

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 бродильного відділення пивзаводу потужністю 12 млн
дал пива на рік з впровадженням способів мінімізації вмісту діацетилу в
пиві**

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

Федорченко Костянтин Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник

Хіврич Борис Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Рецензент

Віктор САЛТАНЮК
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

_____ Костянтин ФЕДОРЧЕНКО
(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

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

_____Федорченко Костянтину Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект бродильного відділення пивзаводу потужністю 12 млн дал пива на рік з впровадженням способів мінімізації вмісту діацетилу в пиві

Керівник роботи Хіврич Борис Іванович, 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. Потужність пивзаводу – 12 млн дал пива на рік.

3. Передбачити виробництво двох видів світлого сорту пива, у кількості 45 і 40% від загальної потужності, і темний сорт пива – 15% від загальної потужності заводу.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) – Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація (трьома мовами). Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Обґрунтування та вибір способів і режимів виробництва 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	Виконав
2.	Обґрунтування та вибір способів та режимів виробництва пива		
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		
4.	Технологічні розрахунки	10.05.22-14.05.22	Виконав
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
	1-а атестація	15.05.22	
6.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	16.05.22-21.05.22	Виконав
7.	Оформлення креслення і погодження з керівником		
8.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення	22.05.22-24.05.22	Виконав
9.	Охорона праці	25.05.22-27.05.22	Виконав
10.	Оформлення пояснювальної записки	28.05.22-30.05.22	Виконав
	2-а атестація	31.05.22	Виконав
11.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.06.22-08.06.22	Виконав
12.	Попередній розгляд проекту на кафедрі		Виконав
13.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	09.06.22-14.06.22	Виконав
14.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Костянтин ФЕДОРЧЕНКО

Керівник роботи, доцент

Борис ХІВРИЧ

АНОТАЦІЯ

Тема даної кваліфікаційної роботи: «Проект бродильного відділення пивзаводу потужністю 12 млн дал пива на рік з впровадженням способів мінімізації вмісту діацетилу в пиві».

Метою роботи є аналіз та впровадження режимів для мінімізації вмісту діацетилу в пиві.

У роботі запропоновано виробництво 3-х сортів пива: «Джонсон світле» 11,0 %, «Світла душа» 12,0 %, «Українське темне» 13,5 %. Обґрунтовано, що проведення діацетилової паузи, під час зброджування сусла, забезпечення в ньому не менше 200 мг/дм³ валіну та інші технологічні прийоми, дозволять ефективно мінімізувати вміст діацетилу в пиві. Передбачено використання сумісного способу зброджування сусла в циліндро-конічних бродильних апаратах (ЦКБА), що забезпечує скорочення циклу виробництва пива та покращення якості готового напою. Для зброджування пивного сусла запропоновано використовувати дріжджі низового бродіння, що дозволяє отримати високоякісні органолептичні показники пива. Фільтрацію пива передбачено здійснювати на кізельгуровому свічковому фільтрі після освітлення його на сучасному сепараторі, що дозволяє зменшити навантаження на нього, і таким чином, досягти економії кізельгуру та інтенсифікувати процес.

В роботі проведено розрахунок продуктів та обладнання, запропоновано заходи технохімічного і мікробіологічного контролю та охорони праці.

Ключові слова: пиво, дріжджі, бродіння сусла, доброджування пива, діацетил.

					АНОТАЦІЯ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

The subject of this qualification work: "The project of the fermentation department of the brewery with a capacity of 12 million dal of beer per year with the introduction of regimes to minimize the content of diacetyl in beer."

The aim of the work is to analyze and implement regimes to minimize the content of diacetyl in beer.

Proposes the production of 3 beers: "Johnson light" 11.0%, "Light soul" 12.0%, "Ukranian dark" 13.5%. It is substantiated that conducting a diacetyl pause during the fermentation of wort, providing it with at least 200 mg / dm³ of valine and other technological methods will effectively minimize the content of diacetyl in beer. It is envisaged to use a compatible method of wort fermentation in cylindrical-conical fermentation apparatus (CCFA), which reduces the cycle of beer production and improves the quality of the finished beverage.

For fermentation of beer wort it is offered to use bottom fermentation yeast that allows to receive good organoleptic indicators of quality of beer. It is planned to filter the beer on a diatomaceous earth filter after lighting it on a modern separator, which allows to reduce the load on it, and thus achieve savings of diatomaceous earth and intensify the process.

The calculation of products and equipment, measures of technochemical and microbiological control also a labor protection.

Key words: beer, yeast, wort fermentation, beer fermentation, diacetyl.

					ANNOTATION	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

Le sujet de ce travail de qualification : « Le projet du département fermentation de la brasserie d'une capacité de 12 millions de dal de bière par an avec la mise en place de méthodes pour minimiser la teneur en diacétyle dans la bière.

Le but du travail est d'analyser et de mettre en place des régimes pour minimiser la teneur en diacétyle dans la bière.

Le journal propose la production de 3 bières : « Johnson World » 11,0 %, « Light Soul » 12,0 %, « Ukrainian Dark » 13,5 %. Il est étayé que la réalisation d'une rupture de diacétyle, pendant la fermentation du moût, fournissant au moins 200 mg / dm³ de valine et d'autres méthodes technologiques, minimisera efficacement la teneur en diacétyle dans la bière. Il est envisagé d'utiliser une méthode compatible de fermentation du moût dans des fermenteurs cylindro-coniques (CCBA), qui réduit le cycle de production de la bière et améliore la qualité de la boisson finie. Il est proposé d'utiliser une levure à basse fermentation pour la fermentation du moût de bière, ce qui permet d'obtenir des caractéristiques organoleptiques de haute qualité de la bière. La filtration de la bière doit être effectuée sur un filtre à bougie kieselguhr après l'avoir allumé sur un séparateur moderne, ce qui permet de réduire la charge sur celui-ci, et ainsi de réaliser des économies de kieselguhr et d'intensifier le processus.

Le calcul des produits et équipements est effectué dans le travail, des mesures de contrôle technochimique et microbiologique et de protection du travail sont proposées.

Mots clés : bière, levure, fermentation du moût, fermentation de la bière, diacétyle.

					ANNOTATION	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ	8
2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	10
2.1 Асортимент та обсяг проекрованої продукції	10
2.2 Принципова технологічна схема виробництва пива	11
2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва	12
2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми	31
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	32
3.1 Характеристика проекрованої продукції.....	32
3.2 Характеристика сировини	32
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів	37
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	38
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків	38
4.2 Продуктові розрахунки.....	39
4.3 Розрахунок витрат основних і допоміжних матеріалів	46
5 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	48
6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	51
7 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57

					Проект бродильного відділення пивзаводу потужністю 12 млн дал пива на рік з впровадженням способів мінімізації вмісту діацетилу в пиві		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Федорченко К.О.				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Хіврич Б.І.				6	58	
Реценз.					ЗМІСТ		
Н. Контр.					НУХТ, ННІХТ, ТБ-4-8, 2022		
Затверд.	Куц А.М.						

1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

До основного виробництва пивзаводу належать наступні цехи та відділення:

- елеватор, де зберігається зерно та солод;
- головне виробниче відділення, до складу якого входить:
 - підготовче і варильне відділення;
 - бродильне відділення;
 - дріжджове відділення;
- відділення з установками ЦКБА;
- відділення фільтрації;
- розливний цех.

До допоміжних відділень відносять:

- електродільниця;
- підрозділ транспортний;
- водопідготовча станція;
- холодильно-компресорний цех;
- ремонтно-механічний цех;
- насосна станція;
- цех утилізації CO₂.

Обслуговуючі підрозділи пивоварного заводу:

- склад під сировину;
- склад порожньої тари;
- склад готової продукції;
- очисні споруди.

Бродильне відділення піддається проектуванню. Керівна частина заводу працює в одну зміну по 8-15 годин по 5 днів на тиждень. Головне виробництво та цехи з розливу працюють безперервно у 2 зміни по 12 год.

Режими роботи цехів і відділень пивзаводу наведені у табл. 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 — Режими роботи цехів та відділень

Найменування підрозділу	Початок зміни, год.	Кінець зміни, год.	Перерва, год.	Тривалість зміни, год.
Керівництво заводу (працюють по однозмінному режиму)	8 ³⁰	17 ¹⁵	13 ⁰⁰ – 13 ³⁰	8 ¹⁵
Основні цехи :				
1 зміна	8 ⁰⁰	20 ⁰⁰	13 ⁰⁰ – 13 ³⁰	12 ⁰⁰
2 зміна	20 ⁰⁰	8 ⁰⁰	1 ⁰⁰ – 1 ³⁰	12 ⁰⁰
Цех розливу				
1 зміна	8 ⁰⁰	20 ⁰⁰	13 ⁰⁰ – 13 ³⁰	12 ⁰⁰
2 зміна	20 ⁰⁰	8 ⁰⁰	1 ⁰⁰ – 1 ³⁰	12 ⁰⁰
Допоміжні цехи	8 ³⁰	17 ¹⁵	13 ⁰⁰ – 13 ³⁰	8 ¹⁵

Таблиця 1.2— Режими роботи основних підрозділів пивоварного заводу

Найменування підрозділу	Кількість змін на добу	Кількість дб роботи		Примітка
		в місяць	на рік	
Варильний цех	2	28,5	313	За вирахуванням 36 годин в місяць на дезінфекцію і профілактичний ремонт
Бродильне відділення при роботі з циліндроксничними апаратами	2	29,8	323	З урахуванням затримки надходження сусле під час дезінфекції варильного порядку, суслопроводів і холодильників
Мийно-розливний цех з розливом у всі види тари	2	21,0	338	За п'ятиденного робочого тижня

					СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА ПИВА

2.1 Асортимент та обсяг проекрованої продукції

Пивоварна галузь України та інших країн на своїх підприємствах випускає світлі, темні і напівтемні сорти пива. Кожен сорт має назву, характерний смак, аромат, колір, має чітко визначений вміст екстрактивних речовин, вміст алкоголю, кислотність, вміст діоксиду вуглецю.

Завод випускає пиво, представлене у табл. 2.1 за обраною рецептурою (табл. 2.2). Потужність заводу становить 12 млн. дал/рік.

Таблиця 2.1 — Асортимент проекрованої продукції

Сорт пива	Відсоток від загальної кількості	Виробництво	
		на добу, тис дал	на рік, млн дал
Джонсон світле, 11 %	45	16,4	5,4
Світла душа, 12 %	40	14,5	4,8
Українське темне, 13,5 %	15	5,5	1,8
ВСЬОГО	100	36,4	12

Таблиця 2.2 — Рецептура проектованих сортів пива

Сорт пива	Концентрація початкового сусла, %	Витрати зернопродуктів на 1 дал		Примітка
		%	кг	
Джонсон світле	11	Солод світлий – 85; Ячмінь – 15.	1,536 0,271	Світле
Світла душа	12	Солод світлий – 80; Рисова січка – 20.	1,582 0,396	Світле
Українське темне	13,5	Солод карамельний – 20; Солод темний 25; Солод світлий – 55.	0,45 0,563 1,237	Темне

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк. 10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Принципова технологічна схема виробництва пива

Принципова технологічна схема зброджування пивного суслу та доброджування молодого пива в ЦКБА зображена на рис. 2.1. Згідно наведеної схеми передбачається, що розведення дріжджів здійснюється періодичним трьохпаратним способом, з наступною СІР- мийкою. Сусло, що поступає на бродіння спочатку охолоджується до температури 10 °С, потім насичується киснем до 0,8...1,0 мг/дм³. Головне бродіння відбувається при температурі 13...14 °С.

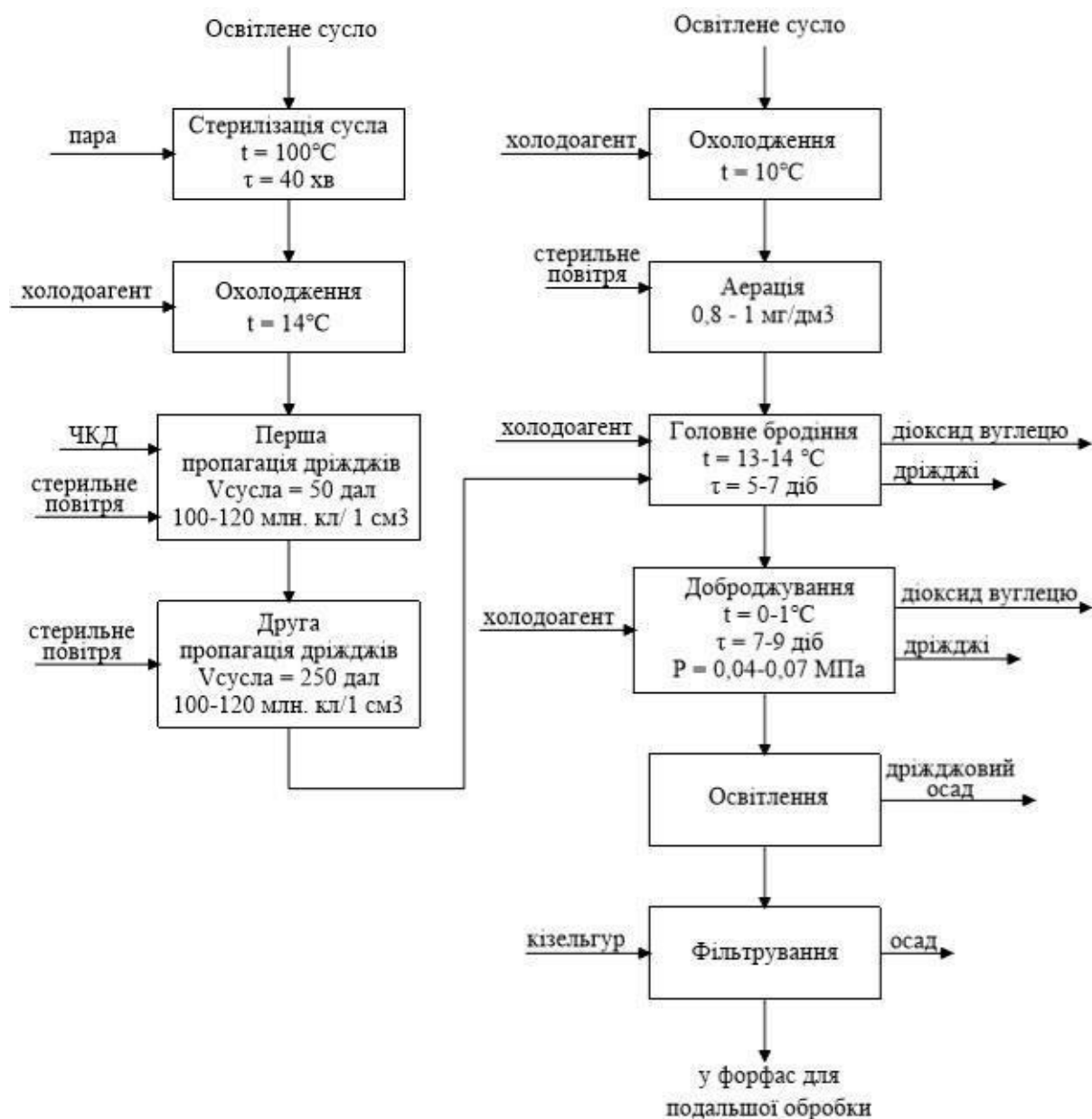


Рис. 2.1 Принципова технологічна схема зброджування пивного суслу та доброджування молодого пива в ЦКБА [3]

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва

Пивоварні раси дріжджів. Дріжджові клітини бувають яйцеподібної, еліпсоїдної, овальної чи витягнутої форми, що зумовлено видом дріжджів та умовами їх культивування. Дріжджова клітина, як видно з рис. 2.2, складається з оболонки, ядра й цитоплазми; зовнішня оболонка — із полісахаридів типу геміцелюлози й невеликої кількості хітину, а внутрішня — з білкових речовин, фосфоліпідів і ліпоїдів. Оболонка має вибіркочу проникність і здатна регулювати склад клітинного вмісту. Ядро являє собою невелике кулясте або овальне тіло, оточене цитоплазмою і нерозчинне в ній. В ядерних структурах відокремлені у вигляді включень ДНК та її протеїд ДНКП, міститься велика кількість РНК. Ядро відіграє найважливішу роль в обміні речовин, рості й розмноженні [1, с. 28].

