

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства

«До захисту в ЕК»

Директорка ННІХТ

_____ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис)

« » червня 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ Анатолій КУЦ
(підпис)

« » червня 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 181 «Харчові технології»

освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія»

**на тему: Проект цеху ферментації пивзаводу потужністю 4,5 млн дал пива
на рік з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива**

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ТБ-4-8

Сокульський Едуард Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник Олійник Світлана Іванівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

_____ Едуард Сокульський
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступень – «бакалавр»

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Харчові технології та інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння та
виноробства**

Анатолій КУЦ

21 березня 2022 року

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

Сокульському Едуарду Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект цеху ферментації пивзаводу потужністю 4,5 млн дал пива на рік з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива

Керівник роботи Олійник Світлана Іванівна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 31 березня 2022 року № 168-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 31 травня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Норми технологічного проектування.

2. Матеріали, зібрані під час технологічної практики.

3. Асортимент пива: Прибалтійське – 60 %, Світлий колос – 10 %, Темний рицар – 30 %.

4. Сировина, що використовується для виробництва пива: солод ячмінний світлий, темний та карамельний; ячмінь, рисова січка. Продуктові розрахунки виконують на 1 дал пива і річну потужність.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація (трима мовами). Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Обґрунтування та вибір способів і режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива. 3. Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів. 4. Технологічні розрахунки. 5. Розрахунки та підбір технологічного обладнання. 6. Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення. 7. Охорона праці. Загальні висновки. Список використаної літератури.

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

Апаратурно-технологічна схема – 1 аркуш

Демонстраційний плакат – 1 аркуш

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 21 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Структура підприємства та режими його роботи	11.04.22-08.05.22	Виконано
2.	Обґрунтування та вибір способів та режимів		
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		
4.	Технологічні розрахунки	10.05.22-14.05.22	Виконано
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
	1-а атестація	15.05.22	Виконано
6.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	16.05.22-21.05.22	Виконано
7.	Оформлення креслення і погодження з керівником		
8.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення	22.05.22-24.05.22	Виконано
9.	Охорона праці	25.05.22-27.05.22	Виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	28.05.22-30.05.22	Виконано
	2-а атестація	31.05.22	Виконано
11.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.06.22-08.06.22	Виконано
12.	Попередній розгляд проекту на кафедрі		Виконано
13.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	09.06.22-14.06.22	Виконано
14.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Едуард СОКУЛЬСЬКИЙ

Керівник роботи, доцент

Світлана ОЛІЙНИК

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано вибір способів і режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива пивоварного заводу потужністю 4,5 млн дал пива на рік. Наведено характеристику проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів, обґрунтовано вибір способів і режимів виробництва.

Для проведення головного бродіння, доброджування і дозрівання пива прийнято суміщений спосіб в апаратах великої одиничної потужності ЦКБА. Це дозволяє досягти прискорення процесу у 2 рази, збільшити насиченість діоксидом вуглецю, стабілізувати органолептичні показники для кожної партії пива, економію капітальних витрат. В процесі дозрівання передбачено холодне охмелення в обладнанні типу Hoptower для розчинення ароматичних компонентів в пиві, не збільшуючи при цьому гіркоти кінцевого продукту.

В кінці процесу доброджування роботою передбачено охолодження кінчної частини апарату до температури 0,5 °С, для забезпечення кращого відділення дріжджів і сприяє підвищеній стійкості, полегшенню процесу фільтрації і зниженню втрат. Для кращого відділення дріжджів роботою передбачено сепарування дріжджів перед фільтруванням, що сприяє інтенсифікації процесу фільтрування, скороченню втрат пива і покращенню його якості.

В пояснювальній записці наведено розрахунки продуктів, основних і допоміжних матеріалів, здійснено розрахунок та підбір обладнання, наведено схеми технохімічного та мікробіологічного контролю.

Ключові слова: хміль, пивне сусло, пиво, холодне охмелення, бродіння, доброджування.

					Анотація	Арк.
						4
Змн	Арк	№ докum	Підпис	Дата		

ANOTATION

The qualification work substantiates the choice of methods and modes of brewing beer with intensification of the main fermentation and fermentation of beer of the brewery with a capacity of 4.5 million dal of beer per year. The characteristics of the designed products, raw materials, basic and auxiliary materials are given, the choice of production methods and modes is substantiated.

For carrying out the main fermentation, fermentation and maturation of beer, the combined method is adopted in the units of high unit capacity of the CCFA. This allows to accelerate the process by 2 times, increase the saturation of carbon dioxide, stabilize the organoleptic characteristics for each batch of beer, save capital costs. During the maturation process, cold hopping is provided in the Hortower type equipment for dissolving aromatic components in beer, without increasing the bitterness of the final product.

At the end of the fermentation process, the work provides cooling of the conical part of the apparatus to a temperature of 0.5 ° C, to ensure better separation of yeast and promotes increased stability, facilitate the filtration process and reduce losses. For better separation of yeast, the work provides for the separation of yeast before filtration, which helps to intensify the filtration process, reduce beer losses and improve its quality.

The explanatory note contains calculations of products, basic and auxiliary materials, calculation and selection of equipment, schemes of technochemical and microbiological control.

Key words: hops, beer wort, beer, cold hops, fermentation, fermentation.

					Анотація	Арк.
						5
Змн	Арк	№ докum	Підпис	Дата		

ADNOTACJA

Praca kwalifikacyjna uzasadnia wybór metod i trybów warzenia piwa z intensyfikacją głównej fermentacji i fermentacji piwa browaru o wydajności 4,5 mln dal piwa rocznie. Podano charakterystykę projektowanych wyrobów, surowców, materiałów podstawowych i pomocniczych, uzasadniono dobór metod i sposobów wytwarzania.

Do przeprowadzenia głównej fermentacji, fermentacji i dojrzewania piwa w jednostkach CCFA o dużej pojemności jednostkowej przyjmuje się metodę kombinowaną. Pozwala to dwukrotnie przyspieszyć proces, zwiększyć nasycenie dwutlenkiem węgla, ustabilizować właściwości organoleptyczne każdej partii piwa, zaoszczędzić na kosztach kapitałowych. Podczas dojrzewania w aparacie typu Hortower przewidziano chmielenie na zimno w celu rozpuszczenia składników aromatycznych w piwie, bez zwiększania goryczki produktu końcowego.

Pod koniec procesu fermentacji praca zapewnia chłodzenie części stożkowej aparatu do temperatury 0,5°C, co zapewnia lepszą separację drożdży i sprzyja zwiększonej stabilności, ułatwia proces filtracji i zmniejsza straty. Dla lepszej separacji drożdży w pracy przewidziano separację drożdży przed filtracją, co pomaga zintensyfikować proces filtracji, zmniejszyć straty piwa i poprawić jego jakość.

Nota wyjaśniająca zawiera obliczenia wyrobów, materiałów podstawowych i pomocniczych, obliczenia i dobór sprzętu, schematy kontroli technochemicznej i mikrobiologicznej.

Słowa kluczowe: chmiel, brzeczka piwna, piwo, chmiel na zimno, fermentacja, fermentacja.

					Анотація	Арк.
						6
Змн	Арк	№ док-м	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ.....	10
1.1 Структура підприємства.....	10
1.2 Режим роботи цеху.....	10
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВА З ІНТЕНСИФІКАЦІЄЮ ГОЛОВНОГО БРОДІННЯ ТА ДОБРОДЖУВАННЯ ПИВА.....	11
2.1 Асортимент проекрованої продукції.....	11
2.2 Принципова технологічна схема.....	11
2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива.....	13
2.3.1 Техніко-економічний аналіз прийнятих проектних рішень.....	27
2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	27
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	28
3.1 Характеристика проєктованих сортів пива.....	28
3.2 Характеристика сировини.....	31
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів.....	36
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	37
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків.....	37
4.2 Продуктові розрахунки.....	38
4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів.....	41
5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	48
6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	52
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	63

					Проект цеху ферментації пивзаводу потужністю 4,5 млн дал пива на рік з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб		Сокульський Е.О.			Пояснювальна записка		Літ.	Арк.
Консул								Архівів
Керівн		Олійник С.І.						7
								64
Зав. каф		Кучер А.М.					НУХТ ННІХТ ТБ – 4 – 8	

ВСТУП

Ринок пива в нашій країні можна вважати дуже перспективним. Його розвиток, завоювання основних позицій вітчизняних підприємств передбачають значне збільшення виробництва на діючих підприємствах, а також подальше збільшення потужностей пивоварень.

З моменту вступу пивоваріння в індустріальну стадію основною тенденцією залишається розвиток нових технологій для підвищення прибутковості. Практично всі розробки були зосереджені на зниженні вартості пивоваріння (здешевленні процесу та скороченні кількості працівників) та прискоренні оборотності обладнання.

Реальним чинником розвитку пивоварної галузі може бути інтенсифікація науково-технічного прогресу. Збільшення обсягів виробництва можна забезпечити за рахунок реконструкції підприємств та будівництва нових.

Виробництво пива – надзвичайно складний і досить тривалий біотехнологічний процес. Цей процес складається з наступних етапів: приготування і зброджування пивного сусла і дозрівання пива, фільтрація готового пива та його розлив.

Основним процесом у виробництві пива є спиртове бродіння цукрів під дією ферментів дріжджів. Під час бродіння хімічний склад сусла змінюється і перетворює його в ароматний, хмільний напій – пиво.

Старе класичне німецьке правило пивоваріння говорить: «для бродіння сусла потрібен тиждень, а для доброджування пива – стільки тижнів, скільки становить відсоток початкової екстрактивності сусла». Тому скорочення, наскільки це можливо, часу бродіння і доброджування пива є основним шляхом підвищення ефективності виробництва пива. На сучасних пивоварних заводах застосовують чотири схеми зброджування:

- класичний спосіб зброджування періодичної дії з розділенням процесу на головне бродіння і доброджування;
- періодичний спосіб із суміщенням головного бродіння і доброджування в одному циліндро-конічному бродильному апараті (ЦКБА), як правило великої одиничної потужності (об'ємом від 100 м³ і більше);
- напівбезперервний спосіб головного бродіння з безперервним культивуванням насіннєвих дріжджів і періодичним заповненням і бродінням сусла в бродильних апаратах;
- безперервний батареїний спосіб з розділенням процесу на головне бродіння, і доброджування – нині практично не застосовується, але має деякі суттєві переваги, а отже й перспективи.

До технологічної схеми бродіння входить культивування дріжджів, що складається з таких стадій: розведення чистої культури і накопичення біомаси, введення в сусло і проведення циклу бродіння, відокремлення від зброженого сусла (молодого пива), розділення на насіннєві й осадові, зберігання насіннєвих і вторинне використання осадових дріжджів.

					Вступ	Анк
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Дата		8

Основними об'єктами контролю у відділеннях бродіння та доброджування є дріжджі (насамперед їх мікробіологічна чистота та фізіологічний стан), втрата об'єму екстракту сусла під час бродіння, а також температура навколишнього середовища під час бродіння та дріжджів при зберіганні.

Оперативному контролю також підлягає зміна екстракту та об'єму сусла в процесі бродіння, поділ кількості екстракту між процесами головного бродіння і доброджування за його значеннями безпосередньо або за розрахунком ступеня збродження. Отримання сусла здійснюється за його кількістю і вмістом в ньому екстракту. Ці значення вимірюють у сусловарильному апараті з подальшим переведенням на охолодження, освітлення та ферментацію. Передаючи сусло в ферментаційний цех його кількість вимірюється відомими потужностями пристроїв при повному заповненні, з урахуванням коефіцієнтів наповнення або витратомірів.

Одночасно з аналізом значень екстракту та врахуванням ступеня зброджування велика увага приділяється визначенню потужності або пропускній здатності цехів для встановленого обладнання, підбору приладів, визначенню потреб і витрат холоду та дезінфікуючих засобів, розрахунку вуглекислого газу та генерації дріжджів.

Роботою передбачено виробництво таких сортів пива як Прибалтійське з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 11 %, Світлий колос з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 12,5 %, Темний рицар з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 15 %, що виготовляються із ячмінного світлого, карамельного, темного солоду та несолодженої сировини, а саме рисової січки та ячменю. Потужність проектного підприємства 4,5 млн дал на рік.

Пояснювальну записку викладено на 64 сторінках, що складається з 6 розділів, анотації, вступу та висновків. Графічний матеріал включає апаратурно-технологічну схему варильного відділення пивзаводу потужністю 4,5 млн дал на рік, викладену на 1 аркуші А3 та демонстраційний плакат - 1 аркуш А3..

					Вступ	Анк
						9
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

1.1 Структура підприємства

За структурою будь-яке пивоварне підприємство повинно складатися з основних, побічних, допоміжних і обслуговуючих цехів та відділень.

Основними виробничими підрозділами заводу є:

- відділення підготовки сировини для переробки:
 - приймання зернопродуктів;
 - очищення зернопродуктів;
 - подрібнення зернопродуктів.
- варильний цех;
- цех ферментації;
- дріжджове відділення;
- відділення бродіння та доброджування;
- фільтраційне відділення.
- цех водопідготовки;
- цех розливу:
 - цех розливу у скло пляшку;
 - цех розливу у кеги;
- виробнича лабораторія;
- відділ технічного контролю

Допоміжними підрозділами підприємства є:

- транспортний підрозділ;
- механічна майстерня;
- будівельний підрозділ;
- котельня;
- станція рекуперації CO₂.

До обслуговуючих підрозділів заводу належать:

- склад сировини та допоміжних матеріалів;
- склад тари;
- склад готової продукції.

1.2 Режим роботи цеху

Підприємство працює 27 днів на місяць, 328 діб на рік.

Режим роботи підприємства двозмінний:

- I. зміна з 8.00 до 20.00 год.
- II. зміна з 20.00 до 8.00 год.

Зазвичай робочий тиждень не перевищує 40 годин. Робочим графіком передбачено обідню перерву тривалістю 40 хвилин і дві 30-хвилинні перерви на відпочинок, які використовуються в різних половинах робочої зміни. Тривалість робочого дня напередодні святкових і неробочих днів скорочується на одну годину.

					Структура підприємства та режим його роботи	Анк
						10
Змн	Анк	№ док	Піліпис	Дата		

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВА З ІНТЕНСИФІКАЦІЄЮ ГОЛОВНОГО БРОДІННЯ ТА ДОБРОДЖУВАННЯ ПИВА

2.1 Асортимент проектованої продукції

Хміль на рівні з солодом, різноманітними його заміниками, водою, дріжджами, є основним видом сировини для виробництва пива. Його використання в якості «холодного» охмелення дає можливість удосконалити процес зброджування пивного сусла та доброджування пива, розширити асортимент існуючого пива та значно покращити смако-ароматичні властивості напою.

На пивоварних підприємствах постійно розробляють нові рецептури пива і останнім часом холодне охмелення займає не останнє місце для виробників. І тому при виконанні проекту було обрано пиво, яке має процес холодного охмелення на стадії доброджування.

Кваліфікаційною роботою передбачено випуск пива Прибалтійське з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 11 %, Світлий колос з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 12,5 %, Темний рицар з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 15 %. Продуктивність заводу 4,5 млн. дал/рік.

У табл. 2.1 наведений асортимент та обсяг виробництва проектованих сортів пива.

Таблиця 2.1 – Асортимент та обсяг виробництва проектованих сортів пива

Найменування сортів пива	Відсоток від загальної кількості, %	Виробництво на		Розливається у скляну пляшку місткістю 0,5 дм ³ , млн дал
		рік, млн дал	добу, тис. дал	
Прибалтійське	60	2,7	8,23	2,7
Світлий колос	10	0,45	1,38	0,45
Темний рицар	30	1,35	4,12	1,35
Всього	100	4,5	13,73	4,5

2.2 Принципова технологічна схема

Принципова технологічна схема приготування пивного сусла наведена на рис. 2.1.

