальпія водяної пари при тиску 130 кПа, кДж/кг; 449,19 — ентальпія конденсату
 пари, кДж/кг.

Маса замісу, що виходить із контактної головки в термоферментатор

$$G_{\text{зам.АТФО}} = G_{\text{зам}} + G_{\text{п.АТФО}} = 7961,5 + 508,8 = 7452,7 \text{ кг.}$$

Об'єм розвареної маси

$$V_{\text{зам.АТФО}} = G_{\text{зам.АТФО}} / \rho_{\text{зам.АТФО}} = 7452,7 / 1,0843 = 6873,3 \text{ дм}^3,$$

де $\rho_{\text{зам.АТФО}}$ — густина розвареної маси, кг/дм³.

Оцукрювання розвареної маси

Оцукрювання розвареної маси передбачено у бродильному апараті. За такої технології розварену масу охолоджують в спіральному теплообміннику з подальшим оцукренням в бродильному апараті.

Після термоферментативної обробки відбирають 8-10 % суслу на розмноження дріжджів. Решта поступає на охолодження до температури від 85-95 до температури бродіння 30-32 °С.

Кількість суслу, яка перекачується на охолодження до температури бродіння:

$$G_{\text{сус.брод}} = G_{\text{зам.АТФО}} \cdot 90/100 = 7452,7 \cdot 90/100 = 6707,43 \text{ кг,}$$

$$V_{\text{сус.брод}} = V_{\text{зам.АТФО}} \cdot 90/100 = 6873,3 \cdot 90/100 = 6185,97 \text{ дм}^3.$$

Кількість води, яка використовується на охолодження розрідженої маси при охолодженні її до температури 32°С

$$G_{\text{в.охол}} = G_{\text{сус.бр}} \cdot c_{\text{зам}} \cdot (95-32) / (c_{\text{в}} \cdot (45-20)) = \\ = 6707,43 \cdot 3,42 \cdot (95-32) / (4,2 \cdot (45-20)) = 13763,6 \text{ кг,}$$

де 45 і 20 — температура води на виході і вході в теплообмінник, °С.

Приготування виробничих дріжджів

Кількість суслу, що відбирають на розмноження дріжджів:

$$V_{\text{сус.др}} = V_{\text{зам.АТФО}} \cdot 0,1 = 6873,3 \cdot 0,1 = 687,33 \text{ дм}^3,$$

$$G_{\text{сус.др}} = G_{\text{зам.АТФО}} \cdot 0,1 = 7452,7 \cdot 0,1 = 745,27 \text{ кг.}$$

Витрати води на охолодження суслу в дріжджанці до температури 30-32°С

$$G_{\text{в.ох.в.др}} = G_{\text{сус.др}} \cdot c_{\text{зам}} \cdot 1,1 \cdot (95-32) / (c_{\text{в}} \cdot (40-20)) = \\ = 745,27 \cdot 3,42 \cdot 1,1 \cdot (95-32) / (4,2 \cdot (40-20)) = 2102,8 \text{ кг,}$$

де 20 і 40 — температура охолоджуючої води на вході і виході із поверхні охолодження, °С; 1,1 — коефіцієнт, що враховує збільшення маси в дріжджанці за рахунок внесення засівних дріжджів.

Витрати вуглеводів на утворення спирту і накопичення біомаси під час вирощування виробничих дріжджів

$$G_{\text{вит.вуг}} = G_{\text{сус.др}} \cdot 1,1 \cdot (24,4-10) / 100 = 745,27 \cdot 1,1 \cdot (24,4 - 10) / 100 = 118,1 \text{ кг,}$$

де 24,4 — початкова концентрація сухих речовин суслу, %; 10 — концентрація сухих речовин у дріжджовому суслі, %.

Під час вирощування дріжджів виділяється діоксиду вуглецю

$$G_{CO_2} = G_{\text{вит.вуг}} \cdot V_{X_{c.пл}} \cdot 1,002 \cdot 0,78927 \cdot 0,9554 / 100 =$$

$$= 118,1 \cdot 66,83 \cdot 1,002 \cdot 0,78927 \cdot 0,9554 / 100 = 59,6 \text{ кг,}$$

де 1,002 — коефіцієнт, що враховує втрати спирту при перегонці бражки; 0,78927 — густина безводного спирту, кг/дм³; 0,9554 — вихід діоксиду вуглецю, кг/кг спирту.

Для підкислення дріжджового сусла використовують сірчану кислоту густиною 1,84 кг/дм³. Сусло із зерна підкислюють до кислотності 0,7-0,9°. Потрібну кількість концентрованої сірчаної кислоти розраховують за формулою

$$V_{\text{кис сірч конц}} = V_{\text{сус др}} \cdot (K_{\text{к}} - K_{\text{п}}) \cdot 0,049 \cdot 1,042 / (\rho_{\text{сус}} \cdot 20 \cdot 1,84) =$$

$$= 687,33 \cdot (0,9 - 0,2) \cdot 0,049 \cdot 1,042 / (1,0843 \cdot 20 \cdot 1,84) = 0,62 \text{ дм}^3,$$

де $K_{\text{п}}$ і $K_{\text{к}}$ — початкова і кінцева кислотності сусла, град.; 1,042 — кількість сірчаної кислоти густиною 1,84, що міститься в 1 кг кислоти; 0,049 — вміст сірчаної кислоти в 1 см³ нормального розчину, г; 20 — кількість см³ розчину, в якому визначають кислотність.

Маса концентрованої сірчаної кислоти

$$G_{\text{кис.сірч.конц}} = 0,62 \cdot 1,84 = 1,14 \text{ кг.}$$

Концентровану сірчану кислоту розбавляють шестикратним об'ємом води, якої потрібно: $0,62 \cdot 6 = 3,72 \text{ дм}^3$.

Відповідно маса розбавленої сірчаної кислоти буде $1,14 + 3,72 = 4,86 \text{ кг}$, а об'єм — $0,62 + 3,72 = 4,34 \text{ дм}^3$.

Для додаткового живлення дріжджів використовують фосфорну кислоту та карбамід (сечовину), а для боротьби з інфекцією — Полідез в кількості

$$V_{\text{Полі}} = 687,33 \cdot 20 / 100 / 1000 = 0,14 \text{ дм}^3,$$

де 100 — коефіцієнт перерахунку дал в м³; 1000 — коефіцієнт перерахунку см³ в дм³.

При густині Полідезу препарату 1,2 кг/дм³ його маса становить

$$G_{\text{Полі}} = V_{\text{Полі}} \cdot 1,2 = 0,14 \cdot 1,2 = 0,17 \text{ кг.}$$

Об'єм води для десятикратного розведення Полідезу

$$V_{\text{в.Полі}} = V_{\text{Полі}} \cdot 10 = 0,14 \cdot 10 = 1,4 \text{ дм}^3.$$

Загальна маса розчину Полідезу:

$$G_{\text{заг.Полі}} = V_{\text{в.Полі}} + G_{\text{Полі}} = 1,4 + 0,17 = 1,57 \text{ кг,}$$

а об'єм

$$V_{\text{заг.Полі}} = V_{\text{Полі}} + V_{\text{в.Полі}} = 0,14 + 1,4 = 1,54 \text{ дм}^3.$$

Ефективним джерелом фосфорного живлення у спиртовому виробництві є 70 % ортофосфорна кислота з густиною 1,53 кг/дм³. Норма витрат ортофосфорної кислоти

становить 1,3 кг або 0,85 дм³ на 100 дал спирту, яку розбавляють шестикратним об'ємом води $0,85 \cdot 6 = 5,1$ дм³.

Відповідно маса розбавленої ортофосфорної кислоти буде $1,3 + 5,1 = 6,4$ кг, а об'єм — $0,85 + 5,1 = 5,95$ дм³.

Витрата карбаміду становлять 0,8 кг на 100 дал спирту, який розбавляють десятикратним об'ємом води. При густині карбаміду 1,32 кг/дм³ потрібний об'єм буде $0,8/1,32 = 0,61$ дм³. Тоді, витрата води на розбавлення карбаміду $0,61 \cdot 10 = 6,1$ дм³. Відповідно маса розчину карбаміду буде $0,80 + 6,1 = 6,9$ кг, а об'єм — $0,61 + 6,1 = 6,71$ дм³.

Маса і об'єм виробничих дріжджів будуть:

$$G_{\text{др.вир}} = G_{\text{сус.др}} \cdot 1,1 - G_{\text{CO}_2} + G_{\text{кис.сірч.розб}} + G_{\text{кис.орто.розб}} + G_{\text{рост.карб}} + G_{\text{заг.Полі}} = \\ = 74527 \cdot 1,1 - 59,6 + 4,86 + 6,4 + 6,9 + 1,57 = 816 \text{ кг,}$$

$$V_{\text{др.вир}} = V_{\text{сус.др}} \cdot 1,1 + V_{\text{кис.сірч.розб}} + V_{\text{кис.орто.розб}} + V_{\text{рост.карб}} + V_{\text{заг.Полі}} = \\ = 587,33 \cdot 1,1 + 4,34 + 5,95 + 6,71 + 1,54 = 774,6 \text{ дм}^3.$$

Зброджування сусла

Всього в бродильне відділення надходить продуктів:

$$V_{\text{заг.бр.від}} = V_{\text{сус.брод}} + V_{\text{др.вир}} + V_{\text{в.зам.сус.брод}} + V_{\text{в.зам.др}} + V_{\text{заг.ГА}} = \\ = 6185,97 + 774,6 + 6185,97 \cdot 0,5/100 + 774,6 \cdot 2,5/100 + 19,8 = 7030,7 \text{ дм}^3,$$

$$G_{\text{заг.бр.від}} = G_{\text{сус.брод}} + V_{\text{др.вир}} + V_{\text{в.зам.сус.брод}} + G_{\text{в.зам.др}} + G_{\text{заг.ГА}} = \\ = 6707,43 + 816 + 6707,43 \cdot 0,5/100 + 816 \cdot 2,5/100 + 20,16 = 7547,5 \text{ кг,}$$

де 0,5 — кількість замивочної води для сусла, %; 2,5 — кількість замивочної води для виробничих дріжджів, %.

Вміст спирту в бражці, що надходить на перегонку, дорівнює сумі розрахункової кількості спирту (100 дал) і кількості спирту, що втрачається під час перегонки. Якщо втрати при перегонці бражки 0,2 %, кількість втраченого спирту становить

$$V_{\text{с.вт.пер}} = G_{\text{ум.кр}} V_{\text{хс.т}} V_{\text{тс.пер}} = 1496,33 \cdot 0,7199 \cdot 0,002 = 2,15 \text{ дм}^3,$$

де $G_{\text{ум.кр}}$ — кількість умовного крохмалю введеного у виробництво, кг; замивочної води для сусла, %; $V_{\text{хс.т}}$ — теоретичний вихід спирту з 1 кг умовного крохмалю, дм³; $V_{\text{тс.пер}}$ — втрати спирту під час перегонки бражки, частка від 1.