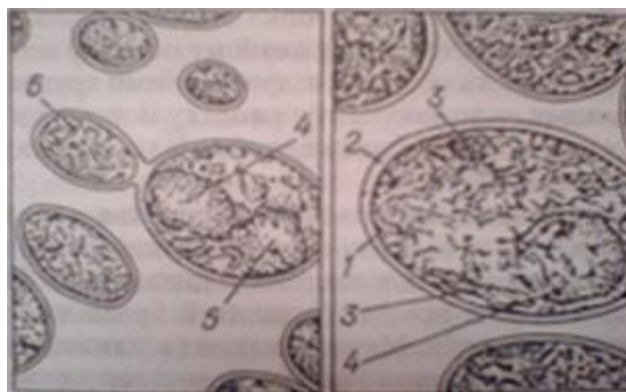


Рис. 2.2 Електронна мікрофотографія дріжджової клітини:
1 – клітинна стінка; 2 – цитоплазматична мембрана; 3 – мітохондрія;
4 – ядро; 5 – цитоплазма; 6 – брунька [1, с. 28]

Середній хімічний склад дріжджів. Дріжджова клітина містить 25...30% сухих речовин і 76...70% води, в тому числі й зв'язаної. Хімічний склад її змінюється залежно від раси, живильного середовища та фізіологічного стану. До складу сухої речовини входять:

- азотовмісні речовини — 35...36%;
- безазотисті екстрактивні речовини – 20...63%;
- жири 2...5%;
- мінеральні речовини — 5...11%.

Вміст глікогену коливається в межах 0...40% і прямо пропорційний вмісту вуглеводів у середовищі(24...40%). Білка в дріжджах близько 45%, 90% з яких припадає на істинні білки (зимоказеїн, церевізін). Вміст нуклеопротеїдів, на які багаті ядра дріжджових клітин, становить 26%.

Ключовими складовими дріжджової клітини є ферменти (ендо- і екзо-) — мелібіаза, інвертаза, глікогеназа, десмолази, протеїнази, фосфатази, гексокіназа, глюкозофосфатізомераза, алкогольдегідрогеназа, фосфофруктокіназа, фосфогліцеромутаза, фосфорпіруватдегідрогеназа, піруваткарбоксілаза.

Характеристика мікроорганізмів-продуцентів. У пивоварінні використовують два типи бродіння — верхове (тепле) й низове (холодне). Викликають

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ	Арк.
					ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їх відповідні дріжджі — верхового бродіння *Saccharomyces cerevisiae* (застосовують для отримання темних та спеціальних сортів пива) й низового бродіння *Sacch. carlsbergensis* — для виготовлення стандартного і сортового пива, які відрізняються рядом властивостей [1, с. 43].

У табл. 2.3 і 2.4 наведено невелику порівняльну характеристику дріжджів верхового і низового бродіння.

Таблиця 2.3 — Порівняння дріжджів низового і верхового бродіння за синтезом побічних продуктів бродіння

Побічні продукти, мг/дм ³	Дріжджі низового бродіння	Дріжджі верхового бродіння
4-вінілгваякол	0	1,2..4,0
Ізобутилацетат	Менше 0,1	0,5..0,8
Етилацетат	6..26	35..40
2-фенілетанол	10..20	30..50

Таблиця 2.4 — Порівняльна характеристика дріжджів верхового і низового бродіння

Критерій порівняння	Дріжджі низового бродіння	Дріжджі верхового бродіння
Температура розвитку, °С	5-10	14-25
Потреба у кисні, мг\дм ³	2-30	2-30
Бродильна активність	низько-, середньо-, сильно-зброджувальні	низькозброджувальні
Утворення брунькуючих кластерів у бродильному субстраті та властивість до аглютинації	слабо з'єднані кластери, що брунькуються, з декількох клітин, слабка здатність до аглютинації	у кінці процесу бродіння утворюються кластери, що брунькуються, з 8-10 клітин; відсутність здатності до аглютинації
Поведінка у відкритій бродильній ємності у кінці головного бродіння	аглютинація і повне осадження на дно	підйом на поверхню з бульбашками CO ₂ з утворенням «шапки» піни
Утилізація рафінози	повна утилізація рафінози завдяки наявності ферментів β-Н-фруктозидази (інвертази) та α-галактозидази (мелібіази)	відсутній фермент α-галактозидаза; рафіноза утилізується на 1/3; мелібіоза не утилізується
Утворення SO ₂	утворюється велика кількість сірковмісних сполук в т.ч. SO ₂ – більше 4 мг/дм ³	утворюється менша кількість сірковмісних сполук в т.ч. SO ₂ – менше 2 мг/дм ³

Біологічні властивості. Дріжджі низового бродіння мають фермент мелібіазу, яка повністю зброджує рафінозу, а дріжджі верхового бродіння не мають цього ферменту і зброджують лише на 0,33% рафінозу (фруктозу). Але в наш час отримані гібриди (Г–67, Г–73), що позбавлені цього недоліку.

Дріжджі верхового бродіння утворюють фермент піруватоксидазу, завдяки чому мають змогу використовувати глюкозу безпосередньо для дихання й завдяки цьому швидше розмножуються.

Бродильна активність дріжджів — важливий технологічний показник дріжджів, так як визначає тривалість головного бродіння, фізико-хімічні показники пива, його біологічну стійкість. Бродильна активність дріжджів оцінюється за такими показниками, як швидкість споживання цукрів, кількості CO₂, що виділяється при цьому і величиною кінцевого ступеню зброджування сусла. За даним показником, їх поділяють на три групи:

- 1) слабозброджуючі — < 80% мальтотріози;
- 2) середньо — 80–90% мальтотріози;
- 3) сильнозброджуючі — 90–100% мальтотріози.

Бродильна активність залежить від генетичних особливостей рас, розмірів клітин, площі їх поверхні в об'ємі сусла, зрілості, умов зберігання, підготовки, флокуляційних властивостей та інших факторів.

Дріжджі — єдиний живий організм, що здатний та готовий за нестачі кисню повітря змінювати енергетично більш вигідне дихання на бродіння. Ця особливість споріднює дріжджі обох видів, оскільки для здійснення будь-якого життєвого процесу необхідна енергія. Вони її отримують за анаеробних умов які створюються за відсутності повітря — в бродильному апараті при розкладі вуглеводів (мальтози, мальтотріози, глюкози, фруктози) до спирту й при цьому вивільняються лише 2 активовані молекули АТФ. Спирт — отрута для клітин, тому дріжджі намагаються його витіснити із себе, накопичуючи таким чином необхідний з технологічної точки зору метаболіт у молодому та доброджуваному пиві [1, 13].

Характеристика деяких рас (видів) дріжджів. У нашій країні для пивоваріння використовуються як вітчизняні раси дріжджів: 776, 11, 44, S (Львівська), 8a (M), 70, 129, 140, 145, 146, 148, H, 919, M–I–XI, M–I–XII, так і закордонні: P, F — чеські; 34, 308, 69 — німецькі.

Раса 776. Дріжджі належать до середньозброджувальних, за період головного бродіння на стандартному суслі 11% утворюють 2,67 % CO₂. Клітини яйцеподібної форми, розміром (5-6)...(8-10) мкм. Вони забезпечують пиво задовільним освітленням, та щільним осадженням. Напій має задовільний смак та різку хмелеву гіркоту. Приріст дріжджової маси — 1: 5,4. До сировини невибагливі, використовують для виробництва пива із застосуванням несолоджених матеріалів.

Раса T-58 (бельгійські). Дріжджі верхового бродіння. Штам дріжджів дозволяє отримувати пиво міцних сортів, середньозброджуючі. Дозволяють отримати пиво з сильним ефірним, трохи гострим і пряним ароматом. Температура бродіння 15... 24 °C.

Раса 11. Дріжджі відносяться до швидко- і сильнозброджуваних, рекомендуються для виготовлення багатьох сортів пива. Дають гарне освітлення як при головному бродінні, так і при доброджуванні. За період головного бродіння на стандартному суслі утворюють 2,96% CO₂. Клітини овальної форми, розміром (6-8)...(8-10) мкм. Приріст дріжджової маси — 1: 5,7. Надають хороший та повний смак, невибагливі до сировини, стійкі до автолізу. Скорочують період головного бродіння в порівнянні з 776 расою на 20%.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Раса 34–N (німецька). Прискорює процес бродіння і характеризується високою здатністю до освітлення пива (міцність його може досягати 8,5% об. за концентрації сусла 18%). Дріжджі верхового бродіння застосовують рідше і в основному для одержання темних або спеціальних сортів пива.

Раса W-34/70 (німецька). Дріжджі низового бродіння. Найпопулярніший штам дріжджів від інституту Weihenstephan – використовується в усьому світі в пивоварній промисловості для виробництва пива низового бродіння. Дріжджі дозволяють виробляти добре збалансоване пиво з фруктовим і квітковим ароматом, седиментація висока, температура бродіння 12...15 °С. Дріжджі надають змогу отримати пиво з низькими значеннями вмісту дикетонів, що дозволяє мінімізувати вміст діацетилу в пиві.

Раса S (Львівська). Середньозброджуючі, за період головного бродіння на стандартному суслі утворюють 2,88% CO₂. Клітини овальної форми, розміром (4-6)...(7-9) мкм, стійкі до автолізу. Приріст дріжджової біомаси 1 : 4,4. Характеризуються активною здатністю осідати. Смак пива м'який, чистий [1].

Для зброджування пивного сусла для трьох сортів пива обрано расу дріжджів W-34/70. Цей штам широко використовується в пивоварінні у всьому світі і дозволяє отримати добре збалансоване пиво з фруктовим і квітковим ароматом. При використанні цього штаму дріжджі, без використання додаткових режимів і способів зниження вмісту віцинальних дикетонів, можна досягти низьких значень вмісту ВДК (приблизно 0,18 – 0,2 мг/дм³).

Розведення дріжджів. Сучасні технології розмноження дріжджів передбачають створення аеробних умов протікання даного процесу, що забезпечує високі врожаї дріжджових культур та спрощення технології розмноження.

Крім того, розмноження дріжджів в аеробних пропаторах здійснюють при температурі 25 °С для рас як низового так і верхового бродіння. При цьому тривалість циклу розведення дріжджів завдяки підвищенню температури та переходу до аеробіозу значно скорочується.

Розведення дріжджів здійснюється у дві стадії — в лабораторії та на виробництві. Мета лабораторної стадії полягає у тому, щоб накопичити достатню кількість біомаси дріжджів, що дозволить перейти до їх розведення у виробничих умовах. Це досягається послідовним пересіванням культури зі збільшенням об'єму середовища та перевіркою її санітарно-гігієнічного стану [1, с. 67].

Спочатку дріжджі розмножують у колбах об'ємом до 2-х літрів з вільним простором в них не менше ніж 60 % та з постійним струшуванням на ротаційних шейкерах зі швидкістю 200 об/хв. Наступна та завершальна стадія лабораторного розведення дріжджів виконується у плоскодонних циліндричних ємкостях з нержавіючої сталі з робочим об'ємом 20...25 л — «колбах Карлсберга». З практичних міркувань ці колби заповнюють стерильним суслим, тоді як попередні стадії розмноження зазвичай проводять на напівсинтетичних середовищах (наприклад, пептоноглюкозному дріжджовому екстракті). Для переміщення культури у засівний резервуар пропатора використовують очищене повітря, кисень, азот або вуглекислий газ.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

При використанні традиційних анаеробних пропагаторів накопичується недостатній об'єм біомаси дріжджів для забезпечення задовільної норми засіву і це, у свою чергу, призводить до мало інтенсивного затяжного бродіння та нестандартного пива. Запропоноване використання інтенсивного перемішування та аерації для покращення показників, значного ефекту не дає.

До того ж, на сучасних виробництвах поширена технологія зброджування сусла у ЦКБА, об'єм яких становить 1600...4000 гл, що значно більше об'єму невеликих бродильних апаратів класичної технології, а також поширене застосування сусла з високою концентрацією сухих речовин. В результаті вихід дріжджів з анаеробних пропагаторів виявляється занадто низьким (приблизно 80 гл з вмістом 70 млн. клітин/см³; для сусла об'ємом, наприклад, 1600 гл це дає величину засіву 3,5 млн. клітин /см³ при вимогах для сусла з високою концентрацією сухих речовин 15 млн. клітин/см³). Тому, безумовно, такий режим розведення зазвичай є причиною складностей у технологічному процесі.

У випадку традиційного анаеробного розведення кисень подавався на початку процесу. Іноді в пропагаторах у ході всього процесу розведення здійснювалась додаткова аерація або оксигенація крізь стерильні фільтри, однак, перенос газу у таких умовах є незначним, так як більша частини поданого кисню піднімається у вільний простір у верхній частині резервуару. Це явище є відображенням фундаментальних законів переносу газу у культурах мікроорганізмів, згідно яких на цей процес впливає перемішування, густина або зростаючий парціальний тиск газу. З трьох цих параметрів найбільший вплив має перемішування. Газопоглинаюча здатність ферментера K_L є визначальним параметром для оцінки експлуатаційних якостей лабораторного та промислового устаткування.

Таким чином, основною задачею аеробного пропагатора для пивних дріжджів є підтримування мінімального, але визначеного рівня розчинного кисню у ході всього процесу. Це досягається шляхом поєднання регулювання надходження кисню та перемішування. Такі умови гарантують, що розмноження дріжджів не лімітується киснем і в результаті досягається вихід біомаси на рівні 200 млн. клітин/см³ у порівнянні з 50...70 млн. клітин/см³ у звичайному анаеробному пропагаторі [1].

Для виробничої стадії розмноження дріжджів у проектуваному цеху запропоновано використання системи із двох пропагаторів. Об'єм пропагаторів складає:

- для початкової стадії розведення — 50 дал (пропагатор №1);
- для основної стадії розведення — 250 дал (пропагатор №2).

Конусна частина пропагаторів оснащена паровою рубашкою, що дозволяє проводити стерилізацію сусла. Циліндрична частина оснащена охолоджувальною рубашкою. Як холодоагент доцільніше застосовувати розчин пропіленгліколю, аніж випаровувати аміак.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Коли в колбі Карлсберга досягається необхідна концентрація дріжджових клітин — 100...120 млн. клітин в 1 см³, через повітряний фільтр в колбу підводиться повітря під тиском й витискується готове розброджене культурне сушло в пропагатор через спеціальний трубопровід.

