

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

_____ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис)

« » лютого 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ Анатолій КУЦ
(підпис)

« » лютого 2024 р.

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

на тему: «Дослідження та удосконалення технології світлого і темного
сортів пива з цикорієм»

Виконав:

здобувач 2 курсу,
групи ТБ-2-7М

Тарнак Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Булій Юрій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Рецензент

Олена КУШНІР
(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

_____ Олександр ТАРНАК
(підпис)

Київ – 2024 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

_____ Анатолій КУЦ

31 серпня 2023 року

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

Тарнака Олександра Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження та удосконалення технології світлого і темного сортів пива з цикорієм»

Керівник роботи БУЛІЙ Ю.В., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 6 листопада 2023 року № 906–КС

2. Строк подання роботи 01 лютого 2024

3. Вихідні дані до роботи

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт

3. Дослідити технологічні способи і режими приготування пивного сусла для світлого і темного пива з цикорієм

4. Визначити питомі витрати сушеного, смаженого цикорію і гіркого хмелю

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ.

1. Цикорій як нетрадиційна інуліновмісна сировина для виробництва світлих і темних сортів пива (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методи та методика досліджень. 3. Дослідження технологічних процесів приготування пивного сусла для світлих і темних сортів пива з використанням сушених і смажених коренеплодів цикорію. 4. Оптимізація технологічного процесу. 5. Соціально–економічна ефективність роботи. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист. Загальні висновки.

Список використаної літератури.

Додатки.

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

Таблиці з результатами досліджень – 19

Графіки з результатами досліджень – 13

6. Консультанти розділів магістерської роботи

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

7. Дата видачі завдання 31 серпня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	11.09.23–27.10.23	виконано
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	28.10.23–4.11.23	виконано
	1–а атестація	5.11.2023	
3.	Теоретичне опрацювання досліджень способів і режимів приготування водних екстрактів сушеного і смаженого цикорію та пивного суслу	05.11.23–26.11.23	виконано
4.	Експериментальні дослідження приготування світлих і темних сортів пива з цикорієм	27.11.23–22.12.23	виконано
	2–а атестація	23.12.23	
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.23–30.12.23	виконано
6.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	31.12.23–06.01.24	виконано
7.	Оптимізація технологічного процесу	07.01.24–13.01.24	виконано
8.	Розрахунок соціально–економічної ефективності	14.01.24–24.01.24	виконано
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.24–31.01.24	виконано
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.02.24–05.02.24	виконано
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	06.02.24–10.02.24	
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	11.02.24–13.02.24	
13.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Олександр ТАРНАК

Керівник роботи, доцент

Юрій БУЛІЙ

АНОТАЦІЯ

Тарнак Олександр Володимирович «Дослідження та удосконалення технології світлого і темного сортів пива з цикорієм». Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології» за освітньою програмою «Технології продуктів бродіння і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2024.

Якість пива в значній мірі залежить від якісних показників солоду і несолодженої сировини, яку все більше використовують у пивоварінні для отримання нових сортів пива і збільшення обсягів виробництва. Перспективною нетрадиційною сировиною є цикорій звичайний або кореневий. Дослідження ефективності технології пива з його використанням є актуальною задачею.

Метою роботи є удосконалення технології світлих і темних сортів пива шляхом використання сушених і смажених коренеплодів цикорію для отримання нових сортів пива, підвищення якості і зменшення собівартості готового пива.

Для приготування сусла і пива встановлені питомі витрати цикорію і гіркого хмелю; обрані оптимальні режими затирання світлого солоду з додаванням сушеного цикорію; обґрунтована доцільність і наведені переваги способів використання смаженого цикорію в якості заміни карамельного солоду для отримання темного пива; визначені фізико-хімічні показники дослідних зразків пивного сусла і пива та органолептичні показники світлого, темного пива з цикорієм; розроблені принципові технологічні схеми для приготування пивного сусла; запропонована удосконалена технологія темного пива з цикорієм, виконано оптимізацію технологічного процесу; визначено соціально-економічну ефективність роботи та розроблені заходи щодо охорони праці і цивільного захисту.

Внесення у сусло гірких речовин сушеного і смаженого цикорію дозволяє зменшити питому витрату хмелю на 10–20 %, собівартість світлого пива на 1,6 %, а темного пива на 2,3 %.

Отримані зразки пива з цикорієм за фізико-хімічними та органолептичними показниками відповідали вимогам чинного стандарту.

Ключові слова: солод, цикорій, водний екстракт, затирання, пивне сусло, інулін, гіркі речовини, хміль, ферменти, нефільтроване пиво.

ABSTRACT

Tarnak Olexandr Volodymyrovych "Research and improvement of technology of light and dark beers with chicory". Qualification work for a master's degree in specialty 181 "Food Technologies" on an educational programme "Technologies of fermentation products and winemaking". National University of Food Technologies, Kyiv, 2024.