У зрілій бражці повинно бути безводного спирту

$$1000 + 2,15 = 1002,15 \text{ дм}^3 \text{ або } 1002,15/0,78927 = 1269,7 \text{ кг.}$$

Під час зброджування сусла виділиться діоксиду вуглецю

$$G_{\text{CO}_2} = 1269,7 \cdot 0,9554 = 1213,07 \text{ кг.}$$

Якщо в зрілій бражці залишається 0,25 % незбродженого умовного крохмалю, то маса сухих речовин у зрілій бражці дорівнює

$$G_{\text{СР.бр.зр}} = G_{\text{зб}} \cdot 0,0025 + G_{\text{незб}} = 1496,33 \cdot 0,0025 + 459,3 = 463 \text{ кг.}$$

Маса зрілої бражки становить

$$\begin{aligned} G_{\text{бр.зр}} &= G_{\text{заг.бр.від}} + G_{\text{с.бр.зр}} + G_{\text{СР.бр.зр}} = \\ &= 7597,5 + 1269,7 + 463 = 9330,2 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Щоб розрахувати справжнє зброджування, треба визначити масу бражки, в якій спирт замінено водою. За такої заміни її маса становитиме

$$9330,2 - 1269,7 + 1002,15 = 7058,4 \text{ кг.}$$

Справжнє зброджування бражки дорівнює

$$463 \cdot 100 / 9330,5 = 4,96 \% \text{ мас.,}$$

тоді об'єм бражки (при заміні спирту водою) дорівнює

$$7058,4 / 1,02 = 6920 \text{ дм}^3.$$

Вміст спирту в зрілій бражці

$$V_{\text{с.бр.зр}} = 1002,15 \cdot 100 / 6920 = 14,4 \% \text{ об.}$$

До зрілої бражки, що надходить на перегонку, добавляють 5 % водно-спиртової рідини із спиртовловлювача і 1 % води, що витрачається на миття бродильних апаратів, всього 6 % від об'єму зрілої бражки. Тоді, загальний об'єм і маса бражки, що надходить на перегонку, буде:

$$V_{\text{бр.зр.заг}} = V_{\text{бр.зр}} + V_{\text{бр.зр}} \cdot 6 / 100 = 6920 + 6920 \cdot 6 / 100 = 7335,2 \text{ дм}^3,$$

$$G_{\text{бр.зр.заг}} = G_{\text{бр.зр}} + V_{\text{бр.зр}} \cdot 6 / 100 = 7058,4 + 7058,4 \cdot 6 / 100 = 7481,9 \text{ кг.}$$

Вміст спирту в зрілій бражці, що надходить на перегонку

$$V_{\text{с.бр.зр}} = 1002,15 \cdot 100 / 7335,2 = 13,6 \% \text{ об.}$$

Спирт і продукти ректифікації

Розрахунки продуктів виконано на 100 дал умовного спирту-сирцю. Під час перегонки і ректифікації на брагоректифікаційних апаратах мають місце втрати, які залежать від типу і продуктивності апаратів, а також періоду року. В середньому при ректифікації вони становлять під час виробництва зернового ректифікованого спирту "Люкс" 0,6 % від безводного спирту-сирцю, який поступив на ректифікацію.

Вихід окремих продуктів ректифікації спирту коливається залежно від виду сировини, обраної технологічної схеми та інших умов у таких межах, % :

фракція головна етилового спирту – 5,0-7,0 % ;

сивушне масло – 0,3-0,5 % ;

сивушний спирт, якщо його виводять із брагоректифікаційної установки – 0,5-1,5 % .

Приймаємо вихід фракції головної етилового спирту міцністю 95 об. % рівним 5,0 %, сивушного масла міцністю 88 об. % – 0,3 % , сивушного спирту міцністю 85 об. % – 1,0 %.

Тоді, об'єм фракції головної етилового спирту буде

$$100 \times 5,0 \times 100 / 95 / 100 = 5,26 \text{ дал} = 52,6 \text{ дм}^3 .$$

Маса головної фракції етилового спирту

$$52,6 \times 0,8114 = 42,68 \text{ кг} ,$$

де 0,8114 – густина водно-спиртового розчину міцністю 95,0 %, кг/дм³.

Об'єм сивушного масла міцністю 88 % при відборі 0,3 %

$$100 \times 0,3 \times 100 / 88 / 100 = 0,34 \text{ дал} = 3,4 \text{ дм}^3 .$$

Маса сивушного масла

$$3,4 \times 0,8357 = 2,84 \text{ кг} .$$

де 0,8357 – густина сивушного масла, кг/дм³.

Об'єм сивушного спирту міцністю 85,0 % при відборі 1 %

$$100 \times 1,0 \times 100 / 85 / 100 = 1,18 \text{ дал} = 11,8 \text{ дм}^3 .$$

Маса сивушного спирту

$$11,8 \times 0,8449 = 10,0 \text{ кг} ,$$

де 0,8449 – густина сивушного спирту, кг/дм³.

Вихід ректифікованого спирту “Люкс“ міцністю 96,3 об. %

$$100 - 5,0 - 0,3 - 1,0 - 0,6 = 93,1 \text{ \%} ,$$

де 0,6 – втрати спиту під час ректифікації, %.

З урахуванням цих даних визначають об'єм ректифікованого спирту міцністю 96,3 об. %, який можна одержати із 100 дал умовного спирту-сирцю

$$100 \times 93,1 \times 100 / 96,3 / 100 = 96,68 \text{ дал} = 966,8 \text{ дм}^3 .$$

Його маса складає

$$966,8 \times 0,7893 = 763,10 \text{ кг} .$$

Розраховану кількість сировини, проміжних і кінцевих продуктів ректифікації для отримання 100 дал умовного спирту сирцю використовують для визначення їх величини для годинної та добової продуктивності заводу і подають у вигляді зведеної таблиці розрахунків продуктів (табл. 2.17).

Узагальнені результати продуктових розрахунків та їх перерахунок на добуву і годинну потужності продуктів наведено у табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Зведена таблиця продуктивних розрахунків виробництва

Найменування продукту	Кількість продуктів на					
	100 дал безводного спирту		Добова потужність (3000 дал)		Годинна потужність (125 дал)	
	кг	дм ³	кг	дм ³	кг	дм ³
Сировина	2274	2842,5	68220	85275	2842,5	3553,1
Вода для приготування замісу	3979,5	3979,5	119385	119385	4974,4	4974,4
Розчин ФП Tegamyl HS 77 L	8,38	7,48	251,4	224,4	10,5	9,35
Розчин ФП Tegamyl GA 400 L	20,16	19,8	604,8	594	25,2	24,75
Заміс	7961,5	7297,4	2388,45	218922	9951,9	9121,9
Концентрація сухих речовин в замісі, % мас.	24,4	-	24,4	-	24,4	-
Гостра пара для розварювання замісу	508,8	-	15264	-	636	-
Кількість розвареної маси, що виходить з апарату ТФО	7452,7	6873,3	223581	206199	9315,9	8591,6
Кількість розвареної маси для бродіння	6707,4 3	6185, 97	201222	185579 ,1	8384,2 5	7732,5
Кількість розвареної маси для розмноження дріжджів	745,27	687,3 3	22358, 1	20619, 9	931,6	859,2
Сірчана кислота	1,14	0,62	34,2	18,6	1,425	0,775
Полідез	0,17	0,14	5,1	4,2	0,21	0,175
Карбамід	0,8	0,61	2,4	18,3	1	0,76
Ортофосфорна кислота	1,3	0,85	39	25,5	1,6	1,06
Виробничі дріжджі	816	774,6	24480	233238	1020	968,25
Зріла бражка	9330,2	6920	279906	207600	11662	8650
Безводний спирт в зрілій бражці	789,27	1000	23678, 1	30000	986,6	1250
Міцність зрілої бражки, % об.	-	13,1	-	13,1	-	13,1
Бражка, що надходить на перегонку	7481,9	7335,1	224457	220053	9352,4	9168,9
Міцність бражки, що надходить на перегонку	-	13,9	-	13,9	-	13,9
Головна фракція етилового спирту	42,68	52,6	1280,4	1578	53,35	65,75
Сивушне масло	10,0	11,8	300	354	12,5	14,75
Сивушний спирт	2,8	3,4	84	102	3,5	4,75
Спирт ректифікат	763,1	966,8	22893	29004	976,8	1208,5

4.2.6 Розрахунки і підбір обладнання

Змішувач передрозварник

Кількість замісу буде дорівнювати, кг/год:

$$G = \Pi * m * \rho / 24,$$

Де Π - умовна продуктивність заводу, дал/за добу;

m - кількість замісу; ρ - густина замісу, кг/м³.

$$G = 3000 * 7,96 / 100 * 1,0919 / 24 = 10,86 \text{ кг/год.}$$

Необхідний об'єм змішувача передрозварника, м :

$$V = G * \tau / \rho * \varphi;$$

де, τ - термін перебування замісу в апараті;

φ - коефіцієнт заповнення апарата.

$$V = 10,86 * 1,5 / 1,0919 * 0,8 = 18,7 \text{ м}^3.$$

Округлюємо об'єм апарата до 19 м³.

$$H = 1,125 * d, \text{ м};$$

$$h_k = 0,15 * d, \text{ м},$$

де H - висота циліндричної частини апарата;

h_k - висота конусної частини апарата;

d - діаметр апарата.

$$V = \pi * d^2 / 4 * 1,125 * d - 1/3 * \pi * d^2 / 4 * 0,15 * d;$$

Звідси діаметр змішувача передрозварника буде:

$$d = \sqrt[3]{\frac{V}{1,125 * \frac{\pi}{4} + 0,15 * \frac{\pi}{3} * 4}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{19}{1,125 * \frac{3,14}{4} + 0,15 * \frac{3,14}{3} * 4}} = 2,3 \text{ м.}$$

Висота циліндричної частини апарата буде:

$$H = 1,125 * 2,3 = 2,6 \text{ м};$$

Висота конусної частини апарата:

$$h_k = 0,15 * 2,3 = 0,345 \text{ м.}$$

Гостропарова контактна головка

Обираємо гостропарову контактну головку з такою характеристикою.

Об'єм в м³ 0,0615.

Габаритні розміри в мм:

діаметр корпусу 555

висота 1061

товщина стінки 6

Апарат термоферментативної обробки

$$V = G \cdot \tau / \rho \cdot \varphi;$$

де τ – термін перебування розвареної маси в колоні;

φ – коефіцієнт заповнення колони.

$$V = 7961,5 \cdot 3 / 1,0879 \cdot 0,8 = 37,45 \text{ м}^3,$$

Округлюємо об'єм апарата до 38 м^3

$$H = 4 \cdot d, \text{ м};$$

$$V = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot 4 \cdot d, \text{ м};$$

$$d = \sqrt[3]{V / \pi};$$

де H – висота колони;

d – діаметр колони.

$$d = \sqrt[3]{38 / 3,14} = 2,3 \text{ м}.$$

Висота колони буде:

$$H = 4 \cdot 2,29 = 9,2 \text{ м}.$$

Бродильний апарат

Необхідний об'єм бродильної батареї, м^3 :

$$V_{\text{бат}} = G \cdot \tau / \varphi;$$

де τ – термін перебування суслу в апараті;

φ – коефіцієнт заповнення апарата.

$$V_{\text{бат}} = 10,86 \cdot 72 / 0,8 = 977,4 \text{ м}^3.$$

На Уладівського спиртовому заводі розміщено 10 бродильних апаратів об'ємом 109 м^3 кожний,

де H – висота циліндричної частини апарата;

h_k – висота конусної частини апарата;

$h_{кр}$ – висота кришки апарата;

d – діаметр апарата.

$$V = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot 1,5 \cdot d + 1/3 \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \cdot 0,3 \cdot d + 1/3 \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \cdot 0,125 \cdot d;$$

Звідси діаметр бродильного апарата буде:

$$d_M = \sqrt[3]{V / (1,5 \cdot \pi / 4 + 0,3 \cdot \pi / 3 \cdot 4 + 0,125 \cdot \pi / 3 \cdot 4)};$$

$$d_M = \sqrt[3]{109 / (1,5 \cdot 3,14 / 4 + 0,3 \cdot 3,14 / 3 \cdot 4 + 0,125 \cdot 3,14 / 3 \cdot 4)} = 3,8 \text{ м}.$$

Висота циліндричної частини апарата буде:

$$H = 1,5 * 3,8 = 5,7 \text{ м.}$$

Висота конусної частини апарата:

$$h_k = 0,3 * 3,8 = 1,14 \text{ м.}$$

Висота кришки апарата:

$$h_{кр} = 0,125 * 3,8 = 0,475 \text{ м.}$$

Дріжджанка

В дріжджовому відділенні знаходиться 4 дріжджанок.