Після цього процес складається з наступних операцій: другий пропагатор заповнюється гарячим сушлом (95 °С), частина сусла перекачується в перший пропагатор. Сушло витримується 40 хв. при температурі 100 °С, щоб знищити мікроорганізми; після чого охолоджується до 10...12 °С. З колби Карлсберга дріжджі передаються у найменший апарат (пропагатор 1), при чому сушло має аеруватись, щоб розмноження відбувалось швидше. При досягненні у суслі бажаної концентрації клітин вміст пропагатора №1 слід передати в пропагатор №2. Перед заданням сусла з дріжджами в пропагатор №2 необхідно проаерувати сушло протягом однієї години. Пропагацію в апараті №2 проводять до концентрації дріжджів 100...120 млн клітин в 1 см³.

Існує два варіанти «замкнутого» розведення дріжджів:

- з неповним зрушенням пропагатора, залишаючи 10–20 % виробничих дріжджів (дріжджовий залишок), які заливають свіжим сушлом. Так можна продовжувати, поки дріжджі не стануть контамінованими;
- з повним зрушенням пропагатора з наступною СІР-мийкою і засівом нової партії сусла чистою лабораторною культурою дріжджів з колби Карлсберга [1,16].

У другого варіанта є перевага — він безпечний з точки зору ризику контамінації та менш ймовірна поява дріжджів-мутантів.

В даній кваліфікаційній роботі обрано періодичний спосіб розмноження дріжджів стандартної схеми пропагаторів. Цей спосіб менш продуктивний у порівнянні з безперервним, але для накопичення необхідної маси для зброджування в ЦКБА достатньо, та дозволяє після кожної пропагації дезінфікувати апарати, що забезпечує зниження ризику зараження ЧКД.

Внесення дріжджів у сушло. Кількість дріжджів слід розрахувати так, щоб при початковій температурі сусла 10 °С перші ознаки бродіння з'явилися протягом 12–16 годин. Звичайна норма внесення дріжджів становить 0,5 дм³ густих дріжджів на 1 дал 12 %-го сусла. При рівномірному розподілі дріжджів це відповідає приблизно 15×10^6 дріжджових клітин/см³ сусла. Кількість внесених дріжджів впливає на утворення і розчеплення діацетилу в пиві, при більшій за рекомендовану кількість внесення, може зменшити вміст діацетилу в готовому пиві. Для пива з початковою концентрацією сухих речовин 12 % рекомендована доза дріжджів 15×10^6 дріжджових клітин/см³ сусла, для мінімізації вмісту діацетилу можна внести $16,5...17,5 \times 10^6$ дріжджових клітин/см³ сусла [13, с. 445].

Процес зброджування пивного сусла. Бродінням називають складний процес біохімічного перетворення речовин поживного середовища на нові продукти під дією ферментів деяких мікроорганізмів. Зброджування сусла буває холодним або теплим.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Холодне бродіння краще позначається на якості пива, так як реакції метаболізму, зниження значення рН і процеси осідання протікають повільніше і не так глибоко. Отримане пиво відрізняється більш тонким вишуканим смаком, вираженою гармонійністю і хорошою піностійкістю. Для компенсації зниженого ступеня розмноження дріжджів і прискорення бродіння рекомендується інтенсивне аерування дріжджів незважаючи на низькі температури [23, с. 143].

Тепле бродіння. Підвищені температури в цілому сприяють інтенсифікації ходу бродіння, завдяки посиленому виділенню CO₂ утворюються вищі завитки, значення рН знижується швидше і значніше, посилюється осідання колоїдів — білкових з'єднань і гірких речовин. Пиво, виготовлене за теплим способом, часто характеризується менш гармонійним смаком і гіршими піноутворювальними властивостями; дріжджі раніше втрачають свою зброджувальну здатність і за певних умов надають пиву дріжджовий присмак [23, с. 143].

Тривалість бродіння пов'язана зі способом бродіння. Найбільш сприятливою є тривалість бродіння протягом 7 діб, її можна досягти сьогодні навіть при холодному бродінні в умовах оптимального аерування, незначного збільшення норми внесення дріжджів до 18...25x10⁶ клітин і, звичайно, нормального складу суслу. Для темного пива потрібна менша тривалість бродіння, а для пива, виготовленого з використанням несолодженої сировини, і для міцного пива — довша.

Хід головного бродіння. За ходом бродінням можна стежити за зовнішніми характерними змінами суслу. Розрізняють такі стадії бродіння:

- забіл (1-ша доба);
- стадія низьких завитків (на 2 і 3 добу);
- стадія високих завитків (3–5 діб);
- опадання піни і утворення деки (до 7–8 діб).

Перша стадія — забіл. На поверхні суслу утворюється ніжно-біла піна, яка триває протягом 1-1,5 доби, характеризується розмноженням дріжджів, екстракт зменшується на 0,2...0,5 % за добу.

Друга стадія — низьких завитків. Триває 2-3 доби, за кожну добу зброджується 0,5...1 % екстрактивних речовин з інтенсивним виділенням діоксиду вуглецю. Утворюється густа, компактна піна, виділяється і окислюються хмелюві смоли.

Третя стадія — високих завитків. Характеризується найбільшою інтенсивністю бродіння. Тривалість - 3 доби, за кожну добу зброджується 1...1,5 % екстракту з інтенсивним виділенням діоксиду вуглецю. Виділення хмелювих смол помітне, під кінець піна стає коричневою.

Четверта стадія — утворення деки. Завитки опадають, дріжджі утворюють пластівці і випадають в осад, пиво освітлюється, виділення діоксиду вуглецю майже припиняється, триває 2 доби, екстракт зброджується на 0,5...0,2% на добу. Отриманий продукт називають молодим пивом [16, с. 329].

Зміни в суслі в ході бродіння. У ході бродіння в суслі відбувається не тільки розщеплення зброджувальних вуглеводів в спирт і CO₂, змін зазнають і інші групи речовин, що мають велике значення для властивостей пива — білки, хмелюві смоли, кислоти тощо.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Концентрація іонів водню в процесі бродіння зміщується від середнього значення рН початкового сусла (5,2–5,7) до рН 4,35–4,65. Внаслідок цього їх концентрація в молодому пиві майже в 10 разів вище, ніж в суслі. Це зниження значення рН викликається утворенням нелетких і летких органічних кислот, а також зміною буферності в кислотну сторону. При цьому значення рН власне дріжджових клітин підтримується постійним (на рівні 6,0).

Найбільше зниження рН збігається з фазою розмноження дріжджів, що пояснюється видаленням фосфатів як буферних речовин, а також асиміляцією аміаку з амінокислот. В ході подальшого бродіння зниження рН зменшується і в останні дні бродіння досягає певної рівноваги. Інтенсивність і швидкість кислотоутворення залежать від властивостей сусла (від буферності і вмісту легко асимільованого азоту), від використовуваних дріжджів і ведення бродіння. Пилоподібні дріжджі довше залишаються метаболічно активними, ніж пухкі, і незважаючи на повільне зброджування здатні сильніше знизити рН. Швидке зниження значення рН, викликане, наприклад, підвищенням внесенням дріжджів (в кількості 25–30 млн клітин в 1 см³ сусла), може поліпшити процеси осадження — особливо гумінових речовин, які ніяк не піддаються фільтруванню. При теплому бродінні відбувається швидке зниження рН, проте в кінцевому підсумку в результаті виділення лужних амінокислот і вторинних фосфатів відбувається підвищення рН (приблизно на 0,05–0,1). Окремі штами дріжджів поводяться тут по-різному [12, с. 424].

Азотовмісні сполуки. Зміни азотовмісних речовин відбуваються в основному в ході наступних процесів:

- асиміляції низькомолекулярного азоту для утворення клітинної речовини;
- виділення високомолекулярних білків, внаслідок зниження рН і, відповідно, зміни умов розчинення і зарядів утворень на поверхні (бульбашки СО₂ і дріжджові клітини);
- виділення дріжджами частини асимільованого азоту (до 33%);
- зміни ступеня дисперсності азотистих фракцій завдяки підвищенню концентрації іонів водню.

Зменшення вмісту загального азоту, що становить для чистого солодового пива близько 300 мг/дм³, викликається переважно асиміляцією низькомолекулярного азоту, яка, в свою чергу, залежить від штаму дріжджів, від ведення бродіння й аерації сусла. Грає роль і ступінь утилізації амінокислот. На виділення високомолекулярного азоту, а також на зміну ступеня дисперсності білкових частинок впливає швидкість і ступінь зниження рН, обумовлені знову ж уже вищезгаданими чинниками [12, с. 424].

Під час бродіння окрім головних продуктів бродіння утворюються і *побічні продукти бродіння*, які мають важливий вплив на формування аромату та смаку готового пива. До побічних продуктів бродіння відносяться: вищі спити, діацетил, альдегіди, ефіри, сірчисті сполуки, органічні кислоти.

Діацетил. Найважливіша речовина у формуванні букету готового пива. При перевищенні граничного значення (0,05 мг/дм³) він надає пиву неприємний смак – від солодкого до медового, а в дуже великих концентраціях має

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

аромат масла. Аналогічні відчуття викликає і ацетилпропіоніл (2,3-пентандіон), але він має порівняно великий поріг відчуття – 0,5 мг/дм³. Ці речовини називаються віцінальними дикетонами (ВДК), оскільки мають розташовані поруч кетогрупи. Структурні формули ВДК наведені на рис. 2.3.

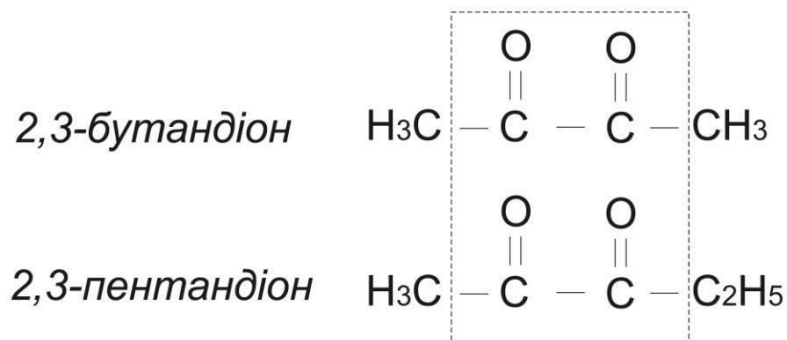


Рис. 2.3 Структурна формула віцінальних дикетонів [13, с. 416]

Утворення попередників. При зброджуванні дріжджі синтезують α -ацетолактат, а з нього неферментативним шляхом за межами клітин утворюється діацетил. В міру зниження концентрації кисню в зброджуваному суслі та зменшення інтенсивності розмноження клітин діацетил за участю фермента алкогольдегідрогенази, локалізованого в клітинній стінці дріжджів, перетворюється в ацетоїн і далі в 2,3-бутандіол. Тобто процес редукції діацетилену пов'язаний з ферментативною діяльністю дріжджів [21]. Їх утворення залежить від наступних факторів:

- *штам дріжджів* - час утворення і кількість утворених кислот є специфічною ознакою штаму дріжджів;
- *норма внесення дріжджів* - підвищена норма призводить до посиленого утворення ацетогідроксикислот, але сприяє швидкому та інтенсивному розщепленню діацетилену;
- *кисень* - призводить до підвищеного утворення дріжджами ацетогідроксикислот.

Однак вплив цих факторів проявляється не настільки сильно, щоб за допомогою цілеспрямованих технологічних прийомів можна було ефективно впливати на вміст ацетогідроксикислот.

Перетворення попередників. За допомогою окисного декарбоксілювання з ацетогідроксикислот виникають віцінальні дикетони: діацетил і 2,3-пентандіон. У зовнішньому середовищі цей процес протікає відносно легко і незалежно від дріжджової клітини. Його прискорюють:

- *зниження значення рН*; при рН 4,2 – 4,4 проходить швидке перетворення ацетогідроксикислоти в віцінальні дикетони, з підвищенням рН швидкість падає;
- *підвищення температури*; при підвищеній температурі перетворення відбувається швидше;
- *кисень*; потрапляння кисню в пиво призводить до швидкого утворення віцінальних дикетонів з їх попередників.

Швидкість дозрівання пива залежить від швидкості переходу ацетогідроксикислоти в діацетил і 2,3-пентандіон.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Відновлення дикетонів. Дріжджові клітини розщеплюють діацетил і 2,3-пентандіон; негативний вплив цих речовин на смак пива зменшується. Розщеплення відбувається через відновлення за даною схемою:



Речовина 2,3-бутандіол має дуже високе граничне значення смаку і в пиві не відчувається. Розщепленню діацетилену сприяють наступні фактори:

- під час бродіння дріжджі мають дуже велику здатність до розщеплення діацетилену, дріжджі здатні відновити в 10 раз більше дикетонів, ніж їх утворюється під час бродіння;
- здатність відновлювати діацетил залишається постійною під час бродіння і поступово падає при доброджуванні;
- різні штами дріжджів в здатності розщеплювати діацетил незначно відрізняються один від одного;
- відновлення діацетилену тісно пов'язане з температурою і значно зростає з її підвищенням;
- швидкість розпаду діацетилену сильно залежить від концентрації дріжджів в пиві при дозріванні;
- швидкість залежить від чинників, які сприяють або перешкоджають інтенсивному контакту дозріваючого пива і дріжджів. Перекачування пива, зменшення тиску і т.п., все, що запобігає осіданню дріжджів, сприяє розпаду діацетилену;
- додавання пива на стадії «низьких завитків» прискорює розщеплення діацетилену, так як відновлює здатність дріжджів під час розмноження досягається максимуму;
- розщеплення діацетилену залежить від значення рН і прискорюється при більш низькому значенні рН суслу.

Механізми утворення віцінальних дикетонів. Віцінальні дикетони утворюються з проміжних продуктів біосинтезу амінокислот (рис. 2.4).

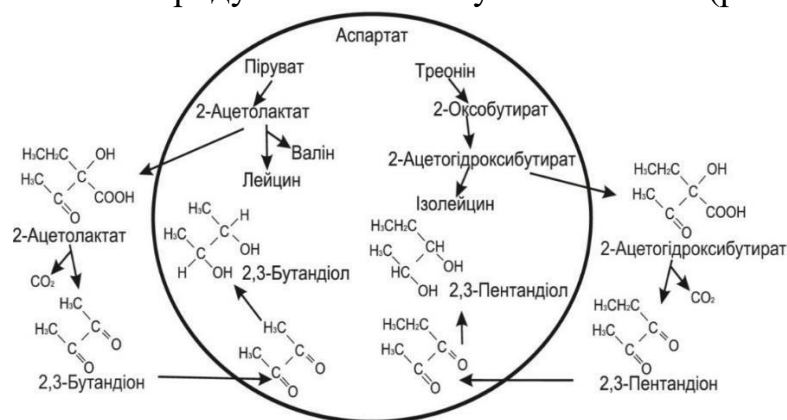


Рис. 2.4 Схема синтезу віцінальних дикетонів в дріжджовій клітині [16, с. 98]

Біосинтез діацетилену пов'язаний з синтезом валіну, а 2,3-пентандіона – з синтезом ізолейцину. Проміжними продуктами на шляху від пірувату до валіну є ацетолактат, а на шляху від оксобутирату до ізолейцину – ацетогідроксибутират. Ці речовини переходять з дріжджової клітини в сусло, де підда-

ються спонтанно окислювальному декарбоксілюванню з утворенням діацетилену і 2,3-пентандіона, які надалі зазнають різних змін в результаті метаболізму дріжджів.