The quality of beer depends to a large extent on the quality of malt and unsweetened raw materials, which are increasingly used in brewing to obtain new types of beer and increase production volumes. A promising non-traditional raw material is common or root chicory. The study of the efficiency of beer technology with its use is an urgent task.

The aim of the work is to improve the technology of light and dark beers by using dried and roasted chicory root crops to obtain new types of beer, improve the quality and reduce the cost of finished beer.

Specific costs of chicory and bitter hops for wort and beer preparation have been established; optimum modes of mashing light malt with the addition of dried chicory have been chosen; expediency and advantage of methods of using roasted chicory as a substitute for caramel malt for dark beer preparation have been substantiated; physico-chemical parameters of experimental samples of beer wort and beer and organoleptic parameters of light, dark beer with chicory; principle technological schemes for beer wort preparation are developed; the improved technology of dark beer with chicory is offered, optimization of technological process is carried out; social and economic efficiency of work is determined and measures on labour protection and civil protection are developed.

The introduction of dried and roasted chicory into the wort bitter substances allows to reduce the specific consumption of hops by 10–20 % and the cost price of light beer by 1.6 % and dark beer by 2.3 %.

The obtained samples of beer with chicory by physico-chemical and organoleptic parameters corresponded to the requirements of the current standard.

Keywords: malt, chicory, water extract, mash, beer wort, inulin, bitters, hops, enzyme, unfiltered beer

ZARYS

Tarnak Aleksander Władimirowicz "Badania i doskonalenie technologii jasnych i ciemnych odmian piwa z cykorią". Praca kwalifikacyjna na stopień magistra w specjalności 181 Technologie żywności" program edukacyjny "Technologie produktów fermentacji i winiarstwa". Narodowy Uniwersytet Technologii Żywności, Kijów, 2024.

Jakość piwa zależy w dużej mierze od jakości słoðu i niesłodzonych surowców, które są coraz częściej wykorzystywane w browarnictwie w celu uzyskania nowych rodzajów piwa i zwiększenia wielkości produkcji. Obiecującym nietradycyjnym surowcem jest cykoria zwyczajna lub korzeniowa. Badanie wydajności technologii piwa z jej wykorzystaniem jest pilnym zadaniem.

Celem pracy jest udoskonalenie technologii piw jasnych i ciemnych poprzez zastosowanie suszonych i prażonych warzyw korzeniowych cykorii do otrzymywania nowych rodzajów piwa, poprawy jakości i obniżenia kosztów gotowego piwa.

Określono specyficzne koszty cykorii i chmielu goryczkowego do przygotowania brzeczki i piwa; wybrano optymalne tryby zacierania słoðu jasnego z dodatkiem suszonej cykorii; uzasadniono celowość i zalety metod stosowania prażonej cykorii jako substytutu słoðu karmelowego do piwa ciemnego; określono parametry fizykochemiczne próbek doświadczalnych brzeczki piwnej i piwa oraz parametry organoleptyczne piwa jasnego, ciemnego z cykorią; opracowano główne schematy technologiczne przygotowania brzeczki piwnej; zaproponowano ulepszoną technologię ciemnego piwa z cykorią, przeprowadzono optymalizację procesu technologicznego; określono społeczną i ekonomiczną efektywność pracy oraz opracowano środki ochrony pracy i ochrony ludności.

Wprowadzenie suszonej i prażonej cykorii do brzeczki gorzkiej pozwala zmniejszyć zużycie chmielu o 10–20 %, cenę piwa jasnego o 1,6 %, a piwa ciemnego o 2,3 %.

Otrzymane próbki piwa z cykorią pod względem parametrów fizykochemicznych i organoleptycznych odpowiadały wymaganiom obowiązującej normy.

Słowa kluczowe: słoð, cykoria, ekstrakt wodny, zacier, brzeczka piwna, inulina, goryczki, chmiel, enzymy, piwo nefiltrowane.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЦИКОРІЙ ЯК НЕТРАДИЦІЙНА ІНУЛІНОВМІСНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СВІТЛИХ І ТЕМНИХ СОРТІВ ПИВА (аналітичний огляд)	10
1.1 Ботанічні та біологічні особливості коренеплодів цикорію.....	10
1.2 Хімічний склад, харчова цінність і корисні властивості коренеплодів цикорію.....	12
1.3 Способи переробки коренеплодів з отриманням сушеного і смаженого цикорію	16
1.4 Характеристика фізико-хімічних показників світлого, карамельного солоду, свіжих, сушених і смажених коренеплодів цикорію.....	18
1.5 Технологічні режими приготування і порівняльна характеристика фізико- хімічних показників водних екстрактів сушеного і смаженого цикорію.....	21
1.6 Відомі способи використання цикорію у пивоварінні.....	24
1.7 Висновки.....	26
2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1 Матеріали досліджень.....	28
2.2 Методи досліджень.....	29
2.3 Методика досліджень.....	31
2.4 Обробка результатів досліджень.....	32
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ СУСЛА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПИВА З ЦИКОРІЄМ (експериментальна частина)	33
3.1 Дослідження та вибір способів і режимів процесів приготування сусла і його зброджування для отримання світлого пива.....	33
3.2 Дослідження та вибір способів і режимів процесів приготування сусла і його зброджування для отримання темного пива.....	38
3.3 Визначення питомих витрат гіркого хмелю для приготування світлого і темного пива з цикорієм.....	44
3.4 Розробка технологічної схеми приготування пивного сусла для отримання світлого і темного пива з цикорієм.....	47
3.5 Висновки.....	50
4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	52
5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	60
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	64
7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	78
ДОДАТКИ	82

