

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

\_\_\_\_\_ О.В. Кочубей-Литвиненко

(підпис)

« » лютого 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

\_\_\_\_\_ А.М. Куц

(підпис)

« » лютого 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА  
із спеціальності 181 «Харчові технології»  
(шифр та назва спеціальності)**

**на тему: «Дослідження та удосконалення технології  
розмноження пивних дріжджів»**

Виконала: здобувачка 2 курсу,  
групи ТБ-2-7М

Суско Тетяна Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Куц Анатолій Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

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

(підпис)

**Київ – 2021 р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

**Кафедра** біотехнології продуктів бродіння та виноробства

**Освітній ступінь** – магістр

**Спеціальність** – 181 «Харчові технології»

**Освітня програма** – «Технології продуктів бродіння і виноробства»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
біотехнології продуктів  
бродіння і виноробства

\_\_\_\_\_ А.М. Куц

31 серпня 2020 року

## **З А В Д А Н Н Я** **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ** **Суско Тетяні Миколаївні**

1. Тема роботи: «**Дослідження та удосконалення технології  
розмноження пивних дріжджів**»

Керівник роботи Куц Анатолій Михайлович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання роботи 01 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт

3. Дослідити вплив температури розмноження чистої культури дріжджів в апаратах-пропагаторах.

4. Дослідити динаміку діацетила під час головного бродіння і доброджування в ЦКБА.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Теоретичні аспекти зброджування пивного суслу (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методи та методика досліджень. 3. Дослідження впливу температури та тривалості культивування на розмноження пивних дріжджів (експериментальна частина). 4. Розрахунок соціально-економічної ефективності. 5. Охорона праці. 6. Цивільний захист. Загальні висновки. Список використаної літератури. Додатки

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

Таблиці з результатами досліджень – 6  
Графіки з результатами досліджень – 28

## 6. Консультанти розділів магістерської роботи

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

7. Дата видачі завдання 31 серпня 2020 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.20-29.10.20	
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.20-4.11.20	
	<b>1-а атестація</b>	<b>5.11.2020</b>	
3.	Експериментальні дослідження впливу температури розмноження на вміст загальної кількості та мертвих дріжджових клітин під час культивування в пропаторгах	05.11.20-27.11.20	
4.	Дослідити динаміку вмісту діацетилу, загальної кількості та мертвих дріжджових клітин під час бродіння та доброджування в ЦКБА	28.11.20-22.12.20	
	<b>2-а атестація</b>	<b>23.12.20</b>	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.20-30.12.20	
6.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	31.12.20-06.01.21	
7.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	07.01.21-08.01.21	
8.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	09.01.21-31.01.21	
9.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	30.01.21-03.02.21	
10.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	01.02.21-07.02.21	
11.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	08.02.21-10.02.21	
12.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувачка  
Керівник роботи, доцент

Т.М. Суско  
А.М. Куц

## АНОТАЦІЯ

**Суско Тетяна Миколаївна «Дослідження та удосконалення технології розмноження пивних дріжджів».** Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології» за освітньою програмою «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2021.

**Актуальність роботи.** Одним із ключових факторів, що впливають на розмноження пивних дріжджів є температура. Зміною температурного режиму культивування можна значно збільшити загальну біомасу та фізіологічний стан дріжджів. Завдяки застосуванню виробничих дріжджів краще пристосованих до умов головного бродіння і доброджування, можна отримати пиво високої якості за меншу тривалість виробничого процесу.

**Наукове значення роботи** полягає у обґрунтуванні температурного режиму розмноження чистої культури пивних дріжджів в пропагаторах різної місткості з отриманням виробничих дріжджів краще адаптованих до зброджування пивного сусла і доброджування молодого пива в циліндроконічному бродильному апараті.

**Практичне значення роботи.** У результаті проведених досліджень рекомендовано поступово знижувати температуру розмноження чистої культури пивних дріжджів в апаратах-пропагаторах 1, 2 і 3. Застосування таких дріжджів для процесів бродіння і доброджування дозволило отримати високоякісне пиво з регламентованим вмістом діацетилу. Насінневі дріжджі, вилучені із апарату після головного бродіння, за своїми показниками можуть бути повторно використані у виробничому процесі.

**Ключові слова:** чиста культура дріжджів, температура розмноження, апарат-пропагатор, циліндроконічний бродильний апарат, діацетил, насінневі дріжджі, якість пива

## SUMMARY

**Susko Tetyana Mykolayivna «Research and improvement of brewer's yeast reproduction technology».** Qualifying work for a master's degree in the specialty 181 «Food Technology» in the educational program «Technology of fermentation products and winemaking». National University of Food Technologies, Kyiv, 2021.

**Relevance of work.** One of the key factors influencing the reproduction of brewer's yeast is temperature. By changing the temperature of cultivation, you can significantly increase the total biomass and physiological state of the yeast. Thanks to the use of production yeast better adapted to the conditions of the main fermentation and fermentation, you can get a high quality beer for a shorter production process.

**The scientific significance of the work** is to substantiate the temperature regime of reproduction of pure culture of brewer's yeast in propagators of different capacity to obtain industrial yeast better adapted to the fermentation of beer wort and fermentation of young beer in a cylindrical-conical fermentation apparatus.

**The practical significance of the work.** As a result of research, it is recommended to gradually reduce the temperature of reproduction of pure culture of brewer's yeast in the apparatus-propagators 1, 2 and 3. The use of such yeast for fermentation and fermentation allowed to obtain high quality beer with regulated diacetyl content. Seed yeast removed from the apparatus after the main fermentation can be reused in the production process.

**Key words:** pure yeast culture, reproductive temperature, propagating apparatus, cylindroconical fermentation apparatus, diacetyl, seed yeast, beer quality

## АННОТАЦИЯ

**Суско Татьяна Николаевна «Исследование и совершенствование технологии размножения пивных дрожжей».** Квалификационная работа на получение образовательной степени магистра по специальности 181 «Пищевые технологии» по образовательной программе «Технологии продуктов брожения и виноделия». Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2021.

**Актуальность работы.** Одним из ключевых факторов, влияющих на размножение пивных дрожжей является температура. Изменением температурного режима культивирования можно значительно увеличить общую биомассу и физиологическое состояние дрожжей. Благодаря применению производственных дрожжей, лучше приспособленных к условиям главного брожения и дображивания, можно получить пиво высокого качества за более короткий период производственного процесса.

**Научное значение работы** состоит в обосновании температурного режима размножения чистой культуры пивных дрожжей в пропагандиста различной вместимости с получением производственных дрожжей лучше адаптированных к сбраживанию пивного сусла и дображиванию молодого пива в цилиндроконическом бродильном аппарате.

**Практическое значение работы.** В результате проведенных исследований рекомендуется постепенно снижать температуру размножения чистой культуры пивных дрожжей в аппаратах-пропагаторах 1, 2 и 3. Применение таких дрожжей для процессов брожения и дображивания позволило получить высококачественное пиво с регламентированным содержанием диацетила. Семенные дрожжи, изъятые из аппарата после главного брожения, по своим показателям могут быть повторно использованы в производственном процессе.

**Ключевые слова:** чистая культура дрожжей, температура размножения, аппарат-пропагатор, цилиндроконический бродильный аппарат, диацетил, семенные дрожжи, качество пива

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....</b>	<b>8</b>
<b>ВСТУП .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА (аналітичний огляд).....</b>	<b>11</b>
1.1 Роль дріжджів у виробництві пива .....	11
1.1.1 Пивні дріжджі та їх основні властивості .....	11
1.1.2 Роль метаболізму пивних дріжджів у пивоварінні .....	14
1.1.3 Вимоги до пивних дріжджів, що забезпечують високу якість продукту .....	16
1.2 Побічні продукти бродіння, що зумовлюють аромат та смак пива .....	19
1.2.1 Характеристика основних побічних продуктів бродіння та їх роль у формуванні органолептичних показників пива .....	21
1.2.2 Роль видової та расової належності дріжджів у процесах утворення побічних продуктів бродіння .....	26
1.2.3 Вплив технологічних факторів на утворення діацетилу .....	28
1.3 Висновки, мета і задачі дослідження .....	30
<b>2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>31</b>
2.1 Матеріали досліджень .....	31
2.2 Методика досліджень .....	31
2.3 Методи досліджень.....	35
<b>3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТРИВАЛОСТІ КУЛЬТИВУВАННЯ НА РОЗМНОЖЕННЯ ПИВНИХ ДРІЖДЖІВ (експериментальна частина) .....</b>	<b>41</b>
3.1 Розмноження за температури 17 °С (перший спосіб) .....	41
3.2 Розмноження за температури 16 °С (другий спосіб) .....	45
3.3 Розмноження за температури 15 °С (третій спосіб) .....	48
3.4 Розмноження за четвертим способом.....	50
3.5 Порівняльний аналіз способів розмноження дріжджів .....	52
3.6 Висновки .....	55
<b>4. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....</b>	<b>57</b>
<b>5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>58</b>
<b>6. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....</b>	<b>66</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>73</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>74</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

					<b>Дослідження та удосконалення технології розмноження пивних дріжджів</b>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Виконав		Суско Т.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Куц А.М.				7	89
Зав. каф.		Куц А.М.			<b>ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА</b>		
Н. контр.							

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

Скорочення

Тлумачення

**АП**

апарат-пропагатор для розмноження чистої культури дріжджів

**КДК**

загальна кількість дріжджових клітин

**КМДК**

кількість мертвих дріжджових клітин

**ЦКБА**

циліндроконічний бродильний апарат

**ЧКД**

чиста культура дріжджів

## ВСТУП

Однією з найважливіших тенденцій розвитку пивоварної галузі у наш час є розширення асортименту і підвищення якості товарної продукції. У зв'язку з фінансово-економічною кризою в галузі виникає необхідність розробки і впровадження способів інтенсифікації виробництва, спрямованих на скорочення тривалості основних технологічних стадій і поліпшення якості пива без значних капітальних вкладень.

У технології пива найбільш тривали в часі є процеси головного бродіння і доброджування пива. За однакових умов (аерація сусла, температура бродіння і т.п.) велика доза дріжджів обумовлює великий вміст побічних продуктів бродіння. Підвищення температури бродіння також збільшує вміст побічних продуктів бродіння. Внаслідок низки досліджень [1, 13, 19] встановлено, що температура бродіння викликає більш значні зміни концентрації побічних продуктів бродіння, ніж вид дріжджів або аерація сусла, також температура бродіння впливає на економічну ефективність процесу і на смак готового продукту. Але з точки зору якості перевага віддається пиву, отриманому при низькій температурі головного бродіння.

Тому для забезпечення ефективного процесу бродіння, необхідний науково обґрунтований підхід до встановлення оптимального режиму культивування пивних рас для покращення якості кінцевого продукту.

**Метою** кваліфікаційної роботи є дослідження процесу культивування чистої культури пивних дріжджів за різних температур розмноження із розробкою оптимального режиму. Відповідно до поставленої мети були визначені наступні **задачі**:

- вивчити вплив температури розмноження 15, 16 і 17 °С морфологічні, фізіологічні та технологічні властивості дріжджів внаслідок їх культивування в пропаторах різної ємності;
- дослідити кількісні характеристики виробничих дріжджів під час головного бродіння і доброджування в ЦКБА;
- дослідити динаміку вмісту діацетилу під час доброджування молодого пива в ЦКБА залежно від застосованих дріжджів;
- вибрати оптимальний режим культивування пивних рас для покращення якості кінцевого продукту та підвищення економічної ефективності;
- оцінити якість отриманого пива;
- оцінити якість насінневих дріжджів та дати рекомендації щодо їх використання.

**Об'єкт досліджень** – технологія розмноження чистої культури пивних дріжджів в пропаторах, головне бродіння пивного сусла і доброджування молодого пива.

**Предмет досліджень** — технологія виробничих пивних дріжджів з дослідженням впливу температури на загальну кількість мертвих дріжджових клітин на етапах культивування дріжджів в апаратах пропаторах, під час головного бродіння і доброджування в циліндроконічному бродильному апараті та динаміку діацетилу під час доброджування.

**Матеріали досліджень:** чиста культура дріжджів ЧКД раси Saflager W-34/70, отримана внаслідок культивування в апаратах-пропагаторах АП різної місткості — АП-1 місткістю 5 гл, АП-2 місткістю 20 гл і АП-3 місткістю 220 гл; насінневі дріжджі, видалені із ЦКБА після головного бродіння; молоде пиво; готове пиво із ЦКБА, насінневі дріжджі.

**Наукова новизна роботи.** Встановлено оптимальні економічно-ефективні умови та температурні режими для розмноження чистої культури дріжджів. Доведено, що в межах досліджуваних температурних режимів доцільніше проводити культивування з поступовим зниженням температури в апаратах-пропагаторах із збільшенням їх корисного об'єму.

**Практичне значення.** Оптимальним режимом розмноження дріжджів в апаратах-пропагаторах є поступове зниження температури від 17 °С в АП-1, до 16 °С в АП-2 і до 15 °С в АП-3. За таких умов виробничі дріжджі будуть краще адаптовані до умов головного бродіння в ЦКБА, завдяки чому було отримано пиво високої якості.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи.** Основні результати роботи доповідались на V Міжнародній науково-практичній конференції «SCIENCE AND EDUCATION: PROBLEMS, PROSPECTS AND INNOVATIONS», 4-6 лютого 2021 року, Кіото, Японія.

**Публікації:** 1. Суско Т.М., Куц А.М. Удосконалення технології розмноження пивних дріжджів // *Science and education: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Kyoto, Japan. 2021. P. 940-946. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-science-and-education-problems-prospects-and-innovations-4-6-fevralya-2021-goda-kioto-yaponiya-arhiv/>.*

2. Підвищення ефективності вилучення етилового спирту із головної та сивушних фракцій / Ничеглод Тетяна, Тетяна Суско, Юрій Булій, Анатолій Куц. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 86-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 02-03 квітня 2020 р. Київ: НУХТ. Ч. 1. С. 196.

**Структура роботи:** робота складається з 6 розділів, висновків, списку використаної літератури з 33 найменувань, в тому числі 4 англійською мовою, додатків. Робота викладена на 82 сторінках друкованого тексту, містить 6 таблиць і 28 рисунків.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД)

## 1.1 Роль дріжджів у виробництві пива

Пивоваріння належить до найдавніших галузей промисловості. Численні та найбільші відкриття в галузі мікробіології, накопичення теоретичних знань привели до розширення кордонів практичного застосування дріжджів. Вивчення і використання механізму спадкування властивостей дріжджів і особливостей їх обміну речовин сприяли перетворенню пивоваріння в галузь новітньої біотехнології, здатної не тільки досягти високих якісних характеристик пива, але і тримати їх на рівні відповідних стандартів без випадкової втрати якості.

### 1.1.1 Пивні дріжджі та їх основні властивості

Систематично розрізняють два види пивних дріжджів: верхового і низового бродіння, але кожен з цих видів включає велику кількість рас і штамів, що відрізняються один від одного за морфологічними, фізіологічними та технологічними властивостями. З морфологічних ознак для характеристики штамів найбільш важливі розміри клітин, їх форма і однорідність, здатність до утворення псевдоміцелію. З фізіологічних та біохімічних ознак основними є бродильна, седиментуюча, флокуляційна здібності, особливості флокуляції, швидкість і кількісна характеристика приросту біомаси, потреба в кисні, утворення основних і побічних продуктів бродіння. Дані властивості безперервно змінюються, тому оцінка дріжджів ґрунтується на великому числі постійних характеристик [1, 6, 11, 13, 19].

*Бродильна активність.* Бродильна активність дріжджів характеризується двома ознаками: ступенем і швидкістю збродження вуглеводів сусла. За ступенем збродження низькомолекулярних (НМ) вуглеводів сусла дріжджі ділять на три групи: низькозброжуючі, середньозброжуючі та високозброжуючі, що забезпечують відповідно менше 80 80-90 і 90-100 % ступеня збродження [1, 6, 11, 13, 19].

Здатність дріжджів зброжувати ті чи інші вуглеводи сусла є однією з характерних ознак раси дріжджів і визначає ступінь збродження сусла. Ключовим цукром у пивному суслі є мальтоза. Відомо, що підвищений вміст в суслі мальтози призводить до збільшення бродильної енергії [1, 13, 14, 25]. У пивному суслі завжди присутня мальтотріоза і ступінь збродження від здатності відповідної раси дріжджів зброжувати її. Дріжджі верхового бродіння зброжують мальтозу і мальтотріозу швидше і глибше, ніж дріжджі низового бродіння, при збродженні гексоз і сахарози цього явища не спостерігається. Якщо в середовищі є достатня кількість глюкози, відбувається пригнічення механізму утворення  $\alpha$ -глюкозидази, мальтозопермеази і мальтотріозопермеази. Але існують раси дріжджів, у яких глюкозна депресія не відбувається [1, 13, 19]. Що стосується відмінностей у здатності зброжувати вуглеводи, присутні в суслі в незначних кількостях, то виявлені раси пивних дріжджів, які крім моносахаридів, мальтози, сахарози і мальтотріози зброжують ізомальтози,

панозу, ізопанозу, деякі з них — мальтотетраозу, але при цьому не зброджують ізомальтозу.

Швидкість бродіння визначається сукупністю багатьох факторів, у числі яких склад і концентрація сусла, розміри клітин і величина клітинної поверхні в обсязі сусла, тип флокуляції, хімічний склад клітин, особливо вміст в них азотистих речовин, спосіб бродіння, фізіологічний стан культури: вік, умови зберігання та використання, вгодованість, життєздатність і т.п. [1, 13, 19].

*Флокуляційна здатність.* Флокуляція має величезне значення в пивоварінні. Вона являє собою оборотну агрегацію (аглотинацію) дріжджових клітин. Це специфічна властивість конкретної раси дріжджів, яке є генетично закріпленим, але може змінюватися в залежності від різних факторів. На флокуляційну здатність впливають склад сусла, норма введення засівних дріжджів, температура, аерація і інші технологічні фактори. Відомо, що зброджувані цукри (особливо мальтоза і цукор-сирець) затримують флокуляцію до тих пір, поки їх вміст в середовищі не встановиться на певному рівні. Знижують флокуляційні властивості і всі фактори, що сприяють збільшенню вмісту в суслі зброджуваних цукрів, наприклад, якість ячменю, солоду, концентрація сусла, температура затирання і т. п. Погана флокуляція спостерігається також за нестачі ростових речовин, теплого режимі бродіння, сильному промиванні дріжджів, використанні дріжджів ранньої генерації [1, 13, 19]. Етиловий спирт, присутній у зброджуваному суслі як обов'язковий продукт бродіння, сприяє аглотинації. Це спостерігається при концентрації спирту 1-3 % об. З подальшим підвищенням концентрації (4-7 % об.) його дія на флокуляцію слабшає і після 8 % об. завершується взагалі [1].

Важливу роль у явищі флокуляції відводять генетичній природі і будові клітинної оболонки дріжджів. Механізм флокуляції до теперішнього часу остаточно не з'ясований. Встановлено, що здатність до флокуляції багато в чому залежить від складу клітинної оболонки і електричного заряду дріжджів. Оболонка дріжджів містить фосфоманнанбілковий комплекс, що утворює поверхневий шар клітинної оболонки [1, 13, 19]. Видалення цього шару призводить до різкого зниження флокуляційної здатності. Пилоподібні дріжджі багаті протеолітичними ферментами, які розчиняють клейкий білковий шар, і процес аглотинації порушується. Це призводить до того, що дріжджові клітини не злипаються. З цих причин відбувається більш енергічне розчинення клейких білкових речовин на поверхні клітин при високих температурах, тому що діяльність протеолітичних ферментів посилюється [1]. Встановлено також істотне значення іонів кальцію в процесі аглотинації. На думку ряду авторів, механізм аглотинації зводиться до наступного: в експоненційній стадії розвитку дріжджі не флокулюють. Потім, внаслідок часткового розщеплення манану, звільняються карбоксильні групи. У сприятливих умовах (зокрема, в присутності кальцію) вільні групи двох сусідніх клітин з'єднуються між собою через йон кальцію, утворюючи кальцієво-халатний комплекс, який стабілізується додатковими водневими зв'язками [1, 13, 19].

*Розмноження дріжджів.* Дріжджові клітини можуть розмножуватися вегетативним і статевим шляхом. У технології пива велике значення має здатність дріжджів розмножуватися вегетативним шляхом — брунькуванням. При цьому в місці утворення бруньки у зовнішній частині клітинної мембрани материнської клітини накопичуються численні частинки манану і білку. При брунькуванні зростає активність ферментів, що розм'якшують мембрану материнської клітини. Будівельний матеріал переноситься до місця утворення бруньки, в результаті чого утворюється дочірня клітина, яка пізніше брунькується за таким же механізмом. Кожне брунькування залишає на оболонці клітини рубець [1, 6, 12-14, 25, 28, 30]. Швидкість розмноження залежить від численних факторів, у числі яких склад і рН сусла, кількість і спосіб задання насінневих дріжджів, температура бродіння, продукти бродіння, вік клітин, наявність кисню і т.п. Розмноженню сприяє наявність у суслі всіх необхідних поживних речовин і вітамінів, підвищена температура, наявність кисню, рН середовища (4,8-5,3). Гальмівну дію на процес ділення клітин надає спирт, вуглекислота, високі концентрації цукру, збільшення віку дріжджів [1, 6, 12-14, 25, 28, 30].

*Автоліз дріжджів.* Автоліз відбувається в результаті біохімічних процесів розпаду білкових речовин, вуглеводів, жирів і органічних фосфорних з'єднань цитоплазми і оболонки клітин під дією ферментів. При автолізі життєдіяльність клітин припиняється, але не припиняється діяльність ферментів, які обумовлюють процес автолізу [1, 6, 11, 19]. Активність одних ферментів слабшає, інших — зростає. Як правило, ферменти дихання і бродіння гинуть, а гідролітичні, особливо протеолітичні, активуються. Автоліз розглядається, як нормальна функція клітини і може проходити і при цілком сприятливих умовах [1]. Але стимулюють автоліз такі фактори, як нестача поживних речовин, висока температура, недостатня промивка дріжджів, підвищена температура промивної води, перенесення дріжджів із середовища з високою температурою у середовище з більш низькою температурою, токсини цвілевих грибів, що потрапляють із солоду і ячменю, підвищена норма введення дріжджів [1, 6, 11, 19]. Автоліз може відбуватися і при низькій температурі, наприклад, при контакті пива з осадовими дріжджами під час бродіння і доброджування. Останнім часом більшість зарубіжних заводів відмовляються від зберігання дріжджів під водою і переходять до способу внесення дріжджів із танку в танк, тобто без їх промивання. Основний недолік зберігання під водою — швидкий автоліз, тому що, по-перше, клітина два рази відчуває осмотичний шок: перший раз — коли дріжджі переносяться із сусла у воду, другий раз — коли відбувається зворотний процес; по-друге, — при зберіганні під водою клітина голодує і, чим частіше перемішування і промивка, тим сильніше слабшає клітина [1, 6, 11, 19]. Стійкість дріжджів до автолізу залежить і від тривалості використання у виробництві; чим більше генерація дріжджів, тим менш стійкі вони до автолізу в порівнянні з чистою культурою [1, 13].

*Потреба в кисні.* Пивні дріжджі відносяться до групи факультативних анаеробів, але вони не можуть рости в умовах повної відсутності кисню. Потреба

дріжджів у кисні пов'язують зі здатністю синтезувати стероли та ненасичені жирні кислоти, які не утворюються клітиною в анаеробних умовах. Ці речовини є важливими елементами мембрани клітини. Оскільки в суслі знаходиться достатня кількість ненасичених жирних кислот, особливе значення надається стеролу. Відзначено навіть визначена залежність між потребою дріжджів у кисні і природою стеролів, синтезованих в аеробних умовах [1, 6, 11, 19]. При недостатньому рівні вмісту ліпідів погіршується здатність мембрани постачати клітину поживними речовинами, сповільнюється їх розмноження і зменшується життєздатність. Окремі раси дріжджів вимагають для ефективного приросту біомаси і забезпечення нормального ходу процесу бродіння різну кількість кисню (в середньому 2-30 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup>). Однак, в умовах максимальної аерації при вирощуванні зі струшуванням досягається однакова для всіх рас кількість біомаси дріжджів [1, 6, 11, 19, 27]. Потреба в кисні залежить і від умов попереднього культивування дріжджів. Якщо до бродіння дріжджі перебували у довготривалому контакті з повітрям, то вони нормально розвиваються і зброджують пивне сусло незалежно від вмісту кисню в суслі. Якщо ж дріжджі протягом декількох генерацій здійснювали свою життєдіяльність за відсутності кисню, то їх потреба в молекулярному кисні різко зростає [1, 13].

### ***1.1.2 Роль метаболізму пивних дріжджів у пивоварінні***

Пивні дріжджі здійснюють свої життєві функції шляхом численних і взаємопов'язаних реакцій, що називаються обміном речовин або метаболізмом. Умови зовнішнього середовища істотно впливають на розвиток і життєдіяльність дріжджів. Сприятливий їх вплив призводить до активного росту і розмноження, правильної спрямованості і глибини біохімічних процесів. Несприятливі умови можуть призвести до зміни і втрати властивостей дріжджів в зв'язку з порушенням їх життєдіяльності. Велике значення в спрямованості та результативності метаболізму всіх мікроорганізмів мають цукри — низькомолекулярні вуглеводи. При їх розщепленні утворюється енергія для здійснення фізіологічних процесів і біологічного синтезу необхідних клітині речовин. Зброджування вуглеводів в етанол і  $CO_2$  в анаеробних умовах є феноменальною ознакою дріжджів, особливо родини *Saccharomyces*. Однак, при зміні умов, а саме, при достатній аерації, дріжджі здатні переходити на окислювальний обмін речовин [1, 6, 11, 19].

Експериментально доведено, що дріжджі здатні зброджувати всі цукри, які вони можуть асимілювати для побудови запасних вуглеводів. Однак пивні дріжджі мають різну швидкість зброджування. Це визначається, перш за все, молекулярною масою вуглеводу і характером з'єднань моносахаридів у складні цукри, а також специфічною здатністю до асиміляції вуглеводів використовуваного штаму дріжджів. Дріжджі верхового і низового бродіння зброджують лише моно-, ди- і трисахариди [1, 6, 13, 19, 20, 28].

Швидше за всіх зброджується глюкоза і фруктоза. З дисахаридів легко зброджується мальтоза і сахароза після їх гідролітичного розщеплення на гексози під дією відповідних гідролаз дріжджів. Сахароза зникає в суслі на

початку бродіння, мальтозу дріжджі починають споживати тоді, коли фруктози і гексози в суслі майже не залишається. Мальтотріозу дріжджі зброджують пізніше, ніж мальтозу, частково — при головному бродінні і повільно — при доброджуванні [56]. Швидкість зброджування мальтози або мальтотріози залежить від концентрації цукрів у суслі: чим менше концентрація, тим вище швидкість зброджування. Мальтотетраоза, ізомальтоза і більш високі полімери глюкози, а також пентози пивними дріжджами не зброджуються. Однак, методами селекції або спрямованої мінливості отримують раси дріжджів з різною здатністю до утворення окремих вуглеводів [1, 6, 13, 19, 27].

У вуглеводному обміні речовин важлива роль належить глікогену, який є важливим джерелом енергії для дріжджів в останній стадії бродіння, коли зброджувані вуглеводи в середовищі вже витрачені. Вміст глікогену в дріжджах залежить від умов бродіння — температури, норми введення дріжджів, аерації сусла, його складу і від властивостей раси дріжджів [1, 13].

Для синтезу компонентів, що забезпечують збільшення і розмноження, дріжджові клітини споживають азотовмісні сполуки сусла (амонійні сполуки, амінокислоти, дещо гірше дипептиди і в дуже незначній кількості трипептиди), причому вони можуть споживати амінокислоти сусла і синтезувати всі необхідні амінокислоти, використовуючи неорганічний азот [1, 13, 19].