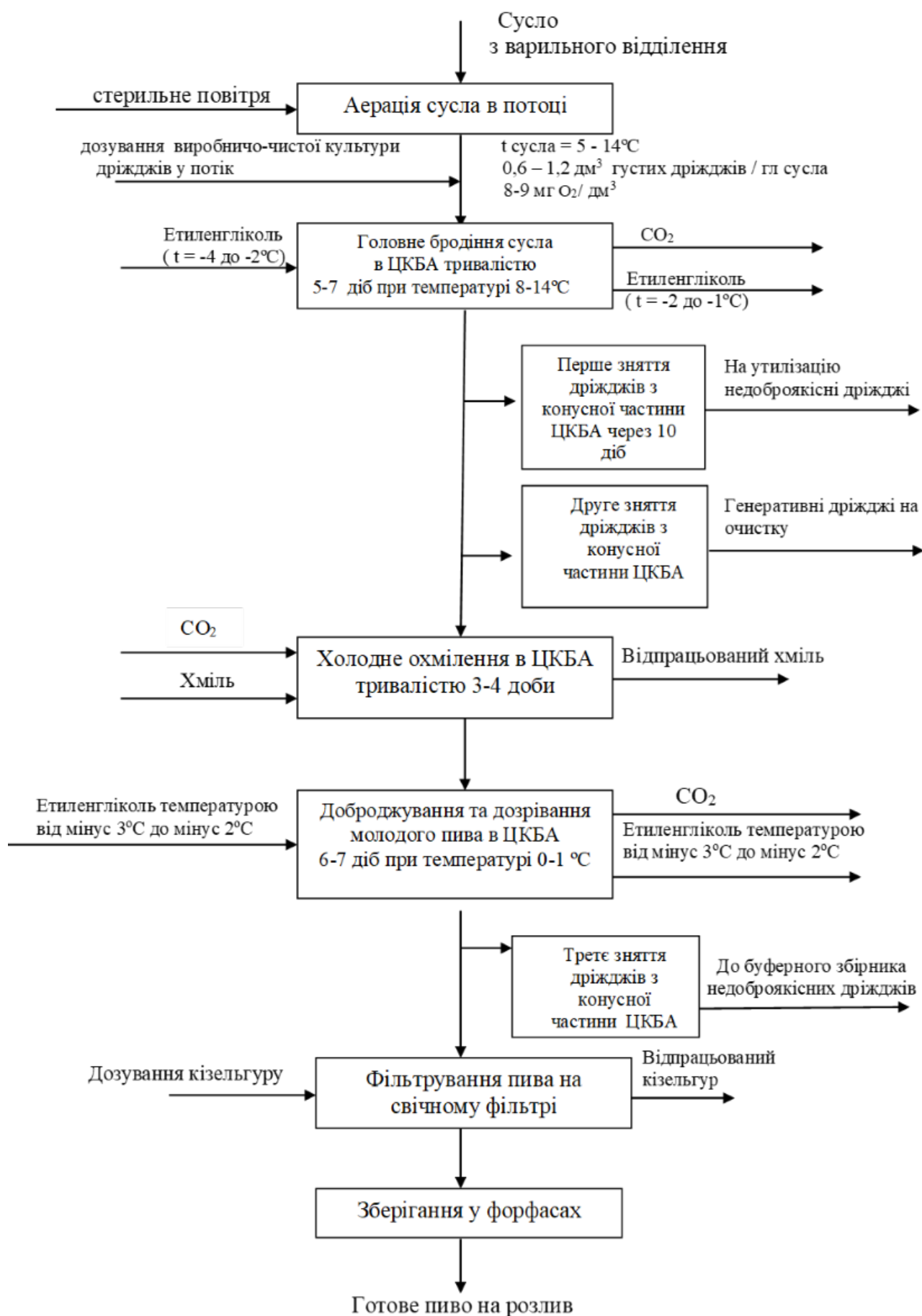


Рис. 2.1 – Принципова технологічна схема зброджування пивного сушла та доброджування пива

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Арк.
						12
Змн	Арк	№ док.ум	Підпис	Дата		

2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива

Вибір мікроорганізмів-продуцентів для зброджування пива.

Збудниками бродіння є дріжджі, які є одноклітинними мікроорганізмами рослинного походження. Клітини дріжджів можуть бути яйцеподібними, еліпсоїдними, овальними або подовженими, що зумовлено типом дріжджів та умовами їх вирощування.

Дріжджі містять в середньому 25 % сухих речовин і 75 % води. Їх хімічний склад змінюється в залежності від раси, поживного середовища та фізіологічного стану. Дріжджі містять вітаміни групи В та інші, необхідні для їх росту, розмноження, бродіння та дихання.

У пивоварінні використовують два види бродіння: низове (холодне) і верхове (тепле). Дріжджі, що викликають спиртове бродіння – *Sacch. Cerevisiae* (верхові) і *Sacch. Carlsbergensis* (низові) відрізняються своїми властивостями.

З пивних дріжджів *Saccharomyces Cerevisiae* і *Saccharomyces Carlsbergensis* останні в кінці бродіння швидко осідають щільним шаром на дні апарату. Вони повністю ферментують рафінозу, на відміну від *Saccharomyces Cerevisiae*, які ферментують її лише на 1/3. Ця особливість *Sacch. Carlsbergensis* пояснюється наявністю в їх ферментному комплексі мелібіази (α -галактозидази).

За ступенем зброджування сусла дріжджами їх поділяють три групи:

- низько зброджуючі, що забезпечують лише 80 % ступеня збродження;
- середньозброджуючі, що забезпечують 80...90 % збродження;
- високозброджуючі, що забезпечують 90...100 % збродження [11].

Ступінь бродіння сусла залежить від того, наскільки глибоко бродить мальтотріоза.

Пивні дріжджі повинні бути стійкими до етанолу, мати високу флокуляційну здатність, повільно і повністю осідати після основного бродіння і в кінці доброджування. Їх здатність осідати у вигляді пластівців також є важливою для технології. Дріжджі повинні помірно розмножуватися, бути стійкими до автолізу і мікроорганізмів, швидко бродити сусло і осідати на дно

Пивні дріжджі також повинні мати певні особливості обміну речовин: помірне утворення вищих спиртів, низький рівень накопичення діацетилу, низький рівень утворення сполук сірки; забезпечення насичення пива вуглекислим газом. У пивоварінні використовують наступні раси дріжджів [13]:

- *Раса дріжджів 776* – середньозброджуюча, біомаса якої збільшується приблизно в п'ять разів відповідно до введеної кількості, здатність до освітлення пива задовільна.
- *Раса дріжджів 11* – сильнозброджуюча, має високу здатність до освітлення, пиво набуває приємного смаку.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Арк.
						13
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- *Раси дріжджів 41, 44* – середньозброджуючі раси, які мають високу здатність до осадження та освітлення. Пиво внаслідок зброджування набуває м'якого, повного і чистого смаку.
- *Раса дріжджів 8 і Р* (львівська раса) – середньозброджуюча, з високою флокуляційною здатністю, добре освітлює пиво. Аромат і смак пива добрі.
- *Раса дріжджів Б* (чехословацька раса) – швидко- та сильнозброджуюча раса, з високою здатністю до освітлення пива, пиво набуває приємного смаку.
- *Раса дріжджів 8а (М)* – сильнозброджуюча, з високою здатністю до освітлення пива, добре зброджує пиво і впливає на смак готового пива.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження цеху ферментації в цілому, і зокрема інтенсифікація технології зброджування суслу та доброджування пива.

Для порівняння було обрано три раси пивних дріжджів низового бродіння – Німецької, Датської та сухих дріжджів німецької раси Saflager W 34/70.

Дріжджі німецької раси – дріжджі з високою здатністю до зброджування низового бродіння, оптимальна температура для життєдіяльності 6...12 °С. В кінці головного бродіння дріжджі флокулюють з утворенням густого осаду. Бродильна активність, яку визначають за ступенем зброджування, становить 80...85 %.

Saflager W 34/70 – високоякісні дріжджі низового бродіння, які дозволяють отримати збалансоване пиво з фруктовими і квітковими ароматами, з відмінною питкістю і з тонким смаком.

При оцінюванні бродильних властивостей дріжджів важливим критерієм оцінки є зменшення вмісту екстрактивних речовин в процесі головного бродіння, яке потрібно проводити повільно і постійно.

На якість готового пива значно впливає активна кислотність суслу. Для готового пива оптимальним є значення рН 4,2...4,4. Якщо показник рН нижче за 4,4, це буде сприяти виділенню в осад колоїдно-нестабільних білково-дубильних речовин і покращувати смак пива. Однак більш низькі значення рН пива (нижче за 4,1) будуть сприяти появі кислого смаку у пиві.

В процесі бродіння значення рН буде повільно знижується – від 5,0 у вихідному пивному суслі до 4,5...4,6 у молодому пиві, під кінець бродіння показник рН набуватиме стабільних значень.

Підвищення рН в процесі бродіння вказує на початок автолізу дріжджів. Зниження ж величини рН потрібно проводити помірно й одночасно у всьому об'ємі суслу, що сприятиме випаданню в осад хмелевих смол і білково-дубильних сполук, яких бажано позбутися в готовому пиві.

У разі автолізу дріжджів показники якості пива знижуються. Зокрема, змінюється колір пива, з'являється різкий дріжджовий смак, гіркота стає більш вираженою з появою залишків, знижується стійкість смаку через зниження регенеративних процесів. Підвищується рН пива за рахунок

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Арк.
Змн	Арк	№ док.ум	Підпис	Дата		14

виділення незамінних амінокислот, через відсутність процесів відновлення підвищується вміст діацетилу, погіршується колоїдна та біологічна стабільність, у великій кількості з'являється заражена мікрофлора, виникають проблеми з фільтрацією. Збільшується кількість дріжджових клітин у зваженому стані в процесі головного бродіння до 60 ... 80 млн клітин/см³, при ферментації їх кількість поступово знижується – до 15...20 млн кл/см³, а при перекачуванні пива на фільтрацію стає близько 2 млн кл/см³ [11].

Максимальну кількість дріжджів, що брунькуються, традиційно спостерігають на четверту добу бродіння і їх кількість становить 59...60 % для Датської і Німецької рас дріжджів, в той же час для сухих дріжджів Saflager 34/70 — лише близько 45 %.

Глікоген є головним резервним полісахаридом дріжджів. Глікоген дозволяє дріжджовій клітині зберегти життєздатність у несприятливих умовах. Кількість клітин, що містять глікоген поступово зростає приблизно до п'ятої доби бродіння (в кількості від 46...48 до 64...68 %) та знижується наприкінці головного бродіння до 54,00...54,25 % для Датської і Німецької рас дріжджів, для сухих дріжджів, відповідно, до 43; 55 і 45 %, тобто значення значно менші, ніж рідких дріжджів. Кількість мертвих клітин у кінці бродіння у рідких дріжджів складає 1,5...1,9 % порівняно з сухими дріжджами в кількості 2,5 %. Це підтверджує вищу фізіологічну активність рідких дріжджів в порівнянні із сухими.

Бродильна активність дріжджів визначається ступенем зброджування сусла. Відповідно до табл. 2.2, за цим показником досліджувані дріжджі розташовуються наступній послідовності: Датські, Німецькі, Saflager 34/70 [17].

Таблиця 2.2 – Фізико-хімічні показники молодого пива

Раса дріжджів	Вміст, %			рН	Ступінь зброджування, %		
	видимого екстракт у	дійсного екстракт у	спирту		видима	дійсна	кінцева
Saflager 34/70	4,50	5,20	2,94	4,62	59,10	47,87	52,72
Німецька	4,10	4,80	3,32	4,57	62,73	50,81	56,36
Датська	3,60	4,00	3,51	4,64	67,30	54,51	63,64

Після бродіння в готовому пиві досліджують фізико-хімічні та органолептичні показники. Як видно з табл. 2.3, незалежно від використовуваної раси дріжджів, отримане пиво повністю відповідає вимогам чинного стандарту на світле пиво, але найкращі фізико-хімічні показники спостерігаються у пива, отриманого з використанням Датської раси пивних дріжджів.

Таблиця 2.3 – Фізико-хімічні показники пива

Раса дріжджів	Вміст, %			рН	Ступінь зброджування, %		
	видимого екстракту	дійсного екстракту	спирту		видима	дійсна	кінцева
Saflager 34/70	0,9	2,3	4,14	4,50	70,00	56,70	79,00
Німецька	0,7	1,9	4,25	4,48	71,82	58,17	82,72
Датська	0,5	1,6	4,73	4,32	80,00	64,80	85,45

Культивування дріжджів [11]. Для пивоваріння використовують дріжджі, які успішно витримують високий осмотичний тиск і підвищений вміст спирту.

Пивоварні дріжджі повинні відповідати наступним вимогам:

- дріжджі повинні мати високу флокуляційну здатність, яка підвищує продуктивність фільтраційного відділення, а також стійкість деяких сортів пива;
- дріжджі після бродіння-доброджування повинні осідати повільно, повністю і щільно, оскільки вони краще адсорбують білок, нестійкі колоїдні та барвні речовини солоду, великі частки гірких речовин хмелю – що покращує гіркоту, стійкість пива;
- мати високу ферментаційну активність, особливо при виробництві темного та сортового пива (швидкість бродіння 95...99 %) і бути стійкими до автолізу;
- дріжджі повинні витримувати їх обробку механічними пристроями, кислотами та дією сторонньої мікрофлори, а також зберігати незмінні властивості та морфологічні та фізіологічні характеристики протягом 10...12 генерацій;
- вони повинні давати помірне збільшення біомаси;
- побічні продукти бродіння – ефіри, альдегіди, кетони, вищі спирти повинні бути в межах норми і не порушувати загальну гармонію напою, а покращувати її.

При зброджуванні пивного сусла використовують чисту культуру дріжджів (ЧКД) або насіневі дріжджі.

Розмноження чистої культури полягає в тому, що активні дріжджові клітини виділяють і розмножують в стерильних умовах до тих пір, поки їх кількість не стане достатньою для використання в стандартному ферментаційному апараті. Метою розмноження ЧКД є приготування за короткий проміжок часу в стерильних умовах дріжджів з належним обміном речовин, що забезпечить нормальне бродіння та якісне пиво. На рис. 2.2 представлено виробництво дріжджів з чистої культури.

Чисту культуру підприємство закуповує дуже невеликими партіями (це може бути навіть кілька клітинок) і розмножують в лабораторії так, щоб

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Арк.
Змн	Арк	№ докум	Піліпис	Дата		16

вміст колби на стадії високих завитків переливали в наступну колбу, об'ємом в 10 разів більше попередньої колби. Розмноження культури дріжджів починають

у колбі об'ємом 5 см³, потім у колбі об'ємом 50 см³, потім у колбі на 500 см³, потім у колбі на 5 дм³, далі дріжджі переносять у колбу Карлсберга ємністю 25 дм³.

Подальше культивування дріжджів відбувається в трьох апаратах чистої культури: АЧК 3 на 5 гл, АЧК 2 на 20 гл, АЧК 1 на 100 гл. Процес складається з наступних операцій: першу АЧК заливають гарячим суслом з температурою 90 °С або для деяких сортів сусло витримують ще 10 хвилин при 100 °С для знищення мікроорганізмів; потім охолоджують до 14...16 °С; з колби Карлсберга дріжджі переносять у найменший апарат (АЧК 3), де сусло необхідно аерувати, щоб розмноження відбувалося швидше (аерація періодична: 60/6 секунд); на стадії високих завитків (приблизно добу) весь об'єм ферментованого сусла перекачується в стерильних умовах до наступного за величиною АЧК 2, який вже заповнений стерильним суслом. І так з наступним АЧК. Цей процес триває до тих пір, поки не накопичиться необхідна кількість дріжджів. З останнього АЧК дріжджі закачуються в ЦКТ плунжерним насосом [13].

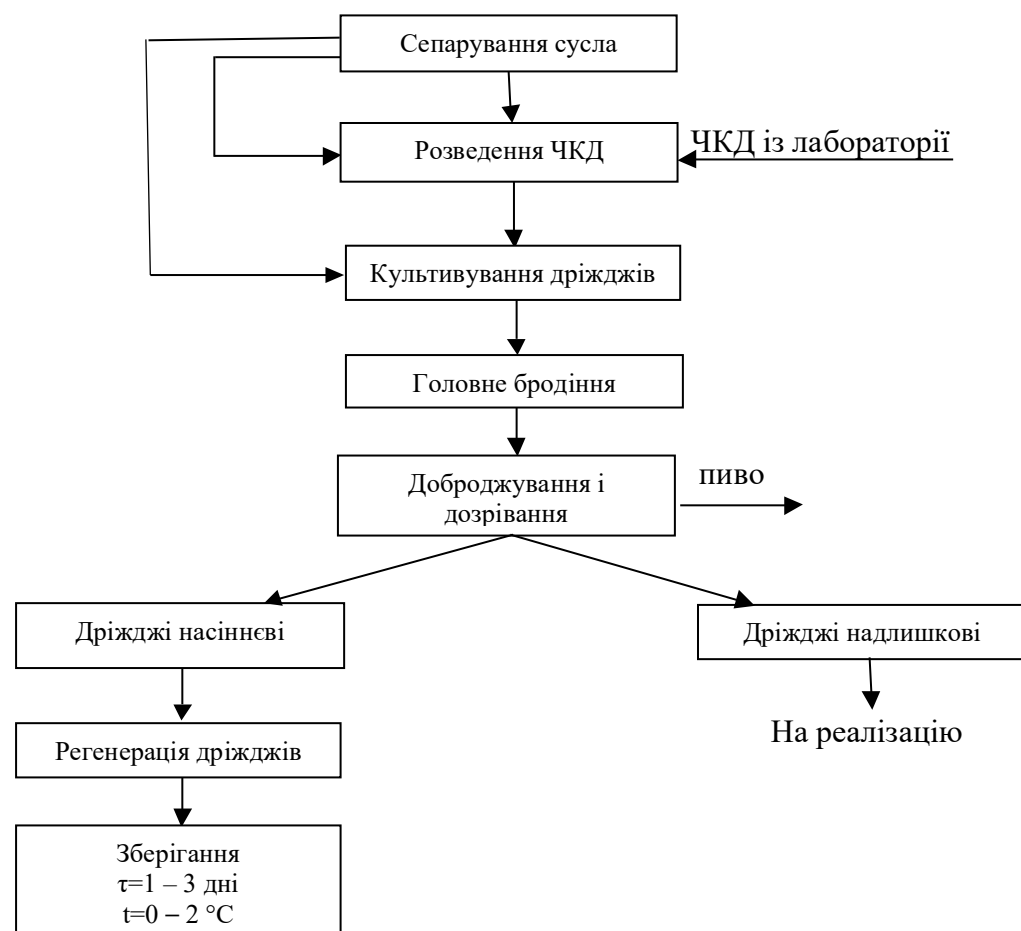


Рис. 2.2 – Принципова технологічна схема розведення чистої культури дріжджів

Видалення дріжджів буває холодне і тепле. Холодний спосіб – почекати 4...5 днів, поки вміст діацетилу не знизиться до 0,15 мг/дм³, і тоді дріжджі видаляють. А теплий спосіб полягає в тому, що видалення дріжджів починається тільки при досягненні необхідного для готового пива вмісту діацетилу. Це приблизно 7...8 днів. Дріжджі використовують протягом 6...10 генерацій. Зберігають дріжджі під стерильним повітряним ковпаком при температурі 5 °С. Кислотної обробки немає, оскільки при зараженні дріжджів їх негайно утилізують. Осадкові (вже непридатні) дріжджі видаляють без охолодження, термолізу, частину їх підмішують в дробину, яка разом з білковим осадом йде на корм худобі, а решту вивозять на поля, ферми, для видалення залишків спирту.