Кількість сусла буде дорівнювати, м /год:

$$G = \Pi * m / 24$$

де, Π - умовна продуктивність заводу, дал/за добу;

m - кількість сусла,

$$G = 3000 * 0,19 / 100 / 24 = 0,24 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідний об'єм дріжджанки, м :

$$V = G * \tau / \rho;$$

де, τ - термін перебування сусла в дріжджанці;

ρ - коефіцієнт заповнення дріжджанки.

$$V = 0,24 * 50 / 0,8 = 15 \text{ м}^3.$$

$$H = 1,5 * d;$$

$$h_k = 0,3 * d;$$

$$h_{кр} = 0,125 * d;$$

де, H - висота циліндричної частини дріжджанки;

h_k - висота конусної частини дріжджанки;

$h_{кр}$ - висота кришки дріжджанки;

d - діаметр дріжджанки.

$$V = \pi * d^2 / 4 * 1,5 * d + 1/3 * \pi * d^2 / 4 * 0,3 * d + 1/3 * \pi * d^2 / 4 * 0,125 * d;$$

Звідси діаметр бродильного апарата буде:

$$d = \sqrt[3]{\frac{V}{1,5 * \frac{\pi}{4} + 0,3 * \frac{\pi}{3} * 4 + 0,125 * \frac{\pi}{3} * 4}};$$
$$d = \sqrt[3]{\frac{15}{1,5 * \frac{3,14}{4} + 0,3 * \frac{3,14}{3} * 4 + 0,125 * \frac{3,14}{3} * 4}} = 1,7 \text{ м}$$

Висота циліндричної частини дріжджанки буде:

$$H = 1,5 * 1,7 = 2,6 \text{ м.}$$

Висота конусної частини дріжджанки:

$$h_k = 0,3 * 1,7 = 0,51 \text{ м.}$$

Висота кришки дріжджанки:

$$h_{кр} = 0,125 * 2,0 = 0,21 \text{ м.}$$

Дезінтегратор

Відповідно до розрахунку продуктів погодинна витрата зерна на переробку становить 3553,1 кг/год. Потужність дезінтегратора становить 5000 кг/год.

Спіральний теплообмінник

Кількість тепла, що відводиться від охолоджуючого замісу:

$$Q = G_c * C_c * (T_1 - T_2),$$

де G_c - маса замісу, кг/год;

C_c - теплоємність замісу, кДж/(кг*град);

T_1 T_2 - початкова та кінцева температура замісу, °С.

$$Q = 7961,5 * 3,42 * (90 - 54) = 980219,9 \text{ кДж/год} = 272,28 \text{ кВт.}$$

Площина поверхні охолодження теплообмінника:

$$F = Q / K * A,$$

де Q - теплота навантаження на теплообмінник, Вт;

K - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²*К);

A_1 - різниця температур, °С.

$$F = 272,28 * 10^3 / 207 * (90 - 54) = 36,5 \text{ м}^2 \approx 37 \text{ м}^2$$

Пластинчастий теплообмінник

Кількість тепла, що відводиться від охолоджуючого суслу:

$$Q = G_c * C_c * (T_1 - T_2),$$

де G_c - маса суслу, кг/год;

C_c - теплоємність оцукреного суслу, кДж/(кг*град);

T_1 T_2 - початкова та кінцева температура замісу, °С.

$$Q = 6707,43 * 3,42 * (40 - 20) = 458788,2 \text{ кДж/год} = 127,44 \text{ кВт}$$

Площина поверхні охолодження теплообмінника:

$$F = Q / K * A,$$

де Q - теплота навантаження на теплообмінник, Вт;

K - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²*К);

A₁ - різниця температур, °С.

$$F = 127,44 \cdot 10^3 / 207 \cdot (40 - 20) = 30,7 \text{ м}^2 \approx 31 \text{ м}^2$$

Розрахунок спиртовловлювача

Розраховуємо кількість вуглекислого газу, що виділяється при бродінні:

$$V_r = \frac{10 \times \Pi \times \rho \times K \times K_1}{24 \times \rho_1};$$

$$V_r = 10 \times 3000 \times 789,27 \times 0,94 \times 1,1 / 24 \times 1,81 = 563609 \text{ м}^3/\text{год},$$

де Π – продуктивність спиртзаводу в дал/добу;

ρ – густина спирту в кг/м³;

K – кількість вуглекислого газу, який отримуємо на 1 кг спирту; враховуючи, що частина вуглекислого газу розчиняється в рідині бражки, приймаємо K = 0,94 кг/кг;

K₁ – коефіцієнт, який враховує збільшення об'єму вуглекислого газу за рахунок випаровування рідини бражки; K₁ = 1,1;

ρ_1 – густина вуглекислого газу в кг/м³ при температурі 26 °С; $\rho_1 = 1,81 \text{ кг/м}^3$.

Кількість трубок у спиртовловлювачі:

$$Z = V_r \times 4 / 3000 \times \pi \times d^2 \times w_1 = 29 \text{ шт.}$$

Специфікація основного технологічного обладнання наведена в таблиці 4.18

Таблиця 4.18 – Специфікація основного технологічного обладнання

Назва обладнання	№ поз.	К-сть	Технічна характеристика	Завод-виробник
Дезінтегратор	14	1	Марка ДЗ-1, потужність 5000 кг/год	ОАО Хорольський механічний завод
Змішувач-передрозварник	18	1	Габаритні розміри V=18,7 м ³ , D=2,3 м, H=2.6 м	-
Гостропарова контактна головка	22	1	Габаритні розміри V=0,0615 м ³ , D=555 мм, H=1061 мм	-
АТФО-1	23	1	Габаритні розміри V=38 м ³ , D=2,29 м, H=9,16 м	-
АТФО-2,3	24	2	Габаритні розміри V=38 м ³ , D=2,29 м, H=9,16 м	-
Спіральний теплообмінник	21	1	F=37 м ³	-
Пластинчастий теплообмінник	25	1	Габаритні розміри Пластин: 1170*2882	-
Дріжджака	31	4	Габаритні розміри V=15 м ³ , D=1,7 м, H=2.6 м	-
Бродильний апарат	32	10	Габаритні розміри V=90 м ³ , D=3,8 м, H=5,7 м	-
Спиртовловлювач	33	1	Кількість трубочок-29 шт.	-

4.2.7 Технохімічний і мікробіологічний контроль

Контроль сировини, проміжних продуктів основного виробництва, якості готової продукції, побічних продуктів здійснюється заводськими лаборантами. Лабораторією сировини контролюється якість сировини, що транспортується на завод. Центральною лабораторією контролюється технологічний процес, проміжні продукти основного виробництва та якість спирту. Технохімічний контроль проводять в лабораторії, яка повинна бути обладнена основними приладами: рефрактометрами, поляриметрами, пікнометрами, потенціометрами, фотоелектроколометрами, аналітичними та технічними вагами, сушильними шафами, термометрами, ареометрами, психрометрами і т.д. Контроль сировини, проміжних продуктів і якості товарної продукції здійснюється у відповідності до

показників, зазначених в ДСТУ для кожного виду продукції на технічних умовах.

При здійсненні метрологічного забезпечення виробництва керуються Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність», Державними стандартами (перевірка засобів вимірювань ДСТУ 2708-99, метрологічне забезпечення ДСТУ 2682-94, метрологія, терміни та визначення ДСТУ 2681-94), методичними вказівками та рекомендаціями Держстандарту України, нормативно-технічними документами спиртової промисловості, що регламентують організацію і діяльність метрологічної служби, а також дійсним положенням.

Загальне керівництво роботами по метрологічному забезпечення на підприємстві здійснює головний інженер.

Завідуючою лабораторії щомісячно оформляється звіт про використання сировини та вихід етилового спирту і інших побічних продуктів виробництва. Лабораторіями ведуться журнали контролю по обліку сировини та напівпродуктів на кожній стадії виробництва.

Головними завданнями проведення технохімічного контролю є контроль технологічного процесу, якості сировини та готової продукції, недопущення випуску продукції, показники якості якої не відповідають діючій нормативно-технічній документації, підвищення відповідальності всіх ланок виробництва за якість продукції, яка випускається [].

Технохімічний контроль технологічних та мікробіологічних процесів у дріжджебродильному відділенні наведений в табл. 4.20.

Таблиця 4.20 – Схема технохімічного та мікробіологічного контролю технологічних процесів у дріжджебродильному відділенні

Об'єкт контролю	Контрольний показник, одиниці виміру	Метод контролю	Норма або технологічні показники	Періодичність відбору проби та місце	Відповідальний за проведення аналізу
1	2	3	4	5	6
Дріжджове сусло	Видима густина, % СР	Ареометричний	16-19	Кожну годину	Апаратник вирощування чистої культури дріжджів
	Кислотність, град	Титрометричний	0,3-0,5	2 рази на зміну	
	рН, од.	рН-метр	3,8-4,2	1 раз на зміну	
Сусло, що йде в бродильний апарат	Видима густина, % СР	Ареометричний	16-19	Не менше 6 разів в зміну в пробах суслопровода чи оцукрювача	Хімік-технік
	Кислотність, град	Титрометричний	0,14-0,25	Не менше 6 разів в зміну в пробах суслопровода чи оцукрювача	Хімік-технік
	Повнота оцукрення	Проведення реакції з йодом на оцукрення	Жовтий колір	Не менше 6 разів в зміну в пробах суслопровода чи оцукрювача	Хімік-технік
Виробничі дріжджі	Кислотність, град	Титрометричний	0,3-0,5	3 кожної дріжджанки перед випуском її в бродильний апарат	Апаратник вирощування чистої культури дріжджів, мікробіолог
Виробничі дріжджі (продовження)	Видима густина, % СР	Аерометричний	1/3 початкової концентрації дріжджового сусла	3 кожної дріжджанки перед випуском її в бродильний апарат	Оператор вирощування чистої культури дріжджів, мікробіолог
	Кількість дріжджових клітин	Підрахунок в камері Горяєва	Не менше 100-120 млн/см ³	3 кожної дріжджанки перед випуском її в бродильний апарат	Хімік-технік, мікробіолог

1	2	3	4	5	6
	Мікробіологічний стан	Мікроскопія	Вгодвані, такі що брунькуютьс я мертві	З кожної дріжджанки перед випуском її в бродильний апарат	Хімік-технік, мікробіолог
Дозріла бражка	Кислотність, град	Титрометричний	0,35-0,5	В кожному бродильному апараті перед згоном	Хімік-технік
	Видима концентрація СР, %	Ареометричний	0,2	В кожному бродильному апараті перед згоном	Хімік-технік
	Концентрація спирту, об.%	В дистилаті після перегонки бражки	8,0-11	В кожному бродильному апараті перед згоном	Хімік-технік
	Незброжені вуглеводи, г/дм ³	В дистилаті після перегонки бражки. Рефрактометр або скляний спиртомір	0,25-0,45	В кожному бродильному апараті перед згоном	Хімік-технік
	Нерозчинний крохмаль, г/дм ³	ФЕК	Не більше 0,1	При необхідності не менше 1 разу в 3 доби	Хімік-технік

РОЗДІЛ 5. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Завдяки повного факторного експерименту потрібно розробити математичну модель процесу, яка необхідна для встановлення оптимальних параметрів процесу приготування замісу

Детермінована залежність нам невідома, оскільки невідомі зв'язки між вхідними і вихідними параметрами, тобто ми маємо модель у вигляді «чорного ящика»[3].

На процес розріджування замісу найбільше впливають такі параметри:

Температура розріджування – T , °C

Концентрація ферментного препарату α -амілази - C , од. АС/г крохмалю.