Амінокислоти можуть засвоюватися дріжджами, як прямою асиміляцією, так і шляхом дезамінування або трансамінування. Швидкість прямої асиміляції різних амінокислот дріжджами неоднакова, тобто у дріжджів є виборча здатність. При відсутності в середовищі деяких необхідних амінокислот частина з наявних дезамінується або трансамінується, і з азоту, який дріжджі отримали із швидкозасвоюваних амінокислот, повільно синтезуються необхідні дріжджам амінокислоти. У зв'язку з цим вважають, що сусло не повинно містити засвоюваних амінокислот більше, ніж дріжджі можуть використовувати їх, тому що кількість амінокислот сильно впливає на утворення побічних продуктів бродіння, відповідальних за аромат пива. Виділені з дріжджів азотисті речовини надають пиву оксамитову консистенцію і сприяють повноті смаку [1, 6, 13, 19].

Азотистий вуглеводневий обмін дріжджової клітини має важливе практичне значення, тому що з ним пов'язані основні зміни у складі сусла, молодого і зрілого пива, що виражаються у формуванні аромату і смаку, насиченості пива діоксидом вуглецю, піноутворенні, стабілізації колоїдної системи, підвищенні кислотності. Ароматичні речовини, які утворюються під час бродіння, є продуктами амінокислотного і жирового обміну речовин дріжджовий клітини. У пиві вони представлені вищими спиртами, ефірами, органічними кислотами, карбонільних сполуками, а також деякими сірчистими сполуками. Склад і властивості ароматичних речовин пива, їх біосинтетичний механізм утворення представляють великий інтерес для пивоварів, тому що від наявності цих сполук у значній мірі залежить якість готового пива. У ході зброджування сусла відбувається підвищення активної кислотності молодого пива, обумовлене утворенням вуглекислоти і органічних кислот, а також зміною буферної системи сусла внаслідок зменшення кількості азотистих речовин і

фосфатів дріжджами, крім того — виділенням із сусла хмельових емульсій і гірких речовин хмелю [182]. За даними Бемфорта і Сімпсона в процесі бродіння дріжджі здатні змінювати рН середовища двома способами: по-перше, вони виділяють кислі продукти ( $\text{CO}_2$  і органічні кислоти), по-друге, вони асимілюють кислоти з сусла і перетворюють їх в з'єднання з зміненими йонними властивостями [20].

Відомо, що органічні кислоти утворюються на стадії аеробного обміну речовин — дихання, при цьому якісний і кількісний склад кислот, які виникають, визначається видом і штамом використовуваних дріжджів [1, 11, 19].

Зниження величини рН від сусла до пива має велике технологічне значення, воно сприяє:

- створенню несприятливих умов для життєдіяльності мікроорганізмів — шкідників пивоварного виробництва, тобто підвищенню біологічної стійкості пива;

- підвищення колоїдної стабільності і стійкості пива внаслідок зниження розчинності при низьких значеннях рН багатьох високомолекулярних білків і білково-поліфенольних комплексів, які обумовлюють схильність пива до колоїдних помутнінь;

- поліпшенню смаку пива.

### ***1.1.3 Вимоги до пивних дріжджів, що забезпечують високу якість продукту***

Смакові особливості і стійкість є основними показниками якості пива. Коливання якості можуть бути викликані технологією і характеристикою використовуваної сировини, у тому числі дріжджів. Швидкість і характер змін, що відбуваються при зброджуванні сусла під дією певних дріжджів, визначаються генетичною спадковістю дріжджів. Крім цього, метаболізм дріжджових клітин у значній мірі залежить від приготування і ведення культури дріжджів, технології та умов проведення процесів бродіння. Можуть змінюватися такі характеристики, як інтенсивність розмноження, здатність до флокуляції, швидкість розброджування, зниження рН, загальна тривалість процесу бродіння, спектр ароматів та ін.

У зв'язку з цим вважаємо доцільним обирати раси дріжджів, що забезпечують отримання готового продукту з необхідними фізико-хімічними та органолептичними показниками.

Аналізуючи літературні дані [1, 6, 11-14, 19, 20, 25, 28], можна виділити наступні основні вимоги до пивних дріжджів на сучасному етапі розвитку пивоварної галузі:

- висока бродильна активність і швидке зброджування цукрів сусла;
- висока флокуляційна здатність, повільне і повне осідання, забезпечують освітлення молодого пива в кінці головного бродіння і готового пива в кінці доброджування;
- помірна здатність до розмноження;
- стабільність до несприятливих умов при зберіганні і обробці, а також до інфекції сторонніми і шкідливими мікроорганізмами. Для насінневих

виробничих дріжджів, крім того, є обов'язковими біологічна чистота і висока життєздатність;

- стабільність властивостей і морфологічних характеристик протягом 10-12 генерацій;

- значне зниження рН;

- незначна чутливість до холоду;

- забезпечення хорошого смаку і аромату (букету) пива;

- можливість переробки цінних побічних продуктів.

Властивості і стан пивних дріжджів великою мірою визначаються впливом навколишнього середовища, їх метаболізм багато в чому залежить від якості сировини, напівпродуктів і умов проведення процесу приготування пива. Раси пивних дріжджів у різній мірі схильні до впливу цих факторів. Це обумовлено спадковими генетичними особливостями дріжджової клітини, які визначають виробничо важливі ознаки певних дріжджів, специфічні для різних рас. Бродильна активність дріжджів представляє першорядний інтерес для пивоваріння, тому що від швидкості і повноти збродження вуглеводів суслу великою мірою залежить не тільки отримання пива необхідної якості, а й виникають можливості інтенсифікувати тривалі процеси бродіння і доброджування. Використання дріжджів із підвищеною активністю ферментів бродильного комплексу дозволяє збільшити оборотність бродильно-лагерних ємностей, підвищуючи таким чином ефективність виробництва без будь-яких капіталовкладень, витрат робочої сили і т.п. [1, 6, 13, 19].

Процес бродіння починається тільки після утворення певної концентрації дріжджів. З початку бродіння їх повинна бути достатня кількість, щоб забезпечити адекватне розмноження дріжджових клітин для використання всіх доступних цукрів. Для забезпечення нормального ходу процесу бродіння небажано надмірне розмноження дріжджів, тому на утворення нових клітин витрачається екстракт суслу, відбуваються значні втрати гірких речовин хмелю. Крім цього, при посиленому розмноженні дріжджів утворюється більше побічних продуктів бродіння, що погіршують якість пива [14, 20].

Інтенсивність розмноження позначається на бродильній активності дріжджів. Помічено, що чим менше швидкість ділення клітин, тим вище бродильна активність. Нормальним у виробництві пива вважається утворення не більше 3-4-х-кратного приросту біомаси.

Величезне технологічне значення має здатність дріжджів флокулювати і седиментувати. Якщо використовуються дріжджі з раннім осадженням, то в кінці головного бродіння може вийти пиво з високим вмістом незброджених вуглеводів, що призведе до отримання неякісного пива наприкінці доброджування. Воно буде недостатньо збродженим, мати сторонній присмак і низьку біологічну стійкість. При використанні дріжджів з повільним осадженням з молодим пивом при перекачуванні на доброджування буде переходити більше дріжджів, ніж цього потрібно для нормального протікання процесу доброджування. В результаті в пиві може з'явитися сторонній присмак, зокрема, присмак автолізованих дріжджів [1, 6, 13, 19, 23].

Для виробництва пива, як правило, намагаються застосовувати дріжджі, що як при головному бродінні, так і при доброджуванні добре флокулюють і седиментують, встигаючи при цьому зброджувати необхідну кількість екстракту. В результаті отримують пиво з необхідними фізико-хімічними показниками та хорошим освітленням [1]. Іноді практикується застосування не однієї, а двох або більше рас дріжджів, комбінація яких забезпечує виконання вищевказаних вимог до молодого і готового пива [1, 6, 13, 19]. Для нормального перебігу процесів бродіння і доброджування необхідне правильне ведення виробничої культури. Під час зберігання дріжджів під шаром води при низькій температурі відбувається зниження вмісту глікогену в клітинах, зменшується кількість у дріжджах чинників зростання, фізіологічно активних речовин, зростає число мертвих клітин. Крім цього, з клітин виділяються екстрактивні речовини, що є живильним середовищем для сторонніх мікроорганізмів, внаслідок чого виникає небезпека зараження. Звичайна промивка дріжджів біологічно чистою водою при температурі 0-1 °С від механічних забруднень (білкових та інших речовин, мертвих клітин) не звільняє дріжджі від інфікуючих мікроорганізмів. Тому дріжджі піддають спеціальній обробці речовинами хімічної природи (кислі, лужні розчини), що змінює властивості дріжджів. Тому для отримання пива необхідної якості необхідно застосовувати дріжджі, які найбільш стійкі до впливу всіх перерахованих вище факторів і здібні при тривалому зберіганні зберігати необхідні для пивоваріння властивості.

Для забезпечення стабільності властивостей дріжджів на конкретному підприємстві доцільне використання одного штаму дріжджів, який забезпечує сталість процесу, даючи пивоварові, можливість кращого контролю [86]. Що стосується стабільності властивостей дріжджів при використанні їх на протязі декількох генерацій, то немає одностайності про те, скільки циклів їх можна використовувати у виробництві пива. На думку одних авторів [1, 12], дріжджі можна використовувати до 100-150 генерацій, інших— при нормальному бродінні без тиску слід застосовувати не більше 4-5 генерацій, при бродінні під тиском — не більше 3 генерацій. Звичайним вважається застосування дріжджів до 10-12 генерацій [1, 6, 9, 13, 19]. Аргументується це різними міркуваннями. Деякі підприємства викидають дріжджі після декількох генерацій і вважають, що швидко використання свіжої чистої культури дріжджів гарантує безпеку готового продукту. Інші підприємства, навпаки, використовують дріжджі відносно тривалий час і, досягаючи кількості генерацій, що виражається двозначними числами, використовують їх до тих пір, поки процес бродіння протікає нормально. Згідно досвідченим даними, дія дріжджів після декількох генерацій слабшає. Це залежить не тільки від дріжджів, але і від складу суслу, і оскільки інфекції, що починаються з мікростадії, як правило, завжди активно розвиваються, рекомендується обмежувати число генерацій. Якщо дріжджі зберігають біологічну чистоту і нормальний фізіологічний стан, то допускається їх використання більш тривалий час, але виникають більш жорсткі вимоги до зберігання та обробки дріжджів, а також більш уважний контроль за ходом бродіння [1, 6].

Остаточне рішення про якість пива неможливо зробити без аналізу побічних продуктів бродіння, які можуть утворюватися як в результаті складного гліколітичного шляху перетворення вуглеводів в етанол, так і під час розмноження дріжджів. Незалежно від механізму їх утворення дріжджі беруть безпосередню участь в утворенні цих речовин. Існують дріжджі активні і неактивні в цьому відношенні і від їх здатності накопичувати в середовищі ті чи інші побічні продукти бродіння, а також від відношення даних речовин, у значній мірі залежать смак і аромат пива.

Особливості рас пивних дріжджів, що забезпечують виконання вищезазначених вимог, що пред'являються до дріжджів при виробництві пива, їх залежність від різних факторів необхідно враховувати при виборі складу сировини і розробці оптимальних режимів ведення технологічного процесу для отримання продукту високої якості. Оскільки якість дріжджового штаму робить вирішальний вплив на інтенсивність розмноження дріжджових клітин, здатність до флокуляції, швидкість розброджування, зниження рН, загальну тривалість бродіння і особливо на спектр ароматів, представляється доцільним вибрати свою дріжджову расу для використання на даному підприємстві [1, 13, 19]. При цьому підвищення рентабельності виробництва і значне поліпшення якості готової продукції пивоварного виробництва при застосуванні дріжджів, властивості яких дозволяють застосовувати їх на тому чи іншому підприємстві, можна домогтися на існуючому обладнанні, без зміни прийнятого технологічного режиму і додаткових матеріальних витрат та паливно-енергетичних ресурсів.

## **1.2 Побічні продукти бродіння, що зумовлюють аромат та смак пива**

Результатом складних біохімічних процесів, що відбуваються при бродіння і доброджуванні пива, є отримання продукту певного складу, смаку і аромату. У виробництві пива одночасно з основними продуктами гліколізу (етанолом і діоксидом вуглецю) утворюється цілий ряд побічних продуктів бродіння, які відіграють істотну роль у формуванні органолептичних властивостей напою. До них відносяться вищі спирти, леткі кислоти, етери, альдегіди та їх похідні, і сірковмісні сполуки. Крім цих речовин, у формуванні смаку і аромату пива беруть участь інші групи хімічних сполук: декстрини та меланоїдини, азотисті речовини, гіркі і дубильні речовини хмелю і т.п. Органолептичні якості пива визначаються метаболізмом дріжджів, складом середовища і умовами проведення процесів бродіння і доброджування пива [1-3, 6, 11-13, 15, 19, 23].

Смакові властивості пива ділять на його аромат, повноту смаку, відчуття свіжості і гіркоти. Основою формування повноти смаку пива є певний зміст сухих речовин у початковому суслі і обумовлений їм зміст залишкового екстракту. Крім того, дуже важливий внесок вносить вміст високомолекулярних азотистих речовин. При цьому особлива роль відводиться частці загального азоту, тому що пиво з надмірним вмістом азоту має грубий смак. Так само як білкові речовини, діють поліфеноли, продукти реакції Майярда, карамельні

речовини, глюкози і пентозани. Відсутність відповідальних за повноту смаку білкових речовин у комбінації з високим вмістом поліфенолів обумовлює сильну гіркоту [1, 6, 13, 15, 19].

Відчуття свіжості частково визначається вмістом у ньому вуглекислоти і сприятливим складом сухих речовин. Крім того, у формуванні цього показника важливим є вміст кислих солей. На гіркоту пива впливає склад гірких речовин: так, вважається, що когумулон дає більш сильне відчуття гіркоти. Певний вплив приписується і співвідношенню а-кислот. Однак, безсумнівно, свою роль відіграють і розчинні в суслі та пиві компоненти ароматичних речовин хмелю. Фракція хмелевого масла дуже впливає на пом'якшення відчуття гіркоти. Поряд з хмільною гіркотою проявляється гіркота, викликана дубильними, гіркими речовинами і, нарешті, дріжджами. Білкова гіркота обумовлена наявністю визначеною на смак фракцією, яка надає пиву певну жорсткість. Дріжджова гіркота відчувається тоді, коли пиво має дріжджовий аромат і смак. Її поява пов'язана або із занадто частою зміною дріжджів при помірному їх розмноженні, з поганим фізіологічним станом дріжджів або із занадто високим вмістом дріжджів під час перекачування молодого пива з раннім початком доброджування [1, 6, 13, 15, 19].

Також можна зустріти різні порушення смаку, які можна розділити на затхлий солодовий, сусловий або на присмак лушпиння зерна і дробини. Це вже дефекти смаку, тому що вони супроводжуються — і особливо останній їх вид — загальним грубим присмаком пива [15].

Аромат пива, з одного боку, визначається ароматичними компонентами хмелю, з іншого боку — квітково-ефірними, сірчано-дріжджовими запахами або також сильно поширеними типово дріжджовим, квітково-дріжджовим і навіть явно дріжджовим присмаком, а також ароматом солоду (солодово-квітково-ефірний), які швидше сприймаються як неблагородні. Дуже світлим м'яким сортам пива притаманний свіжий, сірчано-дріжджовий аромат, який може переходити в менш приємний цибульний присмак [1, 6, 13, 15, 19].

Серед складових речовин пива величезну роль у створенні певного аромату і смаку грають леткі речовини. Вплив того чи іншого компоненту на смак і аромат пива визначається пороговою величиною, або порогом відчуття. Для отримання гармонійного смаку і аромату концентрації летких речовин повинні бути нижче певного рівня. Для деяких ароматичних речовин поріг відчуття вище концентрації, що погіршує смак пива, яка називається «небезпечною концентрацією». Для отримання якісного пива допустимо мати той вміст ароматичних і смакових речовин, в якому вони не чинять негативного впливу на якість пива [15].

У даний час число ідентифікованих ароматичних компонентів пива зросло до 400, з них 75 органічних кислот, 50 спиртів, 125 складних ефірів, 41 карбонільне з'єднання, 17 ацеталей, 41 фенольне з'єднання і деякі інші. Понад 100 ароматичних компонентів визначають букет пива [1, 6, 13, 15, 19]. Серед них виявлено приблизно 32 спирту, 45 етерів, 28 кислот та ін.

### **1.2.1 Характеристика основних побічних продуктів бродіння та їх роль у формуванні органолептичних показників пива**

Побічні продукти бродіння, що впливають на смак і аромат пива, можна розділити на наступні групи:

- вищі спирти (і їх попередники),
- складні етери;
- карбонільні сполуки;
- кислоти;
- сірчисті з'єднання та ін.

*Діацетил.* Володіє специфічним запахом, є одним з летких компонентів пива, які беруть участь у формуванні його аромату і смаку. Окрім діацетилю, в пиві містяться такі близькі йому з'єднання: 2,3-бутиленгліколь, 2,3-пентадіон, ацетоїн, діацетилметилкарбінол, метилгліоксаль та ін. [2, 6, 13, 19, 31, 32]. Бажаний рівень їх в готовому пиві залежить від того особливого аромату, який хочуть отримати, але в багатьох сортах пива дефекти аромату викликаються зайвими концентраціями діацетилю. У чистому вигляді діацетил і пентадіон мають однаковий неприємний аромат, але вважають, що пентадіон менше впливає на аромат пива, тому що міститься в незначній кількості і менш ароматніший. Ацетоїн і бутандіол мають більш високі порогові концентрації сприйняття [10, 15, 31, 32]. Аромат цих речовин такий характерний, що багато пивоварів описують його як «діацетиловий». Іноді його називають «масляний», «медовий», «цукерковий». Ці характеристики змінюються в залежності від концентрації діацетилю і пентадіону [9]. Воркеліус, досліджуючи причини появи різних присмаків у пиві, показав, що присмак затхлості може з'явитися при великому вмісті в пиві ацетоїну. Він також вказав на те, що при однаковому вмісті ацетоїну і діацетилю у фільтрованому пиві виявляється присмак, характерний при інфікуванні сарцин, а в нефільтроване — присмак затхлості. Помічено, що у концентрації нижче порогової, ацетоїн має ефірно-кислий, а діацетил — легкий солодовий тон. Якщо концентрація їх вище порогової, то ацетоїн надає пиву затхло-пліснявий, а діацетил — гіркий тони. Деякі інші компоненти пива, наприклад метилгліоксаль, можуть давати смак, подібний діацетилю. Це служить однієї з причин розбіжностей між фізико-хімічними аналізами діацетилю і його визначеннями за смаком. Відомо [6, 13, 15, 19, 32], що вже при концентрації діацетилю 0,35-0,50 мг/дм<sup>3</sup> у пиві з'являється медовий аромат, який може бути відмінною характеристикою даного сорту пива, однак, при більш високих концентраціях діацетилю пиво набуває специфічного солодкувато-прогірклого смаку, який негативно позначається на органолептиці. Загально визнано, що аромат діацетилю в пиві небажаний. Механізм утворення діацетилю в процесі бродіння і зниження його змісту в процесі доброджування в пивоварінні остаточно не з'ясований, хоча основні положення теоретично і експериментально обстежені в останні 40 років [6, 13, 19, 32].

Нині більшістю дослідників пропонується наступна теорія утворення діацетилю. Вихідним продуктом біосинтезу діацетилю служить піровиноградна кислота, яка є проміжним продуктом в гліколізі і може накопичуватися в

результаті життєдіяльності дріжджів. Піруват ацетилюється в ацетомолочну кислоту, синтезовану дріжджами з допомогою ферменту ацетооксикислота-синтетаза, з якої шляхом декарбоксілювання утворюється ацетоїн. Останній окислюється в діацетил або відновлюється в 2,3-бутиленгліколь [13, 19]. Вважається, що при отриманні пива зміна вмісту діацетилю відбувається шляхом наступних реакцій: хімічна реакція окислювального декарбоксілювання утворення діацетилю і ферментативні реакції, в результаті яких відбувається його редукція. Вважають [13, 19], що утворення діацетилю з ацетолактату відбувається не ферментативним шляхом поза дріжджовою клітиною і процес цей дріжджі прискорити не можуть, тому що у них не виявлено ферменти, що каталізують цю реакцію, але рівень діацетилю в пиві залежить від швидкості, з якою він метаболізується дріжджами. Встановлено, що пивні дріжджі здатні відновлювати діацетил ферментативним шляхом до ацетоїну, який потім легко відновлюється до сполук, що істотно не впливають на аромат пива. Доказів існування у дріжджів специфічного ферменту діацетилредуктази немає. Мабуть, за редукцію діацетилю дріжджами відповідальний фермент алкогольдегідрогеназа, що локалізований у клітинній стінці дріжджів. Вміст діацетилю в готовому пиві визначає не тільки його смакові особливості. У даний час багатьма дослідниками показано, що діацетил є нормальним продуктом життєдіяльності дріжджів і найбільша його кількість утворюється на ранніх стадіях бродіння під час енергійного розмноження і обміну амінокислот у дріжджів. У період доброджування відбувається зменшення вмісту діацетилю в результаті його активного біологічного розщеплення. У зв'язку з цим багато дослідників вважають, що біохімічні перетворення діацетилю можуть характеризувати напрямок, глибину і завершеність технологічного процесу, а також можуть служити критеріями закінчення процесу дозрівання пива [6, 13, 15, 19, 32].

Не менш важливе значення в напоях бродіння надають вищим спиртам. Незважаючи на присутність їх у пиві в незначних кількостях, вони є сильними ароматоутворювачами, тому навіть у невеликих концентраціях роблять значний вплив на смак і аромат пива [6, 13, 15, 19, 32]. Поєднання певної кількості вищих спиртів разом з іншими сполуками створює специфічний, властивий тільки даному напою смак і аромат. Органолептичні властивості спиртів залежать від їх хімічної структури. Вважають, що аромат вищих спиртів посилюється зі збільшенням молекулярної маси. Велику роль відіграють спирти, у яких гідроксильна група розташована у бічному ланцюзі. Ці спирти мають більш приємний аромат, ніж аліфатичні. Аліфатичні спирти містять гідроксильні групи, які розташовуються у молекулі по різному. Залежно від розташування гідроксильних груп вторинні і третинні спирти відрізняються по запаху від нормальних та ізомерних первинних спиртів. Так, наприклад, первинний бутиловий спирт відрізняється від вторинного менш інтенсивним запахом.

Слід зазначити, що зі збільшенням аліфатичного вуглецевого ланцюжка спиртів запах стає приємніше. Так, бутиловий і аміловий спирти і їх ізомери мають неприємний різкий запах. Спирти з більш довгим ланцюжком, наприклад,

гексильовий мають аромат порівняно більш приємний, що володіє квітковим запахом при розведенні [97]. Ароматичні спирти сильніше впливають на смак і аромат пива, ніж алифатичні. У той же час, якщо кількість алифатичних спиртів і ефірів перевищує певні норми, тонкий специфічний аромат пива змінюється і набуває неприємних тонів. Вищі спирти пива на 90% представлені ізоамілолом, ізобутанолом і н-пропанолом. Підвищений вміст у пиві кількості вищих спиртів, особливо ізобутанолу та ізоамілолу, надає пиву не властивий аромат і сильно виражену гіркоту. Велика кількість в пиві амілового, ізоамілового та ізобутилового спиртів обумовлює грубий смак так званого «важкого» пива.

Питанню утворення вищих спиртів у процесі бродіння і доброджування пива присвячено багато робіт [6, 13, 19]. Вищі спирти розглядаються як продукти обміну речовин дріжджів. Що стосується механізму утворення вищих спиртів, то, на думку Ерліха, вищі спирти є продуктами гліколізу амінокислот. В результаті гліколітичного дезамінування виходить оксикислота і аміак, потім оксикислота розпадається на мурашину кислоту і альдегід, який відновлюється воднем до відповідного спирту. Найбауер і Фромхерца першу стадію процесу вважають окислювальним дезамінуванням з утворенням кетокислот і аміаку [13].

Найважливішими побічними продуктами бродіння є органічні кислоти, зміст і співвідношення яких є одними з визначальних якісних характеристик пива. Концентрації летких кислот в пиві змінюються в широких межах. Підвищений вміст кислот порушує гармонійність смаку і аромату. У ході технологічного процесу утримання деяких кислот не змінюється, інші ж утворюються при зброджуванні пивного сусла в результаті життєдіяльності дріжджів [6, 13, 19]. Так, лимонна, яблучна і глюконова кислоти переходять в пиво з сусла, L- і D-молочна зазнають незначних змін, а пірвіноградна і оцтова кислоти є продуктами бродіння [13].

При бродінні, в основному, утворюються жирні кислоти C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>. Вміст оцтової кислоти в пиві становить 80-95 % від загальної кількості летких кислот [13, 19]. Вона має характерний аромат і в оптимальних дозах впливає на формування смаку, а підвищений її зміст створює неприємний букет і знижує смакові якості пива. Характерні запахи пропіонової, масляної, ізомасляної, ізовалеріанової і валеріанової кислот набагато сильніше, ніж запах оцтової кислоти, тому вони більшою мірою впливають на формування аромату напоїв [13, 15, 19].

Кислоти з великим числом вуглецевих атомів негативно впливають на букет пива, тому що, окислюючись до альдегідів, вони додають напою несвіжий аромат. Неприємний дріжджовий присмак, який погіршує і відчуття гіркоти пива, супроводжується підвищеним вмістом середньоланцюгових жирних кислот, таких як гексанова, октанова, і, перш за все, деканова кислота, а також їх етилових ефірів. Наприклад, під час дозрівання і зберігання в результаті виділень з дріжджової клітини вміст деканової кислоти може зрости з нормального рівня з 0,4 до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Погіршується якість піни, гіркий присмак стає металеводріжджовим, зростає значення рН і коефіцієнта вільного амінного азоту [13, 19].

Слід відзначити особливу роль у формуванні смаку і аромату пива багатоосновних кислот, що входять у цикл Кребса. Вони мають свої смакові особливості. Лимонна кислота надає напою свіжий кислотний запах, бурштинова, крім кислого смаку, — солоний і гіркий присмак, піровиноградна — сирий, старий, окислений запах. У великих концентраціях піровиноградна кислота створює неприємний букет, що негативно позначається на якості пива.

Перевищення оптимального змісту високо- і низькомолекулярних жирних кислот викликає не тільки небажану зміну аромату, але і обумовлює старіння смаку, погіршує смакову стабільність і погіршує піностійкість.

Велике значення для формування органолептичних властивостей пива мають *етери* етилового та вищих спиртів. Шляхом газо-рідинної хроматографії (ГРХ) у пиві виявлено 45 ефірів. Головними компонентами цієї групи речовин є етилацетат та ізоамілацетат, вміст яких у пиві за даними одних дослідників складає 15-30 мг/дм<sup>3</sup> і 2 мг/дм<sup>3</sup> відповідно, в той час як концентрація всіх інших ефірів не перевищує 1 мг/дм<sup>3</sup> [13]. За іншими даними, вміст етилацетату в різних сортах пива змінюється в межах 9,2-28,2 мг/дм<sup>3</sup>, ізоамілацетат — від 1,2 до 3,2 мг/дм<sup>3</sup> і  $\alpha$ -фенілацетат — до 8 мг/дм<sup>3</sup> [19].

Етери є позитивними компонентами пива, тому що беруть участь у формуванні його органолептичних властивостей, однак підвищений вміст їх позначається на якості пива. У занадто високих концентраціях етери надають пиву фруктовий або льодяниковий аромат [13, 15], причому високомолекулярні етери мають більш приємний фруктовий запах, ніж низькомолекулярні. Етилацетат надає пиву невеличкий сторонній запах, а в більш високих концентраціях — терпкий присмак і гіркоту [13, 15]. Ізобутилацетат у суміші з ізоамілацетатом підсилює аромат з переважанням бананового запаху; етилкапронат може сприяти появі так званого «фруктового» пива, тому що смаковий поріг відчуттів його дуже низький, що в процесі виробництва пива може бути легко перевершений. У суміші з етилкапрілатом він дає яблучний аромат. Гептиловий і октиловий етери оцтової кислоти, а також етилові етери нікотинової та додеканової кислоти дають присмак лушпиння зерна і дробини. Дуже сильний вплив на пиво має ізопентилацетат, який погіршує смак навіть у невеликих кількостях. Етерна нота надає приємний смак більш міцним сортам пива. Це особливо помітно при отриманні пива тривалого доброджування, легке світле пиво і також сильно охмелених сортів [13, 19].