Кваліфікаційна робота передбачає використання пивних дріжджів *Sacch. Carlsbergensis* Датської раси для світлого пива та Німецької дріжджової раси для темного пива.

Зброджування пивного сусла. У технології пивоваріння використовують різні способи бродіння пивного сусла: періодичне, напівбезперервне, циклічне та безперервне [11].

Розглянемо спочатку відомий періодичний спосіб: метод Натана, який є різновидом бродіння-доброджування в сучасних апаратах ЦКБА.

Метод Натана [11]. Натан запропонував нову форму циліндрично-конічного герметичного апарату великого об'єму (до 600 гл), який охолоджується рідиною, що циркулює в зовнішньому кожусі, і має теплоізоляцію зовні. Тому приміщення, де розташовані прилади, не потребує охолодження. За цим методом ферментаційний апарат спочатку попередньо дезінфікують і стерилізують, а потім в нього подають охолоджене сусло. Температура бродіння світлого пива 3...4 °С, темного 4...5 °С, максимальна 9 °С.

З початком бродіння повітря повністю видаляється в атмосферу вуглекислим газом з ферментера і простору над суслом без перемішування з вуглекислим газом – близько 22 год. Після закінчення бродіння, коли дріжджі починають осідати, конус апарату охолоджують для прискорення осідання дріжджів. Пиво піддають тиску 0,15 МПа, дріжджі ущільнюються і при відкритих клапанах витісняються у вигляді густої маси.

Звичайні бродильні апарати та лагерні танки мають певні обмеження розміру. Необхідність більшої економії виробництва та збільшення виробництва пива потребує великих виробничих установок для машин для бродіння та дозрівання пива. Результатом цього є поява нових циліндрично-конічних ферментерів (ЦКБА), які в даний час використовуються на більшості пивоварень. Використання ЦКБА – це не тільки їх технічні переваги, а й здійснення процесів бродіння та доброджування на якісно високому рівні.

Для виробництва великої кількості пива використовується виробництво пива сумісним бродінням і доброджуванням, яке запозичене з методу Натана і удосконалено.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Арк.
						18
Змн	Арк	№ локум	Пілпис	Дата		

Температура бродіння в перші дві доби підтримується на рівні 9...14 °С щоб досягти необхідний кінцевий ступінь зброджування. Температура регулюється поясами зовнішніх кожухів із холодоносієм, температурою не нижче мінус 6 °С.

За досягнення вмісту сухої речовини в межах 3,2...3,5 % апарат шпунтують при надлишковому тиску 0,04...0,07 МПа. Закінчення бродіння визначають за припиненням подальшого зниження вмісту екстракту протягом 24 годин.

На 5-ту добу досягається видима кінцева масова частка 2,2...2,5 % сухої речовини. Після цього теплоносії подається в кожух конічної частини бродильного апарату і температура стає рівною 0,5...1,5 °С. У циліндричній частині температура 3...4 °С зберігається 6...7 діб. Потім температуру пива вирівнюють по всій висоті приладу і шпунтують.

Приблизно через 10 днів після початку бродіння проводять перше видалення дріжджів. Перед освітленням проводиться друге зняття, і тільки потім пиво передається на охолодження та сепарацію.

Температурна розшиарування пива [3]. Температура пива неоднакова по всьому об'єму. На стадії інтенсивного бродіння відбувається значне перемішування, переважно за допомогою вуглекислого газу. Так, пиво із середньою екстрактивністю вихідного сусла досягає найвищої щільності при 2,5 °С; з високим вмістом екстракту – при 1 °С, а з меншим – при 3 °С.

Якщо пиво із середньою екстрактивністю охолодити до мінус 1 °С, то конусна частина збирає пиво, яке має максимальну щільність при 2,5 °С (точка замерзання пива становить приблизно мінус 2 °С). Особливий ефект температурного розшиарування спостерігається на дріжджах: якщо конус не охолоджувати, на дні збереться більш тепле дріжджове пиво, а коли вже є явна нестача поживних речовин, дріжджі продовжуватимуть активність і автолізується, і як результат – якість пива значно погіршиться.

Аспекти бродіння та дозрівання [11]:

- азотистий склад сусла, який залежить від режиму затирання.

Сусло має містити не менше 25 мг вільного α -амінного азоту на 100 см³ сусла, необхідного для нормального живлення дріжджів. При використанні несолодженої сировини α -амінний азот повинен бути 15 мг/100 см³ сусла.

- аерація сусла і швидкість внесення дріжджів.

Це основний фактор інтенсивного і швидкого бродіння. Норма — 30 млн клітин/1 см³, що відповідає 1 дм³ густих дріжджів на 1 см³ сусла. Принаймні 8 мг О₂. Проточна аерація особливо ефективна через 2; 24 і 40 год після введення дріжджів у сусло. Це вдвічі зменшить вміст ефірів у щільному пиві.

- дріжджі дуже чутливі до різких перепадів температури.

Раптове переохолодження призведе до шоку. При внесенні їх у логарифмічну фазу росту слід попередити різке зниження температури; з іншого боку, температура бродіння впливає на різні компоненти смаку та аромату;

- показник дозрівання – розщеплення діацетилу..

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Анк
						19
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Дата		

Отже, з цих положень можна зробити висновок, що одночасно із значним розчепленням діацетилу зменшується кількість інших сполук молодого пива. Загальний вміст діацетилу в кінці дозрівання не може перевищувати 0,1 мг/дм³.

Вивантаження дріжджів із ЦКБА [11]. Дріжджі слід видаляти якомога частіше. На це є причини:

- культура осідає нерівномірно через турбулентні потоки, які виникають під час основного бродіння, тобто на поверхні молодого пива спостерігається висока концентрація клітин. Навіть при холодній витримці спостерігається явище збурювання дріжджів – завдяки теплим потокам в кінчній частині апарату;
- дріжджі в процесі дозрівання виділяють в пиво азотовмісні низькомолекулярні речовини, які не використовуються повторно, а лише негативно впливають на стійкість піни;
- під час дозрівання та холодної витримки дріжджі виділяють протеїназу, яка розщеплює білкові композиції;
- поганий стан клітин призводить до їх автолізу, підвищується рН і крім цього утворюються комплекси білків, глікогену і маннану, які розчиняються і призводять до помутніння напою, погіршення його фільтраційної здатності;
- біомаса в конусі знаходиться під впливом парціального тиску вуглекислого газу. Тиск стовпа рідини клітина витримує краще, ніж дію вуглекислого газу.

Методи збору. Дріжджі можна зібрати з конуса за допомогою тиску стовпа рідини або насоса, який буде підтримувати потік постійним (мембрана, шнек, ексцентриковий гвинт) [3].

Важливо, щоб біомаса поступово ковзала, а горизонтальна межа між пивом і дріжджами залишалася постійною; коли утворюється воронка – пиво може засмоктати. Це стосується і роботи насосів (їм потрібно працювати в пульсуючому режимі).

Напівбезперервний спосіб бродіння (доливоно-переливний) [3]. Суть його полягає в тому, що охолоджене сусло надходить у закритий ферментер з мішалкою, до якого додають 1 дм³ дріжджів на 1 дм³ середовища. Після появи завитків перший прилад підключають до другого і його вміст ділять навпіл. Потім доливають в обидва прилади свіже сусло і аерують. Через 24 години перший прилад підключають до третього і також вміст ділять навпіл, вміст доливають свіжим суслом, аерують, ферментують і так до кінця батареї.

Однак цей метод вимагає підвищеної уваги до чистоти обладнання, а в разі дезінфекції приладів – знижується продуктивність батареї. Крім того, початкова концентрація біомаси може бути нерівномірно розподілена, тому логічніше було б підключити не тільки перший пристрій, а й другий.

Спосіб безперервного зброджування сусла в батареї з семи чи дев'яти ферментерів типу ЦКБА [3]. Суть способу полягає у безперервному бродінні пива в послідовно з'єднаних апаратах.

Після заповнення 1-го бродильного апарату зброджуване сушло самопливом надходить у наступний і так до кінця батареї. У процесі бродіння видимий екстракт змінюється для 11 % пива з 8 % – у першому, 3...2,8 % – у четвертому і до 2,6% – у сьомому. Вміст алкоголю відповідно 1,8; 3.2; 3,5 % об., температура 8...10 °С; 13 °С; 0... 2 °С. У третьому ЦКБА допускається найвища температура (15...16 °С). У четвертому – в основному закінчується бродіння, починається безперервне промивання пива вуглекислим газом для видалення продуктів метаболізму дріжджів.

У п'ятому ЦКБА відбувається повне дозрівання, а в шостому і сьомому – повна стабілізація пива. Дріжджі безперервно видаляються з п'ятого, шостого та сьомого апаратів.

Зрозуміло, що ця технологія також має свій головний недолік – великі втрати пива, у випадку зараження хоча б один ЦКБА. Однак загальна тривалість бродіння складає всього 7 днів.

Продуктивність від 1 м³ потужності ЦКБА при цьому збільшується вдвічі в порівнянні з періодичним з'єднанням в тих же апаратах.

Отже, порівнюючи кілька режимів зброджування, стає зрозуміло, що ідеальної схеми не існує (це стосується лише останнього). Сучасно обладнані апарати (періодичної дії) типу ЦКБА дозволили розширити виробництво (особливо звичайного пива) та збільшити економію виробничих площ, однак ця перевага не є основною, а головне – якість продукції, хоча використання ЦКБА істотно не впливає на якість напою.

Основним процесом у технології пива є спиртове бродіння цукрів під дією ферментів дріжджів. Кожній стадії бродіння відповідають зміни хімічного складу сушла і певної концентрації дріжджових клітин. Під час спиртового бродіння в суслі відбуваються біологічні, біохімічні та фізико-хімічні процеси. Специфічним завданням бродильних апаратів, що використовуються в промисловості, є підтримання оптимальних температур під час бродіння і доброджування, герметичність, створення і підтримання необхідного тиску. Динаміка процесу бродіння залежить від концентрації поживних речовин для мікроорганізмів, їх кількості, температури навколишнього середовища тощо. Висота шару середовища важлива, оскільки визначає величину гідростатичного тиску і висотну нерівномірність енергетичного потенціалу розчиненого вуглекислого газу. Вміст вуглекислого газу в молодому пиві зазвичай становить близько 0,2 %.

Розчинність вуглекислого газу підвищується зі зниженням температури, тому для підтримки максимально можливої концентрації розчиненого газу в молодому пиві температуру перед передачею пива на бродіння знижують до 4...5 °С. [11].

Ця особливість дозволяє зробити висновок, що за допомогою цього нерівномірного потенціалу можна інтенсифікувати процеси масообміну, гомогенізації, бродіння тощо. Для цього достатньо організувати вертикальну циркуляцію суміші за рахунок того ж нерівномірного потенціалу. Циліндрично-конічні ферментери (ЦКБА) виготовляють висотою від десяти метрів і більше, що супроводжується технічними незручностями та

недоліками. З метою обмеження останнього та у зв'язку з наявністю сорочок охолодження запропоновані конструкції з компенсаторами гідростатичного тиску на кожусі реактора. У серійних ЦКБА для бродіння пива вуглекислий газ викидається в атмосферу через клапан граничного тиску з втратою відповідного енергетичного потенціалу. Поліпшення ситуації можна досягти шляхом використання модифікованого ЦКБА. Заповнення ресивера вуглекислим газом в процесі бродіння після чергового викиду частинок в атмосферу призводить до можливості створення пульсуючого впливу на навколишнє середовище. Подальший розвиток стосується системи, в якій ресивер використовується для запуску циркуляційного контуру. Забезпечення циліндричного корпусу з ресивером, клапаном і контролером управління клапаном дозволяє забезпечити гарантовану роботу, інтенсифікацію масообміну та процесів бродіння, можливість механічного гасіння піни, підвищення виходу та підвищення якості цільового продукту.

Аналізуючи основні переваги та недоліки всіх відомих способів бродіння та доброджування сусла, можна зробити висновок, що для скорочення тривалості процесу бродіння та зменшення втрат найкращим способом є поєднання головного бродіння та доброджування в модифікованих циліндрично-конічних ферментерах. (ЦКБА). Використання модифікованого ЦКБА має наступні основні переваги:

- зменшення втрат у рідкій фазі за рахунок відсутності втрат за рахунок зволоження трубопроводів між бродильним апаратом і апаратом для доброджування;
- зменшення площі шляхом поєднання процесів бродіння і доброджування;
- зниження витрат на додаткове обладнання;
- ЦКБА може значно покращити екологічний стан робочих місць, а крім того – значно підвищити продуктивність і знизити витрати виробництва. Можливість працювати з усіма сорочками охолодження в автономних режимах робить режим охолодження ЦКБА гнучким та ефективним;
- осадові дріжджі можна швидко видалити з ЦКБА [11].

Доброджування і дозрівання пива [17]. Показником дозрівання пива є розпад діацетилу, загальна кількість якого не повинна перевищувати $0,15 \text{ мг/дм}^3$. Коли його вміст досягає потрібного значення, конічну частину ЦКБА охолоджують етиленгліколем від температури 5°C до температури мінус 1°C . Процес бродіння триває 5...7 днів. Саме тоді формується аромат і смак пива.

Під час цього процесу і перед фільтрацією проводять зняття дріжджів.

Зріле нефільтроване пиво подається в сепаратор для відділення дріжджових залишків. Саме на сепараторі можна дозувати першу і останню фракцію фільтрації, яка не пройшла за щільністю 10...20 % до об'єму всієї партії пива. Потім пиво перекачується в буферну ємність для нефільтрованого пива, який використовується для уникнення гідравлічних ударів та з якого потім відкачується пиво для фільтрації.

Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива					Арк.
					22
Змн	Арк	№ док.ум	Підпис	Дата	

Саме в цей момент силікагелі зазвичай дозуються зі збірнику в пиво. Це стабілізуючі речовини, які зв'язують білки, що викликають помутніння, але практично не впливають на фракції, які позитивно впливають на піну. Їх додають в кількості 20...70 г/гЛ.

Силікагелі зазвичай виготовляють із сірчаної кислоти та рідкого натрієвого скла. Перевагу при виготовленні надають частинкам розміром 8...20 мкм з порами розміром 3...3,5 мкм, так як саме вони мають оптимальну здатність до адсорбування білків, що в подальшому викликають помутніння.

Холодне охмелення [11]. *Нoptower* (рис. 2.3) – тип обладнання призначений для установки в холодному цеху, який підключається до бродильних ємностей після завершення первинного бродіння, або до резервуарів для зберігання після фільтрації пива.

Метою холодного охмелення є розчинення в пиві ароматичних компонентів, відомих як ефірні олії, без збільшення гіркоти кінцевого продукту. Обладнання сконструйовано так, щоб площа контакту хмелю з пивом була максимальною.



Рис. 2.3 – Обладнання для холодного охмелення (Нoptower)

У цій системі можна використовувати хміль у гранулах. Специфічне розміщення впускних отворів дозволяє перекачувати пиво для активної циркуляції, що створює турбулентний потік і підвищує рівень екстрактивності зі скороченим часом контакту.

Устаткування працює за принципом мінімізації потрапляння кисню в потік пива і зведення на нуль пов'язаних з цим руйнівних процесів. Повний потік від бродильних апаратів до обладнання для холодного охмелення створюється за рахунок роботи насоса і надлишкового тиску. Використаний

хміль легко знімається через спеціальний отвір, а обладнання промивається через вбудовані мийні головки CIP.

Ця система підходить для холодного охмелення та ароматизації великих кількостей пива завдяки можливості завантаження великої кількості сировини.

Норmatic [11]. Обладнання можна встановити в потоці гарячого сусла перед теплообмінником. Основна мета цього способу охмелення — розчинити в суслі якомога більше смакових і ароматичних компонентів хмелю без збільшення одиниць гіркоти. Обладнання призначене для збільшення площі контакту поточного гарячого сусла з шишками хмелю, і таким чином активізації вилучення ароматичних компонентів хмелю. Відпрацьовані шишки хмелю можна легко видалити через спеціальний отвір, а обладнання можна промити за допомогою CIP-мийки, яка використовується на пивоварні. Оскільки елементи кислоти, що відповідають за гіркоту в хмелі, зберігаються в нерозчиненому вигляді, цей хміль можна використовувати при наступній варці як гіркоутворюючий компонент.

Цей тип обладнання рекомендується, якщо звичайного кип'ятіння з хмелем недостатньо для отримання пива з виразним хмелевим смаком і ароматом.