Дріжджова клітина редукує діацетил до 2,3-бутандіола, а 2,3-пентандіон – до 2,3-пентандіола, внаслідок чого утворюються спирти, які мають високий поріг відчуття і істотно не впливають на аромат пива.

Віцинальні дікетони – діацетил (2,3-бутандіон) та 2,3-пентандіон – відіграють значну роль у формуванні смаку. Завдання пивоварів полягає в зведенні до мінімуму їх утворення або пришвидшенні їх відновлення до речовин із вищим порогом відчуття. До основних методів зниження вмісту дікетонів належать оптимізація параметрів бродіння та дозрівання, використання модифікованих штамів дріжджів та іммобілізованих дріжджових клітин. Цього досягають також застосуванням ферменту α -ацетолактатдекарбоксілази, який міститься в ферментному препараті Матурекс. Він каталізує реакцію перетворення α -ацетолактату безпосередньо в ацетоїн, минаючи утворення діацетилену. Таким чином значно знижується вміст дікетонів у пиві та скорочується тривалість його дозрівання. [21]

Регулювання вмісту віцинальних дікетонів. Встановлено, що на утворення діацетилену впливають наступні фактори: швидкість асиміляції валіну, активність алкогольдегідрогенази, активність ацетооксикислоти синтетази, бродильна активність дріжджів, флокуляційна здатність дріжджів, температура бродіння, амінокислотний склад сусла.

Для зниження концентрації ВДК молоде пиво рекомендують деякий час витримувати з дріжджами. Тривалість стадії контакту пива з дріжджами в процесі дозрівання визначається фізіолого-біохімічними особливостями конкретного штаму дріжджів і перш за все здатністю їх включати ВДК в процеси свого метаболізму [12, с. 416].

Альдегіди. Важливим альдегідом є ацетальдегід, який утворюється як проміжний продукт при спиртовому бродінні. Ацетальдегід виділяється дріжджами в пиво в перші три дні бродіння і викликає «зелений» смак молодого пива, маючи присмак «підвалу» або «підземелля».

В ході подальшого бродіння ацетальдегід розщеплюється і смак молодого пива пропадає. В молодому пиві концентрація альдегіду складає від 20 до 40 мг/л., в готовому пиві це значення падає нижче 8 – 10 мг/л.

Концентрація ацетальдегіду підвищується при:

- інтенсивному бродінні;
- росту температури під час бродіння;
- підвищеній нормі внесення дріжджів;
- підвищеному тиску у фазі головного бродіння;
- дуже малій аерації сусла.

Розщепленню утворюючого альдегіду сприяють:

- всі прийоми, які ведуть до інтенсивного доброджування та дозрівання;
- тепле дозрівання;
- достатня аерація сусла;
- підвищення концентрації дріжджів у фазі дозрівання [12, с. 419].

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Вищі спирти. В порівнянні з віцинальними дикетонами і альдегідами, які відносяться до речовин, які формують букет молодого пива, речовинами смаку і ароматом готового пива є вищі спирти або «сивушні масла».

Існує декілька шляхів утворення вищих спиртів:

- дріжджі перетворюють амінокислоти сусла у вищі спирти через відокремлення анінної групи, декарбоксілюванні та відновленні;
- утворення вищих спиртів може проходити через гідрокислоти або кетокислоти;
- вищі спирти утворюються також із цукру через ацетат.

Під час головного бродіння утворюється 80 % вищих спиртів; у фазі доброджування проходить лише незначне збільшення концентрації. Утворені вищі спирти не можуть бути видалені з пива безпосередньо якимось з технологічних прийомів, тому їх концентрацію можна регулювати тільки на етапі бродіння.

Фактори, які впливають на утворення в пиві вищих спиртів:

- підвищення температури бродіння;
- перемішування молодого пива (мішалка або насос);
- знижена концентрація амінокислот в суслі;
- інтенсивне аерування сусла;
- температура внесення дріжджів вище 8 °С;
- початкова екстрактивність сусла більше 13 %;

Утворення вищих спиртів зменшується за рахунок:

- підвищеної норми внесення дріжджів;
- низької температури початкового сусла;
- холодного бродіння сусла;
- підвищеного тиску вже у фазі бродіння;
- виключення потрапляння кисню в пиво вже після внесення дріжджів;
- достатньо великої кількості амінокислот у початковому суслі.

При концентрації вищих спиртів більше 100 мг/л погіршується смак і корисні властивості пива [12, с. 419].

Ефіри. Важливі речовини для формування букету і, в більшості, формують аромат пива. При підвищеній концентрації вони можуть надавати пиву неприємного гірко-фруктового смаку.

Ефіри утворюються під час бродіння завдяки етерифікації жирних кислот і вищих спиртів. Концентрація ефірів підвищується головним чином у фазі головного бродіння. Збільшена концентрація у фазі дозрівання залежить від ведення процесу доброджування; при тривалому доброджуванні може відбутись подвоєння кількості ефірів.

Утворення ефірів – важкий процес, який залежить від різних технологічних факторів і регулюється більшістю технологічних параметрів:

- підвищена температура підвищує утворення ефірів;
- підвищена аерація сприяє утворенню ефірів, а при недостатній аерації утворення зменшується;
- підвищена екстрактивність сусла призводить до збільшення утворення ефірів;

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- при використанні у виробництві високих бродильних апаратів утворення ефірів знижується, тому що при цьому збільшується гідростатичний тиск і концентрація CO₂;

- в суслі з високою мутністю вміст жирних кислот збільшується.

Утворенню ефірів сприяє:

- збільшення екстрактивності сусла більше 13 %;
- збільшення аерації сусла;
- велика температура бродіння;
- активне перемішування пива під час бродіння та дозрівання.

Утворення ефірів зменшується при:

- низькій екстрактивності сусла;
- низькій ступені зброджування;
- низькій аерації сусла;
- низькій температурі бродіння;
- підвищенні тиску під час бродіння [12, с. 420].

Сірчисті сполуки. Утворюються під час метаболізму дріжджів, в дуже малій концентрації мають інтенсивний смак і аромат. При підвищеній граничній концентрації цих сполук виникає незрілий смак молодого пива. Сірководень летючий і частково видаляється під час бродіння і дозрівання з бульбашками вуглекислоти. Вимивання відбувається сильніше: з підвищенням температури; зі збільшенням висоти стовпа рідини.

Діоксид сірки утворюється з сульфатів сусла та є акцептором кисню і позитивно впливає на смакову стабільність пива.

В ході бродіння розрізняють три фази утворення:

- при початку розмноження дріжджі мають велику потребу в сірковмісних амінокислотах, яка покривається за рахунок внутрішніх запасів і амінокислот сусла;

- в подальшому потреба в сірковмісних амінокислотах зберігається - дріжджі асимілюють сульфат сусла і перетворюють його в сульфід, який може бути утилізований клітиною; з клітини відбувається лише незначне виділення сульфіту;

- при нестачі поживних речовин зростання дріжджових клітин гальмується, однак асиміляція сульфату триває (надлишковий сульфід виділяється з клітини) [12, с. 421].

Органічні кислоти. Основна кількість органічних кислот пива утворюється з амінокислот сусла в результаті діяльності дріжджів, вони відділяють від амінокислот аміногрупу, необхідну дріжджам для будування клітинних білків, і виділяють в пиво дезаміновані органічні кислоти. Таким чином, окрім вищих спиртів, утворюються палітра органічних кислот, які можуть впливати на смак пива [12, с. 422].

Аспекти бродіння й дозрівання.

1. Азотний склад сусла, що залежить від режиму затирання. Головне — сусло повинне містити не менше 25 мг вільного α -амінного азоту/100 см³, яке необхідне для нормального харчування дріжджів. При застосуванні несолодженої сировини вміст α -амінного азоту в солоді має становити 15 мг/100 см³.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Вміст валіну в суслі впливає на зменшення віцинальних дикетонів під час бродіння. При використанні в рецептурі 100 % ячмінного солоду, вміст валіну (37 мг/100 г солоду), дозволяє отримати пиво з меншим вмістом діацетилу. При використанні в рецептурі окрім солоду несолоджену сировину, вміст валіну зменшується і це призводить до більшої концентрації вмісту діацетилу в пиві, тому передбачено додаткове внесення валіну в сусло до вмісту 200 – 300 мг/л.

Додаткове внесення валіну в сусло не має ніякого впливу на накопичення спирту і тривалості зброджування, також не впливає на накопичення біомаси дріжджів і показник рН .

2. Аерація сусла і норма внесення дріжджів. Це найголовніший фактор для інтенсивного та швидкого зброджування. Рекомендована кількість внесення 30 млн клітин /1 см³, яка відповідає 1 дм³ густих на 1 гл сусла. Не менше 8 мг О₂ [15, с. 92].

3. Дріжджі дуже чутливі до різкої зміни температури. Різке переохолодження призведе до шоку. При внесенні їх в логарифмічній фазі росту потрібно запобігати різким зменшенням температури. При підвищенні температури під час головного бродіння дріжджі здатні прискорювати здатність розчеплення діацетилу, що позитивно впливає на вміст діацетилу в готовому пиві. При виробництві пива для зменшення концентрації діацетилу передбачено діацетильну паузу. Суть паузи — під кінець головного бродіння температуру підвищують на 2-3 °С за норму і витримують 24 – 48 годин. Цей процес дозволить зменшити концентрацію діацетилу в молодому пиві [12, с. 426].

4. Індикатор дозрівання — розчеплення діацетилу. Можна виходити з тих положень, що одночасно із значним розчепленням діацетилу зникають інші сполуки молодого пива. Загальний вміст діацетилу в кінці дозрівання має бути не більше 0,1 мг /дм³ [15].

Розрізняють дійсний і видимий ступінь зброджування, який визначається за показниками цукроміра і відображає «видиму» екстрактивність, яка внаслідок вмісту спирту в пиві становить на 0,789 г/см³ нижче, ніж в дійсності.

Дійсний ступінь зброджування, яка визначається за «дійсною» екстрактивності пива, яку визначають за допомогою цукроміра (або точніше – пікнометричним методом) після відгону в лабораторії спирту, що міститься в пиві і заміни його водою.

На практиці зазвичай починають працювати тільки з видимим ступенем зброджування, оскільки його визначати простіше, а для практичних потреб його достатньо.

У пивоварному виробництві ступінь зброджування розраховують і визначають для кожного етапу. При цьому розрізняють ступінь зброджування молодого пива (в кінці головного бродіння перед доброджуванням), ступінь зброджування готового пива (в кінці доброджування перед перекачуванням нефільтрованого пива у відділення фільтрації) і кінцеву ступінь зброджування.

Кількісну різницю між цими ступенями зброджування необхідно знати з самого початку, для чого в лабораторії визначають кінцеву ступінь зброджування (КСЗ), з якої виводяться обидва інших значення ступеня зброджування [3, 12].

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Способи збродження сусла. В світовій практиці застосовують такі способи збродження сусла: періодичний (класичний), сумісний та безперервний.

Класичний спосіб. Суть цього способу полягає в тому, що головне бродиння здійснюють в одному апараті, а доброджування в іншому. Головне бродиння протікає в закритих або відкритих бродильних апаратах, виготовлених із нержавіючої сталі, діаметром 1,8-2,4 м, коефіцієнт заповнення яких становить 0,9.

Дріжджі зібрані з осаду після першого і наступних виробничих бродінь, називаються *засівними* першої і наступної генерацій. Кількість внесених дріжджів становить 0,04-0,05 дм³ на 1 дал сусла, призначеного для бродиння. Дріжджі з суслom ретельно перемішують у спеціальному резервуарі для розбродження продуванням стерильного повітря, діоксидом вуглецю або механічною мішалкою або розброджують протягом 1-3 год. при температурі 5...6°C. Бродильний апарат заповнюють суслom із кількох варок, розброджені дріжджі вносять у потік сусла, внаслідок чого відбувається активне змішування. Через 12 год сусло перекачують в основні бродильні апарати. Можна заповнювати бродильні апарати і безпосередньо, але для цього необхідно використовувати флотацію сусла, яка полягає в тому, що в потік сусла спочатку вдувають стиснене і розріджене стерильне повітря, завдяки чому сусло утворює високий і стійкий шар піни, а через 2 год у потік сусла вводять дріжджі.

Збродження сусла класичним способом ділиться на: холодне при температурі до 9°C або тепле – до 12...19 °C, рН не вище 5,8. При бродинні внаслідок розщеплення цукру виділяється теплота, тому для зниження температури сусла, що бродить, його охолоджують водою або холодоагентом, які циркулюють по змійовикам у бродильному апараті.

Після головного бродиння молоде пиво перекачують у лагерні апарати на доброджування і дозрівання, а дріжджовий осад за допомогою вакууму в спеціальне монжю у дріжджове відділення [16, с. 355].

Виробництво пива в ЦКБА. Охолодженням до температури 10 °C суслom, яке аерують очищеним стерильним повітрям, у 2-3 прийоми заповнюють апарат протягом доби. В потік аерованого сусла, яким заповнюють апарат, вводять ЧКД або насінневі дріжджі. Протягом перших двох діб температура підвищується до температури 14 °C. При цій температурі головне бродиння закінчується на 5-6 добу при тиску 0,04-0,05 МПа. Після чого конічну частину апарата охолоджують до температури 2 °C, внаслідок чого дріжджі осідають на дно протягом двох діб. Потім охолоджують циліндричну частину апарату до температури 0...2°C і настає стадія доброджування та дозрівання молодого пива, яка триває 5-7 діб. Після закінчення доброджування дріжджі видаляють і зберігають в спеціальних збірниках при температурі 2...4 °C. Пиво, при необхідності, карбонізують діоксидом вуглецю, потім фільтрують і направляють на розлив.

Для дозрівання і доброджування відводиться час не більше 7...9 діб, при цьому є тенденція до скорочення терміну.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

При проведенні бродіння і дозрівання в ЦКБА менш ніж за 3 тижні потрібно звернути особливу увагу на деякі технологічні параметри, оскільки візуально оцінити як відбувається бродіння неможливо. Аерація сусла і норма внесення дріжджів - це провідні фактори для швидкого і інтенсивного зброджування. Рекомендована кількість внесення дріжджів 30 млн. клітин/мл відповідно додаванню 1 л густих дріжджів на 1 гл сусла. Дріжджі дуже чутливі до зміни температури. Різке охолодження призводить до шоку, що негативно впливає на бродіння і розмноження дріжджів при внесенні дріжджів і в логарифмічній фазі росту слід уникати сильного охолодження. Після внесення першої частини сусла, задають дріжджі з пропагатора, потім заповнюють апарат на всі 85 % такої ж температури як і температура сусла з дріжджами. Осаджені дріжджі необхідно видалити з танку. Автоліз дріжджів погіршує якість пива. Бродіння і дозрівання проводять в одному ЦКБА (однотанковий спосіб) використання одного танку дає суттєві переваги: зменшення витрат на миття; зменшення витрат CO₂; зменшення витрат пива; не виникає небезпеки попадання кисню. Всі реакції що проходять при бродінні і дозріванні пива відбуваються швидше при підвищених температурах.