Вихідна функція:

Вміст спирту в бражці – M , % об.

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$M = f(T, C) \quad (5.1)$$

Побудуємо загальну схему математичної моделі.

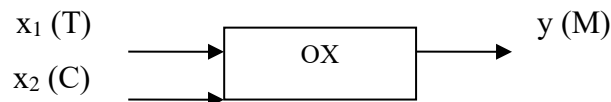


Рис.5.1 – Загальна схема математико-статистичної моделі

Виходячи з того, що залежність вхідних параметрів від вихідної функції є лінійною, складемо рівняння регресії:

$$y_1 = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (5.2)$$

де b_0, b_1, b_2, b_{12} —коефіцієнти регресії.

Для проведення дослідів створений план з відповідними матрицями планування експерименту і вказанням кількості дослідів та межі зміни факторів.

Перелік варіантів, взятих в даній серії дослідів є матрицею. Матриці повного факторного експерименту (ПФЕ) є найбільш простими. В цих матрицях зміна досліджуваних факторів відбувається лише на двох рівнях: верхньому та нижньому [3].

Визначена кількість дослідів повного факторного експерименту:

$$N = 2^n = 2^2 = 4,$$

де $n = 2$ – кількість вхідних факторів.

Кількість дублюючих дослідів $m = 2$.

Вихідне рівняння регресії необхідно нормалізувати, тобто перетворити змінні x_i в безрозмірні нормалізовані z_i :

$$z_i = \frac{x_i - x_0}{\Delta x_i}, \quad (5.3)$$

де x_i – значення фактора на «+» – рівні;

x_0 – значення фактора на 0-рівні;

Δx_i – крок варіювання.

Після нормалізації рівняння регресії має вигляд:

$$y_1 = b_0 + b_1 \cdot z_1 + b_2 \cdot z_2 + b_{12} \cdot z_1 \cdot z_2. \quad (5.4)$$

Визначивши, які фактори впливають на вміст спирту у дозрілій бражці, визначасмо їх рівні варіювання та крок варіювання. Вони наведені у табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Рівні варіювання та кроки варіювання факторів

Фактор	Одиниці вимірювання	0-рівень	Крок варіювання	Верхній рівень «+»	Нижній рівень «-»
x_1 (Т)	°С	65,5	2,5	68	63
x_2 (С)	од.АЗ/г крохмалю	0,2375	0,1625	0,4	0,075

Далі будемо матрицю повного двохфакторного експерименту, яка наведена в табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Матриця повного двох факторного експерименту

№ досл.	z_0	z_1	z_2	$z_1 \cdot z_2$
1	+	+	+	+
2	+	+	-	-
3	+	-	+	-
4	+	-	-	+

Запишемо результати експериментів і розрахунків до табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати експериментів

№ досліджу	Розрахунок					
	y_1	y_2	\bar{y}	S_i^2	y	\hat{M}
1	9,72	9,76	9,74	0,0008	9,74	9,740096
2	9,41	9,40	9,405	0,00005	9,405	9,40511
3	9,08	9,10	9,09	0,0002	9,09	9,09004
4	8,95	8,98	8,965	0,00045	8,965	8,9651

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N z_{0n} \cdot \bar{y}_n = \frac{1}{4} (9,74 + 9,405 + 9,09 + 8,965) = 9,3; \quad (5.5)$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N z_{1n} \cdot \bar{y}_n = \frac{1}{4} (9,74 + 9,405 - 9,09 - 8,965) = 0,2725; \quad (5.6)$$

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N z_{2n} \cdot \bar{y}_n = \frac{1}{4} (9,74 - 9,405 + 9,09 - 8,965) = 0,115; ; \quad (5.7)$$

$$b_3 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N z_{3n} \cdot \bar{y}_n = \frac{1}{4} (9,74 - 9,405 - 9,09 + 8,965) = 0,0525. \quad (5.8)$$

Перевірка однорідності дисперсій

а) розраховуємо дисперсію паралельних дослідів кожного рядка матриці плану за рівнянням:

$$S_n^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{nk} - \bar{y}_n)^2, \quad (5.9)$$

де $m = 2$ – кількість паралельних дослідів.

$$S_1^2 = \frac{1}{2-1} [(9,72 - 9,74)^2 + (9,76 - 9,74)^2] = 0,0008;$$

$$S_2^2 = \frac{1}{2-1} [(9,41 - 9,405)^2 + (9,40 - 9,405)^2] = 0,00005;$$

$$S_3^2 = \frac{1}{2-1} [(9,08 - 9,09)^2 + (9,10 - 9,09)^2] = 0,0002;$$

$$S_4^2 = \frac{1}{2-1} [(8,95 - 8,965)^2 + (8,98 - 8,965)^2] = 0,00045;$$

б) визначаємо найбільше значення $S_n^2_{max}$ з усіх розрахованих:

$$S_n^2_{max} = S_1^2 = 0,0008;$$

в) розраховуємо суму дисперсій:

$$\sum_{n=1}^N S_n^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2 = 0,0008 + 0,00005 + 0,0002 + 0,00045 = 0,0015;$$

г) розраховуємо критерій Кохрена:

$$G_{max} = \frac{S_n^2_{max}}{\sum_{n=1}^N S_n^2} = \frac{0,0008}{0,0015} = 0,5333. \quad (5.10)$$

д) обираємо табличне значення критерію Кохрена $G_{кр}$ [3], для значень ступеня свободи $f_1 = m-1 = 3-1 = 2$ та $f_2 = N = 4$ та для рівня значущості $\alpha = 5\%$ і перевіряємо виконання умови:

$$G_{max} = 0,5333 < G_{кр} = 0,9057.$$

Робимо висновок, що дисперсії вихідного параметру в паралельних дослідах є однорідними, тобто отримане рівняння регресії є відтворюваним.

Розраховуємо загальну похибку дослідів:

$$S_0^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N S_n^2 = \frac{0,0015}{4} = 0,000375. \quad (5.11)$$

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії

Перевіряємо значущість коефіцієнтів регресії, що характеризують лінійні ефекти та ефекти парної взаємодії:

а) визначаємо дисперсію коефіцієнтів регресії:

$$S_{bi}^2 = \frac{S_0^2}{N} = \frac{0,000375}{4} = 0,00009375; \quad (5.12)$$

б) визначаємо відхилення будь-якого коефіцієнту:

$$\Delta b_i = \pm t_T \cdot \sqrt{S_{bi}^2} = 2,31 \cdot \sqrt{0,000375} = 0,0447, \quad (5.13)$$

де $t_T=2,31$ —табличне значення критерію Стьюдента [3] для ступеню свободи $f_I = N(m-1) = 4(3-1) = 8$ та рівня значущості $\alpha=5\%$;

в) розраховуємо значення критерію Стьюдента для кожного коефіцієнту регресії:

$$t_{b0} = \frac{|b_0|}{S_{bi}^2} = \frac{|9,3|}{0,00009375} = 99200; \quad t_{b1} = \frac{|b_1|}{S_{bi}^2} = \frac{|0,2725|}{0,00009375} = 2906,667;$$

$$t_{b2} = \frac{|b_2|}{S_{bi}^2} = \frac{|0,115|}{0,00009375} = 1226,667; \quad t_{b3} = \frac{|b_3|}{S_{bi}^2} = \frac{|0,0525|}{0,00009375} = 560;$$

г) перевіряємо умову значущості кожного з коефіцієнтів регресії, а саме $t_{bi} > t_T$, виконання цієї умови дає підставу констатувати значущість відповідного і-го коефіцієнту. В нашому випадку всі коефіцієнти регресії є значущими.

Записуємо в остаточному вигляді отримане рівняння регресії у формі поліному першого порядку:

$$\hat{y} = 9,3 + 0,2725 \cdot z_1 + 0,115 \cdot z_2 + 0,0525 z_1 \cdot z_2.$$

Підставляючи значення кожного фактора в отримане рівняння регресії, отримаємо розрахункові значення функції та порівнюємо їх із дослідними значеннями:

$$\hat{y}_1 = 9,3 + 0,2725 \cdot (+1) + 0,115 \cdot (+1) + 0,0525 \cdot (+1) = 9,74;$$

$$\hat{y}_2 = 9,3 + 0,2725 \cdot (+1) + 0,115 \cdot (-1) + 0,0525 \cdot (-1) = 9,405;$$

$$\hat{y}_3 = 9,3 + 0,2725 \cdot (-1) + 0,115 \cdot (+1) + 0,0525 \cdot (-1) = 9,09;$$

$$\hat{y}_4 = 9,3 + 0,2725 \cdot (-1) + 0,115 \cdot (-1) + 0,0525 \cdot (+1) = 8,965.$$

Перевірка рівняння регресії на адекватність.

а) перевіряємо отримане рівняння регресії на адекватність дійсному процесу

$$S_{\text{заг}}^2 = \frac{1}{N-l} \sum_{n=1}^N (\bar{y}_n - y)^2 = \frac{1}{4-3} \left[(9,74 - 9,74)^2 + (9,405 - 9,405)^2 + (9,09 - 9,09)^2 + (8,965 - 8,965)^2 \right] = 0.$$

б) розрахуємо значення критерію Фішера:

$$F_p = \frac{S_{\text{заг}}^2}{S_0^2} = \frac{0}{0,000375} = 0.$$

в) за таблицями [3] для ступеня свободи $f_1 = N - l = 4 - 3 = 1$ та $f_2 = N(m - 1) = 4(2 - 1) = 4$ та для рівня значущості $\alpha = 5\%$;

де $l = 3$ – кількість коефіцієнтів в рівнянні регресії.

Вибираємо табличне значення критерію Фішера:

$$F_T = 7,71.$$

г) перевіряємо умову адекватності:

$$F_p = 0 < F_T = 7,71. \quad (5.14)$$

Робимо висновок, що отримане рівняння регресії є адекватним дослідженому процесу, що також доводиться порівнянням дисперсій.

Для переходу від кодованих до натуральних значень використаємо формули:

$$z_1 = \frac{H_1 - H_{01}}{\lambda_1} = \frac{T - 65,5}{2,5}; \quad (5.15)$$

$$z_2 = \frac{H_2 - H_{02}}{\lambda_2} = \frac{C - 0,2375}{0,1625}; \quad (5.16)$$

де H_1, H_2 – натуральні значення факторів;

H_{01}, H_{02} – значення факторів на нульовому рівні;

λ_1, λ_2 – кроки варіювання факторів.

Тоді математична модель буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} \hat{M} &= 9,3 + 0,2725 \frac{T - 65,5}{2,5} + 0,115 \frac{C - 0,2375}{0,1625} + 0,0525 \cdot \frac{T - 65,5}{2,5} \cdot \frac{C - 0,2375}{0,1625}, \\ \text{або} \quad \hat{M} &= 0,07831 \cdot T - 7,7569 \cdot C + 4,00272 + 0,12923 \cdot T \cdot C. \end{aligned} \quad (5.17)$$

Тепер, підставляючи в отриману математичну модель значення заданих вхідних параметрів отримуємо математичні розрахунки концентрації альдегідів:

$$\hat{M}_1 = 0,07831 \cdot 68 - 7,7569 \cdot 0,4 + 4,00272 + 0,12923 \cdot 68 \cdot 0,4 = 9,740096;$$

$$\hat{M}_2 = 0,07831 \cdot 68 - 7,7569 \cdot 0,075 + 4,00272 + 0,12923 \cdot 68 \cdot 0,075 = 9,40511;$$

$$\hat{M}_3 = 0,07831 \cdot 63 - 7,7569 \cdot 0,4 + 4,00272 + 0,12923 \cdot 63 \cdot 0,4 = 9,09004;$$

$$\hat{M}_4 = 0,07831 \cdot 63 - 7,7569 \cdot 0,075 + 4,00272 + 0,12923 \cdot 63 \cdot 0,075 = 8,9651.$$

Розраховуємо загальну похибку експерименту:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{|y_i - \bar{y}|}{\bar{y}}}{N} \quad (5.18)$$

Похибка окремо взятого досліду становить:

$$\Delta_1 = \frac{9,740096 - 9,74}{9,74} = 0,001\% ; \quad \Delta_2 = \frac{9,40511 - 9,405}{9,405} = 0,00117\% ;$$
$$\Delta_3 = \frac{9,09004 - 9,09}{9,09} = 0,00044\% ; \quad \Delta_4 = \frac{8,9651 - 8,965}{8,965} = 0,00112\% .$$

Загальна похибка експерименту $\Delta = 0,001\%$.