Поріг відчуття у ефірів дуже низький, порогові величини для етилкапрілату становлять 0,25 мг/дм<sup>3</sup>, для ізоамілацетату — 0,2 мг/дм<sup>3</sup>,  $\alpha$ -фенілацетату — 0,65 мг/дм<sup>3</sup>, етиллактату — 14,0 мг/дм<sup>3</sup>, етилацетату — 17,0 мг/дм<sup>3</sup>, для етилформіату — 0,35 мг/дм<sup>3</sup>, ізоамілацетату — 4,0 мг/дм<sup>3</sup>, фенілетилацетату — 5 мг/дм<sup>3</sup>, етилацетату — 15 мг/дм<sup>3</sup>.

*Альдегіди.* Дослідження останніх років по смаковій стабільності пива показали, що одним з факторів у забезпеченні дозрівання і збереження букета пива є карбонільні сполуки, в основному, альдегіди [13, 15]. За допомогою ГРХ газового простору пива, інфрачервоної і маспектроскопії в ньому виявлено 12

альдегідів, що містять від 2 до 12 атомів вуглецю з різним порогом відчуття [76,159,160].

Основним альдегідом, що міститься в пиві, є ацетальдегід, кількість якого в різних сортах пива коливається від 3,6 до 35 мг/дм<sup>3</sup> [13, 19]. Перебуваючи в пиві у великій концентрації, ацетальдегід створює присмаки, що характеризуються термінами зелений, трав'янистий, маринадний, а також присмак фільтркартону і гострий присмак хімікату. За даними деяких вчених при концентрації його 25 мг/дм<sup>3</sup> у пиві з'являється дряпаючий або підвальный присмак. Вже при концентрації ацетальдегіду 10 мг/дм<sup>3</sup> виявляли затхлий аромат пива. У процесі старіння пива у багатьох сортів формується присмак паперу. Карбонільні сполуки, зокрема, ненасичені аліфатичні альдегіди вносять вирішальний внесок у формування такого присмаку [13, 19].

Альдегіди інтенсивно утворюються на початку стадії бродіння як проміжні продукти метаболізму на шляху гліколітичного перетворення вуглеводів в етанол [13, 19]. Полягають, що основний шлях утворення альдегідів — це розщеплення по реакції Штрекера. При реакції Майяра утворюються різні  $\alpha$ -дікарбонільні з'єднання, які в рамках розпаду Штрекера можуть реагувати з амінокислотами [6, 13, 19]. При цьому  $\alpha$ -дікарбоніл з амінокислотою дають альдегід, що містить на 1 атом вуглецю менше, ніж вихідна амінокислота. При дозріванні пива знижується кількість альдегідів, що надають готовому напою незрілий смак. В основному вивчалася зміна вмісту ацетальдегіду. Показано, що нинішнє зростання кількості ацетальдегіду відбувається найбільш енергійно в перші дні бродіння. При витримці кількість ацетальдегіду в пиві знижується на 30-70 %, особливо інтенсивно — в першій половині стадії [13, 19]. Істотне зниження кількості альдегідів відбувається під час доброджування.

Великий вплив на смакові і ароматичні характеристики пива мають сірковмісні сполуки [13, 19]. На пивний аромат впливає велика кількість летких сполук сірки. Явно відчуваються сірчано-дріжджовий запах і присмак у дуже світлих, м'яких сортах пива. Аналіз виявляє у цих сортах підвищений вміст полісульфідів, метилтіоефіру, а також етил- і метилмеркаптану. Іноді має місце підвищений вміст SO<sub>2</sub>. Стабільність смаку подібних зразків дуже висока. Леткі сполуки викликають неприємний овочевий запах, викликаний диметилсульфідом [13]. Професор Нарцис охарактеризував диметилсульфід як ваду смаку (off-Flavour) [19]. Присутність сірчистих сполук вважається основною причиною неприємного (незрілого) смаку молодого пива. У готовому пиві міститься 2-15 мг/дм<sup>3</sup> двоокису сірки, 0,4-2,0 мг/дм<sup>3</sup> сульфідрильних з'єднань, 0,001-0,07 мг/дм<sup>3</sup> меркаптанів і 3-15 мг/дм<sup>3</sup> сірководню [13, 19]. При підвищеному вмісті сірчистих сполук пиво набуває дріжджовий, окислений, пастеризаційний і так званий сонячний присмаки. З іншого боку двоокис сірки робить позитивний вплив на загальний смак пива, і, перш за все, на його стабільність. Занадто низька кількість двоокису сірки може бути причиною короткого часу придатності пива [13].

Сірчисті з'єднання в пиві утворюються хімічним шляхом з метіоніну і цистеїну — амінокислот, що мають в своєму складі сірку, з яких внаслідок

процесів затирання і кип'ятіння суслу утворюються сірковмісні з'єднання, здатні реагувати з різними метаболітами дріжджів і утворювати інші сірчисті з'єднання. Дріжджі можуть також відновлювати цистеїн і неорганічні сульфати, в результаті чого виходить  $H_2S$ , а також утворювати з метіоніну і ацетальдегіду метил і етилмеркаптани [13]. Іншим джерелом утворення сірчистих сполук у пиві є дріжджі, що утворюють  $SO_2$ ,  $H_2S$  і органосірчані з'єднання, з яких хімічним шляхом можуть утворюватися вже інші сірчисті з'єднання. Сірчисті з'єднання в пиві можуть утворюватися і в результаті життєдіяльності інфікуючих мікроорганізмів. Вважається [19], що максимальне утворення сірчистих речовин відбувається в період найбільшої інтенсивності процесів обміну речовин дріжджів, а потім зменшується. Останнім часом зміні вмісту сірчистих сполук у процесах бродіння і доброджування надають особливого значення при вирішенні проблеми забезпечення смакової стабільності пива. Розроблено спеціальні рекомендації, спрямовані на зниження вмісту сірчистих сполук, зокрема, диметилсульфіду, сірководню, меркаптанів та інших речовин з метою підвищення смакової стабільності та усунення смаку старіння і окислення [12, 20].

Узагальнюючи численні дослідження у цій області, можна констатувати, що, перебуваючи в пиві в незначних кількостях, леткі побічні продукти надають помітний вплив на його органолептичні показники.

Певні поєднання цих речовин створюють специфічний смак і аромат напою. Тому необхідно так працювати з сировиною і вибирати таку технологію, щоб можна було отримати пиво з потрібним ароматом і смаком. При цьому необхідно знати чинники, які впливають на смак і аромат пива.

### ***1.2.2 Роль видової та расової належності дріжджів у процесах утворення побічних продуктів бродіння***

Пиво є продуктом біохімічної діяльності дріжджів. Численні реакції, що протікають у дріжджових клітинах в умовах бродіння і доброджування, каталізуються величезною кількістю ферментів. У зв'язку з цим неможливо не визнати вплив дріжджів на швидкість і особливості протікання процесів бродіння і характер утворених ними основних і побічних продуктів, що впливають на органолептичні властивості пива [9, 11-14, 19, 20, 28].

Вважають, що механізм утворення побічних продуктів бродіння при зброджуванні пивного суслу у всіх рас дріжджів аналогічний, але біосинтез цих речовин у кожної окремої раси індукується відповідними ферментними системами, що визначається генетичним апаратом дріжджової клітини. У результаті цього в середовищах, зброджених різними расами дріжджів, накопичується різна кількість з'єднань, що відрізняються і за якісним складом.

Деякі дріжджі дуже стабільні щодо утворення побічних продуктів бродіння і незначно реагують на зміни технологічного режиму, склад суслу та ін., інші ж — дуже залежні від впливу різних технологічних факторів. Дана властивість дріжджів також закріплена в геномі клітини.

Відомостей щодо вмісту діацетилу в пиві в залежності від штаму дріжджів досить мало. В основному в літературі вказуються дані по накопиченню цього компонента в різних сортах пива, але відомості про використання штамах не наводяться. Проте, встановлено [13, 31], що генетичні особливості штаму дріжджів у великій мірі впливають на утворення діацетилу, особливо такі штамові характеристики:

- здатність до флокуляції;
- швидкість утилізації валіну;
- бродильна активність клітин;
- активність алкогольдегідрогенази;
- активність ацетооксикислоти-синтетази.

Передбачається, що валін інгібує фермент ацетооксикислота-синтетаза і тим самим сприяє зниженню концентрації діацетилу в пиві. У зв'язку з цим переважно використовувати ті штами дріжджів, які швидко використовують валін і утворюють менші концентрації дикетонів у пиві і тим швидше розщеплюють їх при доброджуванні [13].

Що стосується флокуляційних властивостей дріжджів, то здатність дріжджів до утворення діацетилу залежить від кількості клітин, що знаходяться в диспергованому стані. Помічено, що пилоподібні дріжджі утворюють у 2-3 рази більше діацетилу, ніж флокулюючі. При використанні добре флокулюючих дріжджів максимум накопичення діацетилу досягається раніше, а, отже, значно швидше спостерігається його ферментативне відновлення алкогольдегідрогеназою дріжджів. Подібна закономірність спостерігається і при високій бродильній активності дріжджів. Тобто, чим вище бродильна активність, тим енергійніше вони утворюють діацетил і тим швидше потім розщеплюють його [66].

У Санкт-Петербурзькій лабораторії технології дріжджів НВО «Елевар» проводилися дослідження, спрямовані на вивчення вмісту діацетилу в пиві в залежності від штаму дріжджів. Було встановлено, що ці значення коливалися в досить широких межах — від 0,47 до 0,09 мг/дм<sup>3</sup> [13].

Вченими Чеського інституту ІПС були досліджені 7 різних рас дріжджів, що володіють хорошими флокулюючими властивостями і середньо- і глибокозброджуючими характеристиками. Кількість діацетилу в пиві коливалося в межах 0,22-0,73 мг/дм<sup>3</sup>.

Величезний вплив на швидкість реакцій, що протікають в процесі утворення і редукації діацетилу надає фізіологічний стан клітин. Не всі дріжджі здатні ефективно знижувати концентрацію діацетилу. Дріжджі, які відчувають дихальну недостатність, довго зберігаються при підвищеній температурі, «голодуючі» дріжджі знижують концентрацію діацетилу в меншій мірі [26, 28]. Крім умов зберігання в даному випадку велике значення має здатність різних штамів дріжджів протистояти несприятливим факторам. Тобто застосування дріжджів, здатних більш тривалий час зберігати гарний фізіологічний стан, сприяє більш сприятливому протіканню процесів бродіння і доброджування, в тому числі щодо утворення і розщеплення діацетилу.

За даними проф. Л. Нарциса, штам дріжджів має велике значення у формуванні смаку і аромату пива. У разі дріжджів низового бродіння зміст вищих аліфатичних спиртів коливається в межах  $\pm 20\%$ ,  $\alpha$ -фенілетанолу — в межах  $\pm 25\%$ ; у разі дріжджів верхового бродіння —  $\pm 50\%$ . При використанні дріжджів для виробництва пива сорту «Кельш» вміст цих речовин знаходиться в проміжку між даними, відповідними дріжджам низового бродіння і дріжджами для пшеничного пива. Цим же автором даються рекомендації по використанню для сортів легкого або безалкогольного пива рас дріжджів з більш сильним накопиченням побічних продуктів, які обумовлюють аромат пива [19].

### ***1.2.3 Вплив технологічних факторів на утворення діацетилу***

При використанні будь-якого штаму дріжджів вирішальними умовами для хорошого зброджування його дріжджами є оптимальні умови процесу бродіння. Найважливішими параметрами при цьому є доза дріжджів, температура бродіння, аерація (забезпечення киснем), склад сусла. За допомогою цих параметрів можна управляти технологічним процесом бродіння і забезпечити ідеальні умови для росту дріжджів [6, 11, 19].

Вміст легких продуктів у пиві в значній мірі залежить від стану дріжджів, які визначаються технологічними факторами. Аналіз ароматичних речовин являє собою певну цінність і контроль зразків пива стає просто необхідним, вже починаючи з самих ранніх стадій виробництва пива: йому повинно піддаватися молоде, дистанційне, дозріле пиво — через певні проміжки часу, і, нарешті, готове пиво. Це допомагає оцінити очікувану якість продукту.

*Вплив температури.* Температура є важливим параметром, забезпечує вплив на процес бродіння. Підвищення температури збільшує швидкість хімічних реакцій і прискорює процес зброджування екстракту сусла. В середньому, при зростанні температури на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  швидкість реакцій подвоюється. Але при цьому кількість і співвідношення накопичуються в пиві, продукти метаболізму дріжджів зумовлюють істотний вплив на органолептичні властивості готового продукту. Вважається, що пиво, отримане холодним способом, має кращу якість. Низькі температури сприяють формуванню більш легкого, тонкого аромату у пива низового бродіння, в той час як високі температури верхового бродіння надають пиву фруктовий аромат [13, 19]. Таким чином, інтенсифікація бродіння за рахунок зростання температури при одночасному збереженні якості продукту можливо лише в обмеженій мірі.

Більшість дослідників [2, 10, 13, 19, 31, 32] приходять до думки, що з підвищенням температури у зброджуваному середовищі збільшується кількість діацетилу. Підвищення температури, по-перше, посилює ріст дріжджів, що призводить до більшого утворення діацетилу, а по-друге, прискорює активний біологічний розщеплення його, тому що збільшується швидкість обмінних процесів в дріжджовій клітині. У даний час з'ясовано, що підтримка щодо високої температури протягом головного бродіння забезпечує отримання пива з низькими кінцевими концентраціями діацетилу [13]. Деякі дослідники вважають, що чим швидше закінчиться утворення діацетилу, тим більше його

виділиться до кінця технологічного процесу [107,150]. Так, при температурі 20 °С редукція (зниження) діацетилу проходить за 1-2 години, при 3-4 °С протягом декількох днів і при 0 °С — протягом декількох тижнів [13, 19, 32].

Існують дані, що пиво, отримане при зброджуванні протягом 6 днів при 16,5 °С і доброджування протягом 2 днів при 0 °С містило також мало діацетилу, як і пиво, отримане при 7-денній тривалості зброджування і 51 дня доброджування при 1 °С. В цілому, коротка витримка при більш високих температурах дає кращий ефект, ніж тривала при низьких. У даний час вважається, що для швидкого розщеплення діацетилу при підвищеній температурі, слід дотримуватись таких умов: досягнення ступеня зброджування молодого пива близькою до кінцевої, підтримання високої концентрації суспендованих дріжджових клітин, запобігання потрапляння кисню та інших акцепторів водню в молоде пиво [13].

*Норма введення дріжджів.* Підвищена норма засіву дріжджів є одним із способів інтенсифікації процесів бродіння, що пояснює підвищений інтерес більшості дослідників до питання впливу даного чинника на утворення летких речовин пива [6, 13, 19].

Стандартною вважається норма введення 15-18 см<sup>3</sup> дріжджових клітин на 1 см<sup>3</sup> сусла. При такій кількості дріжджі оптимальним чином контактують з пивним суслom. Великі дози викликають більш швидке зброджування, але більш повільне розмноження клітин. Це обумовлює збільшення одних і зменшення інших побічних продуктів бродіння [13].

При вивченні впливу початкової концентрації дріжджових клітин в суслі на синтез діацетилу і його редукцію було встановлено наступне: при збільшенні засіву з 25 до 60 млн/см<sup>3</sup> спостерігається зниження кількості діацетилу.

У молодому пиві з 1,0 до 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, при цьому максимальний вміст діацетилу в пиві при концентрації клітин 15-30 млн/см<sup>3</sup> доводиться на кінець головного бродіння (1 мг/дм<sup>3</sup>), а при концентрації 60 млн/см<sup>3</sup> — на 4-у добу бродіння (1,2 мг/дм<sup>3</sup>). Подальше збільшення норми ведення дріжджів не має сенсу, так як концентрація діацетилу в молодому пиві при 60, 100 і 130 млн/см<sup>3</sup> була приблизно в межах 0,5 мг/дм<sup>3</sup> [13].

Беренцвейг І.А. і Крицкова Г.М. [2] вивчали зміну вмісту діацетилу при підвищеній дозі засіву дріжджів. Ними було встановлено, що кількість діацетилу інтенсивно наростає протягом 2 діб бродіння, потім сповільнюється, а з третьої доби швидко знижується. У результаті досліджень було висловлено припущення, що на кінцевих фазах бродіння швидкість редукції діацетилу вище швидкості його синтезу.

Необхідно відзначити, що часто практикується в пивоварінні повторне задання дріжджів, що може призвести до зменшення вмісту діацетилу, але при цьому збільшується кількість ацетальдегіду в пиві [13].

Таким чином, шляхом оптимізації умов бродіння і підвищення ефективності дії дріжджів можуть бути удосконалені способи бродіння, але при цьому необхідно враховувати вміст у готовому пиві летких речовин [133].

### 1.3 Висновки, мета і задачі дослідження

Узагальнюючи літературні дані, можна зробити висновок, що в значній мірі якість пива залежить від застосованих рас дріжджів. Проте залишається багато нез'ясованих питань щодо впливу температури культивування дріжджів на їх фізіологічну активність і пошуку оптимальних умов їх розмноження.

**Метою** кваліфікаційної роботи є дослідження процесу культивування чистої культури пивних дріжджів за різних температур розмноження та запропонувати та оптимальний режим. Відповідно до поставленої мети були визначені наступні **задачі**:

- вивчити вплив температури розмноження 15, 16 і 17 °С морфологічні, фізіологічні та технологічні властивості дріжджів внаслідок їх культивування в пропаторах різної ємності;
- дослідити кількісні характеристики виробничих дріжджів під час головного бродіння і доброджування в ЦКБА;
- дослідити динаміку вмісту діацетилу під час доброджування молодого пива в ЦКБА залежно від застосованих дріжджів;
- вибрати оптимальний режим культивування пивних рас для покращення якості кінцевого продукту та підвищення економічної ефективності;
- оцінити якість отриманого пива;
- оцінити якість насінневих дріжджів та дати рекомендації щодо їх використання.

## 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Матеріали досліджень

*Матеріали досліджень:*

чиста культура дріжджів ЧКД раси Saflager W-34/70, отримана внаслідок культивування в апаратах-пропагаторах АП різної місткості — АП-1 місткістю 5 гл, АП-2 місткістю 20 гл і АП-3 місткістю 220 гл;

насіньні дріжджі, видалені із ЦКБА після головного бродіння;

залишкові дріжджі, видалені із ЦКБА після доброджування;

молоде пиво із ЦКБА.

### 2.2 Методика досліджень

Дослідження проводили у дріжджовому відділенні відділення ПрАТ «АБІНБЕВ ЕФЕС Україна».

Загальна схема проведення досліджень наведена на рис. 2.1.

Завданням роботи дріжджового відділення є розмноження ЧКД у стерильних умовах з отриманням виробничих дріжджів, які в подальшому забезпечать нормальне зброджування пивного сусла з отриманням пива заданої якості.

Основні етапи роботи дріжджового відділення.

1. Приготування сусла для культивування дріжджів — набір гарячого сусла в АП-1, АП-2 і АП-3, стерилізація та охолодження сусла до температури, оптимальної для розмноження дріжджів.

2. Перенесення дріжджів з колби Карлсберга КК в АП-1, де дріжджі аеруються, перемішуються мішалкою, культивуються і після досягнення заданої кількості дріжджових клітин КДК на стадії логарифмічного росту перекачуються у наступний за об'ємом АП-2, а потім — в АП-3. Таким чином, внаслідок збільшення об'ємів пропагаторів поступово зростає і кількість виробничих дріжджів.

3. Із АП-3 дріжджі передаються у ЦКБА для зброджування сусла.

На рис. 2.2 наведено схему дріжджового відділення, а на рис.2.3 і 2.4 — загальний вигляд обладнання дріжджового відділення.

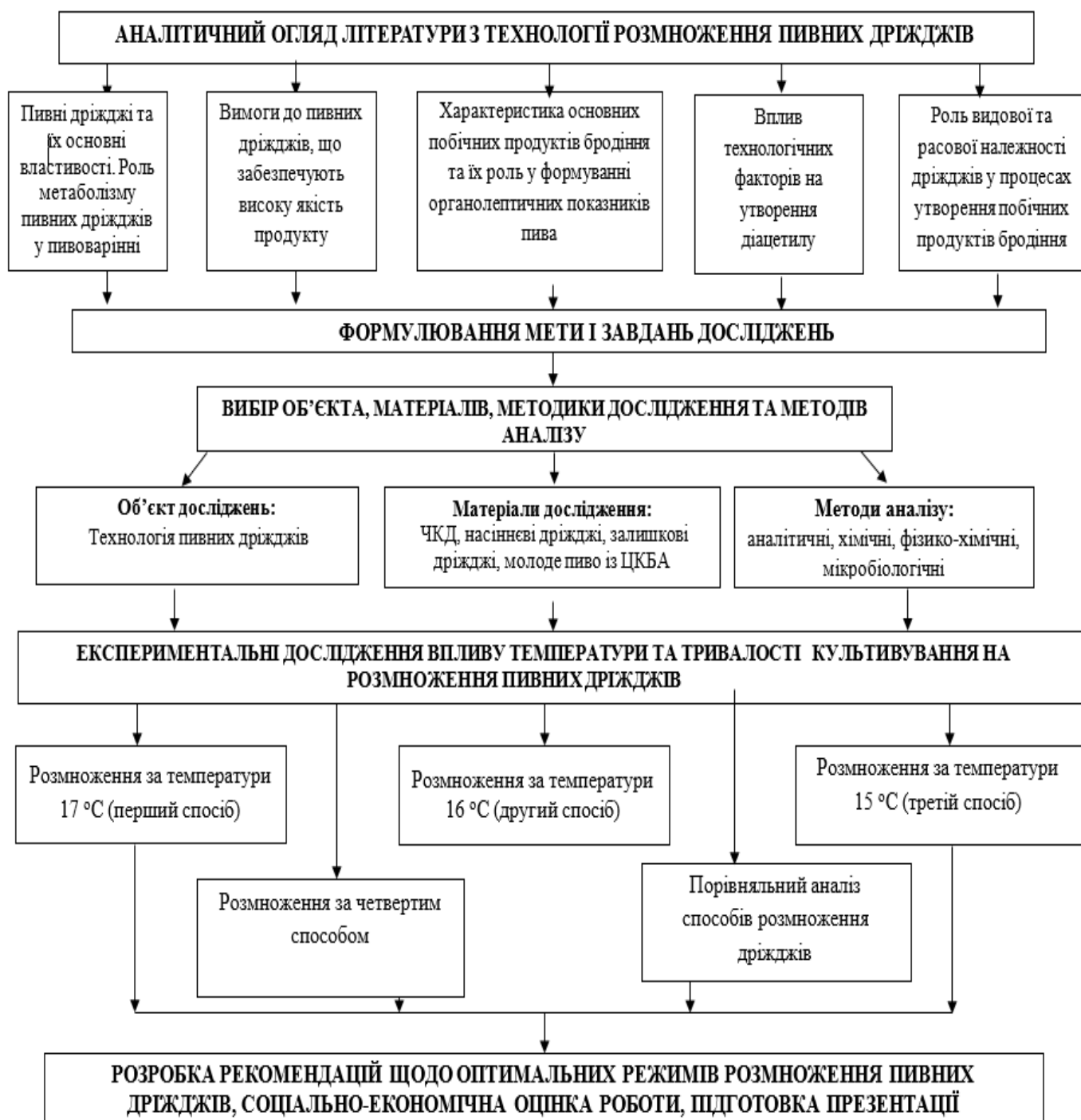
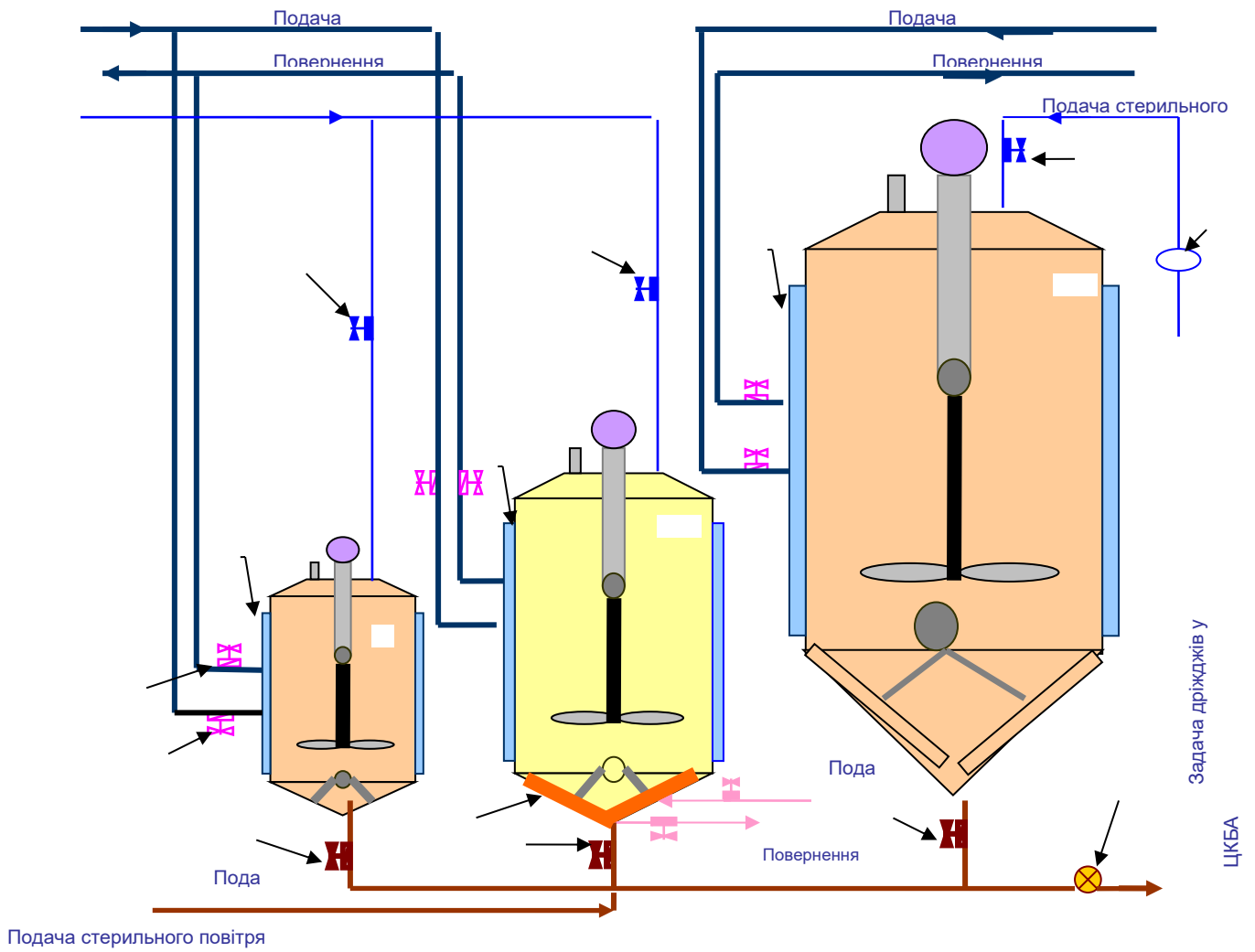


Рис.2.2. Загальна схема досліджень



**Рис.2.2. Схема дріжджового відділення**

1 — АП-1; 2 — АП-2; 3 — АП-3; 4 — тензодатчик; 5,6,10,11 — вентилі;  
7,8 — охолоджуючі сорочки; 9 — клапан перекриття



*Рис.2.3. Загальний вигляд апаратів пропагаторів 1 і 2  
1— АП-1; 2 — АП-2*



*Рис.2.4. Загальний вигляд апарата-пропагатора АП-3*

Одним із основних факторів від яких залежить швидкість розмноження дріжджів є температура пивного сусла. Кожна раса дріжджів має власну оптимальну температуру розмноження за якої латентна фаза і час генерації мінімальні [1, 6, 13, 19]. Проте розмноження дріжджів відбувається не тільки за оптимальної температури, але і можливе у більш-менш відносно широкому діапазоні температур. Для дріжджів родини *Saccharomyces* такий діапазон знаходиться в межах температур від 0 до 40 °С, а оптимум становить близько 25-30 °С [1, 6, 13, 19].