Цим користуються для прискорення бродіння і дозрівання пива. Якщо дріжджі задати при 8 °C і дозволити температурі зрости до 12...14 °C то утворюється набагато більше діацетилу, ніж звичайно й розщеплюється він швидше і інтенсивніше. Тільки після відновлення діацетилу пиво охолоджують до температури холодної витримки -1 °C і витримують протягом одного тижня. Загальна тривалість процесу становить 17..20 днів. Переваги даного методу: кінцева ступінь зброджування досягається дуже швидко; діацетил розщеплюється швидко і повно; пиво виготовлене при цьому режимі має високу якість [12, с. 464].

Зняття дріжджів. Дріжджі потрібно знімати так часто, наскільки це можливо. Для цього є свої причини:

о культура осідає нерівномірно через турбулентні потоки, які виникають при головному бродінні, тобто на поверхні молодого пива спостерігається висока концентрація клітин;

о дріжджі по ходу дозрівання виділяють в пиво азотовмісні низькомолекулярні речовини, які не споживаються ними повторно, а лише негативно впливають на стійкість піни;

о при дозріванні та холодній витримці дріжджі виділяють протеїназу, яка розщеплює композиції білків;

о поганий стан клітин призводить до їх автолізу, оскільки рН підвищується й крім того утворюються комплекси протеїнів, глікогена і маннана які розчиняються та призводять до помутніння напою, погіршення його фільтрування;

о біомаса, в конусі, знаходиться під впливом парціального тиску CO₂. Тиск стовпа рідини клітини краще витримують, а ніж дію CO₂.

Методи збору. Із конуса дріжджі можна збирати за допомогою тиску стовпа рідини або насосом, який буде підтримувати потік постійним (мембранні, гвинтові, ексцентрові гвинтові). Важливо, щоб біомаса поступово сповзала й

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

горизонтальна межа між пивом і дріжджами залишалась постійною; якщо утвориться воронка — пиво може засмоктати.

Доцільно зберігати дріжджі під шаром молодого пива при температурі 4...5 °С [12, с.493].

В даній роботі обрано зброджування пивного сусла в ЦКБА, що дозволяє зменшити кількість апаратів в цеху, зменшити цикл зброджування пива майже в 2 рази, знизити ризик небажаного зараження сусла киснем при перекачуванні, дозволяє отримати гарну якість готового пива.

Освітлення перед фільтруванням. Попереднє освітлення на центрифугі вагомо покращує фільтрування пива. Тим самим можна позбавитись від надлишкового вмісту дріжджів, а також сухих речовин, що випали при зброджуванні, дозріванні, завдяки чому підвищується продуктивність фільтрувальної установки і знижуються витрати на обслуговування апарату.

Безперервний режим роботи сепаратора гарантує постійну високу якість пива. Пропускна здатність машини відповідним чином адаптується, за допомогою чого досягається необхідний ступінь очищення. Завдяки цьому забезпечується постійно однакова каламутність пива після сепаратора.

Важливими для сепаратора параметрами є однорідність розподілу в дріжджовій суспензії, що подається, а також швидка та точна система випороження кишень з осадом, що дозволяє забезпечити максимальний вихід біомаси та пива.

Конструкції сучасних сепараторів-освітлювачів дозволяють запобігати небажаного потрапляння кисню в продукт.

Принцип дії гідрогерметизації для сепараторів (рис. 2.5). Запірна вода через електромагнітний клапан надходить в камеру для запірної води, де за допомогою зануреної шайби створюється гідроізоляція внутрішнього простору барабана від навколишньої атмосфери. В результаті блокується надходження кисню в продукт, тобто попереджається його дегазація. В якості запірної води рекомендується використовувати деаеровану воду. Надлишок запірної води відводиться через верхню частину камери для запірної води.

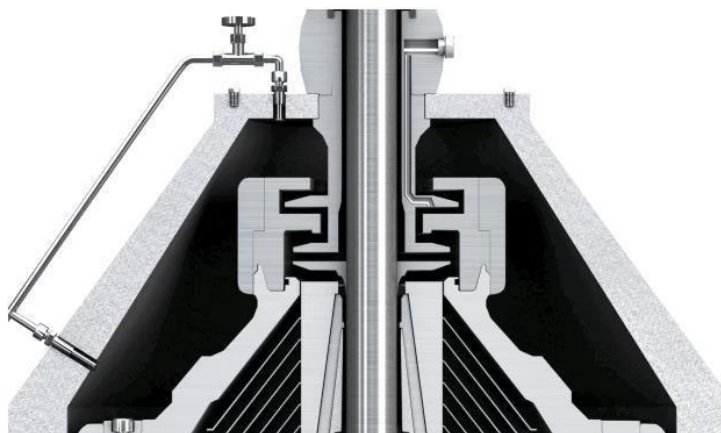


Рис. 2.5 Схема гідрогерметизації сепаратора-освітлювача Flottweg AC

Загалом сепаратор забезпечує наступні переваги:

- регулювання каламутності;
- зменшення втрат пива;

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ	Арк.
					ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зниження витрат при очищенні стічних вод;
- дбайлива обробка пива і дріжджів, що дозволяє збільшити кількість генерацій;
- проста інтеграція в існуючі виробничі процеси;
- безперервний повністю автоматичний режим роботи з простим керуванням;
- зниження навантаження на фільтр (після дозрівання) завдяки перенесенню меншої кількості дріжджів.

Також, сьогодні використовують кларифікаційні установки сепарування в атмосфері інертного газу, що так самостійно блокує контакт кисню з продуктом.

Як правило надлишкові дріжджі направляють на реалізацію, оскільки їх переробка на пивоварному підприємстві економічно неефективна [1,11].

Фільтрування пива. Окрім клітин дріжджів, у зеленому пиві також присутні сторонні частки. Багато з них настільки малі, що їх неможливо розглянути у звичайний оптичний мікроскоп. Виходячи з цього, можна було б припустити, що ці включення не впливають на прозорість пива. Однак через те, що частки не розчинені, пиво виглядає мутним, якщо тримати його проти світла. Для видалення цих часток необхідно використовувати дуже тонкі фільтри.

Фільтруючі матеріали. Найчастіше як фільтруючий матеріал використовується кізельгур (діатоміт). Він є одним з найдавніших допоміжних фільтруючих засобів. Кізельгур складається з кістяків (панцирів) мікроскопічних діатомітових водоростей, що відклалися на дні озер і морів. При виготовленні фільтруючого матеріалу ці кістяки спочатку розмелюються на порошок. Потім органічні речовини руйнуються шляхом нагрівання.

Кізельгуровий фільтр. Серед різноманітності існуючих кізельгурових фільтрів більш поширений — тарілчастий. В ньому тарілки розташовані горизонтально.

Кізельгуровий фільтр комбінований з фільтром тонкого очищення. Його завдання видаляти речовини, що можуть бути присутніми у вигляді дуже маленьких часток. Інакше пізніше вони вступають у реакцію з деякими протеїнами і призведуть до помутніння пива. У кінці лінії фільтрації знаходиться невеликий запобіжний фільтр. Він призначений для видалення часток кізельгуру у випадку, якщо, наприклад, прорветься одна з фільтрувальних серветок або сіток великого фільтра.

Для стабілізації пива після фільтрування, його можна профільтрувати через ПВПП фільтр. Фільтр адсорбує дубильні (фенольні) з'єднання шляхом утворення водневих зв'язків [12, с. 511].

Фільтр ПВПП — автоматична установка, призначена для стабілізації пива за допомогою полівінілполіпіролідона (ПВПП).

Фільтр наповнюється відфільтрованим пивом і одночасно з дозатора надходить деяка кількість ПВПП, який осідає на свічках. Перед використанням ПВПП 1 кг його суспензії розводять в 9 дм³ води. На кожен м² поверхні, що фільтрує необхідно близько 200 г ПВПП. При кожному циклі втрачається від 0,05 до 0,1% ПВПП.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

У потоці при поточному дозуванні відбувається стабілізація пива. Віднесені з пивом дрібні частинки ПВПП відокремлюються в установленому на виході невеликому трап-фільтрі. У кінці стабілізації залишкове у фільтрі ПВПП пиво витісняється деаерованою водою.

Збірник смарочного пива — ємність для збору «некондиційного» пива. Технологічна ємність для збору розведеного пива низької густини. Ємність обладнана автоматичними клапанами, трубопроводами подачі і відведення вуглекислоти, пива і миючих розчинів. Для захисту від деформації буфер оснащений вакуумно-підривним клапаном. Для збереження температури пива ємність вкрита ізоляцією. Для відбору аналізів пива – пробовідбірним краником.

Для контрольного фільтрування, для запобігання вмісту сторонніх домішок в готовому продукті, яке перекачують на розлив, використовують трап-фільтр [12, с. 511].

Трап-фільтр розташований в кінці лінії фільтрації і призначений для уловлювання механічних частинок добавок і частинок, які пройшли через основні фільтри. Для фільтрування з метою зменшення вмісту мікроорганізмів у пиві і для знепліднюючого фільтрування використовуються мембранні фільтри. Це фільтри, в яких пиво проходить крізь дрібнопористі мембрани і, в значній мірі, звільняється від мікроорганізмів і речовин, що утворюють каламуть [12, с.511].

Прийняті технічні рішення в проектуванні бродильного відділення

1. Розмноження чистої культури дріжджів проводиться на виробництві періодичним способом, з повним вивантаженням пропагаторів з подальшою СІР-мийкою і засівом нової партії дріжджів.

2. Для зброджування пивного сусла для трьох сортів пива обрано расу дріжджів W- 34/70. Цей штам широко розповсюджений у використанні в пивоварінні по всьому світу. Дріжджі дозволяють отримати добре збалансоване пиво з фруктовим і квітковим ароматом. При використанні цього штаму дріжджів, без використання додаткових режимів і способів зниження вмісту віцинальних дикетонів, можна досягти низьких значень вмісту останніх (приблизно 0,18...0,2 мг/дм³).

3. Для зброджування і доброджування пивного сусла обрано ЦКБА, що, у порівнянні з класичним способом, зменшує цикл виробництва пива та забезпечує зменшення зараження пива.

4. Передбачено фільтрування пива здійснювати у дві стадії. Спочатку освітлення за допомогою гідрогерметизованого сепаратора Flottweg AC, а потім кізельгурового свічкового фільтра, що забезпечить якісне освітлення напою, економію витратних матеріалів і збільшення продуктивності лінії.

5. Для мінімізації вмісту в пиві діацетилу передбачені такі параметри:

- забезпечити вміст амінного азоту в суслі в межах 180...220 мг/дм³, в тому числі валіну не менше 200...300 мг/дм³;

- використовувати раси дріжджів з властивістю інтенсивного перетворення діацетилу;

- засівати сусло підвищеною нормою внесення дріжджів;

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підтримувати, по можливості, підвищену температуру головного бродіння (для дріжджів низового бродіння — 13...14 °С);
- після закінчення головного бродіння провести діацетилову паузу (вистримати молоде пиво на дріжджах при температурі 15...16 °С протягом 24 – 48 год);
- на доброджування залишати підвищену кількість (в межах 7...10 млн клітин/см³) дріжджів та проводити, при необхідності, перемішування пива для зменшення осідання клітин.

2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Відповідно до апаратурно-технологічної схеми культура береться з пробірки з вихідним штамом 1. Послідовно передається у різні об'єми колб Пастера 2 та колбу Карлсберга 3 для розмноження дріжджів. Гаряче охмелене сушло насосом подається на охолодження в пластинчастий двоохступінчатий теплообмінник 8. Паралельно освітлене сушло подається у стерилізатор 4, далі подається у циліндр бродильний 5, куди вноситься ЧКД, де відбувається приріст біомаси, потім сушло з дріжджами подається у резервуар попереднього бродіння 6.

В циліндро-конічний бродильний апарат 11 відцентровим насосом 10 надходить охоложене сушло із теплообмінника, яке проходить через аератор 9 для насичення киснем.

Циліндро-конічний бродильний апарат 11 має миочу головку. Насіневі дріжджі, які знімаються з ЦКБА, насосом через вібраційне сито 16 надходять на зберігання в апарат 17 та надлишкові дріжджі в апарат 18, які далі йдуть на реалізацію. Пиво з ЦКБА проходить через сепаратор 12, з якого відбираються дріжджі і подаються у збірник надлишкових дріжджів 18. Зброджене пиво подається у буферну ємність 13. Далі насосом перекачується у кізельгуровий фільтр 15, куди попередньо подано кізельгур, розведений з водою і намитий у фільтрі. Проходить фільтрація пива. Після цього, відфільтроване пиво йде на подальшу обробку.

					ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Характеристика проекрованої продукції

Органолептичні та фізико-хімічні показники проекрованої продукції згідно з ДСТУ 3888:2015 наведені в табл. 3.1 та табл. 3.2. [6]

Таблиця 3.1 — Органолептичні показники пива згідно з ДСТУ 3888:2015

Найменування показника	Характеристика	
	світле	темне
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень не властивих пиву. Для пшеничного пива допустима опалесценція	
Смак	Чистий, зброджений, солодовий з хмелевою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків	Чистий, зброджений, солодовий з вираженим присмаком карамельного або паленого солоду, з хмелевою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків
Аромат	Чистий, зброджений, солодовий, хмелевий без сторонніх запахів	
Піноутворення	Пиво з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі від 8% до 11,5%: Висота піни, не менше, мм – 20,0 Піностійкість не менше, хв – 2,0	

Таблиця 3.2 - Фізико-хімічні показники сортів пива згідно з ДСТУ 3888:2015

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, 0,1 см ³ розчину йоду на 100 см ³ води	Масова частка діоксиду вуглецю, %, не менше
Джонсон світле	11,0	2,8	1,2-2,8	0,2-1,8	0,30
Світла душа	12,0	3,4	1,3-3,2	0,2-1,8	0,33
Українське темне	13,5	3,5	1,4-3,6	0,2-1,8	0,35

3.2 Характеристика сировини

До основної сировини, що використовується при виробництві пива належать - солод, ячмінь, рисова січка, хмелепродукти (хміль гранульований типу 45, CO₂-екстракт), і питна вода. Вимоги до якості сировини наведено в табл. 3.3 – 3.11.