Отримана математична модель дає змогу розрахувати вміст спирту в дозрілій бражці з похибкою $\Delta = 0,001\%$ в діапазоні температури розварювання від 63 до 68 °С і концентрації амілолітичного ферментного препарату від 0,075 до 0,4 од. АЗ/г крохмалю.

За методом повного факторного експерименту ПФЕ 2² складений план з відповідними матрицями планування експерименту і вказанням кількості дослідів та межі зміни факторів.

Отримане рівняння регресії завдяки статистичній обробці даних, що адекватне досліджуваному процесу розріджування крохмалевмісної сировини.

Нормалізація рівняння дозволила отримати математичну модель, яка дає змогу розрахувати вміст спирту у бражці з похибкою $\Delta = 0,001\%$ в діапазоні температури розварювання від 63 °С до 68 °С і концентрації ферментних препаратів від 0,075 до 0,4 од. АЗ/г крохмалю.

РОЗДІЛ 6. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Соціально-економічний ефект цієї магістерської роботи полягає в тому, що, з одного боку, значення мінімізації викидів барди в навколишнє середовище запобігає забрудненню навколишнього середовища і тим самим покращує екологічну ситуацію навколо спиртозаводу, з іншого боку, зменшує споживання артезіанської води на 1 дал спирту і створюються умови для усунення стадії випаровування під час виробництва сушеної барди, що значно знижує її собівартість.

Пост-алкогольна барда в рідкому стані існувала завжди і мала однакову потужність корму та потребувала переробки протягом 12 годин з моменту виходу з ферментаційної колони - це швидкопсувний продукт. За радянських часів більша частина використовувалася для відгодівлі тварин у сільському господарстві. У наш час кількість відгодівельних комплексів зменшилась, а барда залишилася і тому створила значні проблеми з охороною навколишнього середовища. Відсутність технологій переробки призводить до серйозних екологічних проблем навколо лікеро-горілчаного заводу. Очищення 1 м³ барди дорівнює очищенню 400 м³ звичайних промислових вод, оскільки показник біохімічної потреби кисню для повного засвоєння з природою становить майже фантастичне значення 25000-29000 мгек. / Л.

Актуальним є питання раціонального використання зернової барди як високоякісного корму та сировини для виробництва інших джерел їжі. У сільському господарстві багатьох країн світу широко використовуються продукти переробки барди для відгодівлі великої рогатої худоби, свиней та птиці.

При отриманні спирту із зерна для біосинтезу спирту використовується майже лише крохмаль, який складає 50-60% сухої речовини. Решта компонентів зерна залишаються в барді. Суха речовина барди містить 28% "сирого" білка, в якому до 40% цінних білків особливо цінні для великої рогатої худоби [26]. Тому зернова барда лікеро-горілчаних заводів є цінним кормовим ресурсом.

Для лікеро-горілчаних заводів барда є побічним продуктом, тобто відходами, а для національної економіки - товаром, кормова цінність якого становить 25-45% кормової вартості зерна, що використовується для виробництва спирту.

Висока харчова цінність барди загальновідома, але низький вміст сухої речовини (5-8% СФ) зменшує можливість її використання в природному вигляді. Крім того, він недостатньо ефективний, оскільки сьогодні ці цінні корми роздають фермам майже безкоштовно або викидають на поля фільтрації, що погіршує екологічний стан навколишнього середовища.

Тому першим пунктом у вирішенні проблеми утилізації барди є зменшення її врожайності та збільшення концентрації техніки. Найбільш раціонально проводити це комплексно: за рахунок бродіння концентрованого суслу при отриманні 10-12% спирту в зрілому каші, за допомогою бардового фільтрату на стадії приготування суміші та використання вторинного тепла. Загальну кількість отриманих бардів можна зменшити на 40-60% при мінімальних капітальних витратах.

Урожай барди на 1 дал алкоголю становить 12,00 дал. Після впровадження нової технології виробництва спирту з повною заміною води освітленим бардовим фільтратом при підготовці партії, яка за нашими розрахунками становить близько 30%, призводить до зменшення його кількості до: $12 \cdot 0,3 = 3,6$ дал.

При потужності заводу 3000 дал на день ми отримуємо $3,6 \cdot 3000 = 108$ м³ / день барди. На добу для приготування суміші потрібно 95,64 м³ води на день, а кількість фільтрату барду при 30% його використання становитиме: $95,64 \cdot 0,3 = 28,69$ м³ фільтрату барда

При вартості артезіанської води 8,9 грн / м³ споживання води зменшиться на $28,69 \cdot 8,9 = 255,3$ грн / добу, а при роботі станції 305 днів на рік наш прибуток складе: $255,3 \cdot 305 = 77\,866,5$ грн

Концентрат бардового фільтрату продається за ціною 20 000 грн / т, а вартість 1500 грн / т. На добу отримують 31 тонну, що дорівнює 15 500 грн., Та 47 27500 грн на рік. Таким чином, загальний економічний ефект становить 4805366,5 грн на рік.

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Аби забезпечити нормальні й безпечні умови праці на виробництві та злагоджене функціонування всіх природних зон навколо промислового комплексу, необхідно проводити контроль повітряного середовища виробничих приміщень, контроль водоймищ, а також напівфабрикатів, продукту та виробничих відходів.

В 1992 року 14 жовтня Верховною Радою України був прийнятий Закон "Про охорону праці". У 2002 році 21 листопада Верховна Рада України затвердила Закон « Про внесення змін до Закону України « Про охорону праці»». Система стандартів безпеки праці (ССБП) є комплексом взаємозв'язаних стандартів, що містять вимоги, норми і правила, спрямовані на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. В Україні затверджено положення про створення державних нормативних актів з охорони праці - ДНАОП. Це норми, інструкції, вказівки та інші види державних нормативних актів з охорони праці.

Організація служби охорони праці

Службу охорони праці на підприємстві очолює інженер з охорони праці та техніки безпеки, який призначений директором підприємства. Служба техніки безпеки підпорядкована головному інженеру службою охорони праці на підприємстві розроблено організаційно-технічні заходи по охороні праці, які включають заходи по запобіганню нещасних випадків і профзахворювань на виробництві і по загальному поліпшенню умов праці.

Служба охорони праці на підприємстві здійснює постійний контроль за додержанням працівниками технологічних процесів, правил поведіння з машинами, механізмами та устаткуванням, виконанням робіт у відповідності до вимог щодо охорони праці. В цехах та робочих місцях вивішені "Інструкції з техніки безпеки".

Служба охорони праці 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 добір працівників для визначення видів робіт;
- здійснення оперативного та поточного контролю за станом охорони праці підприємства;
- участь у підготовці та складанні статистичних звітів підприємства з питань охорони праці;
- планування та контроль витрат коштів на охорону праці з фонду охорони праці;
- участь у комісіях по введенню в дію цехів, діляниць, нового устаткування.

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

Аналіз виробничого травматизму на підприємстві

Для характеристики рівня виробничого травматизму на підприємстві і в галузі використовують кількісні і якісні відносні показники, які застосовані на вивченні первинних документів про травматизм (актів за формулою Н-1 і звітів за формулою 7-тнв). Кількісний показник травматизму або показник частоти Кч нещасних випадків розраховується на 1000 середньоспискової кількості працюючих:

$$Kч = 1000 T/P,$$

де Т - кількість нещасних випадків та захворювань на підприємстві за звітний період із втратою працездатності на 1 і більше днів, на підприємстві за останні три роки не зафіксовано нещасних випадків та захворювань; Р - середньоспискова чисельність працюючих на підприємстві за той же звітний період часу.

Отже, *коефіцієнт частоти нещасних випадків* - це кількість нещасних випадків за розрахунковий період.

$$Kч = 0.$$

Якісний показник травматизму Кв або показник важкості нещасних випадків, що характеризує середню втрату працездатності в днях на одного потерпілого за звітний період:

$$Kв = D/T,$$

де Д - загальна кількість днів працездатності у потерпілих для випадків із втратою працездатності на 1 і більше днів; Т - загальна кількість таких нещасних випадків за той же період часу.

$$Kв = 0.$$

Цей показник не враховує стійкості втрати працездатності і тому повністю не характеризує важкості травматизму. Таким чином, коефіцієнт нещасних випадків - це середня тривалість працездатності одного потерпілого, виражена в робочих днях за відповідний період (півріччя, рік).

Крім цих показників підприємство підраховує відомості про кількість людино-днів непрацездатності на 1000 працюючих, що відображається коефіцієнтом мінімальних матеріальних збитків:

$$Kз = Kч/Kт = 1000D/T,$$

$$Kз = 0.$$

Ці показники використовують при проведенні статистичного аналізу виробничого травматизму.

Санітарні вимоги «Уладівського спиртового заводу»

Територія заводу огорожена і вхід на територію стороннім особам заборонений. Підприємство має належне планування, яке забезпечує відвід атмосферних опадів від будівель та споруд до водостоків, мережу зовнішнього освітлення, доріжки, дороги для транспорту та господарчий водопровід.

Система опалення та вентиляції забезпечує необхідні гігієнічні умови повітря і гранично допустимий вміст у повітрі газів, парів та пилу у робочій та в обслуговуючій зонах приміщень відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 “Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги.”

Згідно із санітарними вимогами для кожного робочого місця повітря робочої зони нормується :

- мікроклімат;
- загазованість;
- запиленість;
- шум;
- вібрація;
- освітленість;
- випромінювання;
- забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями.

Реконструкції підлягає дріжджебродильне відділення, в якому працює два спеціаліста – апаратник вирощування дріжджів та апаратник процесу бродіння, тому питання, пов’язані з охороною праці, будуть розглянуті саме по даному відділенню.

Мікроклімат виробничого приміщення

Мікроклімат або метеорологічні умови – стан повітря у виробничому приміщенні.

Мікроклімат на спиртовому заводі забезпечується відповідно вимогам ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ:” Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги.” та ДСН 3.3.6.039-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.”

Мікроклімат нормується такими параметрами:

- температурою повітря в приміщенні, t °С;
- відотною вологістю повітря, ϕ %;
- рухливістю повітря, V м/с;
- тепловим випромінюванням, Вт/м².

Всі ці параметри поодинці, а також у комплексі впливають на фізіологічну функцію організму – його терморегуляцію і визначають самопочуття.

Оптимальні мікрокліматичні умови – це такі параметри мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину забезпечують нормальний тепловий стан організму без напруги і порушення механізмів терморегуляції. Вони створюють відчуття теплового комфорту і забезпечують умови для комфортного рівня працездатності. Нормуються в залежності від категорії робіт по важкості та періоду року.

Допустимі мікрокліматичні умови – це такі показники мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть спричинити дискомфортне теппочуття, що обумовлене напруженням механізмів терморегуляції, але які не виходять за межі фізіологічних можливостей організму людини. Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників виробництва треба провести аналіз роботи обладнання бродильного відділення.

Параметри мікроклімату в дріжджебродильному відділенні відрізняються в залежності від пори року. Норми параметрів мікроклімату наведено в таблиці 7.1 для холодного і теплого періодів року.