На заводі під час пропагації дріжджів підтримується температура (15±2) °С (максимум 20 °С для лагерних дріжджів). Температура культивування поступово і повільно знижується, наприклад,  $\Delta t \leq 2$  °С, до початкової температури культивування генерації. Дріжджі у фазі експоненціального росту більш чутливі до термошоку, що викликається великою різницею температур. Тому важливо контролювати та регулювати температуру під час розмноження дріжджів у пропаторі та при передачі їх у пропатор більшого об'єму, коли в нього доливається велика кількість свіжого сусла [1].

Культивування дріжджів проводили чотирма різними способами, а саме:

- 1-й спосіб — за температури 17,0 °С;
- 2-й спосіб — за температури 16,0 °С;
- 3-й спосіб — за температури 15,0 °С;
- 4-й спосіб — за температури, що поступово знижувалась від 17,0 °С в АП-1 до 16,0 °С в АП-2 і 15,0 °С в АП-3.

При цьому температура сусла, що доливалося, становила 13,0 °С. Швидкість аерації сусла повітрям за всіх способів була однаковою — 20 м<sup>3</sup>/(год·м<sup>3</sup>). Також, проводяться спостереження за утворенням діацетилу у пиві під час доброджування, та наскільки швидко і плавно відбувалося зниження його вмісту.

### 2.3 Методи досліджень

*Методи досліджень* — аналітичні, хімічні, фізико-хімічні, мікробіологічні з використанням сучасних приладів та методів досліджень, що застосовують у виробництві пива. Визначення фізико-хімічних і мікробіологічних показників дріжджів та пива здійснювали у лабораторії Чернігівського відділення ПрАТ «АБІНБЕВ ЕФЕС Україна» за традиційними і новітніми методиками пивоварного виробництва [16].

При цьому визначали:

1. Морфологічний стан дріжджів.
2. Кількість дріжджових клітин КДК на різних етапах культивування.
3. Кількість мертвих дріжджових клітин КМДК на різних етапах культивування.
4. Концентрацію насінневих дріжджів, КМДК, вміст глікогену та рН дріжджів, що вилучалися із ЦКБА.
5. Вміст діацетилу в пиві під час доброджування.

### 2.3.1 Визначення морфологічного стану дріжджів

Морфологічний стан дріжджів оцінювали під мікроскопом за формою і розмірами, які повинні відповідати характерним ознакам певної раси дріжджів.

Клітини повинні бути однорідними за розмірами, з тонкою оболонкою, однорідною і мілко зернистою цитоплазмою, невеликими вакуолями. Наявність великої кількості морфологічно змінених клітин та клітин низькою бродильною активністю свідчить про дегенерацію культури. Зерниста цитоплазма, великі вакуолі, відсутність клітин, що брунькуються, характеризує стару культуру [1, 4, 13, 27].

### 2.3.2 Визначення кількості дріжджових клітин

Для визначення КДК застосовували камеру Горяєва-Тома (рис. 2.5). Камера Горяєва являє собою товсте предметне скло, розділене борозенками. На центральну частину скла нанесена сітка. Площа квадрата сітки зазначена на одній зі сторін предметного скла та відповідає  $1/25 \text{ мм}^2$  (великий квадрат) або  $1/400 \text{ мм}^2$  (малий квадрат). Частина предметного скла, на якій нанесена сітка, на 0,1 мм нижче двох інших сторін. Це глибина камери, що завжди вказується на предметному склі.

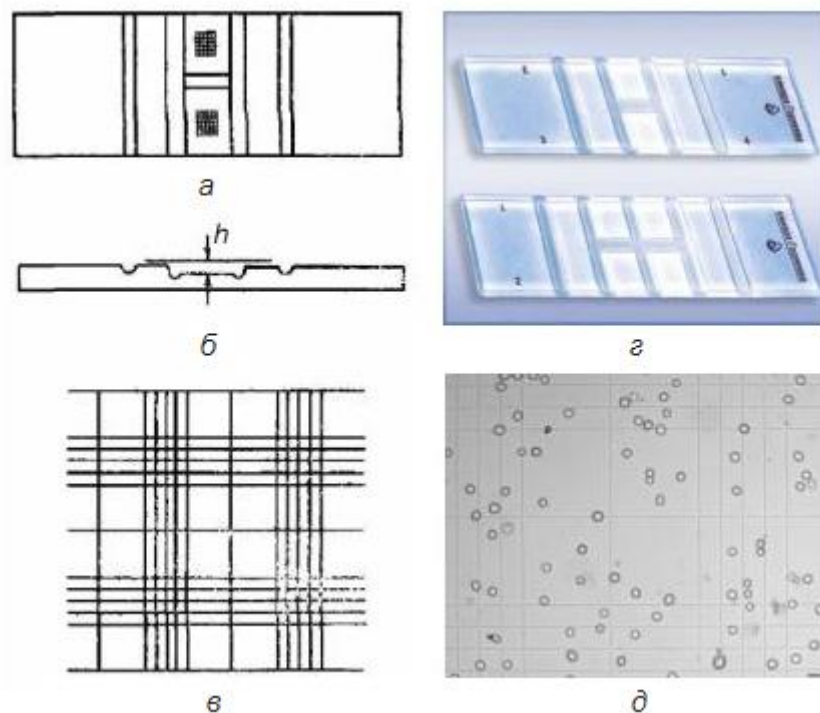


Рисунок 2.5. Лічильна камера Горяєва-Тома

а — вид зверху; б — вид збоку; в — при малому збільшенні мікроскопа; г — зовнішній вигляд; д — дріжджові клітини в камері Горяєва під мікроскопом

При роботі з камерою необхідно дотримуватися певного порядку її заповнення. Спочатку заглиблення із сіткою покривають спеціальним шліфованим покривним склом і, злегка притискаючи, зміщують покривне скло в

протилежні сторони до появи кілець Ньютона. Це вказує на те, що покривне скло притерте до сторін камери. Тільки за такої умови об'єм суспензії мікроорганізмів, що перебуває в камері, відповідає розрахунковому. Після цього камеру заповнюють досліджуваною суспензією мікроорганізмів [16].

Дріжджові клітини у рідких субстратах підраховують після попереднього розбавлення водою. У мірну колбу ємністю 100 см<sup>3</sup> вносять 2, 4 або 10 см<sup>3</sup> дріжджової суспензії залежно від передбаченої концентрації клітин. Для забарвлення мертвих дріжджових клітин додають 20-30 см<sup>3</sup> метиленового синього з рН 4,6 за Фінком (1:5000) або 1-5 см<sup>3</sup> концентрації 1:40 [5].

Суспензію вносять через борозенку камери капіляром або піпеткою. Підрахунок клітин починають через 3-5 хв після заповнення камери, щоб клітини осіли і під час мікроскопіювання були видимі в одній площині.

Кількість клітин підраховують із об'єктивом 8× або 40×. З імерсійним об'єктивом працювати не можна, оскільки його фокусна відстань менше товщини скла камери. Підраховують клітини мікроорганізмів у 10 великих або 20 маленьких квадратах сітки, переміщаючи останні по діагоналі. Враховують усі клітини, що лежать у квадраті сітки, а також клітини, що перетинають верхню та праву сторони квадрата. При підрахунку кількість клітин у великому квадраті не повинно перевищувати 20, а в малому — 10, у іншому випадку вихідну суспензію розводять водопровідною водою. Для одержання достовірного результату загальна кількість підрахованих клітин мікроорганізмів повинна бути не менше 600 [5, 16].

Кількість клітин в 1 см<sup>3</sup> досліджуваної суспензії обраховують за формулою

$$N = \frac{N_1 \cdot 10^3}{hSK},$$

де  $N$  — кількість клітин у 1 см<sup>3</sup> суспензії, кл.;  $N_1$  — середня кількість клітин у квадраті сітки, кл.;  $h$  — висота камери, мм;  $S$  — площа квадрата сітки в мм<sup>2</sup>;  $10^3$  — коефіцієнт переведення см<sup>3</sup> у мм<sup>3</sup>;  $K$  — розведення досліджуваної суспензії.

### **2.3.3 Визначення концентрації дріжджів**

Перед зняттям дріжджів з ЦКБА відбирають пробу. Зразок об'ємом 10 см<sup>3</sup> зважують на вагах, центрифугують, рідкий декантат зливають, зразок зважують знову. Відношення маси дріжджів без декантату до загальної маси зразку — це концентрація дріжджів. Маса пробірки не враховується. Результат виражається у відсотках [16].

### **2.3.4 Визначення вмісту глікогену**

Глікоген виявляють за допомогою методу прижиттєвого фарбування дріжджових клітин розчином йоду за Люголем, від чого глікоген забарвлюється в червоно-бурий колір. У разі відсутності глікогену дріжджові клітини забарвлюються у солом'яно-жовтий колір. Підрахунок кількості клітин ведеться аналогічно п. 2.3.2. Кількість вгодованих клітин обраховують шляхом відношення кількості клітин, забарвлених у червоно-бурий колір до загального

числа клітин, виражену у відсотках [5].

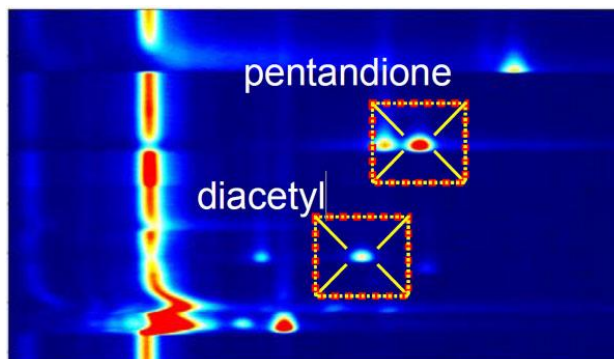
### 2.3.5 Визначення вмісту діацетилу

Вміст діацетилу визначали на газовому хроматографі Перкін-Елмер Autosystem XL/Clarus з автоматичним пробовідбірником Turbomatrix 40.

Оскільки його виділення — досить тривалий і енерговитратний процес, необхідний контроль його концентрації. Газовий хроматограф дозволяє визначати діацетил безпосередньо у дистилатах зразків. Як наслідок, робочий процес зводиться до відбору зразків, часу на аналіз і автоматичного визначення складу на основі базових даних.

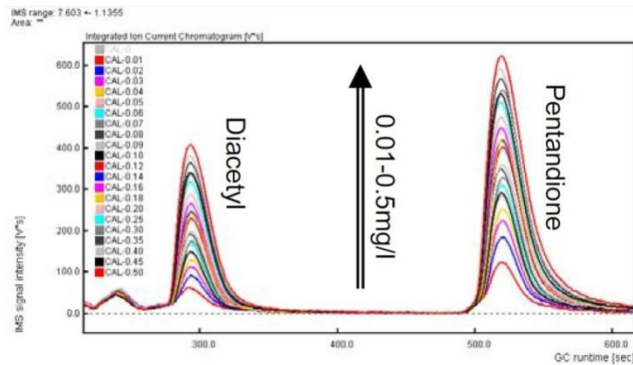
Крім цього, аналіз дистилатів за допомогою газового хроматографа забезпечує визначення їх якісного складу, в т.ч. сполук, впливають на смак і аромат пива [32].

Метою парофазного аналізу методом газової хроматографії є визначення летких сполук, що присутні у пиві. Так можна визначати: ацетальдегід, диметилсульфід, етилацетат, ізоамілацетат, пропанол, ізобутанол, ізоаміловий спирт, діацетил і пентадіон. Метод можна використовувати як для аналізу проміжних та кінцевого продукту [32]. Для цього методу використовується газовий хроматограф, капілярна колонка, детектори, програмне забезпечення та бази даних. Для аналізу готуються калібрувальні розчини, а також розчини внутрішніх стандартів, потім готуються калібрувальні зразки для підготовки калібрувального графіка (рис. 2.6-2.8). Після цього відбувається відбір проб.

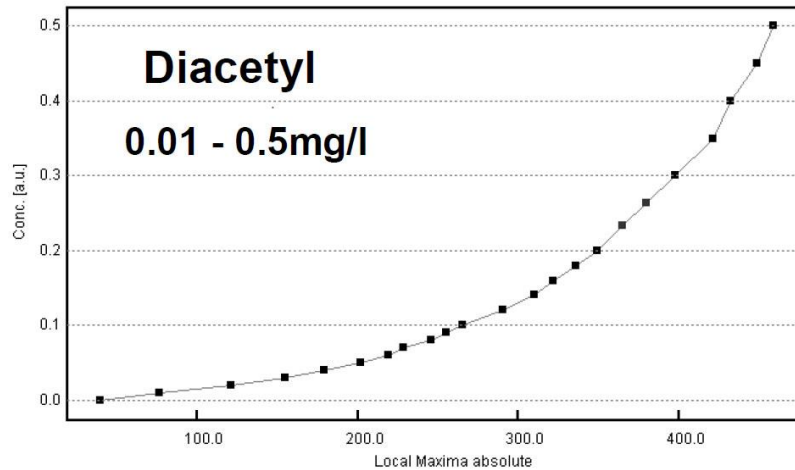


**Рис. 2.6. Хроматограма пива (фрагмент)**

Підписи на рисунку: diacetyl — діацетил, pentandione — пентадіон



*Рис. 2.7.* Калібрування: хроматограма загального йонного струму. Підписи на рисунку: diacetyl — діацетил, pentandione — пентадіон



*Рис. 2.8.* Калібрування: діацетил у воді при 5% етанолу. Підписи на рисунку: diacetyl — діацетил.

**2.4 Оброблення результатів досліджень**

Визначення фізико-хімічних та мікробіологічних показників дріжджів і пива виконували у трьох повторах, на основі яких розраховували середні значення [16].

Обробку цифрових даних і графічне зображення слайдів та результатів дослідів здійснювали на персональному комп'ютері за допомогою програм MS Excel, MS PowerPoint .

### **3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТРИВАЛОСТІ КУЛЬТИВУВАННЯ НА РОЗМНОЖЕННЯ ПИВНИХ ДРІЖДЖІВ (експериментальна частина)**

Відповідно до мети роботи досліджували вплив температури та тривалості розмноження на фізіологічний стан, загальну кількість та кількість мертвих дріжджових клітин за температур 17; 16 і 15 °С та при поступовому зниженні температури із збільшенням об'єму пропатора від 17 до 15 °С.

#### **3.1 Розмноження за температури 17 °С (перший спосіб)**

За цим способом дріжджі культивувались за температури 17,0 °С.

З колби Карлсберга КК чисту культуру дріжджів переводили апарат-пропатор № 1 місткістю 5 гл АП-1. Після заповненню апарату визначали кількість дріжджових клітин КДК, яка дорівнювала 10 млн кл./см<sup>3</sup>. Через 12 годин КДК зросла до 42 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 24 год — до 42 млн кл./см<sup>3</sup>, що свідчить про експоненціальну фазу Розмноження дріжджів.

У цій фазі експоненціального або логарифмічного розмноження або лог-фази (log-phase) швидкість розмноження максимальна. Час генерації, тобто відрізок часу, протягом якого кількість клітин подвоюється, сягає в цій фазі свого мінімуму. Для дріжджів у типових для пивоваріння умовах розмноження він становить лише кілька годин [1, 4, 13, 19, 30].

Протягом всього періоду розмноження в АП-1 мертві дріжджові клітини в полі зору мікроскопу не спостерігалися.

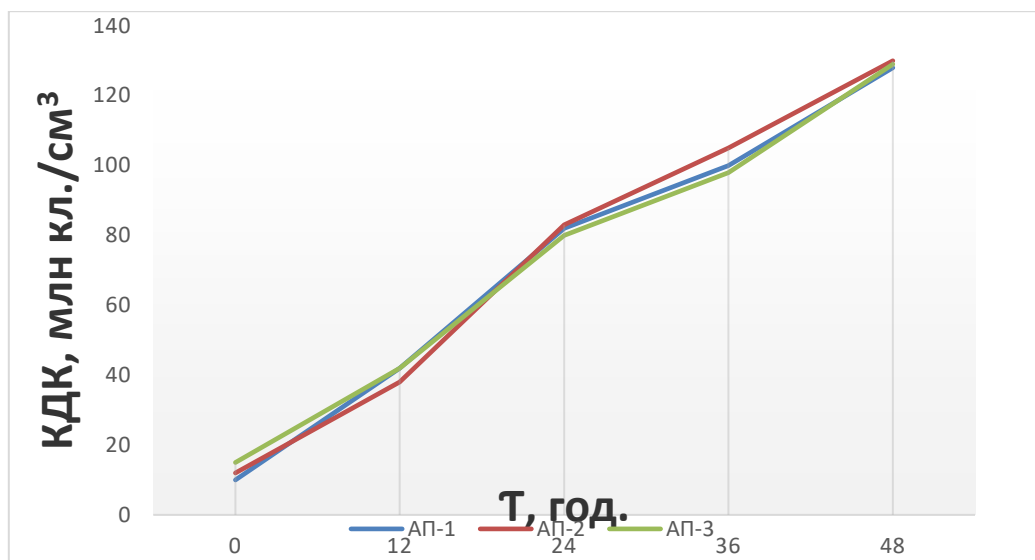
Через 48 год КДК становили сягала свого максимуму 128 млн кл./см<sup>3</sup> і їх переводили у апарат-пропатор № 2 місткістю 20 гл АП-2. По заповненню апарату суслем знову вимірювали КДК, вона була 12 млн кл./см<sup>3</sup>. Через 12 годин КДК зросла до 38 млн кл./см<sup>3</sup>. Кількість мертвих дріжджових клітин КМДК при цьому залишалась на нульовій відмітці. Потім КДК поступово зростала і на 48-у годину була 130 млн кл./см<sup>3</sup>, причому КМДК вже становить 0,3 % (норма: не більше 0,2 %).

Внаслідок дії різних факторів, зокрема, погіршення фізико-хімічного складу сусла, негативного впливу продуктів життєдіяльності та ін.— лог-фаза обмежена за часом і переходить у фазу уповільненого росту, що відображається зменшенням швидкості розмноження [1, 13, 30].

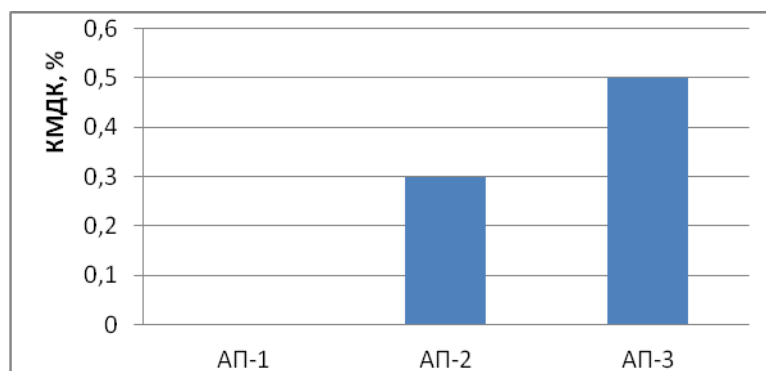
Після цього культуру переводили у апарат-пропатор № 3 місткістю 220 гл АП-3. Знову вимірювали КДК — 15 млн кл./см<sup>3</sup>. Таким чином, розмноження дріжджів починається із пристосування їх до нового середовища з подальшим настанням лог-фази.

Через 12 год КДК зросла до 42 млн кл./см<sup>3</sup>, а через 48 год КМДК становила — 129 млн кл./см<sup>3</sup>. Мертві клітини спостерігалися протягом всього періоду розмноження і вже з 36-ї години було більше норми (0,36 %), а в кінці розмноження КМДК зростала до 0,5 %.

На рис. 3.1 наведена динаміка КДК у кожному з трьох апаратів-пропаторів протягом всього періоду розмноження виробничих дріжджів, а на рис. 3.2 — вміст КМДК по завершенні процесу.



*Рис. 3.1* – Динаміка КДК, млн кл./см<sup>3</sup>, залежно від тривалості розмноження за температури 17,0 °С



*Рис. 3.2* – КМДК, %, в пропагаторах в кінці розмноження за температури 17,0 °С

За результатами досліджень можна зробити висновок, що у кожному із апаратів-пропагаторів розмноження дріжджів проходило за однаковими закономірностями, що обумовлено однаковими умовами процесу. Проте, якщо АП-1 не були зафіксовані мертві клітини, то в АП-2 і АП-3 вони з'явилися і в кінці процесу їх кількість була вище допустимої величини, обумовлено змінами у фізико-хімічному стані поживного середовища.

На тривалість та інтенсивність окремих фаз росту істотно впливають фізико-хімічний склад сусла, температура розмноження і фізіологічний стан дріжджів. Субстрат повинен містити всі необхідні для їх росту поживні речовини. Так само важливі концентрація кисню і рН сусла, яке в у досліді становить 4,0-4,4 [1, 13, 30].

Із АП-3 виробничі дріжджі переводили у циліндрично-конічний бродильний апарат ЦКБА для збродження сусла.

На початковому етапі бродіння сусло містить багато поживних компонентів у формі зброджуваних вуглеводів, тому дріжджі створюють запас резервних вуглеводів (глікогену і трегалози), щоб за нестачі живлення використовувати їх в подальшому для отримання енергії.

Коли наявні запаси кисню сусла вичерпані, дріжджі повинні знову перебудувати своє «енергетичне господарство» на гліколіз і обходитися мінімальною кількістю енергії, одержуваної через збродження цукру в спирт і діоксид вуглецю [1, 13, 30].

Через 9 год після заповнення ЦКБА КДК становила 33,5 млн кл./см<sup>3</sup>. КДК суттєво зменшилися, на що вплинули фактори доливання (температура сусла становила 13,0 °С і збільшений об'єм сусла), а КМДК становила 0,3 %.

Після потрапляння в сусло дріжджова клітина повинна, перш за все, адаптуватися до умов нового середовища, яке спочатку спричиняє шоківий вплив: нижча температура, рН, висока концентрація цукру і т.п. Протягом декількох годин дріжджова клітина виділяє в зовнішнє середовище амінокислоти і нуклеотиди, проте незабаром вона знову починає їх споживати для забезпечення власного метаболізму. Чим вище температура, тим більше виділяється амінокислот, але процес пристосування (лаг-фаза) триває короткий час. Перед тим як клітина вступає в тісний контакт з компонентами нового середовища, вона засвоює власні запасні речовини, що в ній зберігаються, і які дають їй первинну енергію [1, 13, 30].

На 2-у добу після переведення виробничих дріжджів в ЦКБА КДК становила вже 93 млн кл./см<sup>3</sup>, а на 3-ю добу їх кількість знизилася до 8,5 млн кл./см<sup>3</sup>.

Бродіння вважається закінченим, коли цукрів майже повністю зброжені. Дріжджі починають флокулювати, розмноження припиняється, спирт і діоксид вуглецю, як клітинні отрути, все в більшій ступені пригнічують дріжджову клітину. Так як виникаючі в апараті під час головного бродіння турбулентні потоки слабшають, або зовсім припиняються, дріжджі повільно осідають на дно, звідки їх можна вилучати із апарату [8].

На рис.3.3 наведена динаміка зміни КДК під знаходження в ЦКБА, на рис. 3.4 – динаміка КМДК.

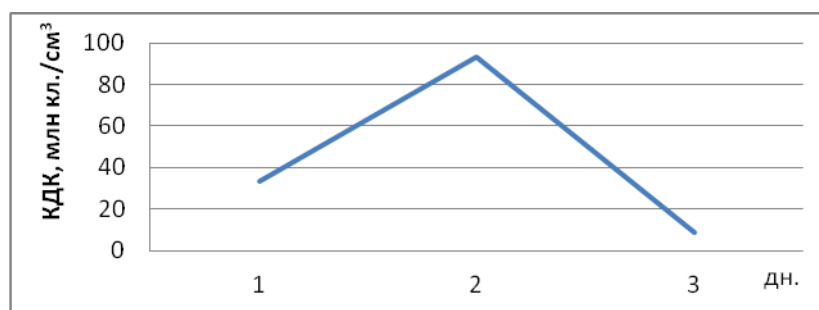
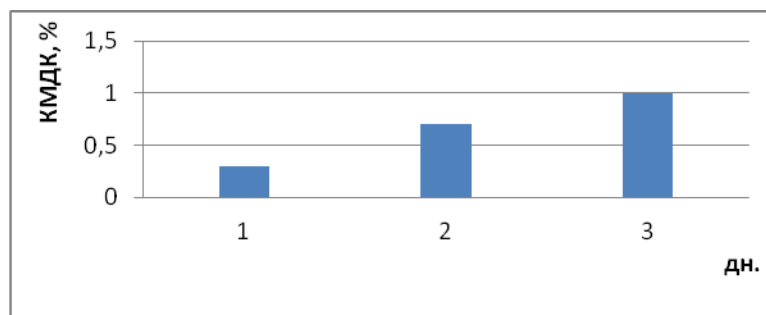


Рис. 3.3 — КДК, млн кл./см<sup>3</sup>, в ЦКБА залежно від тривалості бродіння



**Рис. 3.4 – Вміст КМДК, %, в ЦКБА залежно від тривалості бродіння**

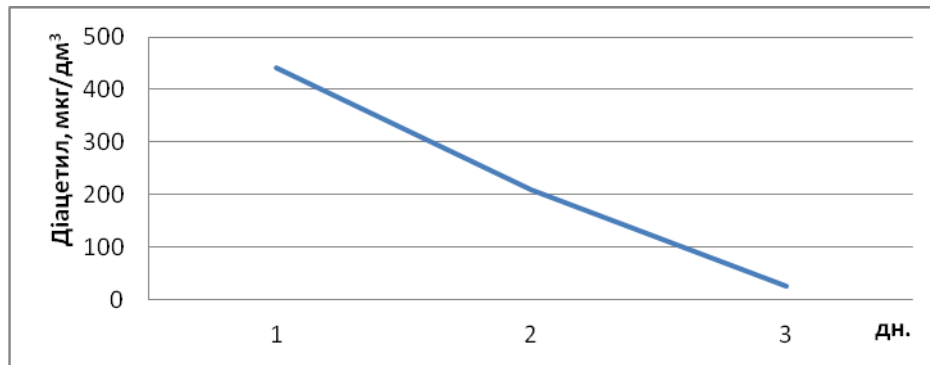
Далі конічну частину ЦКБА охолоджували, внаслідок чого дріжджі осіли на конус апарату із якого їх видаляли і переводили в збірник для зберігання насінневих дріжджів ЗЗНД. Видалені насінневі дріжджі мали такі показники: концентрація — 50 %, КМДК — 2 %, рН — 5,3, вміст клітин з глікогеном — 60 %. З цих показників видно, що дріжджі відповідали за якісними показниками встановленим вимогам (КМДК — не більше 5 %, концентрація — не менше 50 %, клітин з глікогеном — 60-70 %) і можуть бути повторно використані у наступному циклі виготовлення пива.

Далі їх зберігали у воді з температурою 5-6 °С, щоб у наступному циклі використання вони швидко і повністю відновлювали свою активність [6, 13, 19].

Отже, головне бродіння закінчилося і почалася інша стадія виготовлення пива — доброджування. Під час доброджування відслідковували динаміку вмісту діацетилу.

Діацетил — один із найважливіших факторів для утворення букета молодого пива. Вміст діацетилу в готовому пиві суттєво впливає на його смак. У разі перевищення граничного значення він надає пиву непритаманний масляний смак та неприємний солодкуватий присмак, а в дуже великих концентраціях має аромат прогіркого масла. Аналогічні відчуття викликає і пентандіон (квітковий, парфуми), який має істотно велике граничне значення розпізнавання. Розщеплення віцінальних дикетонів протікає паралельно іншими процесами дозрівання і вважається одним головним критеріїв дозрівання пива. Але підвищений вміст діацетилу в готовому пиві за нормальних умов бродіння є небажаною ознакою для будь-якої раси дріжджів [6, 13, 19, 30, 32, 33]. Діацетил є нормальним продуктом життєдіяльності дріжджів і найбільша його кількість утворюється на ранніх стадіях бродіння під час енергійного розмноження і обміну амінокислот у дріжджів. Під час доброджування відбувається зменшення вмісту діацетилу внаслідок його активного біологічного розщеплення [173]. Одним із критеріїв доброджування пива є досягнення мінімальної концентрації віцінальних діацетилу, а саме не вище 40 мкг/дм<sup>3</sup>.