Норmaster (рис. 2.4). Цей тип обладнання призначений для використання у відділенні бродіння і підключається до бродильних апаратів після завершення первинного бродіння або до резервуарів для зберігання після фільтрації пива. Завдяки вбудованій магнітній мішалці збільшується відсоток екстрактивності при зменшеному часі контакту.



Рис. 2.4 – Обладнання для холодного охмелення (Норmaster)

Устаткування працює за принципом мінімізації потрапляння кисню в потік пива і зведення до нуля пов'язаних з цим процесів. Кошик фільтра запобігає потраплянню великих волокон у пиво. Ця система рекомендована

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Анк
						23
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Дата		

для холодного охмелення або ароматизації невеликих кількостей пива, однак її конструкція дозволяє технологу безпечно використовувати різні сорти і види хмелю [11].

Фільтрування пива. Мета фільтрування – зробити пиво настільки стійким, щоб воно не виявляло жодних видимих змін протягом тривалого часу і зберігало свій зовнішній вигляд. Нефільтроване пиво містить частинки, які викликають помутніння, а також залишки дріжджових клітин і бактерій, які не відокремилися шляхом осадження після головного бродіння.

Залежно від ступеня витримки вміст дріжджових клітин у нефільтрованому пиві може становити (приблизно) від 100 000 др кл/см³ до 1 000 000 др кл/см³, вміст бактерій має бути якомога нижчим. Велика кількість бактерій свідчить про погану санітарну обробку пивоварні, що неприпустимо.

Для фільтрації пива в основному використовуються кізельгурові фільтри кількох типів. В якості фільтруючого агента використовується кізельгур різного ступеня проникності. Ефективність фільтрації визначається кількістю мікроорганізмів, виявлених у відфільтрованому пиві.

Отже, метод фільтрації з використанням кізельгурових фільтрів дозволяє зменшити кількість дріжджових клітин в 1 дм³ пива зі 100 млн до 50 млн [3].

Намивні фільтри. Намивні фільтри – це фільтри, в яких фільтрація відбувається через допоміжну фільтруючу речовину, яка наноситься на фільтрувальні перегородки.

Для досягнення хорошого фільтруючого ефекту фільтруючий шар наноситься трьома способами:

- основний (попередній) шар – через деаеровану воду або фільтроване пиво циркулює фільтруючий матеріал з концентрованою суспензією крупного кізельгуру (діатоміту) при надлишковому тиску 0,2...0,3 МПа. Це утворює стійкий до зміни тиску базовий шар, який запобігає потраплянню дрібної діатомової фракції в фільтрат. Цей базовий шар є найважливішим елементом для подальшого нанесення кізельгуру та фільтрації в цілому. Частинки цього шару спираються одна на одну і взаємно перешкоджають їх подальшому переміщенню. Для основного шару використовують 700...800 г/м² або 70 % кізельгуру, який використовується для попередніх шарів.
- захисний шар – цей шар також промивається деаерованою водою або пивом, але в ньому використовуються менші фракції кізельгуру. Вони запобігають каламутності і зменшують засмічення фільтра. Всього на основні шари загальною товщиною 1,5...3 мм використовується 1000 г/м² кізельгуру. Процес триває 10...15 хвилин.
- дозування в потоці – необхідне для підтримки проникності кізельгуру, тобто продуктивності фільтра після початку фільтрації на постійному рівні. Необхідна постійна продуктивність, оскільки стрибки тиску або нерівномірний потік пива порушують шари, нанесені на сита або свічки, і пиво мутніє.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Анк
						25
Змн	Анк	№ докum	Підпис	Дата		

Підвищення різниці тиску проводять повільно і рівномірно до досягнення гранично допустимого надлишкового тиску 0,6...0,8 МПа. Витрата кізельгуру при фільтруванні складає 6,0...12,0 г/дал пива [17].

Намивний свічний фільтр. Намивний свічковий фільтр являє собою циліндричний вертикальний апарат з конічним дном, який витримує надлишковий тиск.

Фільтрувальні свічки – це фільтрувальні перегородки, на які намивається допоміжна фільтруюча речовина.

Фільтрація пива починається з нанесення основних шарів діатоміту, а закінчується, коли тиск досягає граничного значення. Пиво витискають деаерованою водою.

Кізельгур видаляють у пастоподібному або рідкому вигляді. Попередньо кізельгур звільняють від свічок компресами стисненого повітря або стисненого повітря з водою. Фільтр промивають у протитоці. Потік води чергується з подачею стисненого повітря, що призводить до утворення вихрів і повітряних поштовхів.

На останньому етапі фільтр і всі труби стерилізуються підкисленою гарячою водою, після чого фільтр готовий до наступної фільтрації [17].

Переваги свічкового намивного фільтра:

- навантаження на фільтруючий елемент до 9 кг/м;
- створюється оптимальний потік для рівномірного розподілу кізельгуру;
- можливість видалення кізельгуру, як у вологому, так і в сухому стані;
- легка автоматизація процесу;
- мінімальні витрати води при митті протитоком;
- висока якість.

Таким чином, у кваліфікаційній роботі буде використаний свічковий намивний фільтр.

Карбонізація пива [11]. Пиво зазвичай утримує вуглекислий газ перед розливом у пляшки, але якщо пиво втратило вуглекислий газ через низький надлишковий тиск або високу температуру, може знадобитися доповнити вміст вуглекислого газу в пиві перед розливом у пляшки.

Втрачений вуглекислий газ можна замінити. Цей процес називається карбонізацією і для його здійснення потік пива направляється через карбонізатор.

На багатьох пивоварнях концентрація вуглекислого газу в пиві встановлюється на рівні, необхідному для розливу в кеги і банки, а розливне пиво додатково карбонізується. Для виробництва пива з різною насиченістю вуглекислого газу альтернативою може бути подача різного тиску на шпунт. У карбонізаторі вуглекислий газ вприскується в потік пива.

Для розчинення вуглекислого газу в пиві використовують карбонізатор, який має вигляд довгої вигнутої труби. При цьому вуглекислий газ повинен добре диспергуватися в пиві, а згодом повинен розчинитися; розчинення діоксиду вуглецю в пиві спочатку не стабільне; зв'язування вуглекислого газу відбувається лише через деякий час.

Зберігання готового пива (форфаси). Після фільтрації пиво має «відпочити». Це необхідно для того, щоб пиво не пінилося під час розливу і встановлювалися зв'язки між молекулами білка та молекулами CO₂. У ємностях після фільтрації пиво має відстоятися не менше 24 годин. При відстоювання пиво слід зберігати при температурі 0...4 °С і тиску 0,9...1,1 МПа [3].

2.3.1 Техніко-економічний аналіз прийнятих проектних рішень

1. В кваліфікаційній роботі було прийнято суміщений спосіб зброджування пивного сусла, доброджування і дозрівання пива в апаратах великої одиничної потужності ЦКБА. Це дозволяє забезпечити прискорення процесу у 2 рази, збільшити насиченість діоксидом вуглецю, стабілізувати органолептичні показники для кожної партії пива, досягти економії капітальних витрат.
2. Забезпечення циліндричного корпусу ресивером з клапаном та контролером керування дає можливість гарантованої роботи, дозволяє інтенсифікувати процеси масообміну і бродіння, передбачає механічне гасіння піни, а також підвищення виходу та покращення якості цільового продукту.
3. Передбачено холодне охмелення в обладнанні типу Hoptower для кращого розчинення ароматичних компонентів в пиві на етапі доброджування, не збільшуючи при цьому гіркоти кінцевого продукту.
4. Наприкінці процесу доброджування передбачено охолодження конічної частини апарату до температури 0,5 °С, що забезпечить краще відділення дріжджів і сприятиме підвищеній стійкості, полегшенню процесу фільтрації і зниженню втрат.
5. Роботою передбачено сепарування дріжджів перед фільтруванням для інтенсифікації процесу фільтрування. Це дозволяє досягти скорочення втрат пива і покращення його якості.

2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Охолоджене сусло з варильного відділення задають у циліндро-конічний бродильний апарат 3, попередньо насичуючи повітрям у аераторі 1. Аерацію розраховують таким чином, щоб забезпечити вміст кисню в суслі 6...14 мг/дм³.

Деяку частину сусла (45...50 гл) подіють у стерилізаторі 5, де проходить його стерилізація парою до температури 100 °С. Далі сусло охолоджують до температури 15...16 °С, передають у пропагатор 6 та вносять дріжджі із колб Карлсберга. Розведення ЧКД в пропагаторі триває 40...48 год. Вирощенні у дріжджі подають у збірник насінєвих дріжджів 7 для зберігання. Дріжджі у циліндро-конічний бродильний апарат задаються у потоці разом із суслом через дозатор дріжджів 2. Надлишкові дріжджі знімають з ЦКБА та через сепаратор 11, та подають на регенерацію та зберігання у збірнику надлишкових дріжджів 8.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива	Арк.
						26
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

З удосконаленням процесу доброджування пиво з ЦКБА поступає в ємність для холодного охмелення (Hoptower) 4, де відбувається розчинення ароматичних компонентів хмелю в пиві.

Зброджене пиво подають у буферну ємність 12, звідки відцентровим насосом 10 перекачують у свічний кізельгуровий фільтр 15. Кізельгур задається дозатором 14 із ємності для кізельгуру 13. Відфільтроване пиво відцентровим насосом 10 подають у форфас 16. Із форфасу готове пиво поступає на розлив.

					<i>Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пива з інтенсифікацією головного бродіння та доброджування пива</i>	Арк.
						27
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Характеристика проєктованих сортів пива

Традиційно пиво виготовляється з води, ячмінного солоду, хмелю, пивних дріжджів. Часто при виробництві додатково застосовуються також несолоджені матеріали, а саме непророщене рисове, ячмінне, кукурудзяне зерно та борошно, а також інша сировина, яка містить вуглеводи, та інші допоміжні інгредієнти.

У кваліфікаційній роботі розглянуто пиво світле Прибалтійське та Світлий колос та пиво темне Темний рицар. Рецептатура проєктованих сортів пива наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 — Рецептатура проєктованих сортів пива

Найменування сорту пива	Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	Витрата зернопродуктів на 1 дал		Гіркот а суслу, г/дал	Примітка
		Найменування зернопродукту	%		
Прибалтійське	11,0	Солод світлий Рисова січка	84 16	0,99	світле
Світлий колос	12,5	Солод світлий Ячмінь	70 30	0,99	світле
Темний рицар	15,0	Солод світлий Солод карамельний Солод темний	65 25 10	0,72	темне

Пиво багате корисними речовинами, а саме вітамінами, мінералами та мікроелементами.

Органолептичні та фізико-хімічні показники якості пива за ДСТУ 3888:2015 «Пиво. Загальні технічні умови» наведені в табл. 3.2-3.5 [5].

Таблиця 3.2 – Органолептичні показники якості проєктованих сортів пива

Назва показника	Характеристика					
	фільтроване			нефільтроване: освітлене та неосвітлене		
	світле	напівтемне	темне	світле	напівтемне	темне
1	2	3	4	5	6	7
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень не властивих пиву. Для пшеничного пива допустима опалесценція			Непрозора піниста рідина або прозора з опалесценцією без сторонніх включень не властивих пиву. Допустима наявність дріжджового осаду та часточок білково-дубильних сполук		
Аромат	Чистий, зброджений, солодовий, хмелевий без сторонніх запахів			Чистий, зброджений, солодовий, хмелевий без сторонніх запахів Допустимий слабкий дріжджовий аромат		
	Для пшеничного пива властивий пряний (фенольний) аромат					

					Характеристика проєктованої продукції	Анк
						28
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Закінчення табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
Смак	Чистий, зброджений, солодовий з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків	Чистий, зброджений, солодовий з помірним присмаком карамельного або паленого солоду, з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків.	Чистий, зброджений, солодовий з вираженою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків. присмаком карамельного або паленого солоду, з хмелювою	Чистий, зброджений, солодовий з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, з присмаком дріжджів, без сторонніх присмаків.	Чистий, зброджений, солодовий з помірним присмаком карамельного або паленого солоду, з присмаком дріжджів, з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків	Чистий, зброджений, солодовий з вираженим присмаком карамельного або паленого солоду, з присмаком дріжджів, з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків.
Для пшеничного пива властивий пряний присмак.						

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники якості проєктованих сортів пива

Тип пива	Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	Масова частка спирту, %, не менше	Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ пива	Колір, см ³ , 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ води	Масова частка діоксиду вуглецю, %, не менше
Прибалтійське	11	2,8	1,2-2,8	0,2-1,8	0,30
Світлий колос	12,5	3,4	1,3-3,2	0,2-1,8	0,33
Темний рицар	15	4,0	1,6-3,3	Більше 4,0	0,33
Стійкість пива, діб, не менше					
Фільтроване	Пастеризоване		30	30	30
	Непастеризоване		7	8	8
Нефільтроване	Освітлене		5	5	5
	Неосвітлене		3	3	3

Таблиця 3.4 – Мікробіологічні показники пива

Найменування показника	Норма				Метод випробування
	Непастеризоване		Пастеризоване		
	пиво в пляшках з масовою часткою сухих речовин, %		пиво розливе фільтроване та нефільтроване	пиво в пляшках, металевих банках та інших видах споживчої тари	
	8 – 11,5	12 - 20			
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), БГКП	не допускаю-ть ся в 3 см ³	не допускають ся в 10 см ³	не допускаються в 1 см ³	не допускаються в 10 см ³	Згідно з ГОСТ 30518
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, не більше ніж, КУО/см ³	-	-	-	5·10 ²	Згідно з ГОСТ 18963
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Сальмонела	не допускаю-ть ся в 25 см ³	не допускають ся в 25 см ³	не допускаються в 25 см ³	не допускаються в 25 см ³	Згідно з порядком Державного санітарного нагляду

Таблиця 3.5 - Вміст важких металів та радіонуклідів

Найменування показника	Допустимий рівень, мг/кг, не більше ніж	Метод випробування
Свинець	0,3	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Кадмій	0,03	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Ртуть	0,005	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Цинк	10,0	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Мідь	5,0	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Миш'як	0,2	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Цезій 137, БК/кг	600,0	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Стронцій 90, БК/кг	200,0	Згідно з ДСТУ 3888-2015

Органолептична оцінка пива здійснюється за наступними показниками: прозорість, колір, смак, аромат, хмелеву гіркоту, насиченість діоксидом вуглецю, піноутворення та піностійкість пива. Максимальна дегустаційна оцінка — 25 балів, яка складається з оцінки прозорості — 3, кольору — 3, смаку — 5, хмелевої гіркоти — 5, аромату — 4 і піностійкості — 5. Загальна дегустаційна оцінка світлого пива наведена в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 — Загальна оцінка якості пива

Оцінка	Загальний бал
відмінно	22...25
добре	19...21
задовільно	13...18
незадовільно	12 і менше

3.2 Характеристика сировини

До основної сировини, що використовується при виробництві пива відносять ячмінний солод, несолоджений ячмінь, гранульований та ароматичний хміль. Також надзвичайно важливу роль відіграє вода.

У табл. 3.7 наведено характеристики зернової сировини [20].

Таблиця 3.7 – Характеристики зернової сировини

Сировина	Вологість, %	Екстрактивність, %	Насипна густина, кг/м ³
Солод світлий	5,6	76,0	530
Солод темний	5,0	74,0	530
Карамельний солод	6,0	72,0	530
Рисова січка	11,0	80,0	500
Ячмінь	13,0	74,0	400

У табл. 3.8 наведені органолептичні та фізико-хімічні показники ячменю згідно ДСТУ 3769:98 «Ячмінь. Технологічні вимоги» [5].

Таблиця 3.8 – Органолептичні та фізико-хімічні показники ячменю

Показники	Вимоги до зерна ячменю, яке використовують у пивоварінні	
	1 класу	2 класу
Колір	Світло-жовтий або жовтий	Світло-жовтий, жовтий або сірувато-жовтий
Вологість, %, не більше	14,5	15,0
Натура, г/л, не менше	Не регламентується	
Маса 1000 зерен, гр., не менше	40,0	38,0
Масова частка білка, %, не більше	11,0	11,5
в тому числі:		
- мінеральна домішка	0,5	0,5
в тому числі:		
- галька	0,1	0,1
- шлак і руда	0,05	0,05
- зіпсовані зерна	У границях норми загального вмісту смітної домішки	
- вівсюг		
фузаріозні зерна	Не допускається	
шкідлива домішка	0,2	0,2
в тому числі:		
- ріжки і сажка	0,1	0,1
- ходесма сива	Не допускається	
Зернова домішка, %, не більше	2,0	5,0
Дрібні зерна, %, не більше	5,0	7,0
Крупність, %, не менше	85,0	70,0
Здатність до проростання, %, не менше	95,0	92,0
Життєздатність, %, не менше	95,0	95,0
Зараженість шкідниками	Не допускається	

Пивоварний ячмінь, якість якого не відповідає вище перерахованим показникам не приймається і підлягає поверненню постачальнику.

Органолептичні показники світлого, темного та карамельного солоду наведені у таблиці 3.9, а фізико-хімічні у таблиці 3.10 згідно з ДСТУ 4282:2004 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови» [7].