Таблиця 7.1 – Норми параметрів мікроклімату в дріжджебродильному відділенні.

Професія	Категорія	Температура, °С, на робочих місцях			Відносна вологість, ф, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптиміальна	Допустима		Оптиміальна	Допустима	Оптиміальна	Допустима
			На постійних	На непостійних				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Апаратник вирощування дріжджів	Па	Холодна пора року						
		18-20	17-23	15-24	40-60	75	0,2	0,3
		Тепла пора року						
		21-23	27-30	29-31	49-69	75	0,3	0,4

Закінчення таблиці 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Апаратник процесу бродіння	Па	Холодна пора року						
		18-20	17-23	15-24	40-60	75	0,2	0,3
		Тепла пора року						
		21-23	27-30	29-31	49-69	75	0,3	0,4

Загазованість повітря

Загазованість повітря – це присутність у повітрі робочої зони шкідливих газів та парів. Загазованість повітря нормується відповідно до ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ: “Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги.”

Під час роботи у дріжджебродильному відділенні можливе виділення в повітря робочої зони газів бродіння, а саме діоксиду вуглецю (CO_2). Діоксид вуглецю подразнює слизові оболонки, викликає шум у вухах, запаморочення. Не горить і не підтримує горіння. Густина становить – $1,86 \text{ кг/м}^3$ (20°C), що в півтора рази важчий за повітря; температура кипіння – $78,5^\circ\text{C}$; розчинність: в 100 мл води при 20°C і 760 мм рт.ст, розчиняється 88 мл CO_2 ; константи дисоціації:

$$K_1=4,3 \cdot 10^{-7}, K_2=5,6 \cdot 10^{-11}.$$

В середовищі чистого CO_2 настає миттєва смерть внаслідок паралічу дихальних шляхів, а концентрація CO_2 , вище 60% дуже небезпечна. Показником насиченості повітря CO_2 є гасіння полум'я при концентрації 8 % об. При концентрації більше 2% об полум'я свічки має забарвлення червоного кольору.

Значення ГДК рівне 0,5% об або 5000 млн^{-1} – це 9000 мг/м^3 . Перевищення ГДК можливе в зачинених не вентиляваних приміщеннях при великій скупченості людей. Симптомами отруєння є: млявість, нудота та інше.

Запиленість повітря

Запиленість повітря – це присутність у повітрі робочої зони пиле, тобто дуже подрібнених частинок твердої речовини, які можуть мати різну форму та розміри.

Пил – основний шкідливий фактор на багатьох харчових та переробних підприємствах, обумовлений недосконалістю технологічних процесів.

У відповідності до ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ: “Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги.” підвищена запиленість повітря робочої зони відноситься до небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Для дріжджебродильного відділення запиленість не нормується, так як там немає обладнання, яке б виділяло пил.

Виробничі вібрації

Вібрації – це механічні коливання машин, механізмів та їх елементів. Збільшення потужностей та швидкостей переміщення у виробництві призводить до небажаних явищ, таких як вібрація. Вібрації погіршують самопочуття працюючих, знижують продуктивність праці, а також призводять до серйозних патологічних змін організму людини.

Гігієнічне нормування вібрацій передбачає встановленням допустимих рівнів віброшвидкості в м/с. ДСН 3.3.6.039-99 ССБТ " Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації" є основним документом, який визначає гігієнічні норми вібрації.

Маса віброуючого устаткування, що утримується руками оператора в процесі праці не повинна перевищувати 10 кг. При роботі з віброуючим устаткуванням сумарний час контакту з віброуючими поверхнями не повинна перевищувати 75 % тривалості робочого часу.

Вимірювання фактичних параметрів локальної вібрації повинні проводитися не менше 2 рази на рік, а також щоразу після ремонту. Виробничі вібрації в дріжджебродильному відділенні спричиняють відцентрові насоси.

Виробничий шум

Шум – безладне сполучення великої кількості звуків різноманітної сили та частоти. Звук обумовлюється механічними коливаннями в пружних середовищах і тілах, частоти яких лежать в діапазоні 16-20000 Гц. Механічні коливання з такими частотами називаються звуковими, або акустичними. Нечутні механічні коливання з частотами нижче звукового діапазону (16 Гц) називаються інфразвуковими, а з частотами вище звукового діапазону (20000 Гц) – ультразвуковими.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються за ГОСТ 12.1.003-83: ССБТ “Шум. Общие требования безопасности” та ДСН 3.3.6.037-99 “Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”. Виробничий шум в дріжджебродильному відділенні спричиняють відцентрові насоси.

Гранично допустимий рівень шуму (ГДР) на постійних робочих місцях та на території підприємства не повинен перевищувати 80 дБА. ГДР на робочих місцях треба знижувати в залежності від важкості та напруженості роботи. Не дозволяється перебування працюючих в зоні з рівнем звукового тиску понад 135 дБА.

Освітленість

Освітлення у виробничому приміщенні має відповідати нормам і правилам регламентованими в ДБН В.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”.

Освітленість робочих місць у дріжджебродильному відділенні здійснюється природним світлом – в світлі години доби і штучним – у темні. Норми штучної освітленості робочих місць наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Норми штучного освітлення робочих місць

Найменування професії	Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Освітленість(штучна), лк	
			Комбінована: при газорозрядних лампах/при лампах розжарювання	Загальна: при газорозрядних лампах/при лампах розжарювання
Апаратник вирощування дріжджів	Грубе(дуже малої точності)	6	-	150/75

Виробниче випромінювання

У дріжджебродильному відділенні існує теплове випромінювання, що виникає внаслідок нагрівання поверхні обладнання, теплообмінників і трубопроводів. Значна кількість теплоти виділяється при бродінні в бродильних апаратах. Це може привести до виникнення опіків при доторканні до їх поверхонь. Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ: „ Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги. ” температура на поверхні обладнання не повинна перевищувати 45°С. В теплий період року додається ще й теплота сонячного випромінювання.

Електробезпека

Аби забезпечити захист працюючих від враження електричним струмом застосовують засоби і способи захисту згідно «Правил улаштування електроустановок (ПУЕ)» і «Правила техніки безпеки електроустановок споживачів».

З точки зору електробезпеки виробничих приміщень спиртові заводи відносяться до III групи. У відповідності з цим встановлена безпечна напруга 12 В, струм – постійний, промислова частота 50 Гц. Проводка у виробничих приміщеннях виконана ізольованими кабелями.

Електродвигуни і пускові пристрої до апаратів виконуються в закритому виконанні.

Пожежна безпека щодо технологічного устаткування

Технологічне устаткування за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним. На випадок небезпечних несправностей і аварій необхідно бачити заходи, що обмежують масштаб та наслідки пожежі.

З обслуговуючим персоналом підприємств повинні бути вивчені характеристики пожежної небезпеки речовин та матеріалів, що застосовуються або виробляються та характеристики пожежонебезпечного технологічного устаткування, яке застосовується на підприємстві. Технологічне устаткування, апарати, трубопроводи, арматура, в яких циркулюють речовини, що виділяють вибухопожежонебезпечні пари, гази пил повинні , як правило, бути герметичними.

Не дозволяється виконувати виробничі операції на устаткуванні, установках та верстатах з несправностями, які можуть викликати згоряння та пожежу, а також при відключенні контрольно-вимірювальних приладів, за допомогою яких визначають встановленні режими температури, тиску, концентрації горючих газів, парів, інші технологічні параметри. Гарячі поверхні трубопроводів та устаткування в приміщеннях, в яких вони викликають небезпеку займання матеріалів або вибуху газів, парів, рідин або пилу, повинні ізолюватися негорючими матеріалами для зниження температури поверхні до безпечної величини.

Для контролю за станом повітряного середовища у виробничих та складських приміщеннях, в яких застосовуються або зберігаються речовини і матеріали, здатні утворювати вибухонебезпечні концентрації газів і парів, повинні встановлюватися автоматичні газоаналізатори.

В пожежонебезпечних цехах і на устаткуванні, що створює небезпеку вибуху або займання, у відповідності з вимогами ГОСТ 12.4.026-76 повинні бути вивішені знаки, що не дозволяють користуватися відкритим вогнем, а також попереджають про дотримання обережності при наявності займистих та вибухових речовин.

Техніка безпеки під час обслуговування основного технологічного

обладнання

Будова, монтаж, обслуговування та експлуатація устаткування повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.032-78, ГОСТ 12.2 033-78, ГОСТ 12.2.062-81, ДСТУ 12.2.124-90.

Будова, виготовлення, монтаж, приймання, експлуатація та ремонт посудин та апаратів, які працюють під тиском понад 0,07 МПа, повинні відповідати вимогам Правил будови і безпечної експлуатації посуду, що працюють під тиском. Вимоги та заходи безпеки, що визначаються особливостями будови та умовами роботи машин та устаткування систем та елементів конструкції, а також концентрації парів, аерозолів та інших шкідливих речовин, що виділяються, рівні шуму, вібрації у числовому виразі повинні вказуватись у стандарті, технічних умовах на машину, устаткування у розділі „Вимоги безпеки”. Устаткування повинно мати паспорти та інвентарні номери.

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Згідно до Правил безпеки для спиртового та лікєро-горілочного виробництва санітарно-побутові приміщення нормуються за ДНАОП 15.9-1.11-97. Нормативи щодо забезпечення дріжджебродильного відділення санітарно-побутовими приміщеннями наведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Нормативи щодо забезпечення дріжджебродильного відділення санітарно-побутовими приміщеннями.

Найменування професії	Шкідливості у повітрі робочої зони			Група виробничих процесів за СНиП 2.09.04-87	Санітарна характеристика виробничого процесу	Санітарно-побутові приміщення			
	Найменування	Клас небезпеки за ГОСТ 12.1.005-88	Величина ГДК, мг/м ³			Розрахунок ва кількість чоловік		тип гардеробних, число відділень шафи на 1 чол.	Спеціальні побутові приміщення і обладнання
						На одну душову сітку	На один кран		
Апаратник виро шкування дріжджів	Карбамід	3	10						
Апаратник процесу бродіння	Діоксид вуглецю	4	0,5 % по об'єму	2в	Процес и що проходять з надлишком явного тепла	5	20	Роздільні, по одному у відділенню	

Виходячи з нормативних даних для дріжджебродильного відділення, де працює два чоловіки, потрібно передбачити: гардеробні з шафами (по одному відділенню кожна) з числом шаф: 8 для жінок і 8 для чоловіків, так як працює чотири зміни.

До гардеробних повинні примикатися душові, які містять в собі по два душових відділення. В гардеробних необхідно мати по одному умивальнику. При цьому повинна бути сушарка для робочого одягу. Вбиральня може бути одна для жінок і чоловіків, але з тамбуром, що закривається, та умивальником.

Висновки та рекомендації щодо покращення охорони праці

Для поліпшення охорони праці потрібно дотримуватись таких умов: проводити позапланові інструктажі на робочому місці якомога частіше. Забезпечити приміщення розварювання сировини та бродіння сучасними сигнальними системами, які швидко зреагують та вчасно сповістять про порушення допустимих умов. Враховувати пропозиції працівників, по поліпшенню санітарно-побутових потреб.

На спиртовому заводі повітря робочої зони може бути забрудненим шкідливими речовинами, які виділяються при виробничих процесах або містяться у продуктах, напівпродуктах і відходах виробництва. Їх вплив на організм людини залежить від токсичності та концентрації і проявляється у вигляді отруєнь або гострих хронічних захворювань.

При роботі в дріжджебродильному відділенні основною небезпекою для здоров'я людини є пари спирту та вуглекислого газу. Параметром контролю є гранично допустима концентрація (ГДК) вуглекислого газу, яка становить 1000 мг/м³, а клас небезпеки 4.