Рівень діацетилу в пиві залежить від швидкості, з якою він метаболізується дріжджами. Після зняття насінневих дріжджів вміст діацетилу в пиві становив 441 мкг/дм<sup>3</sup>, на другу добу доброджування — вже 208 мкг/дм<sup>3</sup>, а третю добу — 25 мкг/дм<sup>3</sup> (рис. 3.5). Оскільки температура доброджування була достатньо високою — 17 °С, рівень діацетилу до нормативного рівня знизився дуже швидко (за 3 доби).



**Рис. 3.5 – Динаміка вмісту діацетилу, мкг/дм<sup>3</sup>, в пиві під час доброджування**

Беручи до уваги вміст діацетилу та вищенаведені інші показники, ЦКБА починали охолоджувати подаванням хладоагента у сорочки на циліндричній частині .

Переохолодження пива – це процес, необхідний для стабілізації пива при від`ємних температурах, для утворення білкових та поліфенольних комплексів і випадіння їх в осад. Пиво замерзає при температурі мінус 4 °С, тому процес ведуть у діапазоні температур від мінус 1,5 до мінус 2,5 °С. Температура мінус 1,5 °С вважається відповідною для утворення осаду.

За температури мінус 1 °С пиво ще не замерзає, при температурі мінус 2 °С відбувається примерзання пива по стінках і в середині апарату [13, 19].

Після переохолодження із пива видаляли залишкові дріжджі і направили його на сепарування і фільтрування.

### **3.2 Розмноження за температури 16 °С (другий спосіб)**

За цим способом дріжджі культивували за температури 16,0 °С. Усі технологічні операції проводились аналогічно першому способу.

На рис. 3.6 наведена динаміка КДК у кожному з трьох апаратів-пропагаторів (АП-1, АП-2, АП-3), а рис. 3.7 — КМДК по завершенню розмноження ЧКД.

За результатами досліджень можна зробити висновок, повторилися закономірності способу 1, але КДК була менше на 6,7 %, що можна пояснити більш низькою температурою розмноження.

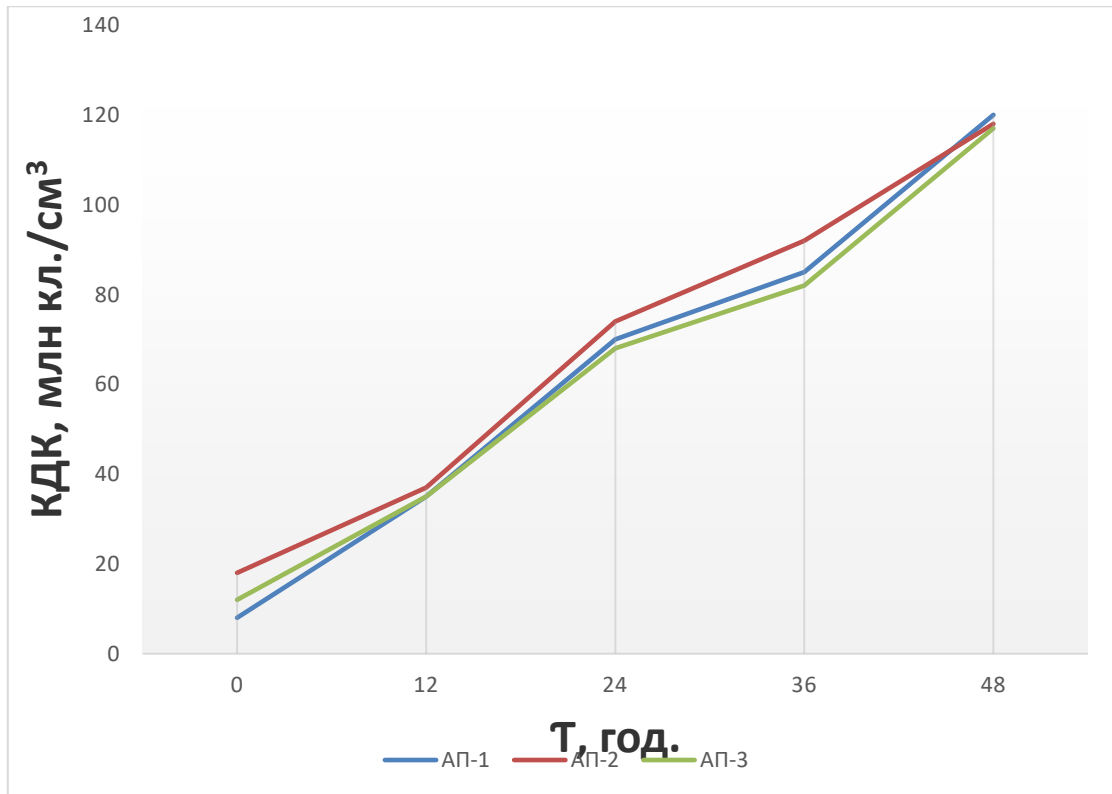


Рис. 3.6 — Динаміка КДК, млн кл./см<sup>3</sup>, залежно від тривалості розмноження за температури 16,0 °С

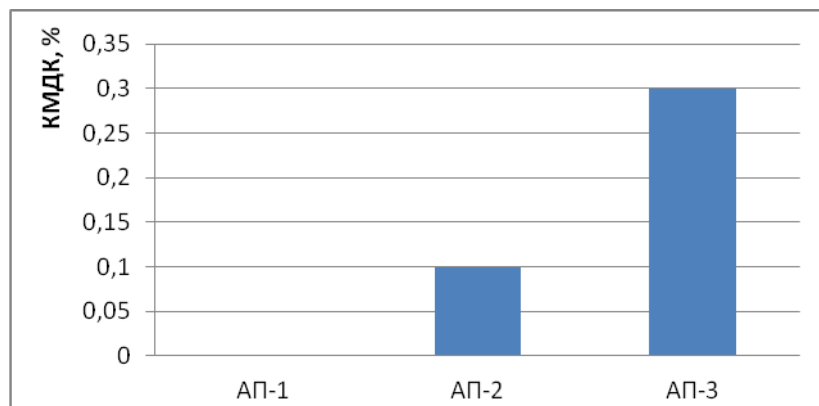


Рис. 3.7 — КМДК в пропагаторах, %, залежно від тривалості розмноження за температури 16,0 °С

Через 12 год після заповнення ЦКБА КДК становила 19 млн кл./см<sup>3</sup>. Суттєве зменшення КДК обумовлено факторами доливання.

На 3-ю добу після переведення виробничих дріжджів в ЦКБА КДК становила вже 81 млн кл./см<sup>3</sup>, на 5-у добу їх вміст знизився до 22 млн кл./см<sup>3</sup>, а на 7-у добу — до 8 млн кл./см<sup>3</sup> (рис. 3.8), що свідчить на перехід від логарифмічної фази росту до фази відмирання. КМДК зросла від 0,05 % на початку головного бродіння до 0,1 % на 7-у добу бродіння (рис. 3.9).

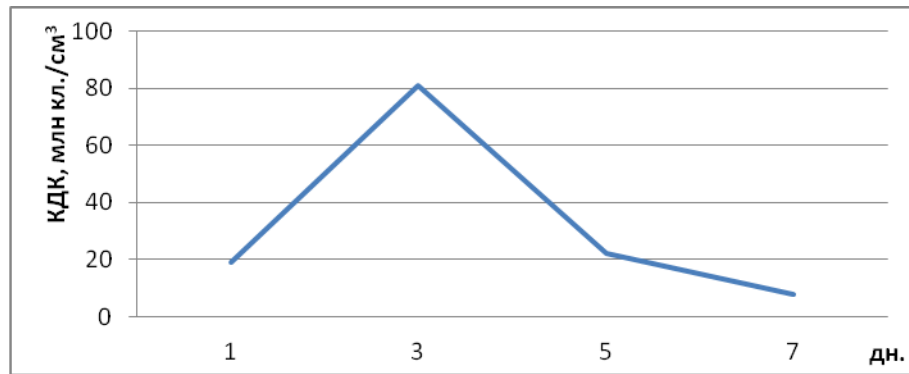


Рис. 3.8 — КДК, млн кл./см<sup>3</sup>, в ЦКБА залежно від тривалості бродіння

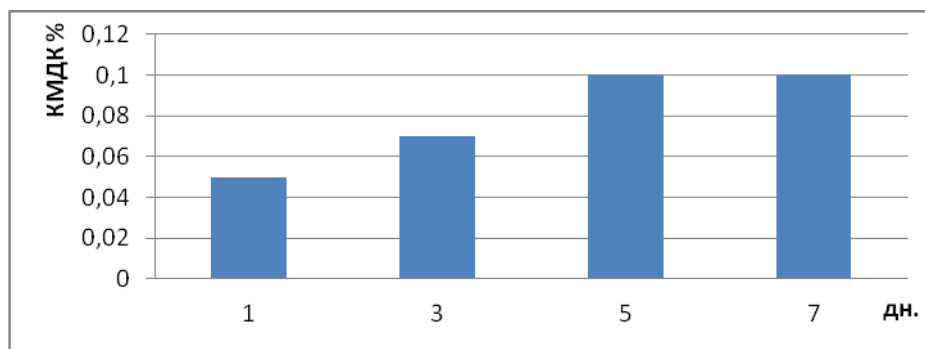


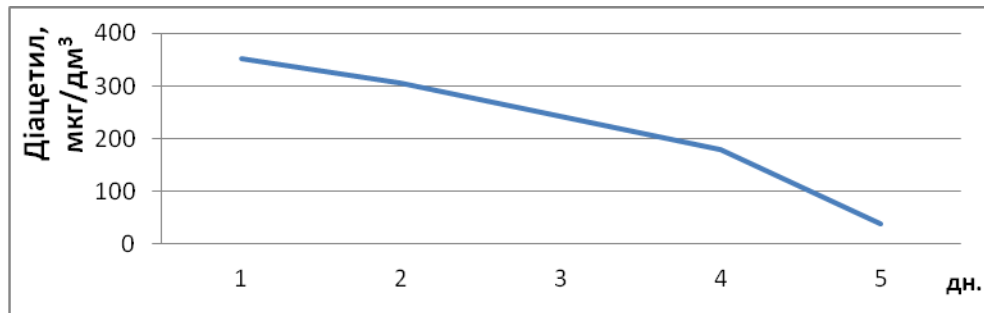
Рис. 3.9 — Динаміка КМДК, %, в ЦКБА залежно від тривалості бродіння

Через 7 діб головного бродіння із ЦКБА видаляли у ЗЗНД насінневі дріжджі і починалося доброджування пива.

Насінневі дріжджі мали такі показники: концентрація — 62 %, КМДК — 1 %, рН — 5,1, вміст клітин з глікогеном — 63 % і тому їх можна було застосовувати у наступному циклі.

Відразу після видалення насінневих дріжджів вміст діацетилу у молодому пиві становив 351 мкг/дм<sup>3</sup>, на 2-у добу доброджування — вже 306 мкг/дм<sup>3</sup>, на 3-ю — 242 мкг/дм<sup>3</sup>, на 4-у — 115 мкг/дм<sup>3</sup> і 5-у — 38 мкг/дм<sup>3</sup>.

Оскільки температура бродіння була нижче (16 °С), ніж при першому способі (17 °С), рівень діацетилу до нормативного значення знижувався повільніше – протягом 5 діб порівняно з 3 добами в першому способі (рис. 3.10)



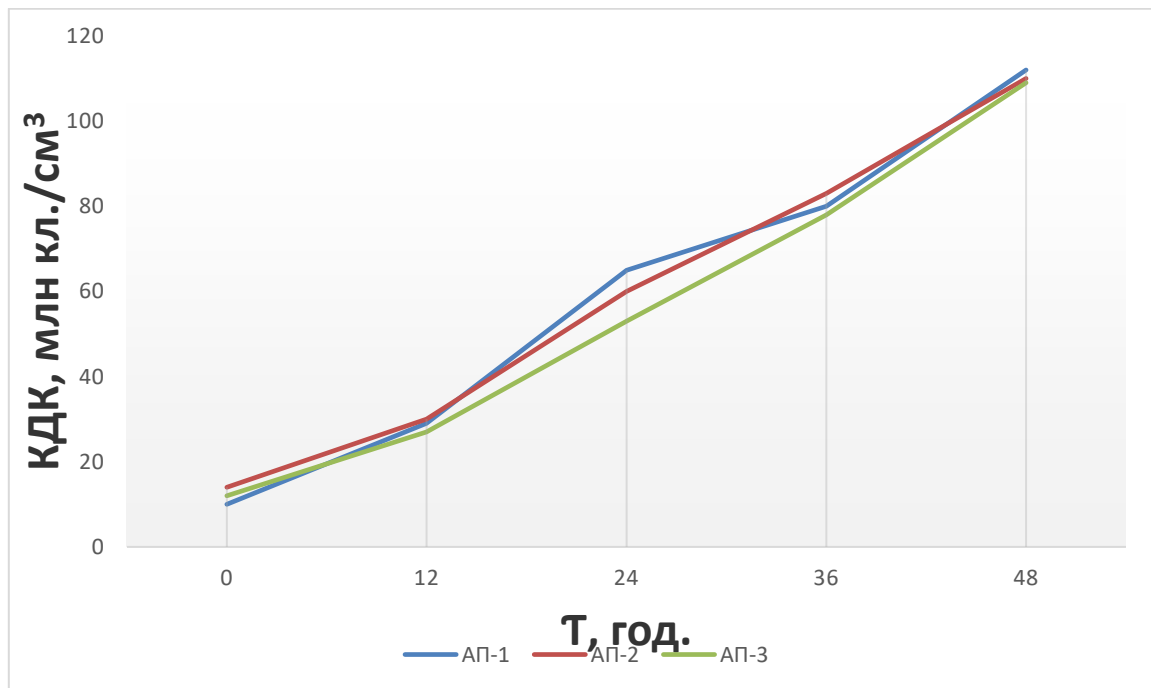
**Рис. 3.10 — Динаміка вмісту діацети́лу, мкг/дм<sup>3</sup>, під час доброджування**

Беручи до уваги вміст діацети́лу та вищенаведені інші показники, ЦКБА почінали переохолоджувати, видаляли залишкові дріжджі, пиво направили на сепарацію і фільтрування.

### **3.3 Розмноження за температури 15 °С (третій спосіб)**

За цим способом дріжджі у всіх пропаторах культивувались за температури 15,0 °С. Усі технологічні операції проводилися аналогічно першому та другому способу.

На рис. 3.11 наведена динаміка КДК у кожному з трьох апаратів-пропаторів (АП-1, АП-2, АП-3) протягом усього періоду розмноження ЧКД.



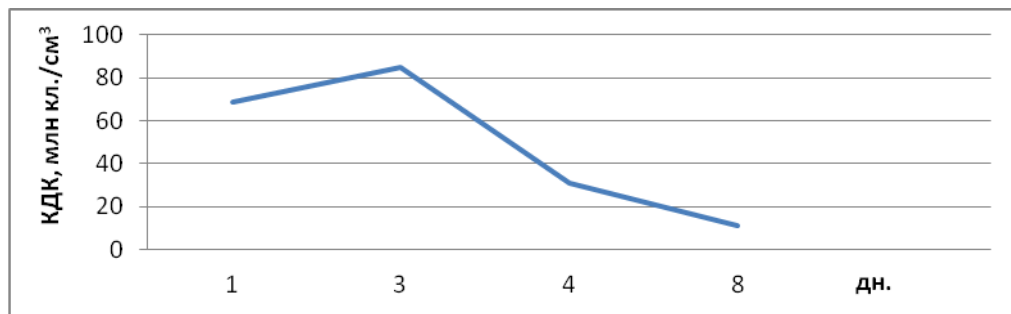
**Рис. 3.11 — Динаміка КДК дріжджів в пропаторах, млн кл./см<sup>3</sup>, залежно від тривалості розмноження за температури 15,0 °С**

За результатами досліджень можна зробити висновок, повторилися закономірності способів 1 і 2, але КДК була менше на 12,7 % порівняно з 1-м способом і на 7,2 % порівняно з 2-м способом, що обумовлено більш низькою температурою розмноження.

Мертві дріжджові клітини в АП-1 не зафіксовані, в АП-2 їх кількість становила 0,09 %, а АП-3 — 0,18 %, що менше ніж за 1-м і 2-м способами.

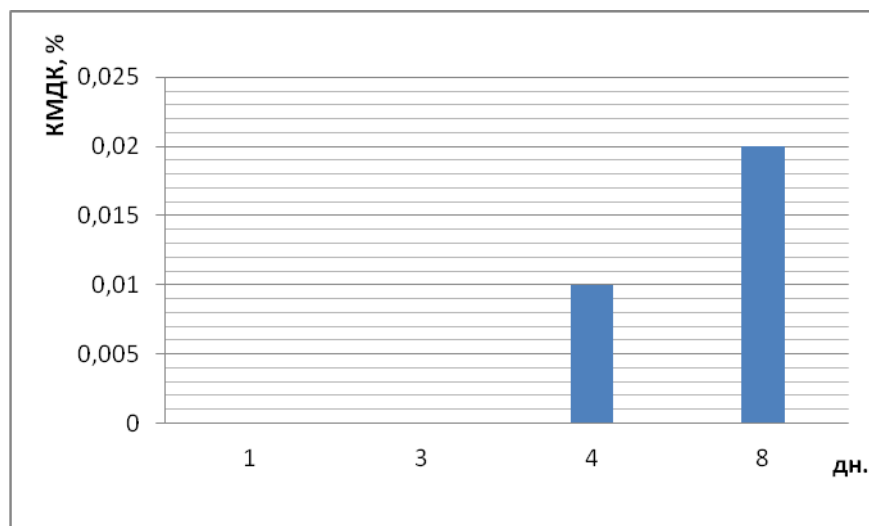
Через 9 год після заповнення ЦКБА КДК становила 32 млн кл./см<sup>3</sup>. Як і в інших способах КДК знизилася, на що вплинули фактори доливання (температура суслу становила 13,0 °С).

Через добу після переведення виробничих дріжджів в ЦКБА КДК становила вже 69 млн кл./см<sup>3</sup>, на 3-ю добу — 85 млн кл./см<sup>3</sup>, на 4-у добу їх вміст знизився до 31 млн кл./см<sup>3</sup>, а на 8-у добу — до 11 млн кл./см<sup>3</sup> (рис. 3.12).



**Рис. 3.12 — Динаміка КДК, млн кл./см<sup>3</sup>, в ЦКБА залежно від тривалості бродіння**

За перші три доби бродіння мертві клітини не фіксувалися, на 4-у добу їх було 0,01 %, а на 8-му — 0,18 % (рис. 3.13), що значно менше ніж за першим і другим способами.



**Рис. 3.13 — Вміст КМДК, %, в ЦКБА залежно від тривалості бродіння**

Через 8 діб головного бродіння із ЦКБА видаляли у ЗЗНД насінневі дріжджі і починалося доброджування пива.

Насінневі дріжджі мали такі показники: концентрація — 64 %, КМДК — 0,5 %, рН — 5,4, вміст клітин з глікогеном — 68 % і тому їх можна було застосовувати у наступному циклі.

Відразу після видалення насінневих дріжджів вміст діацетилу у молодому пиві становив 240 мкг/дм<sup>3</sup>, на 2-у добу доброджування — вже 194 мкг/дм<sup>3</sup>, на 3-ю — 112 мкг/дм<sup>3</sup>, на 4-у — 62 мкг/дм<sup>3</sup> і 5-у — 39 мкг/дм<sup>3</sup> (рис. 3.14).

Температура бродіння була нижче, ніж за першого і другого способів, але рівень діацетилу знизився за однаковий час з другим способом (за 5 діб), хоча початковий зміст діацетилу був меншим.

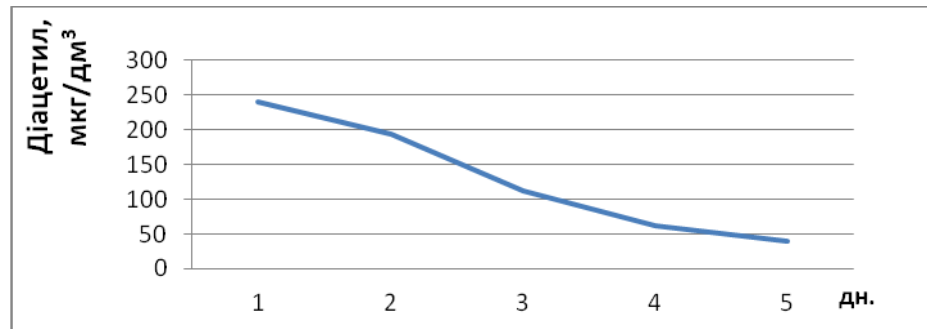


Рис. 3.14 – Динаміка вмісту діацетилу, мкг/дм<sup>3</sup>, під час доброджування

### 3.4 Розмноження за четвертим способом

За цим способом дріжджі культивувались за температури 17,0 °С у АП-1, за температури 16,0 °С у АП-2, за температури 15,0 °С у АП-3.

Усі технологічні операції проводилися аналогічно першому, другому та третьому способам бродіння.

На рис. 3.15 наведена динаміка КДК у кожному з трьох апаратів (АП-1, АП-2, АП-3) протягом усього розмноження ЧКД.

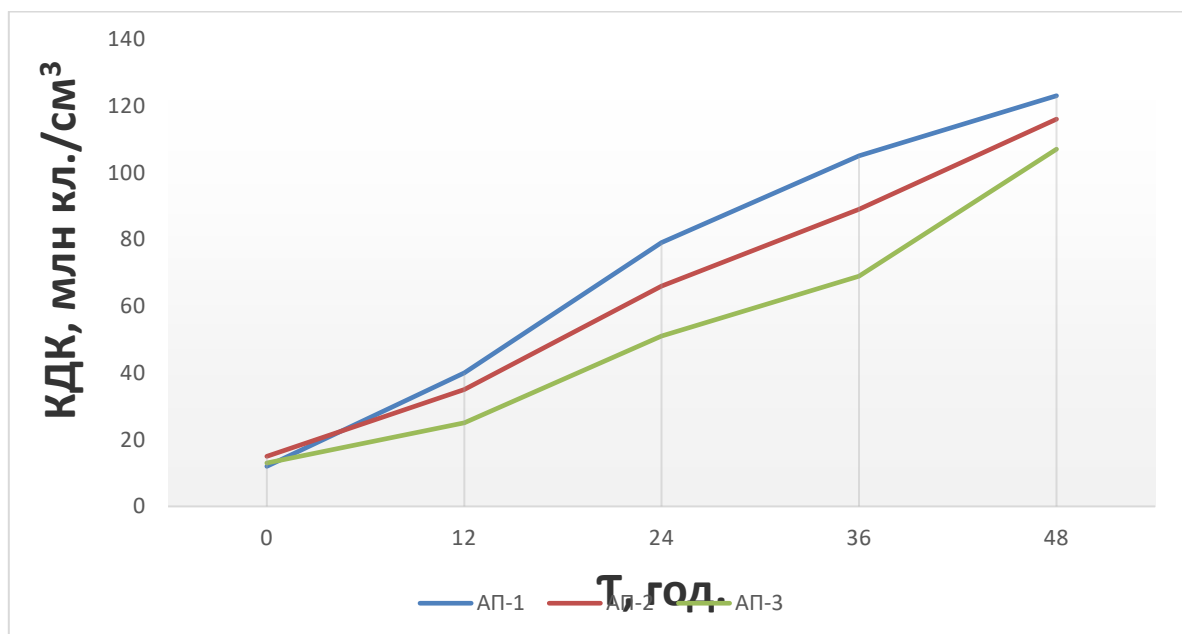


Рис. 3.15 – Динаміка КДК час розмноження в пропагаторах за температур 17 °С – АП-1, 16 °С – АП-2, 15 °С – АП-3 (спосіб 4)

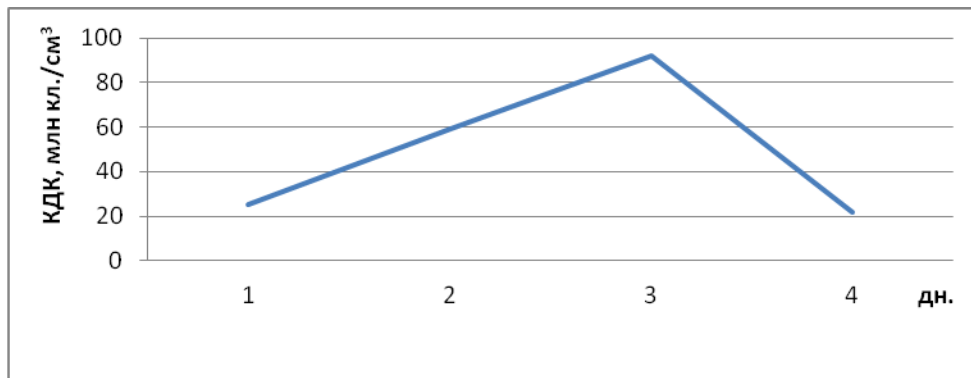
Із даних рис. 3.15 видно, що КДК в кожному із пропагаторів відповідала раніше визначеним показникам за трьома способами розмноження. Максимальна КДК була у АП-1 з температурою розмноження 17 °С, а найменша у АП-3 з температурою 15 °С.

Стосовно КМДК була така сама картина. В АП-1 їх присутність не була зафіксована, в АП-2 їх було більше ніж в АП-3, що також пояснюється різними температурами розмноження.

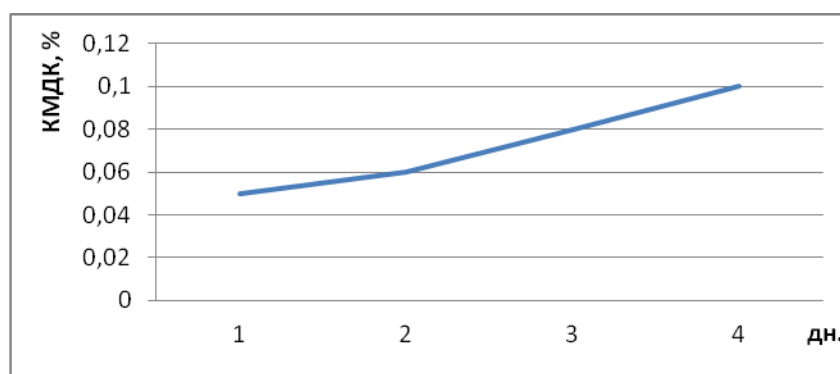
Через 9 год після заповнення ЦКБА КДК становила 25 млн кл./см<sup>3</sup>. КДК знизилася, але не набагато, що свідчить про плавний температурний перехід (зниження впливу факторів доливання, температура суслу становить 13,0 °С).

Через 2 доби після переведення культури в ЦКБА КДК становила вже 92 млн кл./см<sup>3</sup>, а ще через 1 день цей показник знизився до 22 млн кл./см<sup>3</sup>.

На рис.3.16 наведена динаміка зміни КДК під час знаходження в ЦКБА, на рис. 3.17 – динаміка КМДК.



*Рис. 3.16 – Динаміка КДК, млн кл./см<sup>3</sup>, в ЦКБА залежно від тривалості бродіння*



*Рис. 3.17 – Динаміка КМДК, %, в ЦКБА залежно від тривалості бродіння*

Через 8 діб головного бродіння із ЦКБА видаляли у ЗЗНД насінневі дріжджі і починалося доброджування пива.

Насіннєві дріжджі мали такі показники: концентрація — 66 %, КМДК — 0,5 %, рН — 5,4, вміст клітин з глікогеном — 67 % і тому їх можна було застосовувати у наступному циклі.