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 3.3 - Органолептичні показники солоду згідно ДСТУ 4282:2004 [7]

Назва показника	Характеристики	
	світлий	палений
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, що не містить пліснявих та пошкоджених зерен	
Колір	Для солоду високої якості – від світло-жовтого до жовтого. Для солоду I та II класу дозволено сірувато-жовтий	Темно-коричневий. Не дозволено чорний
Запах	Солодовий. Не дозволено: кислий, запах плісняви та інших не властивих солоду	Запах, що нагадує каву. Не дозволяється пригорілий
Смак	Солодовий, солодкуватий. Не дозволено сторонній присмак	Кавовий. Не дозволено пригорілий і гіркий

Таблиця 3.4 - Фізико-хімічні показники солоду згідно з ДСТУ 4282:2004 [7]

Назва показника	Параметри показника			
	світлий			палений
	Високої якості	I класу	II класу	
1	2	3	4	5
Просів через сито(2.2x20)мм, %, не більше	2,0	3,0	7,0	7,0
Масова частка смітної домішки, %, не більше	Не дозволено	0,3	0,5	0,3
Кількість зерен, %:				
• мучнистих, не менше	90,0	85,0	80,0	76-80
• склоподібних, не більше	2,0	4,0	8,0	8,0
• темних, не більше	Не дозвол.	Не дозвол.	4,0	10,0
Масова частка вологи (вологість), %, не більше	4,0	5,0	5,8	4,0
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду тонкого помелу, % не менше	80,0	78,5	76,0	76,0
Різниця масових часток екстрактів у сухій речовині солоду тонкого і грубого помелів, %	1,0-1,5	1,6-2,5	Не більше 3,5	Не більше 3,5
Масова частка білкових речовин у сухій речовині солоду, %, не більше	11,0	11,5	11,5	-
Відношення масової частки розчинного білка до масової частки білкових речовин у СР солоду, %	39-41	37-41	-	-
Розчинний азот у солоді(на сухій основі), %	0,75-0,70	0-69-0,65	0,64-0,55	-
Тривалість оцукрювання, хв, не більше	10	15	25	-

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Таблиця 3.5 — Органолептичні показники карамельного солоду [7]

Назва показника	Характеристика солоду
	Карамельного
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, що не містить пліснявих зерен і зернових шкідників
Колір	Від світло-жовтого до брунатного з глянцеvim відливом
Запах (як самого солоду, так і холодної та гарячої витяжок)	Солодовий. Не дозволено: пригорілий; затхлий і пліснявий та інші властиві солодовому
Смак (як самого солоду, так і холодної та гарячої витяжки)	Солодкуватий. Не дозволено гіркий і прогорілий

Таблиця 3.6 — Фізико-хімічні показники карамельного солоду [7]

Назва показника	Норма для типів солоду	
	Карамельного	
	I класу	II класу
Масова частка вологи (вологість), % не більше	5,0	6,0
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду, %, не менше	75,0	70,0
Кількість карамельних зерен, %, не менше	93,0	25,0
Масова частка смітної домішки, %, не більше	0,5	0,5
Колір (величина Лінтнера – Ln), не менше	20,0	20,0

Таблиця 3.7 — Вимоги до ячменю, ДСТУ 3769-98 [5]

Показники	Вимоги до ячменю	
	I 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	Не регламентується
Маса 1000 зерен, гр, не менше	40,0	38,0
Масова частка білка у перерах. на абс. СР, %, не більше	11,0	11,5
Смітна домішка, %, не більше	1,0	2,0
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 (для зерна, поставленого не раніше як за 45 днів після його збирання)	95,0	92,0
Життєздатність, %, не менше	95,0	95,0
Зараженість шкідниками	Не допускається, крім зараженості кліщем не вище I ст.	

Таблиця 3.8 — Вимоги до рисової січки, ДСТУ 4965:2008 [9]

Показники	Одиниці виміру	Вимоги до зерна
Колір	Білий з різними відтінками	
Аромат	Властивий рису, без сторонніх включень, не затхлий, не плісняви	
Смак	Властивий рису, без сторонніх включень, не кислий, не гіркий	
Вологість, не більше	%	15,5
Доброякісні ядра, не менше	%	98,2
Жир	%	1,9
Безазотисті екстрактивні речовини	%	77,4
Зола	%	1,2
Білок	%	7,5
Амінокислоти:	%	
Треонін		3,92
Лейци Лі- зин Валін		8,61
Гліцин		3,95
		6,99
		6,84

Таблиця 3.9 — Фізико-хімічні показники води ДСанПін 2.2.4-171-10 [4]

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

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

1	2	3	4	5
17	Сухий залишок, мг/дм ³ , не більше	500	200	1000
18	Кисень, мг/дм ³ , не більше	-	0,1	-
19	Хлор та хлорфеноли	-	Відсутні	-
20	Температура	-	Анологічна температурі пива	-

Таблиця 3.10 — Органолептичні показники хмелепродуктів згідно з ДСТУ 7028:2009 [10]

Найменування показника	Характеристика хмелепродуктів	
	Гранульований хміль тип 45	СО ₂ - екстракт
Зовнішній вигляд	Гранули циліндричної форми	В'язка однорідна маса
Колір	Від світло-жовто-зеленого до золотисто-зеленого і зеленувато-жовтого	Від світло-зеленого, жовтого, до світло-коричневого
Аромат	Специфічний хмільний. Не допускається наявність цвілеві, прілого, затхлого, сирного, димного, валеріанового або іншого стороннього аромату, не властивого хмелю	Хмельовий

Таблиця 3.11 — Фізико-хімічні показники хмелепродуктів згідно з ДСТУ 7028:2009 [10]

Найменування показника	Значення показника	
	Гранульований хміль 45	СО ₂ - екстракт
Масова частка вологи, %	6,0 – 13,0	Не визначають
Масова частка α-кислоти в перерахунку на суху речовину, %, не менше	9,0	51,9
Масова частка золи, в перерахунку на суху речовину, %, не більше	14,0	Не визначають
Масова частка сухих речовин, %, не менше	Не визначають	80,0
Масова частка ефірного масла, %, не менше	Не визначають	1,5

3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

До основної сировини, для виробництва пива, відносяться дріжджі. В даній роботі передбачено використання дріжджів низового бродіння раси W-34/70.

Раса W-34/70 (німецька). Дріжджі низового бродіння. Найпопулярніший штам дріжджів, використовується в усьому світі в пивоварній промисловості для виробництв пива низового бродіння. Дріжджі дозволяють виробляти добре збалансоване пиво з фруктовим і квітковим ароматом, седиментація висока, температура бродіння 12...15 °С.

У процесі виробництва використовується молочна кислота. Це прозора рідина з м'яким кислим смаком. Використовується для зниження кислотності (рН) в процесі затирання суслу, яка має відповідати ДСТУ 4621:2006. Показники якості наведені в табл. 3.12 і 3.13. [8]

Таблиця 3.12 — Органолептичні показники кислоти молочної харчової

Назва показника	Характеристика	Метод контролю
Зовнішній вигляд	Прозора сироподібна рідина без осаду та мути	Згідно з 11.3 цього стандарту
Аромат	Слабкий, характерний для молочної кислоти	Згідно з 11.4 цього стандарту
Смак	Кислий, без стороннього смаку	Згідно з 11.5 цього стандарту

Таблиця 3.13 — Фізико-хімічні показники молочної кислоти

Назва показника	Значення показника		Метод контролю
	вищий сорт	перший сорт	
Масова частка загальної молочної кислоти, %, не менше	40,0±1,0	40,0±1,0	Згідно з 11.6 цього стандарту
Колірність, градуси, не більше	6,5	10,0	Згідно з 11.7 цього стандарту
Масова частка золи, %, не більше	0,6	1,0	Згідно з 11.8 цього стандарту
Масова частка редукуючих речовин, %, не більше	1,0	Не нормується	Згідно з 11.12 цього стандарту

4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

Дані для розрахунку асортимент і рецептура проектованої продукції наведені в табл. 2.1, табл. 2.2. Втрати на стадіях виробництва наведено в табл. 4.1, а вимоги до сировини в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 — Втрати на стадіях виробництва пива

Втрати	Пиво з масовою часткою початкового сусла, %		
	11% світле	12 % світле	13,5% темне
Екстракту:			
з пивною дробиною,% від маси зернопродуктів	1,75	2,2	2,2
з хмелевою дробиною, шламом під час сепарування, стикування, під час охолодження, на змочування трубопроводів,% від об'єму гарячого сусла	5,8	6,3	5,9
У цеху бродіння,% від об'єму холодного сусла	2,5	2,2	2,3
Під час доброджування та фільтрування,% від об'єму молодого пива	2,3	2,4	2,6
в тому числі під час фільтрування	1,1	1,1	1,1
Під час розливу,% від об'єму фільтрованого пива:			
у пляшки (за вирахування поверненого пива)	2,5	2,5	2,5
розлив у бочки, кеги (так само як у пляшки)	0,5	0,5	0,5
розлив у ПЕТ пляшки	0,25	0,25	0,25
Загальні видимі з рідкої фазою (від гарячого сусла до товарного пива)	12,0	12,9	12,8
Загальні дійсні з рідкою фазою (від сусла у варильному цеху, приведеного до 20 °С, до товарного пива), % від об'єму сусла, приведеного до 20 °С	8,3	9,3	9,2
Під час пастеризації пива в пляшках, % від об'єму пастеризованого пива	2,2	2,2	2,2

Таблиця 4.2 — Нормативні показники зернової сировини

Сировина	Вологість, %	Екстрактивність, %	Насипна густина, кг/м ³
Солод світлий	5	76	530
Солод палений	5	74	530
Солод карамельний	6	72	530
Ячмінь	13	72	650

4.2 Продуктові розрахунки

«Джонсон світле». Готується з застосуванням 85 % солоду і 15 % ячменю, тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 85 кг світлого солоду і 15 кг ячменю. Під час полірування солоду втрати складають 0,1 %, або $85 \cdot 0,001 = 0,085$ кг. На подрібнення солоду поступає $85 - 0,085 = 84,915$ кг. При вологості солоду 5 % і ячменю 15 % кількість сухих речовин в заторі буде:

в солоді — $84,915 \cdot (1 - 0,05) = 80,67$ кг;

в ячмені — $15 \cdot (1 - 0,15) = 12,75$ кг.

Всього сухих речовин в сировині $80,67 + 12,75 = 93,42$ кг.

Приймаємо екстрактивність солоду 78 %, а ячменю — 72 % від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині буде:

в солоді — $80,67 \cdot 0,78 = 62,92$ кг;

в ячмені — $12,75 \cdot 0,72 = 9,18$ кг.

Всього екстрактивних речовин міститься: $62,92 + 9,18 = 72,1$ кг.

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

$$72,1 \cdot (1 - 0,0175) = 70,84 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$93,42 - 70,84 = 22,58 \text{ кг.}$$

«Світла душа». Готується зі світлого солоду 80 % і 20 % рисової січки з вологістю 15 % і екстрактивністю 85 %. В 100 кг зернопродуктів міститься 80 кг світлого солоду і 20 кг рисової січки. При поліруванні солоду втрати складають 0,1 % від його маси, тобто $80 \cdot 0,001 = 0,08$ кг. На подрібнення солоду поступає $80 - 0,08 = 79,92$ кг.

Сухих речовин в зернопродуктах, які поступають на подрібнення, міститься:

в солоді — $79,92 \cdot (1 - 0,05) = 75,924$ кг;

в рисовій січці — $20 \cdot (1 - 0,15) = 17$ кг.

Всього: $75,924 + 17 = 92,924$ кг.

Відповідно вміст екстрактивних речовин в сировині:

в солоді — $75,924 \cdot 0,78 = 59,22$ кг;

в рисовій січці — $17 \cdot 0,85 = 14,45$ кг.

Всього: $59,22 + 14,45 = 73,67$ кг.

Втрати екстракту з дробиною — 2,214 % від маси екстрактивних речовин сировини, що затирається. Отже, в сусло перейде екстрактивних речовин

$$73,67 \cdot (1 - 0,02214) = 72,04 \text{ кг.}$$

В дробині залишиться сухих речовин:

$$92,924 - 72,04 = 20,884 \text{ кг.}$$

«Українське темне». Готується із світлого солоду 55 %, паленого солоду 25 % і карамельного солоду 20 %. При поліруванні солоду втрати складають 0,1 % від його маси, або $(55 + 25) \cdot 0,001 = 0,08$ кг.

Після полірування солод подається на подрібнення:

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

світлий — $55 - 0,055 = 54,945$ кг;
палений — $25 - 0,025 = 24,975$ кг.

При вологості світлого 5 %, паленого 5 % і карамельного солоду 6 % кількість СР буде:

в світлому — $54,945 \cdot (1 - 0,05) = 52,2$ кг;
в паленому — $24,975 \cdot (1 - 0,05) = 23,73$ кг;
в карамельному — $20 \cdot (1 - 0,05) = 18,8$ кг.
Всього: $52,2 + 23,73 + 18,8 = 94,73$ кг.

При екстрактивності світлого солоду 78 %, паленого 74 % і карамельного 72 % від маси СР на затирання надходить:

з світлим — $52,2 \cdot 0,78 = 40,7$ кг;
з паленим — $23,73 \cdot 0,74 = 17,56$ кг;
з карамельним — $18,8 \cdot 0,72 = 13,54$ кг.
Всього: $40,7 + 17,56 + 13,54 = 71,8$ кг.

Екстрактивних речовин (при втраті в дробині 2,2 %) в сусло переходить
 $71,8 \cdot (1 - 0,022) = 70,22$ кг.

В дробині залишається сухих речовин:
 $94,73 - 70,22 = 24,51$ кг.

Визначення проміжних продуктів. Вихідними даними для розрахунку кількості проміжних продуктів є величини початкової концентрації сусла і об'ємних втрат по стадіям виробництва пива.

Гаряче сусло. Із проведених розрахунків в сусло переходить така кількість екстрактивних речовин:

«Джонсон світле» — 70,84 кг;
«Світла душа» — 72,04 кг;
«Українське темне» — 70,22 кг.

При встановленій концентрації Джонсон світлого сусла 11 %, Світлої душі 12 % і Українського темного 13,5 % із отриманої кількості екстрактивних речовин отримують сусла:

«Джонсон світле» — $(70,84 \cdot 100) / 11 = 644$ кг;
«Світла душа» — $(72,04 \cdot 100) / 12 = 600,33$ кг;
«Українське темне» — $(70,22 \cdot 100) / 13,5 = 520,15$ кг.

Об'єм сусла при 20 °С (при відносній густині сусла Джонсон світлого — 1,0442, Світлої душі — 1,0569 і Українського темного — 1,0526) складає:

«Джонсон світле» — $644 / 1,0442 = 616,74$ дм³;
«Світла душа» — $600,33 / 1,0569 = 568,01$ дм³;
«Українське темне» — $520,15 / 1,0526 = 494,16$ дм³.

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

«Джонсон світле» — $616,74 \cdot 1,04 = 641,41$ дм³;
«Світла душа» — $568,01 \cdot 1,04 = 590,73$ дм³;
«Українське темне» — $494,16 \cdot 1,04 = 513,93$ дм³.

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Холодне сушло. Втрати сусла у відстії при сепаруванні, на змочування трубопроводів приймають відповідно з нормами технологічних втрат для Джонсон світлого — 5,8 %, для Світлої душі — 6,4 % і для Українського темного — 5,5 % від об'єму гарячого сусла, приведеного до об'єму при 20 °С.

Таким чином, об'єм холодного сусла складає:

«Джонсон світле» — $616,74 \cdot (1 - 0,058) = 580,97 \text{ дм}^3$;

«Світла душа» — $568,01 \cdot (1 - 0,064) = 531,66 \text{ дм}^3$;

«Українське темне» — $494,16 \cdot (1 - 0,055) = 466,989 \text{ дм}^3$.

Фільтроване пиво. Втрати у бродильному цеху і цеху фільтрації складає до об'єму пива: Джонсон світлого — 2,3 %, Світлої душі — 2,45 % і Українського темного — 2,4 %. За таких втрат кількість фільтрованого пива:

«Джонсон світле» — $580,97 \cdot (1 - 0,023) = 567,61 \text{ дм}^3$;

«Світла душа» — $531,66 \cdot (1 - 0,0245) = 518,63 \text{ дм}^3$;

«Українське темне» — $466,98 \cdot (1 - 0,024) = 455,77 \text{ дм}^3$.