Для забезпечення потрібних параметрів шкідливості у повітрі робочої зони проектом передбачено герметизація технологічного обладнання та припливно-витяжна вентиляція приміщень цеху на 8-кратний обмін, яка включається автоматично за показами газоаналізатора при небезпечному підвищенні парів та його домішок.

Передбачено також ручне включення вентиляції. В приміщенні встановлені вентилятори типу ВЦТ-70 у вибухозахисному виконанні електродвигуна. Продуктивність вентилятора 11675 м³/год.

Електричне освітлення здійснюється напругою в діапазоні 127-220 В при обов'язковому встановленні світильників загального освітлення при висоті не менше 5 м.

Всі електричні щити живлення повинні бути закриті захисними коробками.

Приміщення даних відділень повинні обладнуватися знаками безпеки.

Працівники заводу щороку проходять медичний огляд.

Висновок: Показники мікроклімату, загазованості, запиленості, освітлення, теплового випромінення, шуму, вібрації та забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями на заводі відповідають встановленим нормативам. Все це сприяє нормальній роботі обслуговуючого персоналу. Всі робочі місця визнані придатними для праці та відповідають нормам.

РОЗДІЛ 8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Щодня в світі на підприємствах фіксуються тисячі подій, при яких відбувається порушення нормальних умов життя і діяльності людей і, які можуть призвести або призводять до загибелі людей та до значних матеріальних втрат. Такі події називаються надзвичайними ситуаціями.

На сьогодні важливим є вчасне зупинення підприємства за вказівкою керівництва для попередження виникнення надзвичайної ситуації в результаті дії як зовнішніх так і внутрішніх факторів (збої в електропостачанні, подачі пари, газу на виробництво).

Загроза виникнення аварійної ситуації певного класу чи рівня – це реальна загроза для життя і здоров'я людей, загроза порушення нормальних умов життя і діяльності або значних матеріальних втрат. Завданням безпеки життєдіяльності є захист здоров'я та життя людини, її проживання від небезпек, а також розробка і реалізація відповідних засобів та заходів щодо створення і підтримки здорових та безпечних умов життя і діяльності. Виконання цього завдання особливо гостро стоїть під час загрози виникнення та при виникненні надзвичайних ситуацій будь-якого характеру.

Характеристика основного технологічного обладнання підприємства та аналіз умов виникнення і розвитку аварій.

Технологічне обладнання харчової промисловості на перший погляд безпечне та легке у використанні. Але при не правильному використанні можна завдати шкоди і собі і тим, хто знаходиться поряд. Потрібно слідкувати за справністю обладнання, щоб у разі небезпеки привести усе до ладу. Тому, у разі виникнення надзвичайних ситуацій, на промислових підприємствах, а саме на підприємствах харчової переробної промисловості повинен бути відпрацьований чіткий порядок зупинки технологічних ліній та безаварійного відключення всіх відповідальних вузлів обладнання, енергомереж, комунікацій та енергоджерел. Системи управління підприємством приводяться в стан, що за безпечує здійснення безаварійної зупинки виробництва в короткі терміни та мінімально можливим складом виробничого персоналу. Екстрена безаварійна зупинка підприємства при виникненні аварійних ситуацій та загрозі стихійних лих (пожежа, повінь, землетрус тощо) здійснюється за сигналами цивільного захисту. Вона включає ряд суворо послідовних, регламентованих за часом технічних та технологічних операцій з безаварійного відключення або зупинки агрегатів та апаратури поточних технологічних ліній, енергоджерел, енергомереж та комунікацій, по консервації напівпродуктів та захисту виробничого персоналу, сировини, готової продукції та обладнання. Зупинка виробництва в екстреному порядку здійснюється з метою виключити можливі причини виникнення великих виробничих аварій при частковому ураженні підприєм-

ства, зберегти сировину та готову продукцію, а також створити максимально сприятливі умови для захисту особового складу та швидкого відновлення технологічного процесу.

Основним керівним документом по виконанню екстреної безаварійної зупинки підприємств харчової та переробної промисловості є розроблена виробнича схема.

Важливими факторами є розроблення начальником цеху плану екстреної безаварійної зупинки, закупівля необхідної кількості засобів індивідуального та колективного захисту. На підприємстві обов'язково мають бути максимально вигідні та в достатній кількості виходи з приміщення. Всі прилади, вентиля, панелі управління мають бути розташовані таким чином, щоб до них можна було швидко і без перешкод дістатися у надзвичайних ситуаціях, по всій території підприємства має бути встановлена дренажна система.

Визначення операцій і послідовності їх проведення для безаварійного зупинення підприємства

Безаварійність екстреної зупинки виробництва досягається:

- виявленням можливих причин виробничих аварій, відповідальних вузлів обладнання, енергомереж, комунікацій та енергоджерел, що потребують зупинки або відключення;
- виявленням можливих причин виробничих аварій, відповідальних вузлів обладнання, енергомереж, комунікацій та енергоджерел, що потребують зупинки або відключення;
- повною та ретельною підготовкою системи управління, технологічного обладнання, енергомереж, комунікацій та енергоджерел;
- навчанням виробничого персоналу, який залучається до виконання робочих операцій по екстреній зупинці виробництва;
- дотриманням вимог техніки безпеки при виконанні робочих операцій;
- визначенням чіткої послідовності здійснення робочих операцій по зупинці виробництва, термінів їх виконання та відповідальних осіб;
- організацією чіткого централізованого управління та керівництва процесом екстреної підготовки виробництва в масштабі підприємства, а також в цехах та відділеннях;
- забезпеченням безперервного контролю за ходом виконання робочих операцій та повноти зупинки виробництва.

Терміни для повної зупинки спиртового підприємства встановлюються відповідним штабом цивільного захисту за узгодженням із відомчим органом, якому дане підприємство підпорядковано. Загальний час на виконання всіх робочих операцій обчислюється з моменту подачі сигналу до закриття входів в захисні споруди. Цей час розподіляється так, щоб після завершення всіх робочих операцій та їх контролю за повної зупинки виробничий персонал, який залучається до даної роботи, міг своєчасно укритися в захисних спорудах.

Всі операції з екстреної зупинки підприємства виконуються особами чергового персоналу, склад якого визначає головний інженер та затверджує директор підприємства.

Підприємства, окремі агрегати обладнання якого не можуть бути зупинені у встановлені терміни повинні перевестись на знижений технологічний режим.

В процесі підготовки спиртового заводу до екстреної безаварійної зупинки повинні бути створені умови, які необхідні для швидкого і безпечного здійснення всіх робочих операцій, розроблена чітка технологічна схема зупинки, визначено склад відповідального персоналу та його обов'язки, розроблено інструкції та встановлено показники часу для проведення кожної операції.

Схема повинна в деталях відображати перелік і зміст робочих операцій, послідовність їх виконання, конкретне місце на виробництві для здійснення тої чи іншої операції, вид агрегату і енергоносія, що підлягає зупинці або відключенню, відповідальних виконавців по кожній робочій операції, а також строки їх початку і завершення.

Виробничу схему у вигляді графіка розробляють основні спеціалісти заводу під керівництвом головного інженера. Її як додаток включають до плану цивільного захисту підприємства.

Загальними заходами по безаварійній зупинці виробництва в надзвичайних ситуаціях для всіх відділень заводу є:

- припинити подачу сировини на подрібнення і подальшу її обробку;
- припиняється подача основних і додаткових матеріалів;
- припиняється погрузка готової продукції;
- перебивається подача води, пари;
- в зимній період зливається вода з апаратів та установок, аби вони не зруйнувались при замерзанні води;
- виключення вентиляційних установок;
- послідовне відключення обладнання і апаратури по всьому технологічному потоці.
- Зупиняється транспорт на спеціальних майданчиках;

З метою безаварійної зупинки устаткування по сигналу «Увага всім» черговий диспетчер дублює сигнал по ділянкам, цехам, відділам. Робітники та службовці повинні чітко дотримуватись правил інструкції і вказівок адміністрації цеху. По сигналу «Увага всім» працівники зупиняють обладнання натисканням кнопки «Стоп». Сировина перестає надходити. Після зупинки обладнання електрики відключають силову мережу і освітлення (крім чергового). Слюсарі відключають систему водопостачання. Електрики зупиняють вентиляційні установки, за винятком установок, що подають повітря у сховища. Відповідальні за пожежну безпеку приводять проти-пожежні засоби в положення «Напоготові».

Приклад схеми безаварійної зупинки технологічного цеху наведена в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Безаварійна зупинка технологічного цеху спиртового заводу.

№п/п	Найменування операції	Місце проведення	Виконавець	Час виконання, хв													
				1	2	3	4	5	6	7	10	12	15	20			
1	Отримання сигналу про здійснення безаварійної зупинки	Всі відділення і служби	начальник штабу цивільного захисту	/	/												
2	Оповіщення персоналу технологічного відділення	Вузол зв'язку	Служба оповіщення і зв'язку		/	/	/	/	/								
3	Зупинка подачі сировини	Центр управління	Майстер виробничого корпусу				/	/	/	/							
4	Зупинка транспортерів та послідовне вимкнення усього технологічного обладнання	Виробничий корпус	Майстер виробничого корпусу				/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	Знання напруги зі щитів живлення, ввімкнення джерел аварійного освітлення	Щит живлення	Черговий електрик, начальник цеху						/	/	/	/	/	/	/	/	/
6	Укриття сировини і готової продукції, обладнання захисними засобами	Виробничий цех, технологічна лінія	Відповідальний персонал								/	/	/	/	/	/	/
7	Вимкнення трансформаторної підстанції	Трансформаторна підстанція	Черговий електрик						/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	Укриття в захисних спорудах персоналу	Захисні споруди	Черговий електрик								/	/	/	/	/	/	/
9	Доповідь про виконання заходів з безаварійної зупинки підприємства													/	/	/	/

Розрахунковий час виконання інструкції з безаварійної зупинки технологічного устаткування спиртового заводу в межах 20 хвилин.