Відразу після видалення насіннєвих дріжджів вміст діацетилу у молодому пиві становив 440 мкг/дм<sup>3</sup>, на 2-у добу доброджування — вже 290 мкг/дм<sup>3</sup>, на 3-ю — 184 мкг/дм<sup>3</sup>, на 5-у — 39 мкг/дм<sup>3</sup> (рис. 3.18). Отже, вміст діацетилу знизився до нормативного значення за 5 діб.

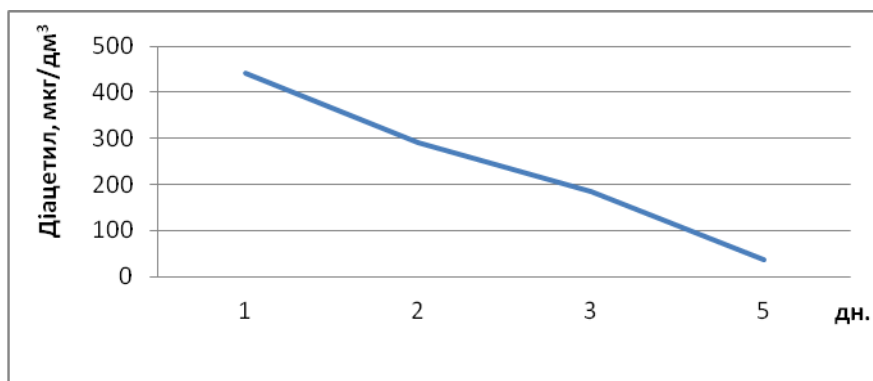
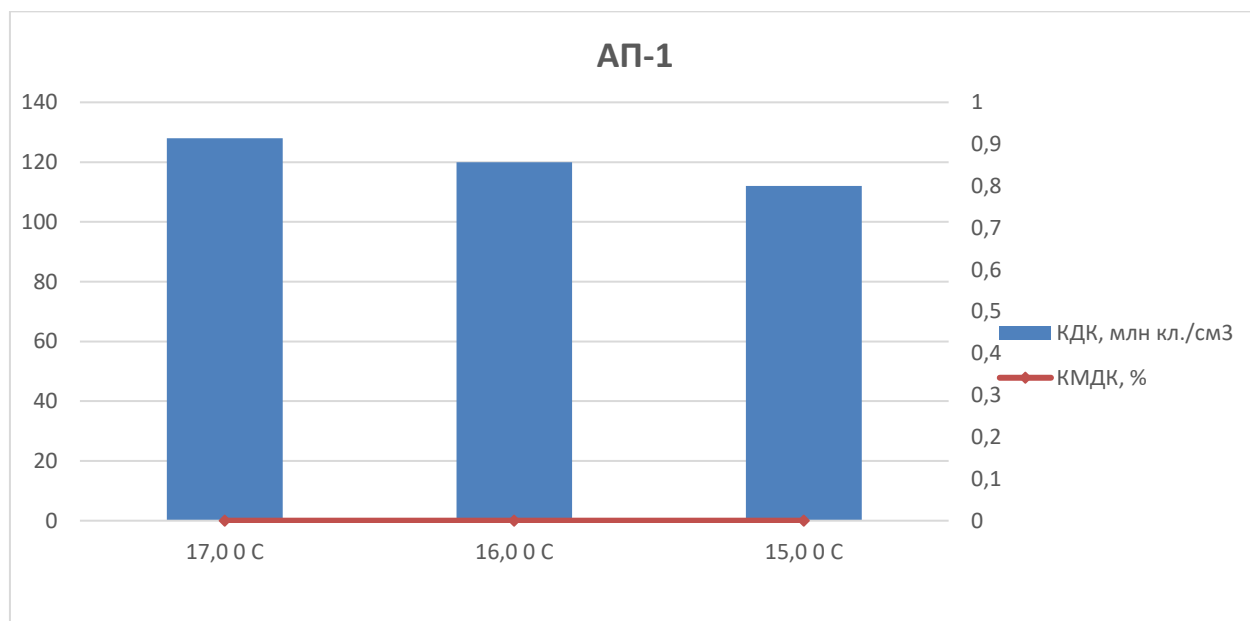


Рис. 3.18 – Динаміка вмісту діацетилу, мкг/дм<sup>3</sup>, під час доброджування

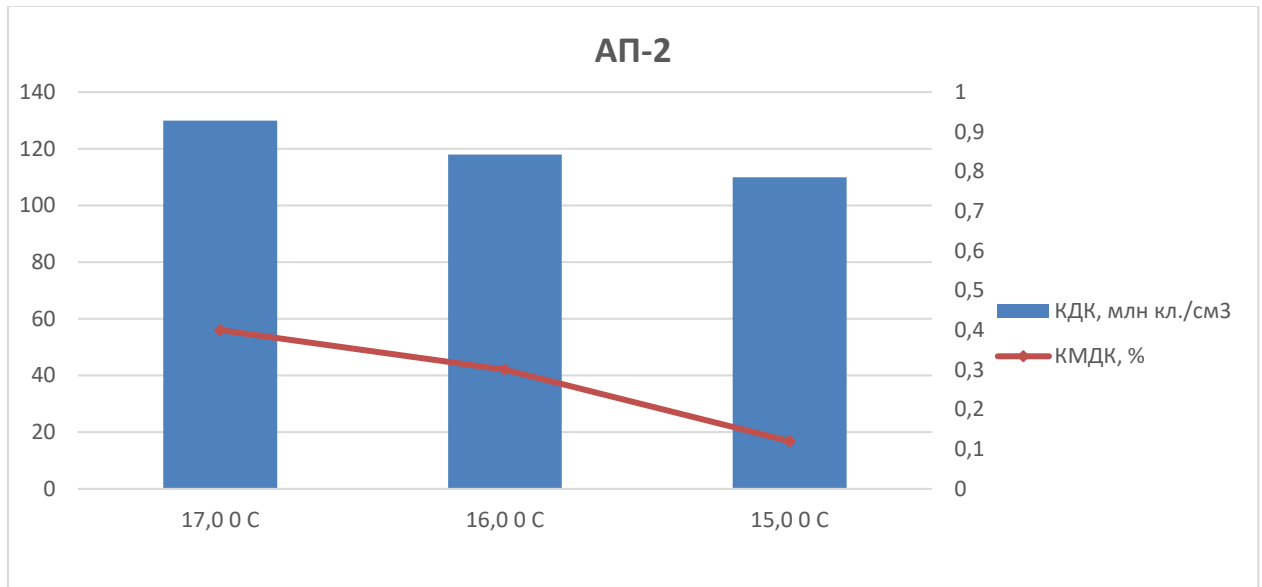
### 3.5 Порівняльний аналіз способів розмноження дріжджів

При використанні будь-якої раси дріжджів вирішальними умовами для отримання високоякісного пива є оптимальні умови процесу бродіння. Найважливішими параметрами при цьому є доза дріжджів, температура бродіння, аерація (забезпечення киснем), фізико-хімічний склад сусла. Змінюючи кількісно ці параметри можна управляти технологічним процесом бродіння і забезпечити оптимальні умови для розмноження дріжджів [171].

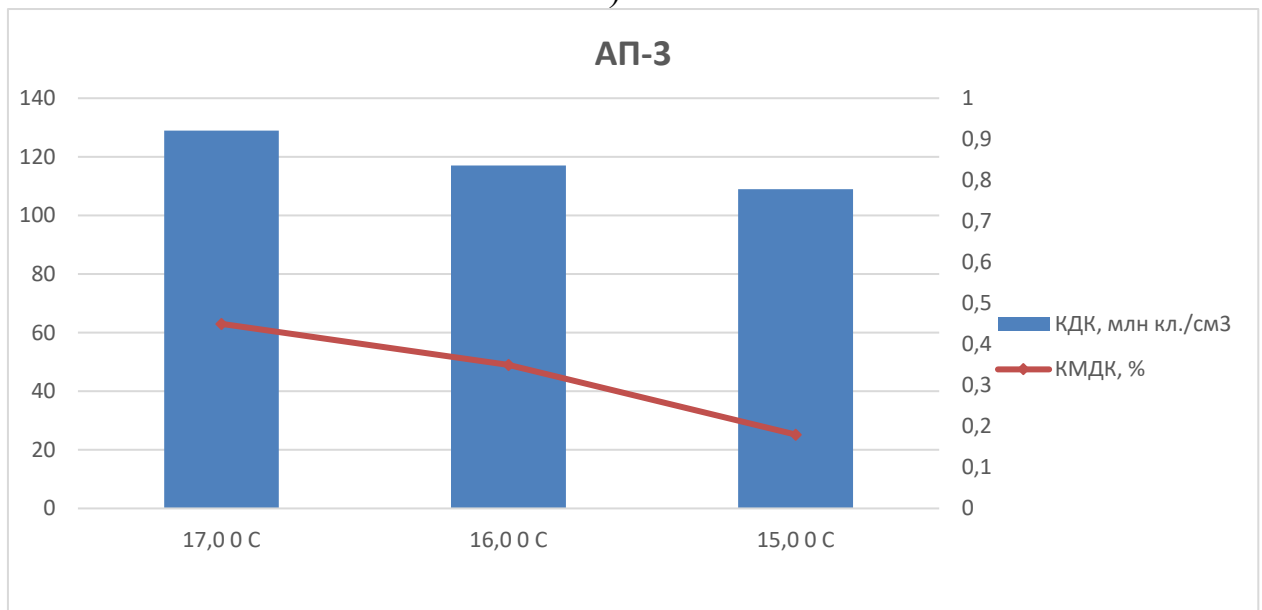
На рис. 3.19 наведені узагальнені дані щодо КДК і КМДК при культивуванні ЧКД в пропаторах різної ємності з використанням сусла однакової якості протягом 48 год за різних температур розмноження.



а)



б)



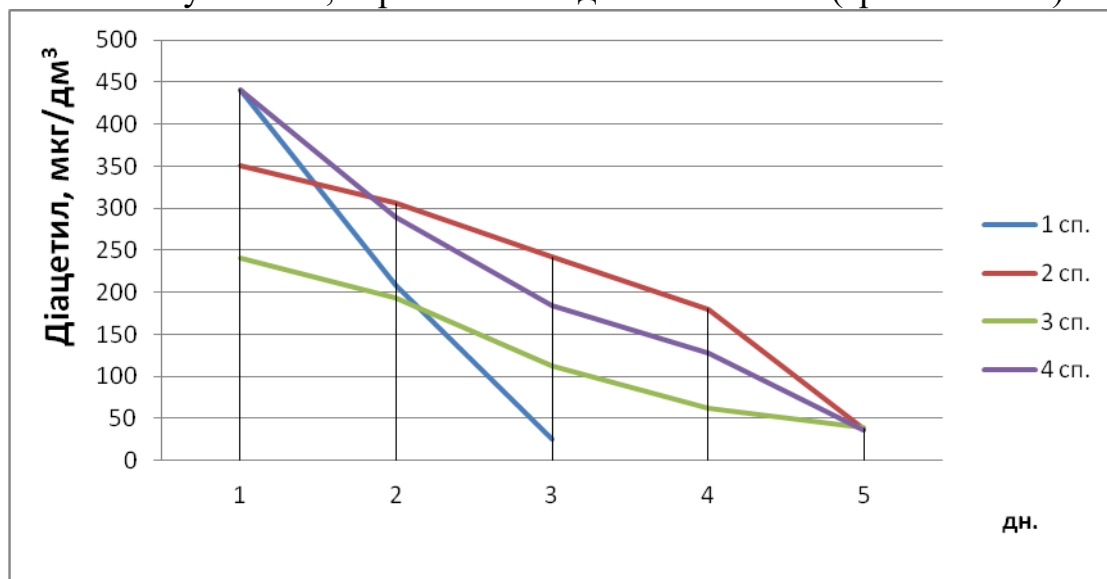
в)

**Рис. 3.19 – Вплив температури на загальний вміст і кількість мертвих дріжджів у різних апаратах-пропагаторах: а) АП-1; б) АП-2; в) АП-3**

Із наведених даних (рис. 3.19) можна зробити висновок, за температури 17 °C КДК була вище в середньому на 9,3 % порівняно із температурою розмноження 16 °C і на 15,5 % порівняно із температурою розмноження 15 °C.

Що стосується КМДК, то спостерігається зворотна закономірність. В АП-1 за всіх температур мертві клітини не були зафіксовані. В АП-2 і АП-3 їх було більше за температури 17 °С. Отримані результати співпадають із даними інших дослідників щодо впливу температури розмноження на швидкість розмноження і відмирання дріжджів [9, 13, 19].

Підвищена температури головного бродіння сприяє утворенню більшого вмісту діацетилу (рис. 3.20). Підвищення температури, безумовно, прискорює ріст дріжджів, що призводить до більшого утворення діацетилу, а по-друге, прискорюється активне біологічне розщеплення його за рахунок більшої швидкості обмінних процесів в дріжджовій клітині. Підтримання вищої температури протягом головного бродіння забезпечує отримання пива з високими кінцевими концентраціями діацетилу, але його рівень також знижується дуже швидко. Вважається, що чим швидше закінчиться утворення діацетилу, тим більше його виділиться до кінця технологічного процесу [2, 13, 19, 31, 32]. Вважається, що коротка витримка за більш високих температурах дає кращий ефект, ніж тривала за низьких, з боку економічної ефективності. Підвищення температури збільшує швидкість хімічних реакцій і прискорює процес зброджування екстракту суслу (перший спосіб). Але з боку якості, кращим за якістю було пиво, отримане холодним способом (третій спосіб).



**Рис. 3.20 — Динаміка вмісту діацетилу в молодому пиві під час доброджування, мкг/дм<sup>3</sup>, за різних способів розмноження дріжджів**

Отримані під час дослідження розглянутих чотирьох способів розмноження дріжджів і бродіння результати дозволяють зробити наступні висновки. Перший спосіб розмноження дріжджів і бродіння дозволяє скоротити тривалість головного бродіння і доброджування пива, але отримане пиво мало низьку якість. За другого способу бродіння показники покращуються, але не набагато. Головне бродіння та доброджування займають більше часу. За третього способу бродіння отримуються найкращі показники (слід помітити, що чим

нижча температура бродіння, тим краща розчинність кисню), але бродіння проходить значно довше, що не є економічно вигідним. За четвертого способу бродіння отримуються бажані показники, і даний спосіб має свої економічні переваги порівняно з третім способом.

Отже, четвертий спосіб бродіння являє собою альтернативне рішення даного питання. Низькі температури сприяють формуванню більш легкого, тонкого аромату у пиві, у той час як високі температури головного бродіння надають пиву фруктовий аромат. Таким чином, інтенсифікація бродіння за рахунок зростання температури при одночасному збереженні якості продукту є важливим у ході оптимізації процесу і можливо лише в обмеженій мірі.

Видалені із ЦКБА після головного бродіння насіннєві дріжджі за всіх розглянутих способів розмноження дріжджів та бродіння відповідали встановленим вимогам (табл. 3.1) і були придатні для повторного використання.

**Таблиця 3.1 — Характеристика насіннєвих дріжджів за різних способів розмноження і бродіння**

Спосіб розмноження	Концентрація, %	КМДК, %	Клітин з глікогеном, %
<b>1</b>	55	2	60
<b>2</b>	62	1	63
<b>3</b>	64	0,5	68
<b>4</b>	66	0,5	67
Регламентовані показники	не менше 50	не більше 5	не менше 60

### **3.6 Висновки**

1. Підвищення за температури розмноження дріжджів в пропагаторах від 15 до 17 °С сприяє збільшенню швидкості розмноження і розмноження дріжджів. Так, за температури 17 °С кількість дріжджевих клітин у всіх пропагаторах була вище в середньому на 9,3 % порівняно із температурою розмноження 16 °С і на 15,5 % порівняно із температурою розмноження 15 °С.

2. За досліджуваних температур розмноження кількість мертвих клітин була мінімальною за температури 15 °С, а максимальною — за температури 17 °С.

3. За температури головного бродіння і доброджування 17 °С після головного бродіння вміст діацетилу був максимальним (440 мкг/дм<sup>3</sup>), але за три доби він зменшувався до регламентованого рівня (25 мкг/дм<sup>3</sup>). За температур 16 і 15 °С він був меншим (350 і 240 мкг/дм<sup>3</sup>), проте зменшувався до регламентованого рівня за 5 діб.

4. За температури розмноження дріжджів і зброджування за температури 17 °С головне бродіння і доброджування тривали близько 10 діб, але отримане пиво мало низьку якість внаслідок переважання в смаку виражених неприємних фруктових тонів.

5. Оптимальним варіантом розмноження дріжджів в пропагаторах є поступове зниження температури від 17 °С в АП-1, до 16 °С в АП-2 і до 15 °С в АП-3. За таких умов виробничі дріжджі будуть краще адаптовані до умов головного бродіння в ЦКБА, завдяки чому було отримано пиво високої якості.

6. Насіннєві дріжджі видалені із ЦКБА після головного бродіння за всіх розглянутих способів розмноження дріжджів та бродіння відповідали встановленим вимогам і були придатні для повторного використання.

#### 4 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Під час досліджень в кваліфікаційній роботі було визначено температурний режим бродіння, використання якого дозволяє отримувати високоякісне пиво з економією енергетичних ресурсів та збільшенням оборотності ЦКБА.

Серед чотирьох наведених способів бродіння для порівняння обираємо два тих, що дозволяють отримати найкращі показники. Це третій та четвертий способи бродіння (див. р. 3). Оскільки в обох випадках головне бродіння займає приблизно однакову кількість часу, то основну частину ресурсів дозволяє зекономити стадія доброджування у ЦКБА. За обраним четвертим способом, доброджування у ЦКБА проходить на 6 днів швидше. Отже, оскільки пиво в обох випадках на стадії доброджування знаходиться у типовому ЦКБА, проводимо наступні розрахунки.

Загальний об'єм використовуваного ЦКБА за заводськими даними становить 5500 гл, корисний об'єм становить 78 % від загального ЦКБА  $V_{\text{ЦКБАкор.}} = 5500 \cdot 0,78 = 4333$  гл.

На охолодження ЦКБА витрачається певна кількість енергії, що становить основну частину ресурсів на даному етапі виробництва.

ЦКБА є 6-варочним бродильним апаратом. На охолодження однієї варки витрачається в середньому 1062 кВт енергії. Отже, на весь ЦКБА витрачається 6372 кВт енергії. Але для оптимізації виробництва використовується більша потужність компресора, що працює у більш інтенсивному режимі. Тому, в даному випадку витратиметься  $1368 \cdot 6 = 8208$  кВт енергії на день. За шість днів економія витрати енергії становитиме відповідно  $8208 \cdot 6 = 49248$  кВт.

Вартість 1 кВт складає 2,3 грн, тому запропонований температурний режим дозволяє зекономити  $49248 \cdot 6 = 113270,4$  грн, а отже 26,14 грн економії на 1 гл пива.

Соціальна ефективність роботи обумовлена виробництвом більш якісного пива, що буде максимально задовольняти потреби чисельних споживачів.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **Закон України «Про охорону праці»**

Закон України «Про охорону праці» із змінами 21.11.2002 № 229-IV поширюється на всі організації, підприємства та установи, незалежно від форми власності. Закон передбачає, що при укладанні трудового договору працівник має бути проінформований під розписку про умови праці, наявність на робочому місці, де він буде працювати, небезпечних та шкідливих виробничих факторів, та можливі наслідки їх впливу на здоров'я працівника та його права на пільги і компенсації за роботу в таких умовах. Працівник має право відмовитись від дорученої роботи, якщо створилась виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я [18, 21].

Цей закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян та охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносинами між власником підприємства, установи, організації або уповноваженим органом.

Робота, що виконується у лабораторії відповідно до НПАОП 0.00-4.11-07 відноситься до категорії 1а. Вона характеризується як легка і та, що не потребує фізичного навантаження, підняття вантажів. Робота може бути виконана як у теплий так і у холодний період року. Середня швидкість руху у витяжній шафі складає 0,5 м/с, що відповідає умовам роботи [18, 21].

Температура повітря контролюється щоденно за допомогою ртутного термометру, тиск – за допомогою барометру, вологість контролюється настінним психрометром. Швидкість руху повітря вимірюється чашковим анемометром 1 раз на місяць.

При виконанні робіт в лабораторії на працюючих можуть впливати *nfrs* небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- хімічні (ємності великого об'єму, хімічні речовини: їдкий натр, етанол, сульфатна кислота, йод та ін. Такі реактиви потрібно зберігати у спеціальних ємностях та у спеціально відведених місцях, дезінфікуючі речовини);

- біологічні ( стружка березова та дубова насичена наночастинками елементарної сірки);

- механічні: виробниче обладнання (обладнання, що працює під тиском, центрифуги, лабораторне скло, ріжучий, колючий інструментарій, гострі краї, задирки та ін.);

- фізичні (електричний струм, ультрафіолетове, електромагнітне випромінювання, недостатня освітленість, відхилення вологості і температури робочої зони від встановлених норм, підвищена (занижена) рухомість повітря, підвищений вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони, підвищений шум, гаряча вода та пара);

- людські (нервово-психічні, фізичні (перевантаження персоналу), акти вандалізму та ін.);

## Мікроклімат

У лабораторії працюючі можуть зазнавати впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Для забезпечення безпечних умов праці людини повітря у лабораторії повинно відповідати санітарно-гігієнічним нормативам, що встановлюють оптимальні та допустимі показники мікроклімату для робочої зони закритих лабораторних приміщень з врахуванням важкості роботи, що виконується і періодів року.

Людина внаслідок своєї життєдіяльності виділяє тепло в навколишнє середовище. Кількість цього тепла залежить від характеру виконуваної роботи.

Для нормального самопочуття потрібно, щоб був налагоджений постійний відвід випромінюваного організмом тепла.

Здатність людського організму підтримувати постійну температуру тіла за рахунок регулювання відведення тепла називається терморегуляцією.

Нормальне теплове самопочуття людини під час виконання будь-якої роботи може бути досягнуто за певної комбінації таких параметрів повітря: температурою повітря в приміщенні, °С; відносною вологістю повітря, %; рухливістю повітря, м/с; тепловим випромінюванням, Вт/м<sup>2</sup>. Значення цих параметрів, які забезпечують найкраще самопочуття і найвищу працездатність людини, вважають нормами мікроклімату.

Мікроклімат дослідної лабораторії повинен відповідати ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Значення параметрів мікроклімату у оптимальних та допустимих межах представлені у табл. 6.1 [18, 21].

Таблиця 6.1 — Умови мікроклімату у лабораторії

Категорія роботи	Період року	Температура повітря, °С			Відносна вологість, %			Швидкість руху повітря, м/с		
		Оптимальна	Допустима	Фактична	Оптимальна	Допустима	Фактична	Оптимальна	Допустима	Фактична
Легка 1а	Теплий	22-24	21-28	22	40-60	75	65	0,2	0,1	0,1
	Холодний	21-23	20-24	14	40-60	75	70	0,1	0,2	0,1

Температура повітря впливає на інтенсивність тепловіддачі, оскільки її різниця є рухомою силою цього процесу.

Для визначення температури повітря у виробничих приміщеннях використовуються звичайні ртутні і спиртові термометри, терморари або термоанемометри.

Температура повітря в лабораторних кімнатах повинна підтримуватись у межах 18-20 °С. В умовах жаркого клімату в робочих кімнатах та боксах встановлюються кондиціонери (табл. 6.1). Під час роботи з біологічним матеріалом їх вимикають.

Швидкість переміщення повітря також значно впливає на віддачу тепла організмом у навколишнє середовище. З підвищенням руху повітря як фактора, що посилює охолоджувальну здатність, тепловіддача організму зростає.

На процес теплообміну суттєво впливає вологість повітря, оптимально є вологість у межах 40-60 %.

Таким чином, для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено: встановлення приладів для постійного моніторингу температури приміщення; забезпечення сучасними системами кондиціонування та опалення.

### **Хімічні чинники**

Зберігання хімічних реактивів здійснюють згідно методичних вказівок № 2684-73 в спеціальних приміщеннях, що мають опалення, вентиляцію, штучне освітлення.

Температура повітря в приміщенні для зберігання реактивів повинна бути від 8 до 20 °С, відносна вологість 60-70 %. В приміщенні для збереження хімічних речовин повинен бути ящик з сухим піском, вода і аварійні розчини для нейтралізації кислот та лугів.

Відповідальність за облік, зберігання реактивів та інших хімічних речовин в лабораторії за наказом керівника установи покладається на одного з працівників. Реактиви зберігаються на стелажах або в шафах. Доступ до них дозволяється тільки особам, які відповідають за їх облік і зберігання.

При наявності високих стелажів в складі необхідно мати драбину або спеціальну підставку.

Реактиви розмішують за групами: неорганічні за катіонами, органічні за класами (за алфавітом) – вуглеводи, галогенопохідні, спирти, кетони, тощо. Кислоти та луги зберігають окремо.

Над кожним класом реактивів повинен бути напис. Ємкості великого об'єму, а також бутлі з концентрованими кислотами та лугами повинні зберігатися на нижніх полицях. Реактиви повинні зберігатися у фабричній упаковці з етикетками, як виключення дозволяється – в банках з притертою пробкою із стандартною етикеткою [18, 21].

Хімічні реактиви, що постійно використовуються, дозволяється зберігати в спеціальних шафах в приміщенні лабораторії в мінімальному асортименті і кількості. Необхідно мати список таких реактивів.

Волого чутливі реактиви зберігають в герметичній тарі; особливо гігроскопічні і волого чутливі – в додатковій упаковці, герметичному жорсткому футлярі або поліетиленовому мішечку.

Світлочутливі реактиви зберігають в темному місці, що виключає попадання на них прямих сонячних променів, в тарі з жовтого скла або світлонепроникного матеріалу.

Дозволяється зберігати деякі реактиви в тарі з безбарвного скла, але обов'язково упаковувати в чорний папір. Термочутливі реактиви зберігають у прохолодному, темному приміщенні, далі від приладів опалення, при температурі нижче критичної, при якій реактив розкладається.

Термолабільні реактиви зберігають у холодильнику при температурі від +4 до -20 °С, додержуючись умов зберігання, вказаних на етикетці. Вогнебезпечні та вибухові речовини зберігають за межами основних приміщень (в спеціальних приміщеннях з вентиляцією та природним освітленням). В лабораторії їх можна мати тільки для поточних робіт.

Токсичні реактиви підлягають обов'язковому обліку і зберіганню в спеціально виділених для цього сейфах, металевих шафах (ящиках) під замком. Облік і видачу токсичних реактивів проводить працівник, призначений наказом по установі [18, 21].

Основні робочі реактиви мікробіологічної лабораторії наведені у табл. 6.2.

Таблиця 6.2 — Шкідливі речовини робочої зони

Назва установи	Шкідливі речовини	Вплив шкідливих речовин на організм людини	ГДК речовин у робочій зоні, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки шкідливих речовин
Науково-дослідна лабораторія Національного університету харчова технологій	Їдкий натр	Викликає хімічні опіки шкіри, подразнює слизові оболонки	0,5	II
	Сірчана кислота	Подразнює шкіру, слизові оболонки, викликає опіки, загальне отруєння організму	1	II
	Етиловий спирт	Легкозаймиста рідина, діє на нервову систему, серцево-судинну, печінку	1000	IV

Забороняється зберігати в лабораторії [18, 21]:

- будь-які речовини без етикеток;
- вибухо- та вогнебезпечні реактиви разом із сильно отруйними;

- спільно або в безпосередній близькості речовини, що можуть впливати одна на одну і викликати, внаслідок хімічної взаємодії, пожежу або вибух (наприклад, азотна кислота і будь-яка органічна речовина);
- запаси отруйних, сильнодіючих вибухонебезпечних речовин на робочих столах.

### **Вентиляція**

При тривалій роботі в недостатньо вентиляованих приміщеннях існує можливість отруєння газом. При роботі з шкідливими і отруйними речовинами вентиляція повинна забезпечити не менше ніж 15-кратним обміном повітря на годину.