Товарне пиво. Втрати товарного пива до об'єму відфільтрованого пива при розливі у пляшки складають для всіх найменувань пива 2,5 %. Отже, кількість товарного пива буде:

«Джонсон світле» — $567,61 \cdot (1 - 0,025) = 553,42 \text{ дм}^3$;

«Світла душа» — $518,63 \cdot (1 - 0,025) = 505,66 \text{ дм}^3$;

«Українське темне» — $455,77 \cdot (1 - 0,025) = 444,38 \text{ дм}^3$.

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

«Джонсон світле» — $641,41 - 553,42 = 87,99 \text{ дм}^3$;

«Світла душа» — $590,73 - 505,66 = 85,07 \text{ дм}^3$;

«Українське темне» — $513,93 - 444,38 = 69,55 \text{ дм}^3$.

або у % до об'єму гарячого сусла:

«Джонсон світле» — $87,99 \cdot 100 / 641,41 = 13,7 \%$;

«Світла душа» — $85,07 \cdot 100 / 590,73 = 14,4 \%$;

«Українське темне» — $69,55 \cdot 100 / 513,93 = 13,5 \%$.

Визначення витрат хмелепродуктів і молочної кислоти

Хмелепродукти. За рецептурою прийнято використовувати 50 % гранульованого хмелю з вмістом α -кислоти 9 % і 50 % хмелевого екстракту з вмістом α -кислоти 51,9 %. За встановленими нормами витрати хмелю на 1 дал пива будуть:

«Джонсон світле». На 1 дал необхідно 0,2 г α -кислоти, а на 61,674 дал — 12,33 г. Вихід гірких речовин складає 31 %, отже на 100 % потрібно — 0,04 кг α -кислоти. Гранульованого хмелю потрібно $0,02 \cdot 100 / 9 = 0,22$ кг на 1 дал сусла і хмелевого екстракту — $100 \cdot 0,02 / 51,9 = 0,04$ кг на 1 дал сусла.

«Світла душа». На 1 дал необхідно 0,32 г α -кислоти, а на 56,801 дал — 18,18 г. Так, як вихід гірких речовин 31 %, то на 100 необхідно 0,05 кг α -кислоти. Гранульованого — $0,025 \cdot 100 / 9 = 0,28$ кг, екстракту — $0,025 \cdot 100 / 51,9 = 0,05$ кг.

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

«Українське темне». На 1 дал необхідно 0,2 α -кислоти, а на 49,416 дал — 9,88 г. Вихід гірких речовин складає 31 %, отже на 100 % потрібно — 0,033 кг α -кислоти. Гранульованого — $0,0165 \cdot 100/9=0,18$ кг, а екстракту — $0,0165 \cdot 100/51,9=0,03$ кг.

Молочна кислота. Витрачається для підкислення затору із розрахунку 0,08 кг 100 %- ї молочної кислоти на 100 кг зернової сировини або 0,2 кг 40 %- ї молочної кислоти до маси зернової сировини.

Визначення кількості відходів

Пивна дробина. Кількість утвореної пивної дробини з вологістю 86 % визначається множенням кількості СР, що залишились в дробині, на коефіцієнт $100/(100-86)=7,14$. Кількість пивної дробини при варці суслу пива:

«Джонсон світле» — $22,58 \cdot 7,14=161,22$ кг;

«Світла душа» — $20,884 \cdot 7,14=149,11$ кг;

«Українське темне» — $24,51 \cdot 7,14=175$ кг.

Сепараторний відстій. Із 100 кг витрачених зернопродуктів незалежно від найменування пива отримують 1,75 кг відстою з вологістю 80 %.

Надлишкові дріжджі. Витрати дріжджів з вологістю 86 % на 10 дал пива за умови головного бродіння сусла і доброджування пива в ЦКБА — $1,53$ дм³.

Половину надлишкових дріжджів використовують як засівні, а інша — є відходом. Кількість дріжджів, яка йде на відходи, визначають множенням кількості товарного пива в дм³ на 0,01 і складає:

«Джонсон світле» — $553,42 \cdot 0,01=5,53$ дм³;

«Світла душа» — $505,66 \cdot 0,01=5,06$ дм³;

«Українське темне» — $444,38 \cdot 0,01=4,44$ дм³.

Діоксид вуглецю. Із рівняння спиртового бродіння виходить, що із 342 г збродженої мальтози утворюється 176 г діоксиду вуглецю. Якщо прийняти, що зброджений екстракт являє собою мальтозу, то можна підрахувати кількість діоксиду вуглецю, що утворюється таким чином. В бродильне відділення поступило холодного пивного сусла пива:

«Джонсон світле» — $580,97 \cdot 1,0442=606,65$ кг;

«Світла душа» — $531,66 \cdot 1,0569=561,91$ кг;

«Українське темне» — $466,98 \cdot 1,0526=491,54$ кг.

В ньому міститься екстрактивних речовин:

«Джонсон світле» — $606,65 \cdot 0,11=66,73$ кг;

«Світла душа» — $561,91 \cdot 0,12=67,43$ кг;

«Українське темне» — $491,54 \cdot 0,135=66,36$ кг.

При дійсній степені зброджування Джонсон світлого утворюється діоксиду вуглецю 51,4 %, Світлої душі — 55 % і Українського темного — 47,5 %.

«Джонсон світле» — $66,73 \cdot 0,514 \cdot (176/342)=17,65$ кг;

«Світла душа» — $67,43 \cdot 0,55 \cdot (176/342)=19,08$ кг;

«Українське темне» — $66,36 \cdot 0,475 \cdot (176/342)=16,22$ кг.

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

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

«Джонсон світле» — $606,65 \cdot 0,0035 = 2,12$ кг;
«Світла душа» — $561,91 \cdot 0,0035 = 1,97$ кг;
«Українське темне» — $491,54 \cdot 0,0035 = 1,72$ кг.

Виділяється в атмосферу така кількість діоксиду вуглецю по сортам пива:

«Джонсон світле» — $17,65 - 2,12 = 15,53$ кг;
«Світла душа» — $19,08 - 1,97 = 17,11$ кг;
«Українське темне» — $16,22 - 1,72 = 14,5$ кг.

Маса 1 м^3 діоксиду вуглецю при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску $0,1 \text{ МПа}$ складає $1,832$ кг.

Об'єм діоксиду вуглецю, що виділяється в атмосферу:

«Джонсон світле» — $15,53 \cdot 1,832 = 28,45 \text{ м}^3$;
«Світла душа» — $17,11 \cdot 1,832 = 31,34 \text{ м}^3$;
«Українське темне» — $14,5 \cdot 1,832 = 26,56 \text{ м}^3$.

Кількість утилізованого діоксиду вуглецю, який виділяється при головному бродінні на 1 дал пива:

«Джонсон світле» — $15530 / 55,342 = 280,62$ г;
«Світла душа» — $17110 / 50,566 = 338,37$ г;
«Українське темне» — $14500 / 44,438 = 326,3$ г.

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

Результати розрахунків наведені в табл. 3.3.

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змн.	Арк.	№ док-т.	Підпис	Дата	Таблиця 4.3 — Зведена таблиця розрахунку продуктів																
					Продукти	Джонсон світле			Світла душа			Українське темне			Загальна кількість						
1	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 5,4 млн дал	на 100 кг зернової сировини		на 1 дал пива	на 4,8 млн дал	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 1,8 млн дал	11										
						Зернова сировина: кг															
						- світлий солод	85	1,536	8294400	80	1,582	7593600	55	1,237	2226600	18114600					
						- темний солод	-	-	-	-	-	-	25	0,563	1013400	1013400					
						- карамельний солод	-	-	-	-	-	-	20	0,45	810000	810000					
						- ячменю	15	0,271	1463400	-	-	-	-	-	-	1463400					
						- рисова січка	-	-	-	20	0,396	2138400	-	-	-	2138400					
						Всього	100	1,807	9757800	100	1,978	9732000	100	2,250	4050000	23539800					
						Хміль, г															
						- гранульований	12,17	0,22	1188000	14,16	0,28	1512000	8	0,18	324000	3024000					
						- екстракт	2,21	0,04	216000	2,53	0,05	270000	1,33	0,03	54000	540000					
						Молочна кислота	0,08	-	7806,24	0,08	-	7785,6	0,08	-	3240	18831,84					
						Проміжні продукти, дм ³															
						- гаряче сусло	641,41	11,59	62586000	590,73	11,68	56064000	513,93	11,56	20808000	139458000					
						- холодне сусло	580,97	10,5	56700000	531,66	10,52	50496000	466,98	10,51	18918000	126114000					
						- фільтроване пиво	567,61	10,26	55404000	518,63	10,26	49248000	455,77	10,25	18450000	123102000					
						- готове пиво	553,42	10,0	54000000	505,66	10,0	48000000	444,38	10,0	18000000	120000000					

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Закінчення табл.4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Відходи: пивна										
- дробина, кг	161,22	2,91	15714000	149,11	2,95	14160000	175	3,94	7092000	36966000
- відстій сепараторний, кг	1,75	0,03	162000	1,75	0,03	144000	1,75	0,04	72000	378000
- надлишкові дріжджі, дм ³	5,53	0,1	540000	5,06	0,1	480000	4,44	0,1	180000	1200000
- діоксид вуглецю, кг	15,53	0,28	1512000	17,11	0,34	1632000	14,5	0,33	594000	3738000
- відходи від полірування, кг	0,085	0,001	5400	0,08	0,001	4800	0,08	0,002	3600	13800

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.3 Розрахунок витрат основних і допоміжних матеріалів

Розрахунок необхідної кількості тари і допоміжних матеріалів

Пляшки. В пляшки місткістю 0,5 дм³ розливають: Джонсон світле — 3,4 млн дал; Світла душа — 4,8 млн дал; Українське темне — 1,26 млн дал. Необхідна кількість пляшок для річного випуску пива становить:

$$N_{\text{пл.заг}} = 94600000 \cdot 100 / (0,5(100 - 3,09)) = 195232691 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{пл.нов}} = 94600000 \cdot (5 + 3,09) / (100 \cdot 0,5) = 15306280 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{пл.об}} = 94600000 / (0,5 \cdot 40) = 4730000 \text{ шт.}$$

Ящики. В стандартні ящики укладають по 20 пляшок місткістю 0,5 дм³. Для укладання всієї продукції з урахуванням 2 % зносу необхідно ящиків для пляшок:

$$141161903 / (20 \cdot 0,98) = 9960852 \text{ шт.}$$

Необхідно враховувати, що 90 % ящиків є оборотними, тому нових ящиків необхідно:

$$9960852 \cdot (100 - 90) / 100 = 996086 \text{ шт.}$$

Необхідність в ящиках при 40 оборотах на рік складає пляшок:

$$195232691 / (40 \cdot 20) = 244041 \text{ шт.}$$

Пробки і етикетки для пляшок. За нормами витрат на 1 дал пива необхідно 104,5% пробки і 103 % етикеток від кількості пляшок готової продукції і в середньому 20,9 етикеток, що необхідно на річний випуск продукції:

Пробки — $195232691 \cdot 1,045 = 204018163 \text{ шт.}$

Етикетка — $195232691 \cdot 1,03 = 201089672 \text{ шт.}$

Миття пляшок. В середньому луку витрачається із розрахунку 1000-1100 кг на 1 млн. пляшок продукції. На річний випуск продукції необхідно луку:

$$195232691 \cdot 1100 = 214755,9 \text{ т.}$$

Кеги. В кеги місткістю 5 дал розливають: Джонсон світле — 2,0 млн дал; Українське темне — 0,54 млн дал. Необхідна кількість кег для розливу на річний випуск пива:

$$2540000 / 5 = 508000 \text{ шт.}$$

Виходячи з того, що 90 % кегів є оборотними, необхідно додатково нових кегів: $2540000 \cdot (100 - 90) / 100 = 254000 \text{ шт.}$

Потреба в оборотних кегах при 40 обертах кожного кега на рік складає: $2540000 / 40 = 63500 \text{ шт.}$

Клей декстрин для наклеювання етикеток на пляшки. На наклеювання етикеток на пляшки місткістю 0,5 дм³ витрачають 5,5 г на 1 дал пива. На річний випуск пива в пляшках місткістю 0,5 дм³ необхідно декстрину:

$$195232691 \cdot 0,275 / 1000 = 53689 \text{ кг.}$$

Результати розрахунків наведені в табл. 4.4.

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 4.4 - Зведена таблиця розрахунку основних і допоміжних матеріалів

Тара і допоміжні матеріали	Кількість допоміжних матеріалів та тари на	
	добу	рік
Пляшки: шт		
загальні	591615	195232691
нові	46383	15306280
оборотні	14334	4730000
Кеги: шт		
загальні	1540	508000
нові	770	254000
оборотні	193	63500
Ящики: шт		
загальні	30185	9960852
нові	3019	996086
оборотні	740	244041
Пробки, шт	618237	204018163
Етикетки, шт	609363	201089672
Клей, кг	162,7	53689

5 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розрахунок ЦКБА. Необхідну кількість ЦКБА розраховують за формулою:

$$n = \frac{O_x}{V_k * Z} + 1$$

де — O_x — об'єм холодного сусла, який виробляється протягом року, дал;
 V_k — корисний об'єм ЦКБА, дал; Z — оборотність ЦКБА в рік.

Оборотність розраховується за формулою:

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

де 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. Знайдемо середньозважену оборотність:

$$Z = (14 \cdot 0,45) + (18 \cdot 0,35) + (20 \cdot 0,2) = 17 \text{ оборотів.}$$

Об'єм циліндричної частини ЦКБА розраховується за формулою:

$$V_{\pi} = \pi * r^2 * h_{\pi}$$

де h_{π} — висота циліндричної частини, м; r — радіус апарату, м.

Висота конусної частини ЦКБА розраховується:

$$h_k = D * 0,886$$

D — діаметр конуса, м.

Об'єм конусної частини розраховується:

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

де h_k — висота конусної частини, м.

Крім того, при розрахунках потрібно врахувати коефіцієнт заповнення — 0,85.

Висота конусної частини ЦКБА при діаметрі 4 м становитиме:

$$h_k = 5 \cdot 0,886 = 4,4 \text{ м.}$$

Якщо відомий діаметр апарату, то згідно з відомою пропорцією діаметр/сусло, який становить 1/4, тобто висота сусла (циліндра, що вміщає об'єм сусла), знайдемо висоту сусла із врахуванням його конусної висоти:

$$4 \cdot 4,4 = 17,6 \text{ м;}$$

А без конусу:

$$17,6 - 4,4 = 13,2 \text{ м;}$$

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

$$13,2 / 0,85 = 15,5 \text{ м;}$$

Загальна висота ЦКБА:

$$15,5 + 4,4 = 20 \text{ м;}$$

Розраховуємо об'єм ЦКБА:

$$V_{\pi} = 3,14 \cdot 2,5^2 \cdot 15,5 = 304,19 \text{ м}^3 \text{ або } 30419 \text{ дал;}$$

$$V_k = 4,4 / 3 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2 = 28,78 \text{ м}^3 \text{ або } 2878 \text{ дал.}$$

Тоді загальний об'єм ЦКБА становить — 332,97 м³, з урахуванням коефіцієнту заповнення.