Таблиця 3.9 – Органолептичні показники світлого, темного, карамельного солоду

Назва показника	Характеристики світлого і темного солоду	Характеристики карамельного солоду
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, що не містить запліснявілих та пошкоджених зерен.	Однорідна зернова маса, що не містить запліснявілих та пошкоджених зерен.
Колір	Для солоду високої якості - від світло-жовтого до жовтого. Для солоду I та II класу дозволено сірувато- жовтий.	Від світло-жовтого до брунатного з глянцеvim відливом.
Запах	Солодовий, більш концентрований у темного солоду. Не дозволено кислий, запах плісняви та інші не властиві солоду.	Солодовий. Не дозволено: пригорілий, затхлий і пліснявий та інші не властиві солоду.
Смак	Солодовий, солодкуватий. Не дозволено сторонній присмак.	Солодовий, солодкуватий. Не дозволено сторонній присмак.

Таблиця 3.10 – Фізико-хімічні показники солоду

Назва показника	Норми для світлого солоду			Темного	Карамельного
	Високої якості	1 класу	2 класу		
1	2	3	4	5	6
Прохід через сито (2,2×20 мм), %, не більше	2,0	3,0	7,0	7,0	7,0
Масова частка смітної домішки, %, не більше	Не дозволено	0,3	0,5	0,3	0,3
Кількість зерен, %:					
Мучнистих, не менше	90,0	85,0	80,0	90,0	90,0
Склоподібних, не більше	2,0	4,0	8,0	5,0	5,0
Темних, не більше	Не дозволено	Не дозволено	4,0	10,0	10,0
Вологість, %, не більше	4,0	5,0	5,8	5,0	5,0
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду тонкого помелу, %, не менше	80,0	78,5	76,0	74,0	75,0
Різниця масових часток екстрактів у сухій речовині солоду тонкого і грубого помелу, %	1,0-1,5	1,6-2,5	Не більше 3,5	Не більше 3,5	Не більше 3,6

Закінчення табл. 3.10

1	2	3	4	5	6
Масова частка білкових речовин у сухій речовині солоду, %, не більше	10,5	11,0	11,5	—	
Розчинний азот у солоді (на сухій основі), %	0,75-0,70	0,69-0,65	0,64-0,55	—	
Тривалість оцукрення, хв., не більше	10,0	15,0	25,0	—	
Лабораторне сусло:					
Колір, см ³ розчину йоду концентрацією 0,1моль/дм ³ на 100 см ³ води	Не більше 0,18	Не більше 0,23	Не більше 0,40	0,49-1,40	0,49-1,40
Кислотність, см ³ розчину гідроксиду натрію концентрацією 1,0 моль/дм ³ на 100 см ³ суслу	0,9-1,1	0,9-1,2	0,9-1,3	-	
Прозорість (візуально)	Прозоре	Прозоре	Дозволена незначна опалесценція	-	
Кінцевий ступінь зброджування, %	79-81	75-78	74-70	-	
В'язкість, МПа.с за 20 °С	1,45-1,54	1,55-1,60	1,61-1,78	-	

У таблиці 3.11 наведені обмежувальні норми якості гранульованого хмелю згідно ДСТУ 7028:2009 «Гранули хмелю. Технічні умови» [9].

Таблиця 3.11 – Обмежувальні норми якості хмелю гранульованого

Назва показника	Норма
Колір	Від світло-зеленого до зеленого на поверхні гранул і на їх зламі
Кондуктометричний показник гіркоти (масова частка альфа-кислот), % у сухій речовині	не менше 2,5
Вологість, %	7-10
Запах	чисто хмелевий
Вміст не хмелевих домішок	не допускається
Наявність плісняви	не допускається

Фізико-хімічні показники рисової січки наведені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Фізико-хімічні показники рисової січки

Найменування показника	Норма
Вміст крохмалю, %	88,0
Вміст азотистих речовин, %	6,0
Вміст клітковини, %	0,3
Доброякісне ядро, %, не менше	98,2
Смітна домішка, %, не більше	0,8
Мінеральні домішка, %, не більше	0,1
Квіткові плівки, %, не більше	0,05

Обов'язковою сировиною у виробництві пива є вода. Для її характеристики наводимо вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», а далі специфічні вимоги до підготовленої технологічної та технічної води.

У табл. 3.13 наведена характеристика води для виробництва пива згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4].

Таблиця 3.13 – Показники якості води для пивоваріння

Назва показника	Оптимальні значення показника		Граничні значення показника
	За класичною технологією	Для розбавлення пива з високою густиною	
Водневий показник (рН)	6,0...7,0	6,0...7,0	6,0...9,0
Жорсткість води загальна, ммоль/дм ³	2...4	не більше 2	не більше 7,0
Кальцій, ммоль/дм ³	2...4	не більше 2, для запобігання помутнінню	Кальцій та магній в сумі не більше 7,0
Магній, ммоль/дм ³	Сліди	Сліди	
Співвідношення кальцію до магнію, не менше	1:1	1:1	1:1
Лужність загальна, ммоль/дм ³	0,5...1,5	Сліди	0,5...6,5
Співвідношення Са до лужності (показник лужності), не менше	1,0	1,0	1,0
Залізо, мг/дм ³ , не більше	0,1	0,1	0,3
Хлориди, мг/дм ³ , не більше	70	70	150
Сульфати, мг/дм ³ , не більше	150	150	200
Нітрати, мг/дм ³ , не більше	25	25	45
Марганець, мг/дм ³ , не більше	0,05	0,05	0,1
Сірководень, мг/дм ³ , не більше	0	0	0
Алюміній, мг/дм ³ , не більше	0,5	0,5	0,5
Цинк, мг/дм ³	0,14...5,0	0,14...5,0	0,14...5,0

					Характеристика проекрованої продукції	Анк
						34
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Дата		

1	2	3	4
Мідь, мг/дм ³ , не більше	0,5	0,5	1,0
Окислюваність, мг О ₂ /дм ³ , не більше	2,0	2,0	4,0
Сухий залишок, мг/дм ³ , не більше	500	200	1000
Кисень, мг/дм ³ , не більше	-	0,1	-
Хлор та хлорфеноли	-	Відсутні	-
Температура	-	Аналогічна пивові	-

У табл. 3.14 наведені мікробіологічні показники технологічної води згідно ДСанПін 2.2.4-171-10 [4].

Таблиця 3.14 - Мікробіологічні показники технологічної води

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

В процесі затирання та приготування пивного суслу за необхідністю проводиться реагентне корегування окремих показників води (рН, лужність і жорсткість).

Головним показником для оцінки технологічних властивостей води для виробництва пива є співвідношення тих іонів, які найбільше впливають на активну кислотність середовища. Величина рН складної буферної системи ячмінно-солодового затору формується завдяки, в основному, вмісту фосфат-іонів Н₂РО₄⁻, НРО₄⁻, РО₄⁻, які переходять в розчин із сировини. Зміни рН відбуваються, якщо порушується іонна рівновага внаслідок дії катіонів та аніонів води на фосфат-іони.

Для виробництва пива Світлий колос передбачене використання ферментного препарату Матурекс виробника Новозаймс, Данія. Основну ферментативну активність при застосуванні даного ферментного препарату показує фермент α-ацетолактатдекарбоксилаза.

Ферментний препарат застосовують для інтенсифікації процесу бродіння та доброджування. Виробником рекомендовано задачу ферментного препарату в кількості 10...200 од. акт./дм³ суслу; час дії – залежно від технологічної задачі.

3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

Вимоги до якості основних і допоміжних матеріалів наведені в табл. 3.15 [8, 14].

Таблиця 3.15 – Характеристика основних і допоміжних матеріалів

Найменування матеріалу	Характеристика	Нормативна документація
Молочна кислота 100 %-ва	Сиропоподібна, прозора рідина без осаду та муті зі слабким, характерним для молочної кислоти запахом. Кислий смак, без стороннього присмаку. Масова частка загальної молочної кислоти не менше ніж $40,0 \pm 1,0$ %, в т.ч., що прямо титрується, не менше ніж 37,5 %. Кислотність не більше ніж 6,5 °. Масова частка, не більше ніж, %, ангідридів – 2,5, золи – 0,6.	ДСТУ 4621:2006
Хлорид кальцію	Містить – CaCl_2 . Важкі метали, не більше, в мг/кг: кадмій – 0,05; свинець – 1,0; ртуть – 0,02; миш'як – 1,0; цинк – 50,0; мідь – 25,0.	За документацією виробника
Пляшки полімерні	Видуються з поліетилен-терефталату вітчизняного виробництва	ТУУ 6-002096 51.1 27-97
Кеги	Використовують для герметизації пляшок	За документацією виробника
Ковпачок полімерний з прокладкою	Надрукована на поліпропіленовій стрічці, зберігається у вигляді бухти по 15000...20000 шт.	ТУУ 21643937.001-2000
Етикетка поліпропіленова	Для пляшок друкують на папері густиною 70...80 г/дм ²	ТУУ 22.1-16476839-001-04
Етикетка і кольєретка	Зберігають за температури + 15...+25 °С та відносній вологості 40...60%, захищеним від прямих сонячних променів. Термін придатності 4 місяці.	ТУУ 21.2-20625995001-2002
Клей декстрин	Сиропоподібна, прозора рідина без осаду та муті зі слабким, характерним для молочної кислоти запахом. Кислий смак, без стороннього присмаку. Масова частка загальної молочної кислоти не менше ніж $40,0 \pm 1,0$ %, в т.ч., що прямо титрується, не менше ніж 37,5 %. Кислотність не більше ніж 6,5 °. Масова частка, не більше ніж, %, ангідридів – 2,5, золи – 0,6.	ТУ У 24.6-31635720-002-2008

4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

Технологічні розрахунки продуктів виробництва пива складаються з розрахунку витрат сировини, об'єму напівпродуктів та відходів виробництва на одиницю готової продукції. Витрати для розрахунку обирають з урахуванням сучасної технології виробництва, чинних нормативів і досягнень підприємств галузі [12].

Кваліфікаційною роботою передбачено випуск пива Прибалтійське з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 11 %, Світлий колос з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 12,5 %, Чорний рицар з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 15 %. Продуктивність заводу 4,5 млн дал/рік.

Асортимент та обсяг виробництва проєктованих сортів пива наведено в табл. 2.1, а рецептура – в табл. 3.1.

Характеристика сировини, яка використовується для приготування обраних сортів пива наведена в табл. 3.7.

Втрати на стадіях виробництва пива наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Втрати на стадіях виробництва пива

Втрати	Пиво з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі, %		
	11 %, Прибалтійське	12,5 %, Світлий колос	15 %, Чорний рицар
Екстракту:			
з пивною дробиною, % від маси зернопродуктів	1,75	2,2	2,2
з хмельовою дробиною, шламом під час сепарування, стискування, під час охолодження, на змочування трубопроводів, % від об'єму гарячого суслу	5,8	6,35	6,0
У цеху бродіння, % від об'єму холодного суслу	2,5	2,2	2,3
Під час доброджування та фільтрування, % від об'єму молодого пива	1,75	2,2	2,2
Під час розливу, % від об'єму фільтрованого пива:			
у пляшки (за вирахуванням поверненого пива)	2,5	2,5	2,5
Загальні видимі з рідкою фазою (від гарячого суслу до готового пива)	2,5	2,5	2,5
Загальні дійсні з рідкою фазою (від суслу у варильному цеху, приведеного до 20 °С, до готового пива), % від об'єму суслу, приведеного до 20 °С	12,0	12,8	12,8
Під час пастеризації пива в пляшках, % від об'єму пастеризованого пива	8,3	9,3	9,2

4.2 Продуктові розрахунки

Пиво Прибалтійське з початковою концентрацією сусла 11 % готують із застосуванням 84 % ячмінного світлого солоду та 16 % рисової січки, тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 84 кг солоду світлого та 16 кг рисової січки.

З урахуванням вологості солоду 5,6 % і рисової січки 11 % в заторі міститься сухих речовин:

$$\text{в солоді} - 84 \cdot (1 - 0,056) = 79,296 \text{ кг.}$$

$$\text{в рисовій січці} - 16 \cdot (1 - 0,11) = 14,24 \text{ кг.}$$

Всього кількість сухих речовин, яка надходить на подрібнення:

$$14,24 + 79,296 = 93,536 \text{ кг.}$$

Прийmemo екстрактивність солоду 76 %, а рисової січки 80 % від маси сухих речовин. Вміст екстрактивних речовин в сировині:

$$\text{в солоді} - 79,296 \cdot 0,76 = 60,26 \text{ кг.}$$

$$\text{в рисовій січці} - 14,24 \cdot 0,8 = 11,392 \text{ кг.}$$

Всього екстрактивних речовин міститься $60,26 + 11,392 = 71,652$ кг.

Частина екстракту (1,75 % від маси продуктів, що затираються) втрачається з дробиною, тому в сусло перейде екстрактивних речовин:

$$71,652 \cdot (1 - 0,0175) = 70,398 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$93,536 - 70,398 = 23,138 \text{ кг.}$$

Пиво Світлий колос з концентрацією початкового сусла 12,5% готують із застосуванням 70 % ячмінного світлого солоду і 30 % несолодженого ячменю, тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 70 кг світлого солоду і 30 кг ячменю.

З урахуванням вологості солоду 5,6 % і ячменю 13 % кількість сухих речовин в заторі:

$$\text{в солоді} - 70 \cdot (1 - 0,056) = 66,08 \text{ кг;}$$

$$\text{в ячмені} - 30 \cdot (1 - 0,13) = 26,1 \text{ кг.}$$

$$\text{Всього: } 66,08 + 26,1 = 92,18 \text{ кг.}$$

Прийmemo екстрактивність ячмінного солоду 76 % , а ячменю – 74 % від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині:

$$\text{в солоді} - 66,08 \cdot 0,76 = 50,22 \text{ кг;}$$

$$\text{у ячмені} - 26,1 \cdot 0,74 = 19,314 \text{ кг.}$$

					Технологічні розрахунки	Арк
						38
Змн	Арк	№ доквм	Піліпис	Лата		

Всього екстрактивних речовин міститься: $50,22 + 19,314 = 69,534$ кг.

Частина екстракту (2,2 % від маси продуктів, що затираються) втрачається з дробиною, тому в сусло перейде екстрактивних речовин:

$$69,534 \cdot (1 - 0,022) = 68 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$92,18 - 68 = 24,18 \text{ кг.}$$

Пиво Чорний рицар з початковою концентрацією сусла 15 % готують з: ячмінного світлого солоду – 65 %, темного солоду – 10 %, карамельного солоду – 25 %.

З урахуванням вологості світлого солоду 5,6 %, темного солоду 5 %, карамельного солоду 6 %, кількість сухих речовин:

$$\text{в світлому солоді} - 65 \cdot (1 - 0,056) = 61,36 \text{ кг;}$$

$$\text{в темному солоді} - 10 \cdot (1 - 0,05) = 9,5 \text{ кг;}$$

$$\text{в карамельному солоді} - 25 \cdot (1 - 0,06) = 23,5 \text{ кг;}$$

Отже, кількість сухих речовин в сировині, яка поступає на подрібнення:

$$61,36 + 9,5 + 23,5 = 94,36 \text{ кг.}$$

При екстрактивності світлого ячмінного солоду 76 %, темного – 74 %, карамельного – 72 % від маси сухих речовин на затирання надходить:

$$\text{зі світлим солодом} - 61,36 \cdot 0,76 = 46,63 \text{ кг;}$$

$$\text{з темний солодом} - 9,5 \cdot 0,74 = 7,03 \text{ кг;}$$

$$\text{з карамельним солодом} - 23,5 \cdot 0,72 = 16,6 \text{ кг;}$$

Всього в сировині міститься $46,63 + 7,03 + 16,6 = 70,26$ кг.

Екстрактивних речовин (при втраті з дробиною 2,2 %) в сусло переходить:

$$70,26 \cdot (1 - 0,022) = 68,71 \text{ кг.}$$

В дробині залишається сухих речовин:

$$94,36 - 68,71 = 25,65 \text{ кг.}$$

Визначення проміжних продуктів

Гаряче сусло. Згідно до проведених розрахунків, в сусло переходить така кількість екстрактивних речовин:

$$\text{Прибалтійське} - 70,398 \text{ кг;}$$

$$\text{Світлий колос} - 68 \text{ кг;}$$

					Технологічні розрахунки	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Чорний рицар – 68,71 кг.

З урахуванням встановленої концентрації Прибалтійське – 11%, Світлий колос – 12,5% та Чорний рицар – 15% із отриманої кількості екстрактивних речовин отримують сусла:

Прибалтійське – $70,398 \cdot 100 / 11 = 640$ кг;

Світлий колос – $68 \cdot 100 / 12,5 = 544$ кг;

Чорний рицар – $68,71 \cdot 100 / 15 = 458$ кг.

Об'єм сусла за температури 20 °С (при відносній густині сусла Прибалтійське – 1,04420, Світлий колос – 1,05050, Чорний рицар – 1,06115):

Прибалтійське – $640 / 1,04420 = 612,9$ дм³;

Світлий колос – $544 / 1,05050 = 517,84$ дм³;

Чорний рицар – $458 / 1,06115 = 431,6$ дм³.

Об'єм гарячого сусла розраховують з урахуванням його теплового розширення в 1,04 рази:

Прибалтійське – $612,9 \cdot 1,04 = 637,41$ дм³;

Світлий колос – $517,84 \cdot 1,04 = 538,55$ дм³;

Чорний рицар – $431,6 \cdot 1,04 = 448,86$ дм³.