Для підтримання чистоти повітря і оптимальних параметрів мікроклімату лабораторних приміщень передбачено загальну та місцеву витяжну системи, що забезпечують кратність повітрообміну  $K=4-6 \text{ год}^{-1}$ . У лабораторії передбачено місцеву витяжну механічну вентиляційну систему вловлювання шкідливих речовин у місцях їх виділення і попередження переміщення з повітрям робочої зони.

Витяжні шафи дозволяють відводити шкідливі речовини у більших кількостях, ніж це можливо при загально-обмінній вентиляції. Швидкість руху у відкритому проміжку витяжної шафи за наявності шкідливих речовин I та II класів небезпеки – 0,5 м/с, що відповідає нормі.

Крім загальної вентиляції приміщення лабораторії обладнане вентиляційними пристроями для відсмоктування повітря з витяжних шаф [18, 21].

### **Освітленість**

Важливим елементом умов праці є освітлення. Правильно виконана система освітлення грає вагомую роль в пониженні виробничого травматизму.

Робота у лабораторії, в якій проводилася науково-дослідна робота за нормами освітленості виробничих приміщень відноситься до IV розряду зорових робіт.

У виробничих умовах використовують природне, штучне та комбіноване освітлення. Природне — найбільш гігієнічне і передбачається для приміщень у яких постійно перебувають і працюють люди. Якщо за умовами роботи освітлення є недостатнім, то використовують комбіноване освітлення. Штучне освітлення передбачається у приміщенні, де недостатнє природне освітлення або для освітлення приміщення у години доби, коли природне освітлення відсутнє. Освітленість створена штучним освітленням нормується ДБН В.2.5–28–2006 «Природне і штучне освітлення».

Основними вимогами до освітлення на робочому місці [18, 21]:

- відповідність гігієнічним нормативам;
- яскравість на робочій поверхні і в межах оточуючого простору повинна розподілятися рівномірно;
- повинні бути відсутні різкі тіні на робочій поверхні;

- відсутність блисків в полі зору;
- освітлення повинно створювати спектральний склад світла, близький до природного, що забезпечує правильну передачу і сприйняття світла.

Освітлення у лабораторії – комбіноване: природне через вікно розміром 2,5×2 м; штучне – робоче, загальне, рівномірне, люмінесцентне.

### **Шум та вібрація**

Лабораторне обладнання (центрифуги, витяжні шафи, роторні випарювальні апарати та ін. є джерелом шуму різної інтенсивності. Надмірні рівні шуму є виробничими шкідливими факторами, які при певних умовах призводять до виникнення професійних захворювань, пониженню працездатності, можуть слугувати непрямою причиною нещасних випадків.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються за ДСТУ 2325-93 «ССБП. Шум. Терміни та визначення». Нормований рівень шуму в приміщенні складає 80 Дб. Основні заходи спрямовані на зменшення шуму: зменшення шуму в джерелі його виникнення; заміна напрямку випромінювання звукових хвиль від джерела шуму; зменшення шуму на шляху його розповсюдження; будівельно-акустичні заходи.

Гігієнічне нормування вібрацій передбачає встановлення найбільш допустимих рівнів віброшвидкості в м/с. ДСТУ 2300-93 «ССБП. Вібрація. Терміни та визначення» є основним документом, який визначає гігієнічні норми вібрації в робочій зоні. Підвищений рівень вібрації може слугувати причиною шуму.

Для захисту від вібрацій використовуються такі заходи [18, 21]:

- обладнання вентиляційної системи встановлюють поза робочих приміщень, за підвісною стелею;
- зовнішні блоки кондиціонерів встановлюють на даху будівель;
- система вентиляції та кондиціонування повинна мати в необхідних місцях шумогасники;
- швидкість повітря у повітропроводах обмежується до 5 м/с у магістралях і відводах 5-8 Дб;
- вентилятори та компресори, центрифуги встановлюють у віброізованих прокладках, зниження шуму від такого заходу на 15-20 Дб.

### **Електробезпека**

Електроустановки є небезпечними для персоналу у зв'язку з тим, що органи чуття не виявляють на відстані електричної напруги на відміну від тепла, світла рухомих елементів, запаху та інших небезпечних та шкідливих факторів.

За «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) хімічна лабораторія відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки ураження людини електричним струмом. Проте небезпека ураження електричним

струмомісну є всюди, де використовуються електроустановки, тому приміщення без підвищеної небезпеки не можна назвати безпечними.

Електрообладнання у лабораторії живиться від розподільчого щита, на якому розміщені однофазні та двохфазні розетки. Щит підключено до трьох фазної чотирьох провідної електричної мережі змінного струму частотою 50 Гц з глухо заземленою нейтраллю та напругою 380/220 В. 1 раз на рік проводиться контроль величини опору ізоляції за допомогою мегаомметра М 1101-М. Захисна оболонка електрообладнання повинна забезпечувати захист персоналу від дотикання з струмопровідними частинами і захисту внутрішніх частин від потрапляння сторонніх тіл та води. На розподільчому щиті передбачається кнопка аварійного відключення. Захисне занурення корпусів обладнання обумовлює безпеку при замиканні фази на корпус (у випадку пошкодження робочої ізоляції). Для попередження електротравматизму використовуються попереджувальні знаки. Вилки та роз'єми електрообладнання мають подвійну ізоляцію. Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження струмом, дію електричного поля і електричної дуги використовують захисне відключення, малі напруги, ізоляцію, огорожуючи та попереджувальні засоби [18, 21].

### **Пожежна безпека**

Пожежна безпека підприємства – це стан підприємства, при якому виключається можливість пожежі, а у випадку її виникнення запобігається вплив на людей небезпечних факторів пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей. Правила пожежної безпеки відповідно до НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки України» [18, 21].

Причини виникнення у лабораторії при проведенні робіт загорянь та вибухів можуть бути:

- порушення ізоляції електрообладнання, що призводять до виникнення коротких замикань;
- потрапляння концентрованих кислот на горючі матеріали, що здатні самозагорятися при кімнатній температурі, порушення правил пожежної безпеки.

Наукова лабораторія відноситься до категорії Б по пожежній безпеці.

Категорія Б. Горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28 °С та горючі рідини в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при спалахуванні котрих розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа [21].

Заходи щодо попередження пожеж [18, 21]:

1. Легкозаймисті рідини необхідно зберігати у спеціальному приміщенні, у спеціальній тарі в умовах, що виключають само загоряння. Зберігання цих речовин у великій кількості в лабораторіях заборонено.

2. Необхідно бути особливо обережними при роботі з горючими і легкозаймистими речовинами (не тримати їх поблизу вогню, переливати тільки на відстані від вогню та в умовах, в яких виключена можливість спалаху)

3. Роботи з легкозаймистими рідинами виконувати в місцях, де обладнана витяжка.

4. Після закінчення роботи небезпечні рідини не залишати у лабораторії, а здавати у спецсховище.

5. Працівники лабораторії повинні систематично перевіряти стан електромережі, обладнання.

6. Палити у лабораторії забороняється.

Правила з протипожежної безпеки повинні знаходитися на видному місці, поряд з інструкцією з техніки безпеки.

### **Висновки**

Необхідність застосування профілактичних засобів, що забезпечують техніку безпеки робіт у лабораторії, зв'язана з порівняно високою температурою ведення процесів стерилізації обладнання. Вибухонебезпечні концентрації найчастіше можуть утворюватись всередині приміщень, апаратів, цистерн. Вогнебезпечні рідини необхідно зберігати в ізольованих цистернах, найкраще в підземних. Особливу небезпеку у виявленні вибухонебезпечних концентрацій представляють пусті апарати, мірники, ємкості з-під горючих рідин, які тривалий час не використовуються

Для підвищеної безпеки праці та зниження негативного впливу при роботі можна досягти за рахунок вжиття таких заходів:

- 1) розроблення методів щодо використання раціональної вентиляції та опалювання;
- 2) раціоналізації режимів праці й відпочинку, перерви;
- 3) застосування спецодягу;
- 4) створення положень на робочому місці щодо пожежо- та електробезпеки.

## **6. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ**

Відповідно до Закону України «Про Кодекс цивільного захисту України» визначаються організаційні і правові основи захисту громадян України, захисту об'єктів виробничого і соціального призначення, природного середовища від НС техногенного і природного характеру [26, 29].

Основним завданням цивільного захисту при виникненні надзвичайних ситуацій є захист населення.

Захист населення — це створення необхідних умов для збереження життя і здоров'я людей у надзвичайних ситуаціях. Головна мета захисних заходів — уникнути або максимально знизити ураження населення.

### **Розроблення заходів для захисту виробничого персоналу на пивзаводі у надзвичайних ситуаціях**

До системи захисту населення у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій належать: інформація та оповіщення, спостереження і контроль, укриття в захисних спорудах, евакуація, інженерний, медичний, психологічний, біологічний, екологічний, радіаційний і хімічний захист, індивідуальні засоби захисту, самодопомога, взаємодопомога в надзвичайних ситуаціях [26, 29].

Біологічний захист передбачає своєчасне виявлення біологічного зараження, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Біологічний захист передбачає проведення колективних та індивідуальних заходів захисту; запровадження карантину та обсервації; знезаражування осередку уражених людей, своєчасну локалізацію зони біологічного ураження; проведення екстреної та специфічної профілактики; запровадження та дотримання проти епідеміологічного режиму роботи підприємства.

Радіаційний та хімічний захист передбачає виявлення та оцінювання радіаційної та хімічної обстановки, організацію та проведення дозиметричного і хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту, організацію і проведення знезаражування.

Головним і невід'ємним елементом всієї системи захисту населення і територій в надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру є інформація та оповіщення. Зміст інформації має містити відомості про надзвичайні ситуації, що прогнозуються або вже виникли, з визначенням їхньої класифікації, меж поширення і наслідків, а також заходи реагування [26, 29].

Відповідальним за організацію оповіщення про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації і постійне інформування населення про становище є органи управління захисту підприємства.

Укриття населення в захисних спорудах — це комплекс заходів із завчасним будівництвом захисних споруд, а також пристосуванням наявних приміщень для захисту населення та підтримання їх у готовності до використання.

До захисних споруд належать [26, 29]:

- сховища,
- протирадіаційні укриття (ПРУ),
- швидко споруджувані сховища і найпростіші укриття у вигляді відкритих і перекритих щілин, траншей.

Сховища – це підземні спеціально збудовані захисні споруди з герметичних конструкцій, з міцними стінами, перекриттями, герметичними дверима і обладнані всім необхідним для життєзабезпечення людей. Сховища призначені для захисту людей від усіх уражаючих факторів ядерної та звичайної зброї; радіоактивних речовин (РР), хімічних отруйних речовин (ХОР), сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) і бактеріальних засобів; обвалів і ураження уламками будівель, що руйнуються; дії високих температур і отруєння продуктами горіння у разі масових пожеж; дії водяних потоків у зонах катастрофічного затоплення (спеціальні сховища).

Відповідно до вимог «Норм проектування ІТЗЗ» усі захисні споруди повинні використовуватися в мирний час для потреб народного господарства й обслуговування населення, що істотно підвищує ефективність капітальних вкладень. Вони можуть використовуватися під приміщення: культурного і санітарно-побутового обслуговування населення (навчальні кабінети, гардероби, душові); виробничі — у тих випадках, якщо технологічні процеси не супроводжуються виділенням шкідливих для людей парів і газів і не вимагають природного освітлення; торгівлі і суспільного харчування; об'єктів спортивного призначення; складів різного призначення; гаражів для автомобілів тощо.

За захисними властивостями від дії надлишкового тиску та коефіцієнтом ослаблення сховища класифікують на чотири класи (табл.7.1) [26, 29].

*Таблиця 7.1 – Класи сховищ*

Клас	Р, кПа	Коефіцієнт ослаблення
I	500	5000
II	300	3000
III	200	2000
IV	100	1000

За місткістю (кількість людей, що можуть переховуватися) сховища поділяються на малі — від 150 до 600 чоловік, середні — від 600 до 2000 чоловік, і великі — більше 2000 (до 5000) чоловік.

За місцем розташування сховища можуть бути вбудовані (в підвальних приміщеннях будівель) і окремо побудовані.

Приміщення сховищ поділяються на основні (приміщення для укриття людей, для пункту управління, медпункту) й допоміжні (приміщення для фільтровентиляційної установки і дизельних електростанцій, санвузла, зберігання харчових продуктів, тамбур-шлюзи, тамбури та ін.).

**Система каналізації** дає можливість відводити фекальні води в будинкову та дворову каналізацію. Санвузол обладнується окремо для чоловіків і жінок з розрахунку один унітаз на 75 жінок, один унітаз і один пісуар на 150 чоловіків.

**Система опалення** здійснюється системою опалювальних радіаторів чи гладких труб. Температурний режим вважається нормальним, у межах  $0...+30^{\circ}\text{C}$ . У мирний час підтримується температура не вище  $+10^{\circ}\text{C}$ . У сховищах, заповнених людьми, опалення вимикається.

**Система електропостачання** здійснюється від міської (об'єктової) електромережі, в аварійних випадках — від захищеної дизельної електростанції, розміщеної у сховищі.

Протирадіаційні укриття (ПРУ) — це герметичні захисні споруди, які забезпечують захист людей від зовнішнього іонізуючого випромінювання у разі радіоактивного зараження місцевості, світлового випромінювання, дії проникаючої радіації, крапельно-рідинних ХОР, частково — від хімічних та біологічних аерозолів.

Швидко споруджувані сховища будують для повного забезпечення населення міст захисними спорудами у разі виникнення надзвичайних ситуацій. За своїми захисними властивостями вони майже не поступаються ПРУ.

Найпростіші укриття будують на 10-40 чол. До них належать відкриті та перекриті щілини (траншеї). Перекрита щілина з товщиною захисного шару 60 см послаблює дозу радіації в 50 разів.

Евакуація є найефективнішим, але складним організаційно і недешевим способом захисту людей у надзвичайних ситуаціях.

Евакуація — це комплекс заходів для організованого вивезення (виведення) людей із районів (місць) та зон можливого впливу наслідків надзвичайних ситуацій, що загрожують життю і здоров'ю людей, та розміщення їх у безпечних районах (містах).

Враховуючи обстановку, що склалась на час надзвичайної ситуації, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення тимчасового або незворотного характеру.

Для планування, підготовки та проведення евакуації, приймання і розміщення населення створюються евакуаційні комісії, збірні евакуаційні пункти, проміжні пункти евакуації та приймальні евакуаційні пункти [26, 29].

Збірні евакуаційні пункти (ЗЕП) призначені для збору і реєстрації населення, яке підлягає евакуації, для формування піших і транспортних колон та ешелонів, а також забезпечення відправлення їх на пункти посадки на транспортні засоби.

Кожний ЗЕП має свій номер і за кожним з них закріплюється певна кількість об'єктів.

Збірні, проміжні та приймальні евакуаційні пункти забезпечуються зв'язком з районними, міськими, районними у містах, сільськими, селищними об'єктовими евакуаційними комісіями, пунктами посадки на транспортні засоби, вихідними пунктами руху пішки з медичними і транспортними службами.

До складу ЗЕП входять начальник ЗЕП, заступник начальника ЗЕП, медпункт, робочі групи реєстрації і обліку, формування ешелонів (колон), охорони громадського порядку, стіл довідок, кімната матері і дитини, комендант.

Для зустрічі евакуйованих у приміську зону людей, обліку і відправлення їх у кінцеві пункти розміщення в сільських районах утворюються приймальні евакокомісії і приймальні евакопункти.

Проміжні евакуаційні пункти розгортаються на межах зон радіоактивного забруднення або хімічного зараження, а також у разі значної протяжності маршруту (до 100 км).

Приймальні евакуаційні пункти розгортаються в пунктах висадки евакуйованого населення і призначаються для його зустрічі і відправлення до районів (пунктів) розміщення. В них здійснюється дозиметричний контроль, спеціальна обробка населення та знезараження одягу і транспортних засобів.

Приймальні евакопункти (ПЕП) розташовуються поблизу станцій (пристаней) висадки. До робочого апарату ПЕП входять групи зустрічі і тимчасового розміщення населення, обліку прибулих, відправки і супроводження, чергові по кімнаті матері і дитини, пост охорони громадського порядку, медпункт.

Індивідуальний спосіб захисту передбачає застосування індивідуальних засобів захисту органів дихання, шкіри, а також медичних засобів захисту. До засобів захисту органів дихання належать протигази (ізолюючі, фільтруючі, цивільні, загальновійськові, дитячі), протигази та камери захисні дитячі, респіратори та найпростіші засоби (протипилова марлева маска, ватно-марлева пов'язка). До засобів захисту шкіри відноситься захисний одяг (ізолюючі, фільтруючі) та повсякденний одяг. Засоби медичного захисту поділяються на радіозахисні засоби (радіопротектори, комплекси, адсорбенти); антидоти, синильної кислоти; протибактеріальні засоби; засоби часткової санітарної обробки; перев'язочні пакети, бинти і проти опікові пов'язки.

У захисті людини засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) мають винятково важливе значення, передусім, внаслідок можливості швидкого їхнього застосування при необхідності. Тому вони повинні бути у постійній готовності до застосування, а при виникненні надзвичайної ситуації (зараження атмосфери ОР, РР, БЗ, СДОР) використовуватися людиною негайно [26, 29].

ЗІЗ є табельними, забезпечення ними передбачається табелями (нормами) оснащення залежно від організаційної структури формувань ЦО, і не табельні, як доповнення до табельних засобів або для зміни їх.

За призначенням ЗІЗ поділяються на засоби захисту органів дихання, шкіри і медичні засоби. За принципом захисту вони бувають фільтрувальні та ізолювальні. До засобів захисту органів дихання належать протигази (фільтрувальні та ізолювальні), респіратори та найпростіші засоби захисту.

До фільтрувальних ЗІЗ належать протигази, саморятувальники і респіратори. Крім цих засобів, використовуються і найпростіші засоби захисту — протипилова тканина, маска (ПТМ-1) та ватно-марлеві пов'язки (ВМП). Для

дорослого населення призначені фільтрувальні протигази ГП-5, ГП-5М, ГП-7, ГП-7В, для дітей — ДП-8, ДП-6М, ПДФ-Ш, ГДФ-2Ш, ПДФ-2Д, КЗД-4.

**Респіратори** використовуються для захисту органів дихання від радіоактивних речовин, ґрунтового пилу, бактеріальних засобів та різних шкідливих речовин і СДОР у вигляді парів і газів.

**До ізолювальні засоби захисту органів дихання** належать автономні дихальні апарати, які забезпечують органи дихання людини дихальною сумішшю із балонів зі стиснутим повітрям чи киснем або за рахунок регенерації кисню за допомогою кисневмісних продуктів; шланговидихальні апарати, за допомогою яких чисте повітря подається до органів дихання по шлангу від повітродувок або від компресорних магістралей. До ізолювальних протигазів з регенерацією кисню належать протигази ПП-4, ПП-46, ПП-5. До кисне ізолювальних належать кисне ізолювальні протигази КПП-8, ПП-4МК та інші. Крім того, до ізолювальних протигазів належать респіратори Р-30, «Урал-7» та ін., саморятувальники ШС-7М, ШС-20М та ін.

Для захисту відкритих ділянок шкіри від потрапляння на них крапельно-рідинних ХОР, збудників хвороб, радіоактивного пилу, а також частково від дії світлового випромінювання, використовуються фільтрувальні та ізолювальні засоби захисту.

До фільтрувальних засобів захисту шкіри належить комплект захисного фільтрувального одягу, а до ізолювальних легкий захисний костюм, загальновійськовий захисний комплект, загальновійськовий комплект.

Медичні засоби захисту – призначені для профілактики і надання допомоги населенню, запобігання ураженню або значного зниження його ступеня, підвищення стійкості організму до вражаючого впливу радіоактивних, отруйних речовин, СДОР і бактеріальних засобів. До медичних засобів захисту належать радіозахисні препарати, засоби захисту від впливу отруйних речовин (антидоти), протибактеріальні засоби — сульфаніламід, антибіотики, вакцини, виворотки. Означені засоби в основному входять в аптечки індивідуальні (АІ-2). Аптечка АІ-2 укомплектована засобами, призначеними для надання допомоги та взаємодопомоги при ураженнях, опіках, для зниження впливу небезпечних речовин та іонізуючого випромінювання. У кожному гнізді аптечки розміщено певний засіб. Отже, на пивзаводах повинні дотримуватися всі правила для уникнення надзвичайних ситуацій [26, 29].

У разі виникнення НС необхідно здійснити заходи щодо ліквідації негативних наслідків для збереження життя та здоров'я населення.

### **Оцінка інженерного захисту**

Забезпечення надійного захисту робітників працюючої зміни в надзвичайних ситуаціях – один із основних шляхів підвищення стійкості роботи. В комплексі заходів по реалізації цього шляху важливе місце займають заходи по інженерному захисту робітників і службовців.

Інженерний захист робітників і службовців – це захист з використанням інженерних споруд: сховищ, ПРУ, простіших укриттів. Він досягається шляхом

завчасного проведення інженерних заходів по будівництву і обладнанню захисних споруд з врахуванням умов розташування об'єкта і вимог будівельних норм і правил [26, 29].

Успішне виконання завдань інженерного захисту можливе при дотриманні таких умов:

- загальна місткість захисних споруд дозволяє сховати найбільшу працюючу зміну. Місткість захисної споруди визначається сумою місць для сидіння і лежання;

- захисні властивості споруд відповідають потребам (забезпечують захист людей від надлишкового тиску ударної хвилі і радіоактивного випромінювання, які очікуються). Оцінку захисних властивостей захисних споруд від радіоактивного ураження визначають за ступенем захисту виробничого персоналу, тобто коефіцієнтом послаблення дози опромінення сховищем. Він залежить від матеріалу перекриття, його товщини і умов розміщення сховища (вбудоване, чи таке що стоїть окремо). Також визначають можливу дозу опромінення робітників і службовців, які знаходяться на відкритій місцевості. Потім розраховують коефіцієнт послаблення рівня радіації сховищем, що вимагається, та порівнюють розрахунковий коефіцієнт із нормативними вимогами до сховищ;

- фільтровентиляційне обладнання захисних споруд забезпечує життєдіяльність людей протягом встановленого терміну безперервного перебування їх в захисних спорудах. До оцінки інженерного захисту належить і оцінка захисних споруд за життєзабезпеченням, яка визначається можливістю всіх систем забезпечити безперервне перебування людей в сховищах не менше двох діб;

- розміщення захисних споруд відносно місць роботи. На об'єктах громадської діяльності сховища будують не далі 400 м від місця знаходження людей в двох і більше поверхових спорудах і 500 м від одноповерхових споруд. Оцінка своєчасного укриття людей проводиться в залежності від їх розміщення відносно місць роботи, а також знань сигналів оповіщення цивільної оборони і своєчасного повідомлення робітникам зміни.

З перерахованого випливає, що оцінка інженерного захисту робітників і службовців підприємства полягає у визначенні показників, які характеризують можливість інженерних споруд забезпечити ці умови.

На основі висновків оцінки інженерного захисту робітників підприємства визначають заходи по підвищенню надійності захисту, а відповідно, і по підвищенню стійкості роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях [26, 29].

### **Висновки**

Для надійного захисту робітників, службовців та членів їх сімей провадять такі заходи:

- завчасно будують захисні споруди на об'єкті (сховища) та в замиській зоні;
- створюють і підтримують у готовності системи сповіщення та зв'язку;

- забезпечують робітників та службовців засобами індивідуального захисту;
- проводять підготовку до евакуації у заміську зону;
- здійснюють навчання робітників, службовців та населення засобам захисту і діям за сигналами цивільної оборони.

Захисту в надзвичайних ситуаціях підлягає все населення з урахуванням чисельності і особливостей, що складають його основні категорії і групи людей на конкретних територіях.

Підготовку до дій для захисту населення в надзвичайних ситуаціях необхідно планувати і виконувати диференційовано за видами і ступенями можливої небезпеки на конкретних територіях і з урахуванням насиченості цих територій об'єктами промислового призначення, гідропорудами і системами виробничої та соціальної інфраструктури, потужностей і розміщення потенційно небезпечних об'єктів, наявності захисних споруд, особливостей розселення жителів, кліматичних та інших місцевих факторів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі проведених досліджень та аналізу отриманих результатів можна зробити наступні висновки.

1. Підвищення за температури розмноження дріжджів в пропаторах від 15 до 17 °С сприяє збільшенню швидкості розмноження і розмноження дріжджів. Так, за температури 17 °С кількість дріжджевих клітин у всіх пропаторах була вище в середньому на 9,3 % порівняно із температурою розмноження 16 °С і на 15,5 % порівняно із температурою розмноження 15 °С.

2. За досліджуваних температур розмноження кількість мертвих клітин була мінімальною за температури 15 °С, а максимальною — за температури 17 °С.

3. За температури головного бродіння і доброджування 17 °С після головного бродіння вміст діацетилу був максимальним (440 мкг/дм<sup>3</sup>), але він зменшувався до регламентованого рівня (25 мкг/дм<sup>3</sup>) за три доби. За температур 16 і 15 °С він був меншим (350 і 240 мкг/дм<sup>3</sup>), проте зменшувався до регламентованого рівня за 5 діб.

4. За температури розмноження дріжджів і зброджування за температури 17 °С головне бродіння і доброджування тривали близько 10 діб, але отримане пиво мало низьку якість внаслідок переважання в смаку виражених непритаманних фруктових тонів.

5. Оптимальним режимом розмноження дріжджів в пропаторах є поступове зниження температури від 17 °С в АП-1, до 16 °С в АП-2 і до 15 °С в АП-3. За таких умов виробничі дріжджі будуть краще адаптовані до умов головного бродіння в ЦКБА, завдяки чому було отримано пиво високої якості.

6. Насінневі дріжджі видалені із ЦКБА після головного бродіння за всіх розглянутих способів розмноження дріжджів та бродіння відповідали встановленим вимогам і були придатні для повторного використання.

7. Економічний ефект від впровадження результатів роботи складатиме 26,14 грн на 1 гл пива. Соціальний ефект обумовлений підвищенням якості пива.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аннемюллер Г., Мангер Г.-Й., Литц П. Дрожжи в пивоварении/ пер. с англ. под. научн. ред. С.Г. Давыденко. Санкт Петербург : Профессия, 2015. 428 с.
2. Беренцвейг И.А., Крицкова Г.М. Накопление диацетила при различном уровне засева пивоваренных дрожжей. *Фермент. и спирт. пром-ность*. 1973. № 3. С. 41-42.
3. Бойко І.Є., Мариненко О.В., Лямов Т.Е. Вплив якості сировини на споживчі властивості пива // *Нові технології*. 2019. Вип. 2 (48). С. 19-27. DOI: 10.24411 / 2072-0920-2019-10202.
4. Вакербауер К., Бекман М. Разведение чистой культуры дрожжей. *Мир пива*. 2004, № 2. С. 16-28.
5. Давыденко С.Г. Применение методов окраски дрожжей для оценки их физиологического состояния. *Пиво и напитки*. 2007. № 2. С. 31-32.
6. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: підруч. Київ: «Фірма «ІНКОС», 2004. 426 с.
7. ДСТУ 3888–15 Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015-11-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 16 с.
8. ДСТУ 7344:2013 Дріжджі пивні. [Чинний від 01.07.2013]. Київ: Держспоживстандарт України, 2013. 25 с.
9. Еромолаева Г.А. Брожение пивного сусла. *Пиво и напитки*. 2009. № 7. С. 25-27.
10. Зниження вмісту віцинальних дікетонів при зброджуванні високогустинного сусла /Т.В. Харандюк, Р.Б. Косів, О.М. Борух, Р.С. Далибожик та ін. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2017. Т. 19, № 75. С. 149-152
11. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський та ін.// за заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. Київ : НУХТ, 2012. 487 с.
12. Ковалевский К.А. Технология бродильных производств: учебное пособие. Киев: Фирма «ИНКОС», 2004. 304 с.
13. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива; пер. з нем. Санкт Петербург: Профессия, 2009. 1110 с.
14. Ли Э., Пигготт Дж. Спиртные напитки: Особенности брожения и производства / пер. с англ. под общ. ред. А. Л. Панасюка. Санкт Петербург: Профессия, 2006. 552 с.
15. Меледина Т.В., Дедегкаев А.Т., Д.В. Афонин Д.В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация. Санкт Петербург : Профессия, 2011. 220 с.
16. Мелетьев А.Є., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підруч. / за ред. А.Є. Мелетьєва. Вінниця: Нова Книга, 2007. 392 с.
17. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи для студентів спец. 8.05170106 «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та

заочної форм навчання / уклад. А.М. Куц, П.Л. Шиян, А. Є. Мелетьєв. Київ : НУХТ, 2015. 43 с.

18. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. Київ : НУХТ, 2014. 67 с.

19. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения / пер. с нем. А. А. Куреленкова. Санкт Петербург: Профессия, 2007. 640 с.

20. Новое в пивоварении / Ч. Бемфорт (ред.)// пер. с англ. И.С. Горожанкиной, Е.С. Боровиковой. Санкт Петербург : Профессия, 2007. 520 с.

21. Основи охорони праці: підручник/ К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. // під ред. К.Н. Ткачука. Київ : Основа, 2011 480 с.

22. Підвищення бродильної активності / В. Рідкоус, А. Куц, В. Домарецький та ін. *Харч. і перероб. пром-сть*. 2010. № 1 (365). С. 21-22.

23. Ренді Мошер. Смак пива. Інсайдерський путівник у світі найвидатнішого напою людства/ пер. з англ. Лани Світанкової. Львів : Видавництво Старого Лева, 2018. 388 с.

24. Роль чистых культур дрожжей в пивоварении/ Филимонова Т.И., Борисешю О.А., Несс Е.И., Усанов И.В. *Пиво и напитки*. 1999. С. 30-32.

25. Спиртные напитки: Особенности брожения и производства/ Э. Ли, Дж.Пигготт, (ред.); перевод с англ. под. общ. ред. А.Л. Панасюка. Санкт Петербург: Профессия, 2006. 552 с.

26. Стеблюк М.І. Цивільна оборона: підручник. Київ: Знання, 2006. 487 с.

27. Сучасні способи розведення чистої культури пивоварних дріжджів/ М.В. Карпутіна, В.А. Домарецький, З.М. Романова, І.М. Бабич. *Харч. пром-сть*. 2012. Вип. 13. С. 10-14.

28. Хозиев О.А., Хозиев А.М., Цугкиева В.Б. Технология пивоварения. Санкт Петербург : Изд-во «Лань», 2012. 560 с.

29. Boulton C., Quain D. *Brewing Yeast and Fermentation*. Oxford: Blackwell Science. 2001. 398 p.

30. Boulton C., Box W. Formation and disappearance of diacetyl during lager fermentation. *Brewing Yeast Fermentation Performance*. Smart, K. Ed. Blackwell Science: Oxford. 2003. P. 183–195.

31. Krogerus K., Gibson1 B. Diacetyl and its control during brewery fermentation. *The Institute of Brewing & Distilling*. 2013. V. 119. P. 86–97.

32. Optimization of Main Fermentation of High-Gravity Wort /Kosiv R., Kharandiuk T., Polyuzhyn L., Palianytsia, L., Berezovska. *Chemistry and Chemical Technology*. 2016. V. 10 (3). P. 349–353.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

Затверджено на засіданні кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ, протокол № 1 від 27 серпня 2020 р. Зав. кафедри \_\_\_\_\_ А. М. Куц  
27 серпня 2020 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА

кваліфікаційної роботи на тему:

### «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ПИВНИХ РАС ДРІЖДЖІВ»

## ВСТУП

### 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА

(аналітичний огляд)

#### 1.1 Роль дріжджів у виробництві пива

##### 1.1.1 Пивні дріжджі та їх основні властивості

##### 1.1.2 Роль метаболізму пивних дріжджів у пивоварінні

1.1.3 Вимоги до пивоварних дріжджів, що забезпечують високу якість продукту

#### 1.2 Побічні продукти бродіння, що зумовлюють аромат та смак пива

1.2.1 Характеристика основних побічних продуктів бродіння та їх роль у формуванні органолептичних показників пива

1.2.2 Роль видової та расової належності дріжджів у процесах утворення побічних продуктів бродіння

##### 1.2.3 Вплив технологічних факторів на утворення діацетилу

#### 1.3 Висновки, мета та задачі дослідження

## 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Матеріали досліджень

### 2.2 Методи досліджень

### 2.3 Методика досліджень

#### 2.3.1 Визначення морфологічного стану дріжджів

#### 2.3.2 Визначення кількості дріжджових клітин

#### 2.3.3 Визначення концентрації дріжджів

#### 2.3.4 Визначення глікогену

#### 2.3.5 Визначення діацетилу

### 2.4. Оброблення результатів досліджень

## 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТРИВАЛОСТІ КУЛЬТИВУВАННЯ НА РОЗМНОЖЕННЯ ПИВНИХ ДРІЖДЖІВ (експериментальна частина)

### 3.1 Розмноження за температури 17 °С (перший спосіб)

- 3.2 Розмноження за температури 16 °С (другий спосіб)
- 3.3 Розмноження за температури 15 °С (третій спосіб)
- 3.4 Розмноження за четвертим способом
- 3.5 Порівняльний аналіз способів розмноження дріжджів
- 3.6 Висновки

#### **4. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ**

#### **5. ОХОРОНА ПРАЦІ**

#### **6. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ**

#### **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

#### **ДОДАТКИ**

Магістрантка

Т.М. Суско

Керівник, доцент, к.т.н

А.М. Куц

Додаток Б

# CERTIFICATE

is awarded to

**Susko Tetiana**

for being an active participant in  
V International Scientific and Practical Conference  
**“SCIENCE AND EDUCATION: PROBLEMS,  
PROSPECTS AND INNOVATIONS”**

*24 Hours of Participation*



**KYOTO**

4-6 February 2021

[sci-conf.com.ua](http://sci-conf.com.ua)



УДК 633.4

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗМНОЖЕННЯ ПИВНИХ ДРІЖДЖІВ

**Суско Тетяна Миколаївна**

магістрантка

**Куц Анатолій Михайлович**

к.т.н., доцент

Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

anatolykuts@ukr.net

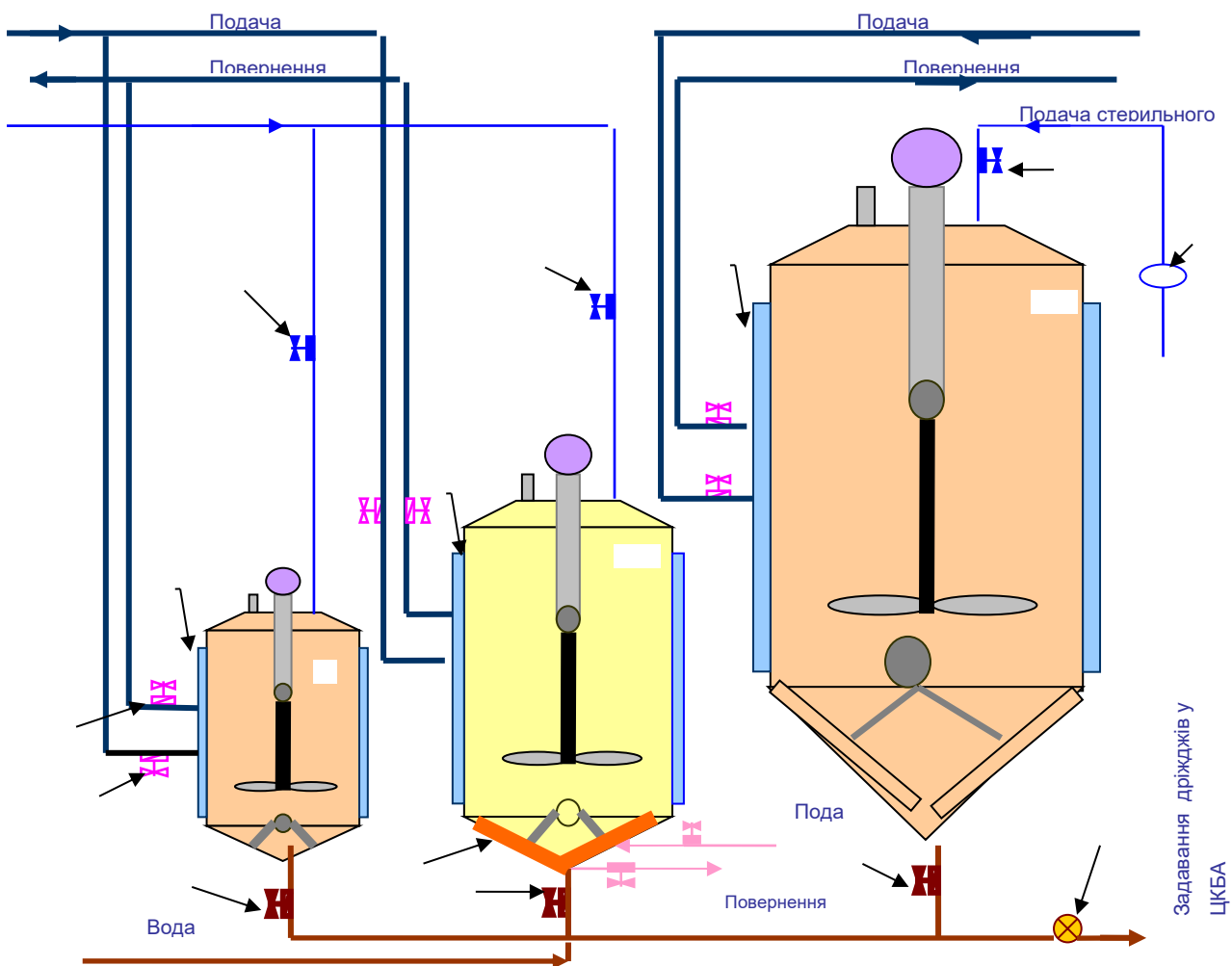
**Анотація:** У результаті проведених досліджень рекомендовано поступово знижувати температуру розмноження чистої культури пивних дріжджів в апаратах-пропагаторах 1, 2 і 3 з отриманням виробничих дріжджів краще адаптованих до зброджування пивного сусла і доброджування молодого пива в циліндроконічному бродильному апараті. Застосування таких дріжджів дозволило отримати високоякісне пиво з регламентованим вмістом діацетилу. Насіннєві дріжджі, вилучені із апарату після головного бродіння, за своїми показниками можуть бути повторно використані у виробничому процесі.

**Ключові слова:** чиста культура дріжджів, температура розмноження, апарат-пропагатор, циліндроконічний бродильний апарат, діацетил, насіннєві дріжджі, якість пива

**Актуальність роботи.** Одним із ключових факторів, що впливають на розмноження і якість пивних дріжджів є температура. Зміною температурного режиму культивування можна значно збільшити загальну біомасу та фізіологічний стан дріжджів. Завдяки застосуванню виробничих дріжджів краще пристосованих до умов головного бродіння і доброджування, можна отримати пиво високої якості за меншу тривалість виробничого процесу.

**Матеріали та методи.** *Матеріали досліджень:* чиста культура пивних дріжджів ЧКД, отримана внаслідок культивування в апаратах-пропаторах АП різної місткості — АП-1 місткістю 5 гл, АП-2 місткістю 20 гл і АП-3 місткістю 220 гл; молоде і готове пиво із циліндроконічного апарату ЦКБА.

Дослідження проводили у дріжджебродильному відділенні пивоварного заводу. Розмноження чистої культури дріжджів здійснювали в дріжджовому відділенні, схема якого наведена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема дріжджового відділення**

- 1 — АП-1; 2 — АП-2; 3 — АП-3; 4 — тензодатчик; 5,6,10,11 — вентилі;  
7,8 — охолоджуючі сорочки; 9 — клапан перекриття

Основні етапи розмноження чистої культури дріжджів на виробничій стадії передбачають.

1. Приготування сусла для культивування дріжджів — набір гарячого сусла в АП-1, АП-2 і АП-3, стерилізація та охолодження сусла до температури, оптимальної для розмноження дріжджів.

2. Перенесення дріжджів із колби Карлсберга КК в АП-1, де дріжджі аеруються, перемішуються мішалкою, культивуються і після досягнення заданої кількості дріжджових клітин КДК на стадії логарифмічного росту перекачуються у наступний за об'ємом АП-2, а потім — в АП-3. Таким чином, внаслідок збільшення об'ємів пропагаторів поступово зростає і кількість виробничих дріжджів.

Культивування дріжджів проводили чотирма різними способами: 1-й спосіб — за температури 17,0 °С; 2-й спосіб — за температури 16,0 °С; 3-й спосіб — за температури 15,0 °С; 4-й спосіб — за температури, що поступово знижувалась від 17,0 °С в АП-1 до 16,0 °С в АП-2 і 15,0 °С в АП-3.

При цьому температура сусла, що доливалось, становила 13,0 °С. Швидкість аерації сусла повітрям за всіх способів була однаковою — 20 м<sup>3</sup>/(год·м<sup>3</sup>).

Також, проводяться спостереження за утворенням діацетилу у пиві під час доброджування та динамікою його вмісту.

Під час проведення досліджень контролювали та визначали:

**морфологічний стан дріжджів** — за допомогою мікроскопу за формою і розмірами [1, с. 16];

**кількість дріжджових клітин** — підрахунком у камері Горяєва-Тома. Для визначення кількості мертвих дріжджових клітин в дріжджову суспензію попередньо додавали розчин метиленової сині, яка забарвлювала мертві клітини у блакитний колір [2, с. 31]. Кількість вгодованих клітин знаходили шляхом фарбуванням клітин розчином йоду за Люголем, від чого глікоген забарвлюється в червоно-бурий колір. У разі відсутності глікогену дріжджові клітини забарвлюються у солом'яно-жовтий колір [3, с. 215];

*концентрацію насіннєвих дріжджів* — перед видалення дріжджів після головного бродіння із ЦКБА відбирали пробу. Зразок об'ємом 10 см<sup>3</sup> зважували на вагах, центрифугували, рідкий декантат зливали і зразок зважували знову. Концентрацію дріжджів визначали відношенням маси дріжджів без декантату до загальної маси зразку, вираженим у відсотках;

*вміст діацелілу* — на газовому хроматографі Перкін-Елмер Autosystem XL/Clarus з автоматичним пробовідбірником Turbomatrix 40.

**Результати та їх обговорення.** В табл. 1 наведена динаміка загальної кількості дріжджових клітин КДК та кількості мертвих клітин протягом культивування в АП-1, -2 і -3 протягом 48 год.

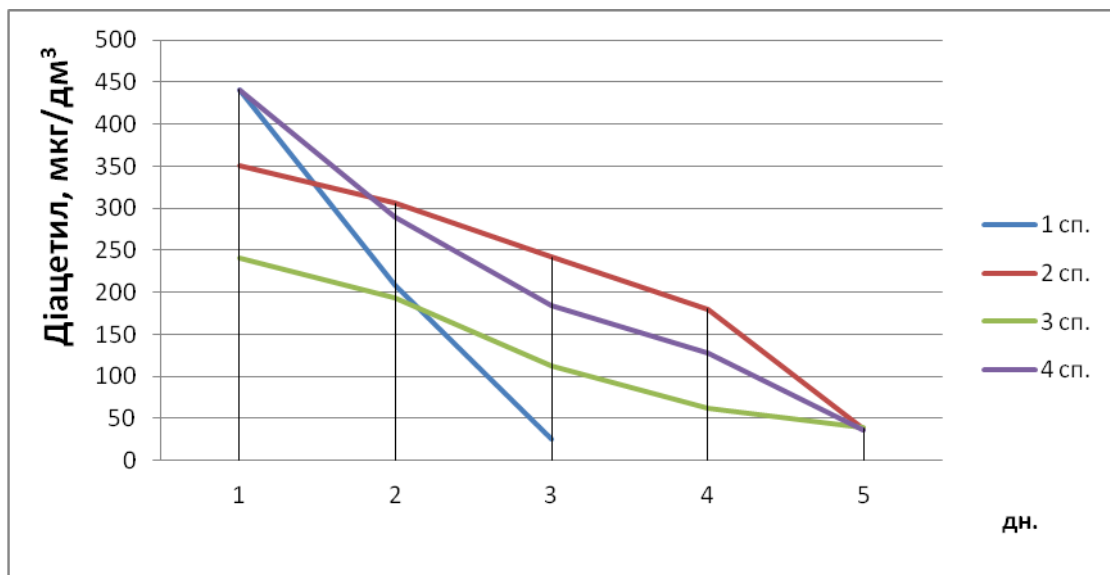
**Таблиця 1**

**Динаміка загальної кількості та мертвих дріжджових клітин від час культивування в пропаторах за різних способів культивування**

Пропагатор	Тривалість культивування, год	Спосіб 1		Спосіб 2		Спосіб 3		Спосіб 4	
		КДК, млн кл./см <sup>3</sup>	КМК, %	КДК, млн кл./см <sup>3</sup>	КДК, %	КДК, млн кл./см <sup>3</sup>	КМК, %	КДК, млн кл./см <sup>3</sup>	КМК, %
АП-1	0	10	0	8	0	10	0	12	0
	12	42	0	35	0	29	0	40	0
	24	82	0	70	0	65	0	79	0
	36	100	0	85	0	80	0	105	0
	48	128	0	120	0	112	0	130	0
АП-2	0	12	0,01	18	0,0	14	0	15	0
	12	38	0,09	37	0,02	30	0	35	0,05
	24	83	0,15	74	0,15	60	0	66	0,12
	36	105	0,25	92	0,2	83	0,09	89	0,18
	48	130	0,35	118	0,3	110	0,12	116	0,26
АП-3	0	15	0,1	12	0,05	12	0	13	0,05
	12	42	0,15	35	0,1	27	0	25	0,09
	24	80	0,20	68	0,20	53	0,05	51	0,11
	36	98	0,36	82	0,25	78	0,09	69	0,14
	48	129	0,5	117	0,35	109	0,18	107	0,18

Із даних наведених в табл. 1 можна зробити висновок, що за температури 17 °С КДК була вище в середньому на 9,3 % порівняно із температурою розмноження 16 °С і на 15,5 % порівняно із температурою розмноження 15 °С. Для КМК спостерігалась зворотна закономірність. В АП-1 за всіх температур мертві клітини були не зафіксовані. В АП-2 і АП-3 їх було більше за температури 17 °С. Отримані результати співпадають із даними інших дослідників щодо впливу температури на швидкість розмноження і відмирання дріжджів [4, с. 153].

Підвищена температури головного бродіння сприяла утворенню більшого вмісту діацетилу (рис. 2).



**Рис. 2. Динаміка вмісту діацетилу в молодому пиві під час доброджування, мкг/дм<sup>3</sup>, за різних способів розмноження дріжджів**

Підвищення температури, безумовно, по-перше, прискорює ріст дріжджів, що призводить до більшого утворення діацетилу, а по-друге, прискорюється активне біологічне розщеплення його за рахунок більшої швидкості обмінних процесів в дріжджовий клітині. Підтримання вищої температури протягом головного бродіння забезпечує отримання пива з високими кінцевими концентраціями діацетилу, але його рівень також знижується дуже швидко.

Вважається, що чим швидше закінчиться утворення діацетилу, тим більше його виділиться до кінця технологічного процесу [5, с. 86]. З точки зору економічної ефективності коротка витримка пива за більш високих температурах дає кращий ефект, ніж тривала за низьких, Підвищення температури збільшує швидкість хімічних реакцій і прискорює зброджування екстракту сусла (перший спосіб). Але з боку якості, кращим було пиво, отримане холодним способом (третій спосіб).

Отримані під час дослідження результати дозволяють охарактеризувати їх таким чином. *Перший спосіб* розмноження дріжджів і бродіння дозволяє скоротити тривалість головного бродіння і доброджування пива, але отримане пиво мало низьку якість. *За другого способу* якість пива несуттєво покращувалася, а виробничий процес був достатньо тривалим. *За третього способу* були отримані найкращі показники щодо якості пива (слід враховувати, що чим нижча температура бродіння, тим краща розчинність кисню), але бродіння проходить значно довше, що є економічно не вигідним. *За четвертого способу* бродіння отримуються бажані показники, і даний спосіб має свої економічні переваги порівняно з третім способом.

Отже, четвертий спосіб є альтернативним рішенням розглянутого питання. Низькі температури сприяють формуванню більш легкого, тонкого аромату у пиві, у той час як високі температури головного бродіння надають пиву фруктовий аромат. Таким чином, інтенсифікація бродіння за рахунок збільшення температури при одночасному збереженні якості пива є важливим фактором для оптимізації процесу, але можлива лише в обмеженому діапазоні.

Видалені із ЦКБА після головного бродіння насіннєві дріжджі за всіх розглянутих способів розмноження дріжджів та бродіння відповідали встановленим вимогам (табл. 2) і були придатні для повторного використання.

**Висновки.** Підвищення за температури розмноження дріжджів в пропагаторах від 15 до 17 °С сприяє збільшенню швидкості розмноження і розмноження дріжджів. Так, за температури 17 °С кількість дріжджевих клітин у

всіх пропагаторів була вище в середньому на 9,3 % порівняно із температурою розмноження 16 °С і на 15,5 % порівняно із температурою розмноження 15 °С.

**Таблиця 2**

**Характеристика насінневих дріжджів  
за різних способів розмноження і бродіння**

Спосіб розмноження	Концентрація, %	КМК, %	Кількість клітин з глікогеном, %
<b>1</b>	55	2	60
<b>2</b>	62	1	63
<b>3</b>	64	0,5	68
<b>4</b>	66	0,5	67
Регламентовані показники	не менше 50	не більше 5	не менше 60

Оптимальним режимом розмноження дріжджів в пропагаторах є поступове зниження температури від 17 °С в АП-1, до 16 °С в АП-2 і до 15 °С в АП-3. За таких умов виробничі дріжджі будуть краще адаптовані до умов головного бродіння в ЦКБА, завдяки чому було отримано пиво високої якості.

**Список літератури**

1. Вакербауер К., Бекман М. Разведение чистой культуры дрожжей. *Мир пива*. 2004, № 2. С. 16-28.
2. Давыденко С.Г. Применение методов окраски дрожжей для оценки их физиологического состояния. *Пиво и напитки*. 2007. № 2. С. 31-32.
3. Мелетьев А.Є., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підруч. / за ред. А.Є. Мелетьєва. Вінниця: Нова Книга, 2007. 392 с.
4. Аннемюллер Г., Мангер Г.-Й., Литц П. Дрожжи в пивоварении/ пер. с англ.

под. научн. ред. С.Г. Давыденко. Санкт Петербург : Профессия, 2015. 428 с.

5. Krogerus K., Gibson1 B. Diacetyl and its control during brewery fermentation. *The Institute of Brewing & Distilling*. 2013. V. 119. P. 86-97.

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

---

**86**

**International scientific conference  
of young scientist and students**

**"Youth scientific achievements  
to the 21st century nutrition  
problem solution"**

**April 2–3, 2020**

**Part 1**

---

**Kyiv, NUFT, 2020**

---

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

---

**86**

**Міжнародна наукова  
конференція молодих учених,  
аспірантів і студентів**

**"Наукові здобутки молоді –  
вирішенню проблем  
харчування людства у ХХІ  
столітті"**

**2–3 квітня 2020 р.**

**Частина 1**

---

**Київ НУХТ 2020**

## Зміст

1. Technology of functional ingredients and new food.....	7
2. Foodstuff expertise .....	47
3. Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates .....	99
3.1 Technology of bread and pasta.....	102
3.2. Technology of pastry and food concentrates.....	119
4. Grain processing technology .....	139
5. Technology of sugars, polysaccharides and water treatment.....	155
6. Technology of fermentation and wine.....	178
7. Technology of preservation .....	209
8. Technology of meat and meat products.....	242
9. Technology of milk and dairy products.....	288
10. Technology of fats and perfumery-cosmetic products .....	318
11. Ecological safety and labor protection.....	336
12. Biotechnology of microbial synthesis .....	367

## Content

1. Технологія функціональних інгредієнтів та нових харчових продуктів.....	7
2. Експертизи харчових продуктів.....	47
3. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів.....	99
3.1 Технологія хліба та макаронних виробів.....	102
3.2. Технологія кондитерських виробів та харчоконцентратів.....	119
4. Технологія переробки зерна.....	139
5. Технології цукру, полісахаридів і підготовки води.....	155
6. Технологія продуктів бродіння і виноробства.....	178
7. Технологія консервування.....	209
8. Технологія м'яса і м'ясних продуктів.....	242
9. Технологія молока і молочних продуктів .....	288
10. Технологія жирів та парфюмерно-косметичних виробів.....	318
11. Екологічна безпека і охорона праці.....	336
12. Біотехнологія і мікробіологія.....	367

### 18. Підвищення ефективності вилучення етилового спирту із головної та сивушних фракцій

Тетяна Ничеглод, Тетяна Суско, Юрій Булій, Анатолій Куц  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Практикою роботи спиртових заводу доведено, що відомі способи сумісної розгонки головної фракції етилового спирту та вищих спиртів масла сивушного і спирту сивушного не забезпечують відповідність якісних показників ректифікованого спирту вимогам ДСТУ 4221:2003 для спиртів сортів «Люкс» і «Пшенична сльоза».

**Матеріали і методи.** Методи досліджень – аналітичні, хімічні, фізико-хімічні з використанням приладів та методів досліджень, що застосовуються у виробництві ректифікованого етилового спирту. Концентрацію летких домішок спирту визначали за допомогою газового хроматографа з колонкою HP FFAP 50 m×0,32 m. Аналіз виконували згідно ДСТУ 4222:2003 «Горілки, спирт етиловий та водно-спиртові розчини. Газохроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів».

**Результати.** Запропонована технологія сумісної розгонки головної фракції етилового спирту та вищих спиртів масла сивушного і спирту сивушного, яка дозволяє збільшити вихід товарного спирту на 3,8-4 % та отримати ректифікований спирт сортів «Люкс» і «Пшенична сльоза» внаслідок підвищення ступеню вилучення і кратності концентрування головних та проміжних летких домішок спирту. Випробовування інноваційної технології проводились у виробничих умовах Сторонибаського МПД ДП «Укрспирт». Розгонку спиртовмісних фракцій здійснювали в розгінній колоні циклічної дії. В збірник погонів надходили головна фракція етилового спирту, сивушний спирт, сивушна фракція, підсивушна промивна вода, погони із конденсаторів бражної колони і сепаратора вуглекислого газу, погони із спиртовловлювачів та непастеризований спирт. В збірнику погони підігрівались теплом лютерної води до температури 80 °C і далі відцентровим насосом подавались на тарілку живлення колони. В нижню частину колони постійно надходила гріюча пара, а на верхню тарілку — гаряча вода на гідроселекцію із розрахунку, що концентрація етанолу в кубовій рідині не перевищувала 3-4 % об. Верхня частина розгінної колони, дефлегматор і конденсатор були з'єднані відповідними трубопроводами з декантатором. Для інтенсифікації розділення суміші в нижню частину декантатора подавали лютерну воду з рН 5-5,5, попередньо охолоджену в теплообміннику до температури 10-15 °C. Після змішування флегми із дефлегматора і конденсатора з лютерною водою температура суміші знижувалася до 20-35 °C. Одночасно концентрація етанолу зменшувалась від 68 до 30-40 % об. За таких умов в декантаторі відбувалося ефективне розшарування суміші. Із верхньої частини декантатора відбирали сивушно-естеро-альдегідний концентрат (СЕАК) в кількості 0,4-0,6 % від кількості ректифікованого спирту, а звільнену від нерозчинних у воді головних та проміжних домішок водно-спиртову рідину із нижньої частини декантатора направляли на верхню тарілку колони. Одночасно із ліхтаря конденсатора відбирали альдегідно-метанольний концентрат.

**Висновок.** Використання запропонованої технології вилучення етилового спирту із головної та сивушних фракцій дозволяє підвищити вихід спирту етилового ректифікованого на 3,8-4 % з 1 т умовного крохмалю та отримати товарний спирт, що відповідає за своїми якісними показниками вимогам ДСТУ 4221:2003 для спиртів сортів «Люкс» і «Пшенична сльоза».