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна кількість ЦКБА становитиме:

$$n = \frac{12611400}{33297 * 17} + 1 = 24 \text{ шт}$$

Розрахунок збірників дріжджів. Норма задачі дріжджів – 1 дм³/1000 дал холодного суслу, кратність приросту для трьох сортів – 4 об'єми.

Загальну місткість промивних збірників визначають:

$$V = \frac{Q * q * T_{зб} * K_p}{T_{роб}}$$

де Q – річний випуск пива, гл; q – норма введення дріжджів, %об.,

T_{зб} - тривалість зберігання запасу дріжджів; K_p – коефіцієнт розбавлення дріжджів водою; T_{роб} – кількість роботи цеху бродіння.

Згідно з формулою місткість збірників становить:

$$V = 31952,67 \text{ дм}^3;$$

Кількість збірників становитиме:

$$31925,67/3000 = 11 \text{ штук (по } 3000 \text{ дм}^3 \text{ кожний).}$$

Оскільки на заводі використовують типові циліндро-конічні апарати, для розрахунку геометричних розмірів приймемо вище зазначені формули. Коефіцієнт заповнення приймемо 0,8, висоту циліндра – 2,4 м, висоту конуса – 0,762 м.

Розрахунок апаратів для фільтрації. Підбираючи необхідне обладнання, враховують, що ділянка підготовки пива обслуговує цех розливу, тобто його робота планується у 2 зміни, а запас готового пива – на добу потужність або на три-чотири доби під час відпускання пива на спеціальні бази розливу.

Для підбору обладнання враховують його продуктивність (годинну пропускну здатність), яку розраховують за формулою:

$$q = \frac{Q * K_k}{63 * r} * \left(1 + \frac{B_{вт}}{100}\right)$$

де Q – потужність заводу на рік, дал; K_k – частка продукції у найнапруженіший квартал; 63 – кількість діб роботи цеху розливу за квартал; τ – кількість годин роботи цеху за добу 2 · 8 = 16 год; B_{вт} – втрати пива при розливі(середньозважені), %.

Середньозважені втрати пива при розливі приймаємо за найбільшим із 3-х сортів пива – 2,5%.

Годинна продуктивність становитиме:

$$q = \frac{12000000 * 0.3}{63 * 16} * \left(1 + \frac{2.5}{100}\right) = 3660.7 \text{ дал/год.}$$

Відповідно до даних розрахунків підбираємо кізельгуровий фільтр відомих іноземних компаній.

Специфікація основного технологічного обладнання наведена у табл. 5.1.

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Таблиця 5.1 — Специфікація технологічного обладнання

N п/п	Найменування обладнання	Кількість шт	Технічна характеристика	Потужність ел. двигуна, кВт	Трив. роботи ел.двиг год/добу	Примітка
1	Аератор	1	пропускна здатність:100-150 гл/год	—	—	Steinecker, Німеччина
2	Колба Карлсберга	1	$V = 25 \text{ дм}^3$	—	—	Steinecker, Німеччина
3	Циліндр бродіння	1	$V = 500 \text{ дм}^3$	—	—	Steinecker, Німеччина
4	Резервуар попереднього бродіння	1	$V = 2500 \text{ дм}^3$	—	—	Steinecker, Німеччина
5	Збірник насінневих дріжджів	5	$V = 3 \text{ м}^3$	—	—	«Holvrieka, Данія
6	Збірник надлишкових дріжджів	6	$V = 3 \text{ м}^3$	—	—	«Holvrieka, Данія
7	ЦКБА	24	$H = 20000 \text{ мм}, V = 332,97 \text{ м}^3$	—	—	«Holvrieka, Данія
8	Відцентровий насос	4	продуктивність :10 м ³ /год	6	—	Packo, Бельгія
9	Сепаратор	1	АС-1500 продуктивність: 2000 дал/год, макс. об'єм барабана = 14 дм ³ ;маса = 1550 кг; габаритні розміри: 1500×1000×1700×2000	18,5	11	Flottweg, Німеччина
10	Буферна ємність	2	$V = 5000 \text{ дал}$	—	—	—
11	Кізелгуровий фільтр	1	FKS 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	8	—	Steinecker Німеччина
12	Теплообмінник пластинчастий	1	“APV”. Габаритні розміри 4100x450x1800мм, пропускна здатність 200м ³ /год	—	—	Secespol, Польща
13	Стерилізатор	1	$V = 230 \text{ дал}$	—	—	Flottweg, Німеччина
14	Дозатор	2	Габаритні розміри: 500x200x100	6	—	Flottweg, Німеччина
15	Збірник кізелгуру	1	$V = 40 \text{ дал}$	—	—	—
16	Вакуум насос	1	Продуктивність :8 м ³ /год	7	—	Packo, Бельгія

6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Метою технохімічного контролю є гарантія якості. Лабораторія стежить за тим, щоб продукти, які задіяні у виробництві були екологічно чисті та безпечні для здоров'я людини. У табл. 6.1 наведена схема технохімічного контролю технологічних процесів. У табл. 6.2 наведено схему мікробіологічного контролю на стадії збродження пивного сусла [15].

Таблиця 6.1— Схема технохімічного контролю технологічних процесів

Об'єкт контролю	Місце відбору проби	Контрольований показник, одиниця виміру	Методи контролю	Норма або технологічні показники	Періодичність відбору проби	Відповідальний за проведення аналізу
Бродіння в ЦКБА	Молоде пиво з ЦКБА	Температура	Термометр	9-13° С	Постійно	Оператор ЦКБА
		Кінцева ступінь збродження	Бродіння	80-84 %		
		Діацетил	Хроматограф	0,1 мг/100 см ³ пива		
Доброджування в ЦКБА	Готове пиво з ЦКБА	Вміст алкоголю	Аналізатор пива «СКАБА»	3,6 % мас, 4,5 % об	Кожний ЦКБА	Хімік
		Видимий екстракт		1,8-2,2 %		
		Дійсний екстракт		3,8-4,2 %		
		Концентрація початкового сусла	Світлі: 11 % мас, 12 % мас, Темне 13,5 % мас			
		рН	4,3-4,5			
		Колір	0,4-1,8 см ³ р-ну йоду на 100 см ³ пива			
		Кислотність	Титрування	1,3-2,8 см ³ 1н р-ну луку на 100 см ³ пива		
		В'язкість	Віскозиметр	1,44см ³ /сек		
		Гіркота	Спектрофотометр, вибірково	16-19 мг/дм ³		
		Смак, аромат	Органолептично	Характерно сорту пива, без сторонніх включень		

Таблиця 6.2 — Схема мікробіологічного контролю на стадії збродження пивного суслу

Об'єкт контролю	Місце відбору проби	Контрольований показник	Методи контролю	Норма або технологічні показники	Періодичність відбору проби	Відповідальний за проведення аналізу
Суслу охолоджене	Збірник суслу	Число бактерій	Метод мембранної фільтрації	Відсутні	Кожного тижня	Мікробіолог
		Кислотоутворюючі бактерії		Відсутні		
		Дріжджі		відсутні		
Дріжджі	Чиста культура з апаратів ЧКД	Відсоток мертвих клітин	Мікроскопія	Не більше 3%	На час розведення ЧКД	
		Наявність бактерій		Не дозволяється		
		Наявність диких дріжджів		Відсутні		
		Кислотоутворюючі бактерії	Метод мембранної фільтрації	Відсутні	На час розведення ЧКД	
Виробничі дріжджі	Збірники виробничих дріжджів	Відсоток мертвих клітин	Мікроскопія	Не більше 5%	Щодобово	
		Наявність бактерій		Не більше 1%		
		Вміст глікогену		70-75%		
		Наявність диких дріжджів	Мікроскопія або висів на середовище лізин чи кристалвіолет	Відсутні		
		Кислотоутворюючі бактерії	Метод мембранної фільтрації	Відсутні		
Готове пиво	3 ЦКБА	Кислотоутворюючі бактерії	Метод мембранної фільтрації	Відсутні	Вибірково, але не рідше 1 разу на 1 добу	

Схема метрологічного забезпечення технологічного процесу наведена в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Метрологічне забезпечення технологічного процесу

№ п/п	Параметри контролю	Найменування заходів вимірювання	Межі вимірювання
1	Визначення масової частки сухих речовин в початковому суслі	Ареометр (цукромір) типу АСТ згідно з ГОСТ 18481	0 – 23
2	Визначення видимого ступеня збродження молодого пива	Згідно з ДСТУ 7104	70 – 85
3	Визначення температури: сусла, що поступає на бродіння сусла, що бродить молодого пива пива перед фільтруванням дріжджів	Термометр ртутний з ціною поділки 1 °С, похибкою ± 1°С ГОСТ 28498	0 – 100 °С -5 – 0 °С
4	Визначення видимого екстракту молодого пива	Ареометр (цукромір) типу АСТ згідно з ГОСТ 18481	0 – 8
5	Визначення шпунтованого тиску пива у процесі доброджування	Манометр ГОСТ 18.19-97	0 – 2 Бар
6	Смак і аромат пива	Згідно з ДСТУ 7103:2009	Аромат – 1-4 бали Смак – 2-5 бали
7	Визначення зовнішнього вигляду пивних дріжджів	Мікроскоп згідно з ГСТУ 18.19-97	
8	Визначення кількості дріжджових клітин		10-30 млн/см ³
9	Визначення кількості мертвих дріжджових клітин		0-0,5 млн/см ³

обладнання першої групи реєструється і перебуває під контролем органів Держгіртехнагляду України.

Посудини з умовами роботи, відмінними від посудин першої групи, належать до другої групи. Обладнання, що працює під тиском, підлягає технічному посвідченню до пуску в роботу, періодично в процесі експлуатації і, в необхідних випадках, — позачергово [12, с. 910].

Трубопроводи пари і гарячої води поділяються на чотири категорії залежно від робочих параметрів середовища. До категорій I, II, III належать трубопроводи з тиском 1,6...3,9 МПа і температурою середовища 250...580 °С, до IV категорії — трубопроводи з температурою середовища 115...250 °С та тиском 0,07...1,6 МПа. Держгіртехнагляд контролює трубопроводи I категорії з умовним проходом більше 70 мм та трубопроводи II, III категорій з умовним проходом більше 100 мм [13, с. 319].

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Даною роботою передбачено виготовлення трьох сортів пива: «Джонсон світле» 11 %, «Українське темне» 13,5 %, «Світла душа» 12 %, у співвідношенні 45:15:40 відповідно.

Виробництво пива здійснюється за сучасними технологіями:

1. Розмноження чистої культури дріжджів проводиться на виробництві періодичним способом, з повним вивантаженням пропагаторів з подальшою СІР-мийкою і засівом нової партії дріжджів.

2. Для зброджування пивного сусла для трьох сортів пива обрано расу дріжджів W-34/70. Цей штам дріжджів широко розповсюджений у пивоварінні по всьому світу. Дріжджі дозволяють отримати добре збалансоване пиво з фруктовим і квітковим ароматом. При використанні цього штаму дріжджів, без застосування додаткових режимів і способів зниження вмісту віцінальних дикетонів, можна досягти низьких значень вмісту ВДК (приблизно 0,18...0,2 мг/дм³).

3. Для зброджування і доброджування пивного сусла обрано ЦКБА, що у порівнянні з класичним способом зменшує цикл виробництва пива та забезпечує зменшення зараження пива.

4. Передбачено фільтрування пива здійснювати у дві стадії. Спочатку освітлення за допомогою гідрогерметизованого сепаратора Flottweg AC, а потім кізельгурового свічкового фільтра, що забезпечить якісне освітлення напою, економію витратних матеріалів і збільшення продуктивності лінії.

5. Для мінімізації вмісту в пиві діацетилу передбачені такі параметри:

- забезпечити вміст амінного азоту в суслі в межах 180...220 мг/дм³, в тому числі валіну не менше 200...300 мг/дм³;

- використовувати раси дріжджів з властивістю інтенсивного перетворення діацетилу;

- засівати сусло підвищеною нормою внесення дріжджів;

- підтримувати, по можливості, підвищену температуру головного бродіння (для дріжджів низового бродіння — 13... 14 °С);

- після закінчення головного бродіння провести діацетилову паузу (витримати молоде пиво на дріжджах при температурі 15...16 °С протягом 24-48 год);

- на доброджування залишати підвищену кількість (в межах 7...10 млн клітин/см³) дріжджів та проводити, при необхідності, перемішування пива для зменшення осідання клітин

- під час подачі сусла в ЦКБА задати ферментний матурекс, для прискорення редукції діацетилу.

У роботі виконано продуктові розрахунки, згідно обраного асортименту та рецептур напоїв, розрахунок та підбір необхідного обладнання. Також розроблені заходи технохімічного та мікробіологічного контролю виробничих процесів, охорони праці.

										Арк.
										56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аннемюлер Г., Мангер Г.-Й., Литц П. Дрожжи в пивоварении: пер. с англ./под ред. С.Г. Давыденко. Санкт-Петербург: Профессия, 2015. 428 с.
2. Гетун Г.В. Основи проектування промислових підприємств. Київ: Кондор, 2003. 210 с.
3. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива: підр. Київ: ІНК ОС, 2004. 426с.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-05-12]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 42с. (Державні санітарні норми та правила).
5. ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні вимоги. [Чинний від 1998-06-26]. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. 15с. (Національний Стандарт України)
6. ДСТУ 3888:2015. Пиво. Загальні технічні умови [Чинний від 2015-11-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 13 с. (Національний стандарт України).
7. ДСТУ 4282-2004. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2004-03-31]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 34с. (Національний стандарт України).
8. ДСТУ 4621:2006. Кислота молочна харчова. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2007-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України 2003. 34 с. (Національний стандарт України).
9. ДСТУ 4965:2008. Рисова січка. Технологічні вимоги. [Чинний від 2010-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 11 с. (Національний стандарт України).
10. ДСТУ 7028:2009. Хмелепродукти. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 22 с. (Національний стандарт України).
11. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В. Іванов, В.А.Домарецький та ін.; за заг. ред. д. хім. наук, проф. С.В. Іванова. Київ: НУХТ, 2012. 487 с.
12. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
13. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. Основи охорони праці: підручник. Київ: Основа, 2000. 416 с.
14. 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 та ін. Київ: НУХТ, 2012. 67 с. (№ 8116)

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

17. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підр. / І.С. Гулий та ін.; за ред. І.С. Гулого. Вінниця. Нова книга, 2001. 576с.

18. Проектування підприємств галузі з основами САПР: методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» денної і заочної форм навчання / уклад. А.М. Куц та ін. Київ: НУХТ, 2015. 80 с.

19. Романова, З.М., Карпутіна М.В. Проектування підприємств галузі: конспект лекцій для студентів спеціальності 6.091700 «Технологія бродильних виробництв і виноробства» денної та заочної форм навчання. Київ: НУХТ, 2009. 62 с.

20. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах / А.Є. Мелетьєв та ін.; за ред. А.Є. Мелетьєва. Київ: НУХТ, 2007. 256 с.

21. Харандюк Т.В., Косів Р.Б. та ін. Зниження вмісту віцинальних дикетонів при зброджуванні високогустинного сусла. «Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького». Львів, т 19, №75, 2017. С.149-152.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						58