Холодне сусло. Відповідно з нормами технологічних втрат втрати сусла у відстої при сепаруванні та на змочування трубопроводів приймають для пива Прибалтійське – 5,8 % Світлий колос – 6,35 %, Чорний рицар – 6,0 % до об'єму гарячого сусла, приведенного до об'єму за температури 20 °С.

Отже, об'єм холодного сусла:

Прибалтійське – $637,41 \cdot (1 - 0,058) = 600,44$ дм³;

Світлий колос – $538,55 \cdot (1 - 0,0635) = 504,35$ дм³;

Чорний рицар – $448,86 \cdot (1 - 0,060) = 421,92$ дм³.

Фільтроване пиво. Втрати у бродильному і фільтраційному відділенні складають до об'єму пива: Прибалтійське - 2,5 %, Світлий колос – 2,2 %, Чорний рицар – 2,3 %. З урахуванням втрат кількість фільтрованого пива:

Прибалтійське – $600,44 \cdot (1 - 0,025) = 585,43$ дм³;

Світлий колос – $504,35 \cdot (1 - 0,022) = 493,25$ дм³;

Чорний рицар – $421,92 \cdot (1 - 0,023) = 412,21$ дм³.

Готове пиво. Втрати готового пива до об'єму відфільтрованого пива при розливі пляшки складають для всіх проєктованих сортів пива 2,5 %.

					Технологічні розрахунки	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, кількість готового пива буде:

$$\text{Прибалтійське} - 585,43 \cdot (1-0,025) = 570,8 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Світлий колос} - 493,25 \cdot (1-0,025) = 480,92 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Чорний рицар} - 412,21 \cdot (1-0,025) = 401,9 \text{ дм}^3.$$

Сумарні видимі втрати по рідкій фазі розраховують за різницею об'ємів гарячого сусла і готового пива:

$$\text{Прибалтійське} - 640 - 570,8 = 69,2 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Світлий колос} - 544 - 480,92 = 63,08 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Чорний рицар} - 458 - 401,9 = 56,1 \text{ дм}^3.$$

або ж у % до об'єму гарячого сусла:

$$\text{Прибалтійське} - 69,2 \cdot 100 / 640 = 10,81 \text{ \%};$$

$$\text{Світлий колос} - 63,08 \cdot 100 / 544 = 11,59 \text{ \%};$$

$$\text{Чорний рицар} - 56,1 \cdot 100 / 458 = 12,24 \text{ \%}.$$

4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів

Хміль та хмелепродукти. Витрати хмелю при виробництві пива розраховують за формулою [20]:

$$H_{\text{п}} = \frac{G_{\text{с}} \cdot 10^6}{(\alpha + 1) \cdot (100 - W) \cdot (100 - B_{\text{тр}})},$$

де $H_{\text{п}}$ – норма хмелю на 1 дал готового пива; $G_{\text{с}}$ – норма гірких речовин на 1 дал гарячого сусла; α – масова частка α -кислот, %; 1 – величина гіркоти β -фракцій в хмелі, %; W – масова частка вологи в хмелі, %; $B_{\text{тр}}$ – втрати по рідкій фазі, %.

Прибалтійське. Для виробництва використано сорт хмелю Магнум, $G_{\text{с}}$ становить 0,99, вміст α -кислоти – 11 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до готового пива – 10,81 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$H_{\text{п}} = \frac{0,99 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(11 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 10,81)} = 10,51 \text{ г/дал.}$$

Світлий колос. Для виробництва використано сорт хмелю Магнум, $G_{\text{с}}$ становить 0,99, вміст α -кислоти – 11 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до готового пива – 11,59 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$H_{\text{п}} = \frac{0,99 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(11 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 11,59)} = 10,60 \text{ г/дал.}$$

Чорний рицар. Для виробництва використано сорт хмелю Нагет, $G_{\text{с}}$ становить 0,72, вміст α -кислоти – 9,5%. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до готового пива – 12,24 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

					Технологічні розрахунки	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_n = \frac{0,72 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(9,5 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 12,24)} = 8,87 \text{ г/дал.}$$

Ферментні препарати. Для виробництва пива Чорний рицар 15 %-го рецептурою передбачено використання 100 % ячмінного солоду, тому ферментні препарати не застосовуються.

Для виробництва пива Прибалтійське 11 %-го рецептурою передбачено використання 84 % ячмінного світлого солоду та 16 % рисової січки, тому ферментні препарати не застосовуються.

Для виробництва Світлий колос пива 12,5 %-го рецептурою передбачено використання 70 % ячмінного світлого солоду, 30 % – ячменю та амілолітичний ферментний препарат з активністю амілазних одиниць/г. На 1 т зерно продуктів необхідно 10 тис. амілазних одиниць, а на 1 дал пива:

$$\frac{2,079 \cdot 1000}{1000 \cdot 100} = 0,0208 \text{ г,}$$

де – 2,079 витрата зернопродуктів на виробництво 1 дал 13 %-го темного пива, кг.

Молочна кислота. Витрату для підкислення затору розраховують як 0,08 кг 100 %-ї молочної кислоти на 100 кг зернової сировини або 0,2 кг 40 %-ї молочної кислоти до маси зернопродуктів [8].

Визначення кількості відходів.

Пивна дробина. Кількість пивної дробини, що утворюється з вологістю 86 % розраховують множенням кількості СР, що залишилися в дробині, на коефіцієнт 7,14. Кількість пивної дробини, що утворюється при варці пивного сусла:

Прибалтійське – $23,138 \times 7,14 = 165,2 \text{ кг;}$

Світлий колос – $24,18 \times 7,14 = 172,64 \text{ кг;}$

Чорний рицар – $25,65 \times 7,14 = 183,141 \text{ кг.}$

Білковий відстій. На кожні 100 кг витрачених зернопродуктів незалежно від найменування пива утворюється 1,75 кг білкового відстою з вологістю 80 %.

Надлишкові дріжджі. Витрати дріжджів з вологістю 86 % на 10 дал пива за умови головного бродіння сусла і доброджування пива в циліндрично-конічних бродильних апаратах ЦКБА – $1,53 \text{ дм}^3$.

Зазвичай половину надлишкових дріжджів можна використати в якості засівних, інша половина – є відходом. Кількість дріжджів, що йде на відходи, розраховують множенням кількості готового пива в дм^3 на 0,01:

Прибалтійське – $570,8 \times 0,01 = 5,708 \text{ дм}^3;$

					Технологічні розрахунки	Анк
						42
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\text{Світлий колос} - 480,92 \times 0,01 = 4,8092 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Чорний рицар} - 401,9 \times 0,01 = 4,019 \text{ дм}^3.$$

Діоксид вуглецю. З рівняння спиртового бродіння розраховують, що із 342 г збродженої мальтози утвориться 176 г діоксиду вуглецю. Приймають, що зброджений екстракт являє собою мальтозу, отже можна підрахувати кількість утвореного діоксиду вуглецю. У бродильне відділення поступило холодного пивного сусла (з відносною густиною сусла Прибалтійське – 1,04420, Світлий колос – 1,05050, Чорний рицар – 1,06115):

$$\text{Прибалтійське} - 600,44 \times 1,04420 = 626,97 \text{ кг};$$

$$\text{Світлий колос} - 504,35 \times 1,05050 = 529,82 \text{ кг};$$

$$\text{Чорний рицар} - 421,92 \times 1,06115 = 447,72 \text{ кг}.$$

У ньому міститься екстрактивних речовин:

$$\text{Прибалтійське} - 626,97 \times 0,11 = 68,97 \text{ кг};$$

$$\text{Світлий колос} - 529,82 \times 0,125 = 74,1 \text{ кг};$$

$$\text{Чорний рицар} - 447,72 \times 0,15 = 67,158 \text{ кг}.$$

За дійсного ступеня зброджування пива Прибалтійське утворюється діоксиду вуглецю 52,5 %, Світлий колос – 54 %, Чорний рицар – 58 %:

$$\text{Прибалтійське} - 68,97 \times 0,525 \times 176 / 342 = 18,63 \text{ кг};$$

$$\text{Світлий колос} - 74,1 \times 0,54 \times 176 / 342 = 20,59 \text{ кг};$$

$$\text{Чорний рицар} - 67,158 \times 0,58 \times 176 / 342 = 20,04 \text{ кг}.$$

Частина утвореного діоксиду вуглецю (0,35 % від маси холодного сусла) зв'язується з пивом:

$$\text{Прибалтійське} - 626,97 \times 0,0035 = 2,19 \text{ кг};$$

$$\text{Світлий колос} - 529,82 \times 0,0035 = 1,85 \text{ кг};$$

$$\text{Чорний рицар} - 447,72 \times 0,0035 = 1,56 \text{ кг}.$$

В атмосферу виділяється наступна кількість діоксиду вуглецю по сортам пива:

$$\text{Прибалтійське} - 18,63 - 2,19 = 16,44 \text{ кг};$$

$$\text{Світлий колос} - 20,59 - 1,85 = 18,74 \text{ кг};$$

$$\text{Чорний рицар} - 20,04 - 1,56 = 18,48 \text{ кг}.$$

Маса 1 м³ діоксиду вуглецю за температури 20 °С і тиску 0,1 МПа складає 1,832 кг. Отже, об'єм діоксиду вуглецю, що виділяється в атмосферу:

$$\text{Прибалтійське} - 16,44 \times 1,832 = 30,11 \text{ м}^3;$$

					Технологічні розрахунки	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ док-м	Підпис	Дата		

Світлий колос – $18,74 \times 1,832 = 34,33 \text{ м}^3$;

Чорний рицар – $18,48 \times 1,832 = 33,8 \text{ м}^3$.

Виправний брак пива. Утворення такого пива за нормативами допускається до 2 % для всіх найменувань пива.

Результати розрахунків з визначення витрат сировини, об'єму напівпродуктів і кількості відходів основного виробництва наведено в табл. 4.2.

					Технологічні розрахунки	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 –Зведена таблиця розрахунків продуктів виробництва пива

Найменування продукту	Прибалтійське на			Світлий колос на			Чорний рицар на			Сума
	100 кг зернової сировини	1 дал пива	2,7 млн дал на рік	100 кг зернової сировини	1 дал пива	0,45 млн дал на рік	100 кг зернової сировини	1 дал пива	1,35 млн дал на рік	4,5 млн дал на рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зернова сировина, кг:										
Світлий солод	84	1,47	3 969 000	70	1,455	654 750	65	1,612	2 176 200	6 799 950
Темний солод	–	–	–	–	–	–	10	0,248	334 800	334 800
Карамельний солод	–	–	–	–	–	–	25	0,62	837 000	837 000
Рисова січка	16	0,28	756 000	–	–	–	–	–		756 000
Ячмінь	–	–	–	30	0,624	280 800	–	–		280 800
Всього, кг	100	1,75	4 725 000	100	2,079	935 550	100	2,48	3 348 000	9 008 550
Хмелепродукти, кг:										
Хміль гранульований:										
Магнум	–	0,0105	28 350	–	0,0106	4 770	–	–	–	33 120
Нагет	–	–	–	–	–	–	–	0,0087	11 745	11 745
ФП	–	–	–	–	0,0208	9 360	–	–	–	9 360
Молочна к-та 100 %-ва	0,08	–	216 000	0,08	–	36 000	0,08	–	108 000	360 000
Проміжні продукти, дм ³ :										
Гаряче сусло	637,41	11,16	30 132 000	538,55	11,19	5 035 500	448,86	11,16	15 066 000	50 233 500
Холодне сусло	600,44	10,51	28 377 000	504,35	10,48	4 716 000	421,92	10,49	14 161 500	47 254 500
Фільтроване пиво	585,43	10,25	27 675 000	493,25	10,25	4 612 500	412,21	10,25	13 837 500	46 125 000
Готове пиво	570,8	10	27 000 000	480,92	10	4 500 000	401,9	10	13 500 000	45 000 000
Відходи, кг:										
Пивна дробина	165,2	2,89	7 803 000	172,64	3,58	1 611 000	183,14	4,55	6 142 500	15 556 500
Відстій білковий	1,75	0,03	81 000	1,75	0,036	16 200	1,75	0,043	58 050	155 250
Надлишкові дріжджі, дм ³	5,7088	0,1	270 000	4,8092	0,1	45 000	4,019	0,1	135 000	450 000
Діоксид вуглецю	16,44	0,28	756 000	18,74	0,39	175 500	18,48	0,45	607 500	1 539 000

кдч	сб
од инт	
	дег
	шт
	коб
	кдч
	нмг

Розрахунки необхідної кількості тари і допоміжних матеріалів

Пляшки. За даними табл. 2.1 у скляні пляшки місткістю 0,5 дм³ розливають пива Прибалтійського — 100 %, Світлий колос — 100 % і Чорний рицар — 100 %.

Для безперебійної роботи заводу необхідно визначити загальну кількість пляшок, а також кількість нових та оборотних пляшок.

Потрібна кількість пляшок визначається за формулою:

$$N_{\text{заг}} = \frac{Q \cdot 100}{V \cdot (100 - K_6)},$$

де Q — річний випуск продукції в пляшках, дм³; V — місткість пляшки, дм³; K₆ — кількість розбитих пляшок при зберіганні, митті й розливі, %. Приймаємо місткість пляшок 0,5 дм³, а кількість розбитих пляшок — 3,1 %.

Кількість нових пляшок знаходять за формулою:

$$N_{\text{нов}} = \frac{Q \cdot (K_n + K_6)}{100 \cdot V},$$

де K_n — кількість пляшок, не повернених від населення, %. Приймаємо кількість пляшок, не повернених від населення 5 %.

Кількість оборотних пляшок розраховують з формулою:

$$N_{\text{об}} = \frac{Q \cdot 10}{V \cdot n},$$

де n — кількість оборотів пляшок на рік (приймаємо 40 оборотів), 10 — коефіцієнт перерахунку декалітрів у дециметри кубічні.

За асортиментом і обсягом проекрованої продукції 4,5 млн дал пива розливають у пляшки місткістю 0,5 дм³. Отже, річна потреба загальної кількості пляшок місткістю 0,5 дм³, а також оборотних і нових:

$$N_{\text{пл.заг}} = \frac{4\,500\,000 \cdot 10 \cdot 100}{0,5(100 - 3,1)} = 92\,879\,257 \text{ шт.}$$

$$N_{\text{пл.нов}} = \frac{4\,500\,000 \cdot (5 + 3,1)}{100 \cdot 0,5} = 729\,000 \text{ шт.}$$

$$N_{\text{пл.об}} = \frac{4\,500\,000 \cdot 10}{0,5 \cdot 40} = 2\,250\,000 \text{ шт.}$$

Гофролотки. В стандартні гофролотки укладають по 20 пляшок місткістю 0,5 дм³ і обгортають їх плівкою ПЕТ. З урахуванням 0,1 % втрат гофролотків для укладання всієї продукції їх потрібно:

$$N_{\text{гофр}} = \frac{45\,000\,000}{0,5 \cdot 20 \cdot 0,999} = 4\,504\,505 \text{ шт}$$

Для обгортання гофролотків потрібно термозбіжної плівки ПЕТ

$$G_{\text{плПЕТ}} = \frac{4\,504\,505 \cdot 40}{1000} = 180\,180,2 \text{ кг}$$

Кронен-корки для пляшок. За нормами технологічного проектування витрата кронен-корки становить 104,5 % до кількості пляшок готової продукції

$$45\,000\,000 \cdot 2 \cdot 1,045 = 94\,050\,000 \text{ шт.}$$

					Технологічні розрахунки	Анк
						46
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Дата		

Етикетки для пляшкової продукції. За нормами технологічного проектування витрата етикеток для пляшкової продукції становить 20,9 шт/дал пива. Отже, потрібно етикеток для пляшок:

для пляшок — $45\,000\,000 \cdot 20,9 = 940\,500\,000$ шт.;

Миття пляшок. На річний випуск пляшкового пива потрібно лугу

$$G_{\text{луг}} = \frac{4\,500\,000 \cdot 1000}{0,5 \cdot 1\,000\,000} = 9\,000 \text{ кг}$$

Клей декстрин для наклеювання етикеток на пляшки. Виходячи із того, що для наклеювання 1000 етикеток витрачається 0,275 кг клею декстрину річна витрата клею

$$940\,500\,000 \cdot 0,275 / 1000 = 258\,637,5 \text{ кг}$$

Наведеними розрахунками визначена кількість тари та допоміжних матеріалів на рік та на добу, яка представлена в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 — Зведена таблиця розрахунків тари та допоміжних матеріалів

Найменування тари і допоміжних матеріалів	Кількість допоміжних матеріалів та тари на	
	Добу (238 днів робочих розливного цеху)	рік
1	2	3
Пляшки, шт., в т. ч.: оборотні нові	390 249	92 879 257
	3 063	729 000
	9 454	2 250 000
Гофролотки для вкладання пляшок, шт	18 927	4 504 505
Плівка ПЕТ для обгортання гофролотків, кг	757,1	180 180,2
Кронен-корка на пляшки, шт.	395 168	94 050 000
Етикетки, шт., на: пляшки	3 951 681	940 500 000
Луг, кг	37,8	9 000
Клей для наклеювання етикеток, кг	1 086,7	258 637,5

5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розрахунок продуктивності технологічного обладнання, пропускної здатності різних ємкостей та резервуарів виконують на основі продуктових розрахунків та норм технологічного проектування у послідовності технологічного процесу.