Висновки

Використання засобів контролю і сигналізації призводить до зменшення часу виконання операцій з безаварійної зупинки підприємств харчової та переробної промисловості, оснащення ними технологічних відділень сприятиме безпечній роботі обслуговуючого персоналу. Всі ці заходи дають можливість виходити із надзвичайних ситуацій з найменшими втратами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Із збільшенням концентрації СР сусла до 20-22% їх вміст в барді зростає 1,6-1,8 рази відповідно, концентрація водорозчинних вуглеводів підвищується в середньому в 1,8-2,2 рази, при збільшенні вмісту спирту бражці в середньому 1,7-2,5% об.
 2. При використанні підвищеної кількості фільтрату барди (30 % і більше) концентрація водорозчинних вуглеводів бражки зростає , при цьому концентрація декстринів досягає 0,3 г/см³, а концентрація спирту в бражці знижується в середньому на 2,4%.
 3. Синтез дріжджових клітин з підвищенням кількості фільтрату барди від 20% до 30% зростає в 1,05-1,35 рази. В той же час кількість мертвих клітин поступово збільшується і на 6 циклі досягає 10-15%.
 4. Із підвищенням кількості фільтрату барди до 30% рН сусла знижується до 4,45, що викликає зниження активності α -амілази.
 5. Впровадження дезінтеграторної технології дозволить отримати високодисперсний помел, де 70 –80% частинок матимуть розміри 400 - 250 мкм. Використання такого помелу сприятиме зниженню витрат ферментних препаратів на 25 %.
 6. В бродильному відділенні згідно реконструкції передбачено впровадження циклічного способу зброджування сусла з рециркуляцією бражки. Це дозволить скоротити час бродіння з 72 до 62 - 65 годин; вихід спирту збільшується на 0,33 дал з 1 т умовного крохмалю.
 7. Використання спірального теплообмінника, який підігріває заміс бардою сприяє зменшенню використання пари.
 8. Використання нової культури дріжджів ДО-11, яка характеризується високою осмофільністю, спроможна зброджувати сусло з концентрацією сухих речовин 22-31 % при температурі 32-35°C. Селекціонований штам дріжджів здатний накопичувати в зрілій бражці 12-16 % об. спирту
 9. За рахунок впроваджень при потужності заводу 3000 дал на добу, підприємство може отримати 15500 грн, а за рік 4727500 грн. Отже загальний економічний ефект складає 4805366,5 грн за рік.
- На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що проведення реконструкції позитивно вплине на показники роботи заводу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антипов С.Т., Журавлев А.В. Проблемы комплексной переработки послеспиртовой зерновой. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. №2. 2005. С. 36-37.
2. Великая Е.И., Суходол В.Ф. Лабораторный практикум по курсу общей технологии бродильных производств: учебное пособие. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 310 с.
3. Винаров А.Ю., Ковальський Ю.В., Заикина А.И. Промышленная биотехнология переработки отходов спиртовых заводов. *Экология окружающей среды стран СНГ*. №2. 2004. С. 84-86.
4. Влияние различных факторов на скорость роста, бродильную активность и конечную концентрацию дрожжевых клеток при периодическом дрожжегенерировании / В.П. Леденев и др. ВНИИ пищ. биотехнол. Москва, 1989. 7 с.
5. ГОСТ 13634–90 Кукуруза. Требования при заготовках и поставках. [Переиздание от 2010-03]. Москва: Стандартинформ, 2010. 9 с. (Межгосударственный стандарт).
6. Громов С.И. Возврат фильтрата барды в производство. *Ликероводочное производство и виноделие*. №7-8. 2010. С.27-29.
7. ДСТУ 4221:2003. Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови. [Чинний від 2004-10-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2004. 8 с. (Національний стандарт України).
8. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький та ін. Київ: Університет «Україна», 2010. 814 с.
9. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології / за ред. А.М. Ситника. Київ: Вища школа, 2001. 358 с.
10. Ісаєнко В.М., Маринченко В.О., Семененко В.Ф. Дослідження з використання фільтрату барди для приготування замісу в технології зернового спирту. *Харчова промисловість*. Київ. №46. 2001. С. 104-106.
11. Калинина О.А., Полякова В.А., Леденев В.П. Сокращение выхода барды путем ее повторного использования при получении и сбраживании концентрированного суслу из зернового сырья. *Материалы конференции «3-е тысячелетие: человек, наука, технология, экономика»* 24-25 февраля 1999 г. Москва. ч.2. С. 62-63.
12. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. Основи охорони праці: підручник. Київ: Основа, 2000. 416 с.
13. Малченко А.Л., Ясинский Л.В., Гольдфарб Г.И. Химико-технический и микробиологический контроль бродильных производств Москва: Пищепромиздательство, 1937.
14. Мальцев П.М. Общая технология бродильных производств: учебник для студентов

высших учебных заведений. Москва: Пищевая промышленность, 1980. 560 с.

15. Михайлів А.П., Зубакова Т.І., Левандовський Л.В. Технологічні параметри прояснення фільтрату зернової барди при його повторному використанні. *Матеріали 74-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Науки здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»* 21-22 квітня 2008 р. Київ: НУХТ, 2008. ч.2. С. 314-315.

16. Новиков В.Б., Зверев С.В. Барда в законе. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. №2. 2007. С. 31-34.

17. Новые технологи для спиртовой отрясли и кормового производства. *Производство спирта и ликероводочных изделий* / Д.В. Арсеньев и др. №4. 2001. С. 24-25.

18. Пирог Т.П. Мікробіологія харчових виробництв / за ред. Т.П. Пирог: навч. посіб. Вінниця: Нова книга, 2007. 464 с.

19. Повторне використання барди для приготування замісу / С.Т. Олійчук та ін. *Харчова і переробна промисловість*. №7. 1999. С.22-23.

20. Польшалина Г.В. Технохимический контроль спиртового и ликёро-водочного производства. Москва: Колос, 1999. 336 с.

21. Польшуев В.В., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. Москва: Стройиздат. 1990. 352 с.

22. Поляков В.А., Леденев В.П. Технология комплексной переработки зернового сырья на спирт и концентрированные кормопродукты. *Материалы конференции «Современные ресурсо- и энергосберегающие технологии в спиртовой и ликеро-водочной промышленности»*. Казань. 2000. С.13.

23. Пути утилизации и обезвреживания сточных вод в спиртовой промышленности / Рудницкий П.В. и др. Киев. 1969. 40 с.

24. Работнова И.Л. Роль физико-химических условий в жизнедеятельности микроорганизмов. Москва: АН СССР, 1961.

25. Ресурсосберегающая технология в производстве спирта: Справочное пособие / под ред. Н.С. Терновского. Москва: Пищевая промышленность, 1994. 167с.

26. Російсько-український термінологічний словник для студентів спеціальності «Технологія бродильних виробництв та виноробство» / В.А. Домарецький та ін. Київ: ІСДО, 1994. 140 с.

27. Росолова Р.О., Мельник С.Р., Маринченко В.О. Особливості оцукрювання крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів. *Харчова і переробна промисловість*. № 1. 2003. С. 18-19.

28. Рухлядева А.П. Технологический контроль спиртового производства. Москва:

Пищевая промышленность, 1977. с. 356.

29. Рухлядева А.П., Фазанова Т.Г., Чередниченко В.С. Справочник для работников лабораторий спиртовых заводов. Москва: Пищевая промышленность, 1979. 232 с.

30. Слюсаренко Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 208 с.

31. Спосіб зброджування сусла із крохмалевмісної сировини: пат. на винахід 29299 Україна / С.Т. Олійнічук, В.В. Сосницький, П.Г. Псалом, П.М. Бойко. 98052341; заявл. 07.05.1998; опубл. 16.09.2002. бюл. №9.

32. Спосіб переробки зерна в спирт і кормовий продукт: пат. на винахід 59213 Україна / С.Т. Олійнічук, Л.В. Левандовський, В.І. Шевченко, П.Л. Шиян, Е.О. Міхненко, І.Д. Жолнер, В.В. Сосницький, О.С. Олійнічук, Л.І. Гайдай. 20021210098; заявл. 16.12.2002; опубл. 15.08.2003. бюл. №8.

33. Спосіб перероблення зерна в спирт етиловий і кормовий продукт: пат. на винахід 66062 Україна / В.В. Ліптус, С.Т. Олійнічук, Л.В. Ткаченко, О.А. Говорова. 200307788; заявл. 18.07.2003; опубл. 15.04.2004.

34. Спосіб утилізації барди зерно спиртового виробництва: пат. на винахід 54879 Україна / В.В. Ліптус, О.А. Дудник, О.А. Говорова, М.І. Кошель. 2002043655; заявл. 30.04.2002; опубл. 17.03.2003. бюл. №3.

35. Способ производства продуктов из зернового сырья: пат. на изд. 2126819 Россия. / А.Л. Хохлов. 96122128; заявл. 19.11.96; опубл. 27.02.99. бюл. №6.

36. Справочник по производству спирта. Сыре, технология и теххимконтроль / В.Л. Яворенко и др. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 355 с.

37. Справочник работника спиртовой промышленности / П.В. Рудницкий и др. Киев: Техника, 1972. 384 с.

38. Технология пищевых производств: учебник для вузов / Л.П. Ковальская и др.; под ред. Л.П. Ковальской. Москва: Колос, 1999. 752 с.

39. Технология спирта / В.Л. Яровенко и др.; под ред. проф. В.Л. Яровенко. Москва: Колос, 1999. 464с.

40. Технологічна інструкція виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванню крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів. Київ: Укрспиртбіопрод, 1999. 84 с.

41. Технологічний регламент на виробництво спирту із крохмалевмісної сировини. Київ: Укрспиртбіопрод, 2001. 144 с.

42. Технологія спирту: підручник для студ. вищих навч. заклад. / В.О. Маринченко та ін.; за ред. В.О. Маринченка. Київ: НУХТ, 2003. 496 с.

43. Уайт Д. Технология дрожжей. Москва: Пищепромиздат, 1957.
44. Усов Е.Н. Комплексная переработка послеспиртовой барды. *Резонанс*. №8. 2006. С 8-11.
45. Ушнурцева О.А., Ковязина А.Г., Коньшев С.А. Комплексная технология очистки сточных вод предприятий спиртовой промышленности. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. №6. 2003. С. 13-14.
46. Фертман Г.И., Шойхет М.И. Химико-технологический контроль спиртового и ликеро-водочного производства. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1975. 439с.
47. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. Київ: Асканія, 2009. 424 с.
48. Яниславская О.Р. Переработка барды. *Екотехнологии: Спрос и предложение в регионах России: Энерго и ресурсосбережение. Переработки отходов*. Дзержинский: Инф. центр, 2001. С.24.
49. Decloux M., Bories A. Traitement et valorization des vinasses: problematique et synthese des voies de valorization etudiees et envisages. *Industries Alimentaires et Agricoles*. №7. 2001. pp. 61-73.
50. Fell J.T. Delivery systems for targeting to specific sites in the gastrointestinal tract. *Pharmaciae and Pharmacologiae*. Vol.51. 1999. pp. 41-44.
51. Honig V., Miler P., Hromadko J. Bioetanol jako inspirance do budcna. *Listy cukrovarnicke*. №7-8. 2008. p.102.
52. Shojaosadati Seyed A., Sanaei Hamid R., Fatemi Seyed M. The use of biomass and stillage recycle in conventional ethanol fermentation. *Technologie and Biotechnologie*. №4. 1996. pp. 362-366.

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:
«Удосконалення технології спирту із крохмалевмісної сировини з інтенсифікацією процесів приготування дозрілої бражки в умовах Уладівського спиртового заводу»

ЗМІСТ

ВСТУП

1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТОВОГО СУСЛА ІЗ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ФІЛЬТРАТУ БАРДИ (аналітичний огляд)

1.1 Виробництво спирту з крохмалевмісної сировини

1.1.1 Використання фільтрату барди в процесі підготовки крохмалевмісної сировини до збродження

1.2 Способи обробки післяспиртової барди для її повторного використання у технологічному процесі

1.3 Раси дріжджів для збродження сусла із крохмалевмісної сировини

1.3.1 Існуючі способи приготування виробничих дріжджів

1.3.2 Умови культивування дріжджів та використання фільтрату барди для приготування живильного середовища

1.4 Джерела додаткового живлення

1.5. Висновки

2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

2.2 Методи досліджень

2.3 Методика досліджень

2.4 Висновки

3. ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРАТУ БАРДИ У ЗБРОДЖЕННІ СУСЛА З КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ (експериментальна частина)

3.1 Дослідження впливу виду сировини та умов розварювання на біохімічний склад післяспиртової барди

3.2 Вплив концентрації сусла на вихід барди

3.3 Дослідження процесу збродження сусла із крохмалевмісної сировини з використанням фільтрату барди

3.4. Визначення впливу фільтрату барди на культивування дріжджів

3.5 Висновки

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

4.2 Технологічна схема

- 4.2.1. Принципова технологічна схема
- 4.2.2. Вибір та обґрунтування способів і режимів
- 3.1 Дослідження впливу виду сировини та умов розварювання на біохімічний склад післяспиртової барди
- 3.2 Вплив концентрації сусла на вихід барди
- 3.3 Дослідження процесу збродження сусла із крохмалевмісної сировини з використанням фільтрату барди
- 3.4. Визначення впливу фільтрату барди на культивування дріжджів
- 3.5 Висновки

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
- 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

Косьмінська О.С.

Керівник, доцент, к.т.н.

Бондар М.В.