За результатами розрахунків необхідну кількість одиниць технологічного обладнання підбирають згідно каталогів, проспектів заводів – виготовлювачів [20].

Розрахунок ЦКБА. Необхідну кількість циліндрично-конічних бродильних апаратів (ЦКБА) розраховують за формулою:

$$n = \frac{O_x}{V_k \cdot Z},$$

O_x – об'єм холодного сусла, який виробляється протягом року, дал;

V_k – корисний об'єм ЦКБА, дал;

Z – обертаємість ЦКБА в рік.

$$Z = \frac{338}{T+1},$$

338 – кількість діб роботи бродильного відділення в рік;

T – тривалість бродіння – доброджування, діб;

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

Обертаємість ЦКБА розраховуємо для пива світлого, 11%:

$$Z = 338 / (13 + 1) = 24 \text{ оборотів.}$$

Об'єм циліндричної частини ЦКБА розраховується:

$$V_{\text{ц}} = \pi \cdot r^2 \cdot h_{\text{ц}} \text{ або } V_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_{\text{ц}},$$

де $h_{\text{ц}}$ – висота циліндричної частини, м; d – діаметр апарату, м.

Висота конусної частини ЦКБА розраховується:

$$h_{\text{к}} = D \cdot 0,866,$$

де D – діаметр конуса, м.

Об'єм конусної частини ЦКБА розраховується:

$$V_{\text{к}} = \frac{h_{\text{к}}}{3} \cdot \pi \cdot r^2,$$

де $h_{\text{к}}$ – висота конусної частини, м.

Крім того при розрахунках потрібно враховувати коефіцієнт заповнення ЦКБА – 0,85.

Висота конусної частини ЦКБА при діаметрі 4 м становитиме:

$$h_{\text{к}} = 4 \cdot 0,866 = 3,464 \text{ м.}$$

Якщо відомий діаметр апарату, то згідно відомої пропорції D :сусла = 1:5, тобто висота сусла (циліндра, що вміщає об'єм сусла), знайдемо висоту сусла із врахуванням його конусної висоти:

$$5 \cdot 3,464 = 17,32 \text{ м.}$$

А без конусу:

$$17,32-3,464=13,856 \text{ м.}$$

Тобто це корисна висота циліндричної частини ЦКБА, загальна із врахуванням коефіцієнта заповнення:

$$\frac{13,856}{0,85}=16,3 \text{ м;}$$

Загальна висота ЦКБА:

$$3,464+16,3=20 \text{ м.}$$

Розраховуємо об'єм ЦКБА:

$$V=\frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 13,856=174,03 \text{ м}^3 \text{ або } 17403 \text{ дал;}$$

$$V=\frac{3,464}{3} \cdot 3,14 \cdot 2^2=14,50 \text{ м}^3 \text{ або } 14,50 \text{ дал;}$$

Тоді загальний об'єм ЦКБА становить – 188,53 м³, для встановлення приймаємо об'єм ЦКБА 200 м³. З урахуванням коефіцієнту заповнення.

Необхідна кількість ЦКБА становитиме:

$$n=\frac{47 \ 254 \ 500}{200000 \cdot 24}+1=11 \text{ штук;}$$

Розрахунок збірників дріжджів. Норма здачі дріжджів – 1 дм³/1 000 дал холодного сусла, кратність приросту для трьох сортів пива – 4 об'єми.

Загальну місткість промивних збірників визначають згідно:

$$V=\frac{Q \cdot q \cdot \tau_{зб} \cdot K_p}{\tau_{роб}};$$

де Q – річний випуск пива, гл; q – норма введення дріжджів, % об.; $\tau_{зб}$ – тривалість зберігання запасу дріжджів; K_p – коефіцієнт розбавлення дріжджів водою; $\tau_{роб}$ – кількість діб роботи цеху бродіння.

Отже, згідно формули місткість збірників становитиме:

$$V=\frac{4 \ 500 \ 000 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3}{338}=119 \ 822,5 \text{ дм}^3;$$

Кількість збірників буде рівною:

$$\frac{11 \ 982,25}{3 \ 000}=4 \text{ шт.}$$

Для розрахунку геометричних розмірів, так як це типові циліндро-конічні апарати, приймемо формули, що були подані вище. Коефіцієнт заповнення приймаємо = 0,8, висоту циліндра – 2,4 м, висоту конуса – 0,762 м.

Для рівномірної подачі дріжджів у сусло встановлено **дозатор дріжджів** Hualian марки NPP-500.

Розрахунок апаратів для фільтрації. Підбираючи необхідне обладнання, враховують, що дільниця підготовки пива обслуговує цех розливу, тобто його робота планується у дві зміни, а запас готового пива – на добову потужність або на три –чотири доби під час відпускання пива на спеціальні бази розливу.

Для попереднього освітлення пива встановлено **сепаратор** BRUX 510 продуктивністю 50 гл/год.

					Розрахунки та підбір технологічного обладнання	Апк
						49
Змн	Апк	№ док.м	Підпис	Дата		

Для підбору фільтраційного обладнання треба знайти його продуктивність (годинну пропускну здатність), що знаходять за формулою:

$$q = \frac{Q \cdot K_{\text{кв}}}{63 \cdot \tau_{\text{доб}}} \cdot \left(1 + \frac{V_{\text{трп}}}{100}\right);$$

де Q – потужність заводу на рік, дал; $K_{\text{кв}}$ – частка продукції у найпруженіший квартал; 63 – кількість діб роботи за квартал; $\tau_{\text{доб}}$ – кількість години роботи цеху за добу; $V_{\text{трп}}$ – втрати пива при розливі (середньозважені), %.

Середньо зважені втрати приймемо за найбільшим із 3-х сортів пива – 2,5 %.

Отже, годинна продуктивність становитиме:

$$q = \frac{4\,500\,000 \cdot 0,3}{63 \cdot 2 \cdot 8} \cdot \left(1 + \frac{2,5}{100}\right) = 1\,372,8 \text{ дал/год.}$$

Відповідно до даних розрахунків підбираємо кізельгуровий фільтр FKS-01. Продуктивність: 28...42 гл/год, площа фільтрації = 7 м², об'єм корпусу – 440 дм³, тиск = 0,6 МПа, габаритні розміри, мм: 2200×2500.

Розрахунок форфасів. Приймаємо об'єм форфасів для зберігання пива 125 м³. Коефіцієнт заповнення ємності 80 %, тоді корисний об'єм форфасів – 100 м³.

Тоді розрахуємо кількість форфасів, яка необхідна для зберігання пива:

$$\frac{4\,500\,000}{338} = 13\,314 \text{ дал/добу;}$$

$$\frac{133,1}{100} = 1,331 = 2 \text{ шт.}$$

На випадок поломки приймаємо ще один додатковий збірник, тоді загальна кількість форфасів дорівнює:

$$2 + 1 = 3 \text{ шт.}$$

Специфікація технологічного обладнання бродильного відділення наведена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика апаратів бродильного відділення

№ п/п	№ поз. на АТС	Найменування, тип (марка) обладнання	Кількість	Технічна характеристика	Потужність електро-двигуна, кВт	Тривалість роботи двигуна, год/добу	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	Аератор	1	Габаритні розміри, мм: довжина — 880; ширина — 420; висота — 680.	—	—	Оріон-група
2	2	Дозатор дріжджів	1	Габаритні розміри, мм: ширина — 500; висота — 1200.	—	—	NPP-500, Hualian
3	3	ЦКБА	11	Об'єм: повний 200 м ³ , робочий – 170 м ³ . Тиск, МПа 0.04 - 0.06. Температура, °С - 1.0 - + 13 °С. Температура при митті і дезінфекції, °С не вище 20°С. Тиск в рубашці, Мпа 1.2. Маса, 1550 кг.	—	—	Оріон-група

					Розрахунки та підбір технологічного обладнання	Апк
						50
Змн	Апк	№ докум	Підпис	Дата		

Закінчення табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	Ємність для холодного охмелення	1	V = 260 дм ³ , висота, мм – 2440. Робочий тиск – 1,5 Бар.	–	–	HOP-TOWER, ZIPTECH
5	5	Стерилізатор	1	V=520 дм ³	–	–	Оріон-гру п
6	6	Пропагатор	1	V = 500 дм ³	–	–	Оріон-гру п
7	7	Збірник насінєвих дріжджів	2	Габаритні розміри, мм: ширина — 1500; висота — 3000.	–	–	Оріон-гру п
8	8	Збірник надлишкових дріжджів	2	Габаритні розміри, мм: ширина — 1500; висота — 3000.	–	–	Оріон-гру п
9	9	Насос вакуумний	1	Продуктивність 65 м ³ /год.	5,5	–	65-SZ0-2 24
10	10	Насос відцентровий	3	Продуктивність 25 м ³ /год і напором 32 м.	5,5	–	AD40.1/0 1
11	11	Сепаратор	1	Габаритні розміри, мм: довжина — 1500; ширина — 1000; висота — 1700.	–	–	BRUX 510
12	12	Буферна ємність	2	Об'єм повний 80 м ³	–	–	Агро-інве ст
13	13	Ємність для кізельгуру	1	Габаритні розміри, мм: ширина — 1200; висота — 2100.	–	–	Оріон-гру п
14	14	Дозатор кізельгуру	2	Габаритні розміри, мм: ширина — 500; висота — 1200.	–	–	NPP-100, Hualian
15	15	Свічний кізельгуровий фільтр	1	Продуктивність: 28...42 гл/год, площа фільтрації= 7 м ² , об'єм корпусу – 440 дм ³ , тиск = 0,6 МПа, габаритні розміри, мм: 2200×2500.	–	–	FKS-01
16	16	Форфас	1	Об'єм повний 125 м ³	–	–	Оріон-гру п

6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Роботою заводської лабораторії є контроль технологічного процесу за допомогою зняття параметрів з речовин, що задіяні у виробництві, як при потраплянні їх на підприємство так і в самому процесі. Розташовують лабораторію у адміністративному корпусі.

Для проведення фізико-хімічних досліджень у лабораторію оснащують приміщенням для приладів і проведення аналізів; ваговою; підсобним приміщенням. Приміщення лабораторії повинні бути обладнані водопроводом, каналізацією, припливно-витяжною вентиляцією, опаленням, мати природне та штучне освітлення. Поверхня стін у лабораторних приміщеннях повинна бути водостійкою, легко митися. Підлога у лабораторних приміщеннях має бути стійкою до дії дезінфікуючих засобів, при цьому покриття не повинно мати дефектів, бути слизьким.

Лабораторія повинна мати обладнання та засоби вимірювальної техніки, що необхідні для проведення досліджень. На кожному одиниці обладнання, що використовується, має бути паспорт підприємства-виробника та розроблена й затверджена керівником установи інструкція.

Схема технохімічного контролю наведена в табл. 6.1 [14].

Таблиця 6.1 – Схема технохімічного контролю виробництва

№ п.п	Стадія техно-логіч ного процесу	Назва		Показник якості		Місце і періодичність контролю	Контро- лер; документ реєстрації результатів
		Об'єкт контролю	Контро-льни й показник	Нор- матив ний	Фак- тич ний		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Прийман- ня сировини	Солод	Вологість	не > 4%	4,0	Середня проба з транспорту, щоразу при доставці	Хімік-лабо- рант; журнал
			Масова частка екстракту в сухій речовині солоду	не < 80%	80,5		
		Ячмінь	Вологість	не >14,5 %	14,5		
			Масова частка білка	не > 11%	11-13		
			Заражені сть шкідника ми	Не допускає- ться, крім зараженості кліщем не вище I ступеня			

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8
		Хміль	Масова частка α -кислот	4%	7-10	Середня проба з мішків з транспорту	Хімік-лаборант; журнал
			Вологість	7-10 %	8		
		Молочна кислота	Концентрація	-	80	Середня проба з каністри	
2	Водо-підготовка	Вода водопровідна	Жорсткість	2-4 мг-екв/дм ³	8 dH	Приміщення водопідготовки, щоразу при використанні; проба 2л	Хімік-лаборант; журнал
			pH	6,0-7,0	3,8-4,5		
			Кальцій	20-40 мг/л	40		
			Хлор	не > 350 мг/л	80		
			Залізо	не > 0,3 мг/л	0,1		
3	Подача сусла на бродіння	Охмелене сусло	pH	-	5,4-5,6	3 лінії охолодження сусла; 0,5л сусла з кожної варки; На приладі «Антон-ПАР»	Пивовар, оператор-варщик; рапорт, журнал
			Масова частка СР	-	16%		
4	Головне бродіння і доброджування	Молоде пиво	Масова частка СР	-	6-10%	Бродильно-лагерне відділення; 0,5л з кожного ЦКТ; СР цукроміром	Пивовар, оператор-бродильщик; рапорт, журнал
			pH	-	4,0-4,5		
			Масова частка діацетилу	не > 0,15 мг/л	0,15	Кожний ЦКБА на 5 день від початку бродіння і кожен наступний день до досягнення діацетилу – 0,15 мг/л.	

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	
5	Подача пива на фільтру-вання	Нефільт-роване пиво	Масова частка спирту	-	3-5% об.	Бродильно-лагерне відділення; в середній пробі після кожного ЦКТ	Пивовар, оператор-бродильщик; рапорт; журнал	
			Масова частка діацети-лу	не > 0,15 мг/л	0,15			
			Гіркота	-	11 мг/л BU			
			Колір	-	4,3 EBC			
			RDF	78%	78%			
6	Фільтру-вання	Фільтро-ване пиво	Масова частка спирту	не < 2,8% об.	4,3	Бродильно-лагерне відділення; в середній пробі після фільтра	Пивовар, оператор-фільтровщик; рапорт; журнал	
			Гіркота	-	Відпо-відає ДСТУ і відпо-відно сорту пива			
			Колір	0,4-1,8 см ³ 0,1 моль/1 дм ³ р-ну I ₂ на 100 см ³				
				Масова частка кисню				не > 8 -10 мг/л
				Мутність	-			-
7	Розлив пива	Готове пиво в пляшках зі складу готової продукції	Масова частка CO ₂	не < 0,3% об.	Відпо-відає вимогам ДСТУ; також відпо-відно сорту пива	Цех розливу; з кожної партії пива	Хімік-лабо-рант; журнал	
			Масова частка спирту	не < 2,8% об.				
			Колір	0,4-1,8 см ³ 0,1 моль/1 дм ³ р-ну I ₂ на 100 см ³				

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Розлив пива		Кислот- ність	1,3-2, 8 р-ну NaOH на 100 см ³ пива	Згідно з чинни ми НД	Цех розливу	Хімік, журнал
			Масова частка СР	11 %			

Схема мікробіологічного контролю на стадії зброджування пивного суслу та доброджування пива наведена в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Схема мікробіологічного контролю на стадії зброджування пивного суслу

Об'єкт дослідження	Показник, що визначається	Метод і частота контролю	Об'єм, що визначається см ³	Нормативний показник	Хто контролює
1	2	3	4	5	6
Сусло охолоджене	Число бактерій	Метод мембранної фільтрації, кожного тижня	30	Відсутні	Мікробіолог
	Кислотоут-в орюючі бактерії		100	Відсутні	
	Дріжджі		100	Відсутні	
Дріжджі, чиста культура з апаратів ЧКД	Процент мертвих клітин	Мікроскопіювання на час розведення ЧКД		Не більше 1 %	Мікробіолог
	Наявність бактерій			Не дозволяється	
	Наявність диких дріжджів			Відсутні	
	Кислотоут-в орюючі бактерії	Метод мембранної фільтрації, на час розведення ЧКД	1	Відсутні	
Насінневі дріжджі з збірників насінневих дріжджів	Процент мертвих клітин	Мікроскопія, щодобово		Не більше 5 %	Мікробіолог
	Наявність бактерій			Не більше 1 %	

Закінчення табл. 6.2

1	2	3	4	5	6
	Вміст глікогену			70 – 75 %	
	Наявність диких дріжджів	Мікроскопія або висів на середовище лізин чи кристал-віолет	0,1 см ³ з розбавленням 105		
	Кислотоут-ворюючі бактерії	Метод мембранної фільтрації, щодобово	1	Відсутні	
Готове пиво з ЦКБА	Кислотоут-ворюючі бактерії	Метод мембранної фільтрації, вибірково, але не рідше 1 разу на добу	120	Відсутні	

Метрологічне забезпечення на підприємстві наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Метрологічне забезпечення на підприємстві

№ п/п	Стадії контролю	Найменування заходів вимірювання	Межі вимірювання
1	Вологість солоду	Терези лабораторні 2-го класу точності згідно ГОСТ 24108-88 Шафа сушильна СЕШ 3-М згідно ГОСТ 13586.5-93	0-100 г 105±2 °С
2	Екстрактивність солоду	Цукромір АЦ-3 Термометр ртутний ТЛ-4 згідно з ГОСТ 28498	0-25 кг/м ³
3	Подрібнення солоду	Сита лабораторні із сіткою металевою згідно з ГОСТ 6613	0,25-2 мм
4	рН затору	рН-метр	0-10
5	Масова частка сухих речовин в суслі	Пікнометр ПЖ2-50 згідно з ГОСТ 22524 Цукромір АЦ-3	0-50 мл 0-25 кг/м ³
6	Кислотність у суслі	Бюретка 1-2-25-0,1 згідно з ГОСТ 29251 Крапельниця лабораторна скляна згідно з ГОСТ 25336 Розчин гідрооксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм ³ згідно з ГОСТ 25794.1	

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Служба охорони праці на пивоварному підприємстві. Законодавство України «Про охорону праці» поширюється на всі організації, підприємства та установи незалежно від форм власності. Закон передбачає, що при укладенні трудового договору працівник повинен бути поінформований про умови праці, наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочому місці, де він працюватиме, та можливі наслідки їх впливу на здоров'я та життя працівника, компенсацію за роботу в таких умовах. Працівник має право відмовитися від виконання дорученої роботи, якщо створюється виробнича ситуація, яка небезпечна для його життя або здоров'я.

Для робіт пов'язаних із шкідливими та небезпечними умовами праці, а також для робіт, які виконуються із забрудненням середовища або виконанням у несприятливих температурних умовах, працівникам безкоштовно надається спеціальний одяг, спецвзуття, а також інші засоби індивідуального захисту, мийні та дезінфікуючі засоби. Служба охорони праці підприємства підпорядковується безпосередньо керівнику підприємства та прирівнюється до основної виробничо-технічної служби.

Фінансування заходів з охорони праці пивоварного підприємства. Відповідно до ст. 19 Закону України «Про охорону праці» фінансування заходів охорони праці на пивоварному підприємстві здійснюється роботодавцем. Для державних та приватних підприємств або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на забезпечення охорони праці становлять щонайменше 0,5 % від обсягу реалізованої продукції, а для підприємств, які утримують за рахунок державного бюджету, такі витрати передбачають у державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2 % фонду оплати праці. Розміри витрат на охорону праці, пов'язані з валовими витратами юридичної або фізичної особи, яка використовує найману працю відповідно до закону, визначаються відповідно до переліку заходів і засобів охорони праці, які затверджено Кабінетом Міністрів України. Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання регіональних, галузевих та загальнодержавних програм покращення безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, а також інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням на підприємствах, передбачає, крім інших джерел фінансування, визначених законодавством, у Державний та місцеві бюджети виділяються окремим рядком.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів виробництва. Щоб виявити наявні шкідливі і небезпечні чинники виробництва необхідно проаналізувати роботу обладнання цехів, в даній кваліфікаційній роботі розглянемо на прикладі цеху ферментації [19].

У цеху ферментації працюють п'ять спеціалістів, що обслуговують обладнання, а саме:

- змінний майстер-пивовар – 1 чол.;
- оператор процесу бродіння – 1 чол.;
- оператор дріжджового відділення – 1 чол.;

					Охорона праці	Арк.
						57
Змн	Арк	№ док.	Піппис	Лата		

- оператор процесу фільтрації – 1 чол.;
- оператор СІП – 1 чол.

Розглянемо санітарні норми для найнесприятливіших робочих місць: оператор процесу бродіння, оператор дріжджового відділення та оператор СІП.

Відповідно до ГОСТ І2.І.005-88 (Повітря робочої зони) загазованість у відділенні бродіння не нормується. Це пов'язано з тим, що вуглекислий газ під час роботи обладнання не потрапляє в повітря робочої зони, оскільки обладнання, яке може загрожувати життю людей, знаходиться зовні, а виробниче приміщення обладнане ефективною системою кондиціонування та витяжною вентиляцією.

Відповідно до ГОСТ І2.І.005-88 (Повітря робочої зони) пил у відділенні бродіння також не нормується, тому що немає обладнання, яке б виділяло пил.

У ферментаційній установці спостерігається невелике теплове випромінювання від пропагатора, стерилізатора, ЦКБА та сепаратора. Тепло використовується тільки для: миття обладнання, пропарювання трубопроводів, стерилізації установки чистої дріжджової культури [19].

Повітря робочої зони виробництва. Шкідливим фактором є вплив навколишнього середовища на людину, що призводить до професійних захворювань. Мікроклімат нормалізується відповідно до допустимих норм. Принцип нормалізації мікроклімату спрямований на створення оптимальних умов для теплообміну людини з навколишнім середовищем. Ці параметри можуть коливатися в досить широких межах, тоді як необхідною умовою для життєдіяльності людини є підтримка стійкості організму за допомогою терморегуляції, тобто здатності організму регулювати тепловіддачу в навколишнє середовище.

Для працівників встановлені норми мікрокліматичних параметрів повітря робочої зони, погоджені МОЗ України 23 вересня 1993 р. №5.05.07. – 737.

У цеху концентрація пилу коливається в невеликих межах, вона може утворюватися в момент задачі кізельгуру в дозатор. Для захисту від кізельгурового пилу здійснюють наступні кроки: аспірація повітря, доставка кізельгуру на підприємство в спеціальних автоцистернах спецтранспортом для перевезення сипучих продуктів.

Етиленгліколь – горюча речовина. Температура займання пари 120 °С. Температура самозаймання 380 °С. Температурні межі займання парів у повітрі, °С: нижня – 112, верхня – 124. Межі займання парів у повітрі від нижнього до верхнього, 3,8...6,4 % (за обсягом). Етиленгліколь токсичний. Смертельна доза при одноразовому прийомі всередину становить 100...300 мл етиленгліколю (1,5...5 мл на 1 кг маси тіла). Має відносно низьку летучість при нормальних температурах, пари не настільки токсичні і небезпечні лише при хронічному вдиханні. Певну небезпеку становлять тумани, але при вдиханні роздратування і кашель сигналізують про

					Охорона праці	Арк. 58
Змн	Арк	№ док	Піліс	Лата		

небезпеку. Антидотом при отруєнні етиленгліколем є етанол і 4-метилпіразол [19].

Шум і вібрація. Шум і вібрація в ферментаційному відділенні регламентується ГОСТ 12.1.003-83. У камері бродіння присутній шум, але він не впливає на здоров'я людини. На апаратурно-технологічної схеми можна побачити, що єдине обладнання у відділенні, яке може викликати шум, це насоси, але рівень їх шуму не перевищує допустимих норм. Рівень шуму, створюваного насосами, становить 20 дБ, що не перевищує допустимих значень, а саме 80 дБ. У разі його підвищення встановлюється причина та її негайно усувають шляхом проведення ремонтних робіт або заміною обладнання.

Насоси також є джерелом вібрації в ферментаційному відділенні. Вібрація виникає внаслідок роботи та перекачування основних продуктів. Залежно від видів вібрації їх вплив на організм людини різний. На частоті 0,7 Гц тіло людини та її органи рухаються як єдине ціле, не відчуючи взаємних рухів.

Заходи щодо зменшення впливу вібрації на працівників:

- зменшення вібрації у джерелі її утворення конструктивними або технологічними заходами;
- зменшення вібрації на шляхах її поширення за допомогою віброізоляції та вібропоглинання;
- дистанційне керування, що виключає передачу вібрації на робоче місце та використання засобів індивідуального захисту [19].

Освітлення бродильного відділення. Природне освітлення виробничих приміщень здійснюється світлом неба або прямими сонячними променями через світлові прорізи (вікна) у зовнішніх стінах або через ліхтарі (аераційні, zenітні), які встановлюються на дахах промислових будівель.

Залежно від призначення промислові будівлі можуть бути одноповерховими, багатоповерховими та різних розмірів і конструкцій. Залежно від цього та вимог технологічного процесу можуть використовуватися такі види природного освітлення:

- бічні односторонні або двосторонні, коли світлові прорізи (вікна) знаходяться в одній або двох зовнішніх стінах.
- верхній, коли світлові отвори (ліхтарі) знаходяться у верхньому поверсі будівлі.
- комбіноване, коли використовується як бічне, так і верхнє освітлення.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих і побутових приміщеннях, де не вистачає природного освітлення, а також для освітлення в темний час доби. Для організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі для працівників гігієнічні умови для зорової роботи і при цьому враховувати економічні показники.

Найнижча освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях регламентується ДБН В.2.5-28-2006 [2] і визначається переважно особливостями зорової роботи. Норми мають міжгалузевий характер. На їх основі, як правило, розробляють стандарти для окремих галузей.

					Охорона праці	Анк
						59
Змн.	Аок.	№ доквм.	Підпис	Дата		

Освітлення на робочих місцях регламентується ДБН В.2.5-28-2006. За даними ДБН, природне освітлення проектується у приміщеннях із постійним перебуванням людей.

Відділення для бродіння забезпечено бічним природним освітленням. Штучне освітлення використовується у вечірній і нічний час. Для освітлення приміщень використовуються газорозрядні люмінесцентні лампи. Мінімальна освітленість 150 люкс. Використовуються люмінесцентні лампи ЛД-80 з довжиною хвилі 3440 нм. Вони забезпечують мінімальне освітлення для працюючих IV категорії середньої точності зорової роботи [2].

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями. Враховуючи нормативні дані для ферментаційного відділення, де в одну зміну працює п'ять осіб, необхідно передбачити: окремі чоловічі та жіночі гардеробні з індивідуальними шафами (по два відділення) з кількістю шаф для працюючих жінок та чоловіків (виходячи з двозмінного режиму роботи). Душові кімнати з двома душовими кабінами в кожній повинні прилягати до гардеробних кімнат. У гардеробних необхідно встановити два умивальники. У цеху повинна бути сушарка для робочого одягу (допускається одна на кілька відділень). Гардеробна може бути жіночою і чоловічою, але в такому випадку, тамбуром, що закривається і умивальником.

Заходи електробезпеки згідно ДСТУ 7237:2011 [10]. Для забезпечення захисту працюючих від впливу електричного струму слід застосовувати засоби і методи захисту, передбачені «Правилами монтажу електроустановок» (ПУЕ) та «Правилами безпеки електрообладнання споживачів». Електрообладнання, розміщене в бродильному цеху, повинно бути виконано у вологозахисній конструкції, мати знак на корпусі - одна-дві краплі в трикутнику.

Відповідно до ПУЕ всі виробничі потужності поділяються на такі категорії залежно від ризику ураження електричним струмом:

- I - без підвищеної небезпеки;
- II - з підвищеною небезпекою;
- III - особливо небезпечні.

Розглядаючи приміщення бродильного цеху, можна відзначити, що територія, де встановлено обладнання, відноситься за класифікацією ПУЕ до II зони підвищеної небезпеки працівника.

Електричний захист означає:

- заземлення всіх металевих неструмопровідних конструкцій електрообладнання (для приміщень підвищеної небезпеки та особливо небезпечних обов'язкове заземлення всіх неструмопровідних елементів електрообладнання);
- живлення електродвигунів обладнання (до 42 В змінного струму) та подвійна ізоляція його силових кабелів. Живлення системи автоматики, освітлення шкал ваг, приладів контролю й керування обладнанням та оглядові лампи на обладнанні низької напруги (до 12 В);

					Охорона праці	Арк.
						60
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- застосування системи захисного відключення електричного струму у разі короткого замикання на корпусі електродвигунів приводу апаратів, або їх перевантаження;
- інше обладнання відділення ферментації, що живиться змінною напругою 220/380 В обладнують заземленням і аварійним відімкненням;
- електроосвітлення здійснюється напругою струму 127/220 В з обов'язковим встановленням світильників загального освітлення на висоті не менше 5 м;
- усі електрощити повинні бути закриті захисними коробками. Під щитками повинні бути діелектричні ковдри (або підставки);
- приміщення цеху обладнані знаками безпеки;
- ремонт і технічне обслуговування машин проводиться тільки при відключеному джерелі живлення [10].

Заходи пожежної безпеки, згідно ДБН В.1.1.7-2002 [1]. Пожежна безпека забезпечується протипожежною системою, системою протипожежного захисту та організаційно-технічними заходами. Усі приміщення та технологічні установки забезпечені первинними засобами пожежогасіння, вуглекислотними вогнегасниками, внутрішніми пожежними гідрантами з комплектом обладнання, щитами з лопатами тощо.

Перелік заходів щодо забезпечення пожежної безпеки включає:

- категорія приміщень вибухо- та пожежної небезпеки – D, відповідно до норм технологічного проектування;
- визначення ступеня вогнестійкості будівельної конструкції (будівлі) згідно СНіП 2.01.02 – V ступінь;
- характеристики приміщень щодо їх вибухо- та пожежної небезпеки та умов навколишнього середовища за ПУЕ;
- забезпечення приміщень автоматичними засобами пожежогасіння та автоматичною сигналізацією;
- забезпечення приміщення первинними засобами пожежогасіння;
- розрахунок водопостачання для гасіння пожежі будівлі, де розташоване виробниче приміщення;
- способи евакуації людей у разі пожежі.

У комплект для пожежогасіння бродильного відділення повинні входити: вогнегасники – 2; ящик з піском – 1; покриття з теплоізоляційного матеріалу розміром не менше 2х2 м – 1; лопати – 2; ломи – 2; сокири – 2.

Бродильне відділення відноситься до класу пожежобезпеки D, категорія вибухо- та пожежонебезпечних приміщень – D. Отже, на випадок пожежі на кожні 20 кв. м повинен бути 1 вогнегасник типу ВВ-2 і ВП-5 [1].

					Охорона праці	Анк
						61
Змн.	Анк	№ докум	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи було проектування цеху ферментації і удосконалення технології зброджування сусла і доброджування пива. Для вирішення поставленої задачі у кваліфікаційній роботі прийнято наступні технічні рішення:

- прийнято суміщений спосіб зброджування пивного сусла, доброджування і дозрівання пива в апаратах великої одиничної потужності ЦКБА. Це дозволяє забезпечити прискорення процесу у 2 рази, збільшити насиченість діоксидом вуглецю, стабілізувати органолептичні показники для кожної партії пива, досягти економії капітальних витрат.
- забезпечення циліндричного корпусу ресивером з клапаном та контролером керування дає можливість гарантованої роботи, дозволяє інтенсифікувати процеси масообміну і бродіння, передбачає механічне гасіння піни, а також підвищення виходу та покращення якості цільового продукту.
- передбачено холодне охмелення в обладнанні типу Hoptower для кращого розчинення ароматичних компонентів в пиві на етапі доброджування, не збільшуючи при цьому гіркоти кінцевого продукту.
- наприкінці процесу доброджування передбачено охолодження кінцевої частини апарату до температури 0,5 °С, що забезпечить краще відділення дріжджів і сприятиме підвищеній стійкості, полегшенню процесу фільтрації і зниженню втрат.
- передбачено сепарування дріжджів перед фільтруванням для інтенсифікації процесу фільтрування. Це дозволяє досягти скорочення втрат пива і покращення його якості.

У роботі передбачено виробництво трьох сортів пива: Прибалтійське світле світле – 60 %, Світлий колос світле – 10 % та Темний рицар темне – 30 %, які виробляють із ячмінного світлого, карамельного та темного солоду, ячменю та рисової січки.

Було здійснено розрахунок продуктів, основних та допоміжних матеріалів та розроблено схеми технохімічного, мікробіологічного контролю виробництва та його метрологічне забезпечення, розроблено заходи з охорони праці.

					Загальні висновки	Анк
						62
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: підруч. Київ: ІНКОС, 2004. 426 с.
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Вода питна. «Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 12.05.2010 р.]. Зареєстровано в міністерству юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747. (Нормативний документ Мінздраву України. Державні санітарні норми та правила).
3. ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технологічні вимоги. [Чинний від 1999-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. 11 с. (Національний стандарт України).
4. ДСТУ 3888: 2015 Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015-11-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 16 с. (Національний стандарт України).
5. ДСТУ 4282:2004 Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2004-1-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с. (Національний стандарт України).
6. ДСТУ 4621:2006 Кислота молочна харчова. Загальні технічні умови. [Чинний від 2008-03-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 23 с. (Національний стандарт України).
7. ДСТУ 7028:2009 Гранули хмелю. Технічні умови. Чинний від 2011-07-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 24 с. (Національний стандарт України).
8. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
9. Курсове і дипломне проектування: методичні рекомендації щодо складання принципів і апаратурно-технологічних схем та умовно графічних зображень в апаратурно-графічних схемах для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності «Технологія продуктів бродіння і виноробство» за ОКР «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» / уклад. П.Л. Шиян, В.Л. Прибильський, А.М. Куц та ін. Київ: НУХТ, 2012. 67 с. (№ 8116)
10. Мікробіологія галузі [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» денної та заочної форм навчання / уклад. Н.М. Грегірчак. Київ: НУХТ, 2014. 171 с.
11. Мелетьєв А.Є., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підруч. ; за ред. А.Є. Мелетьєва. Вінниця: Нова Книга, 2007. 392 с.

					Список використаної літератури	Анк
						63
Змн	Анк	№ док	Піппис	Дата		

12. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» освітнього ступеня «бакалавр» усіх форм навчання / уклад. В.Г. Юрчак, В.М. Кошова, З.М. Романова та ін. Київ: НУХТ, 2017. 45 с.

13. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения: пер. з нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. 640 с.

14. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підруч. / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. ; за ред. І.С. Гулого. Вінниця: Нова книга, 2001. 576 с.

15. Основи охорони праці: підручник/ М.П. Купчик та ін. // під ред. М.П. Купчика, М.П. Гандзюка. Київ: Основа, 2000. 416 с.

16. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах: навч. посіб. / А.Є. Мелетьєв та ін. // під ред. А.Є. Мелетьєва. Київ: НУХТ, 2007. 256 с.

					Список використаної літератури	Анк
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Дата		64