					Дослідження та удосконалення технології світлого і темного сортів пива з цикорієм								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									
Виконав		Тарнак О.В.			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевірів		Булій Ю.В.									7	85	
									7				
Н. контр.									НУХТ ННІХТ ТБ-2-7М 2024				
Зав. кафедри		Куц А.М.											

ВСТУП

Актуальність теми. Додавання до світлого солоду несолодженої сировини на різних стадіях виробництва пива дозволяє збільшити екстрактивність пивного сусла і потужність варильного цеху, підвищити колоїдну та смакову стійкість готового пива, що є актуальною задачею, особливо для крафтового пивоваріння, а також розширити асортимент продукції та збагатити пиво цінними біологічно активними речовинами несолодженої сировини рослинного походження.

Перспективною нетрадиційною сировиною для виробництва світлих і темних сортів пива є інуліновмісна сировина - цикорій, топінамбур, жоржини, лопух, кульбаба лікарська та ін. Її використання покращує органолептичні показники пива, підвищує його колоїдну стійкість і біологічну цінність.

Найбільш ефективною сировиною для виробництва пива є цикорій звичайний або кореневий – *Cichorium intybus* L. Найціннішими компонентами цикорію є інулін, інулід, пектин, клітковина, органічні кислоти, аміний азот, амінокислоти, вітаміни, макро- та мікроелементи, цінні гіркі речовини (глікозид інтибин, лактуцин, лактопикрин, атараксатол) та ін.

Метою кваліфікаційної роботи було дослідження та удосконалення технології світлих і темних сортів пива шляхом використання сушених і смажених коренеплодів цикорію для отримання нових сортів пива, підвищення якості і зменшення собівартості готового пива.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- визначити оптимальну кількість сушеного цикорію для приготування світлого пива, обрати технологічні способи і режими затирання солоду з цикорієм;
- визначити оптимальну кількість смаженого цикорію для приготування темного пива, дослідити технологічні режими і обрати оптимальний спосіб приготування сусла;
- визначити питомі витрати гіркого хмелю для отримання світлого і темного сортів пива з цикорієм;
- дослідити фізико-хімічні показники дослідних зразків пивного сусла і готового пива;
- визначити органолептичні показники готового пива з цикорієм і порівняти їх з контрольними зразками;
- розробити принципові технологічні схеми для виробництва світлого і темного пива з цикорієм;
- провести оптимізацію технологічного процесу;
- визначити соціально-економічну ефективність роботи: розрахувати собівартість світлого і темного пива з цикорієм.

Об'єкти дослідження: технологія світлого і темного сортів пива з цикорієм.

Предмет досліджень: солод світлий, солод карамельний, цикорій сушений, цикорій смажений, пивне сусло, нефільтроване світле і темне пиво.

Методи досліджень. Загально прийняті у пивоварінні фізико-хімічні, аналітичні, органолептичні, розрахункові.

Наукова новизна. Запропонована удосконалена технологія світлого і темного сортів пива з цикорієм: за результатами досліджень обрані оптимальні способи і режими затирання солоду з додаванням сушеного цикорію, визначені витрати сушених, смажених коренеплодів цикорію і хмелю, розроблені принципові технологічні схеми і розрахована собівартість дослідних зразків пива.

Практичне значення роботи. Результати теоретичних і практичних досліджень можуть бути використані у виробничих умовах для виробництва нових сортів світлого і темного пива з цикорієм. Запропоновані способи і технологічні режими дозволяють збагатити пиво біологічно активними речовинами цикорію і зменшити його собівартість.

Публікації.

1. Тарнак О.В., Камінський А.В, Булій Ю.В Інноваційні способи приготування низькокалорійного дієтичного пива з використанням інуліновмісної сировини. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 3–7 квітня 2023 р. Київ: НУХТ, 2023. Ч.1. С.199.

2. Тарнак О.В., Куц А.М., Булій Ю.В. Підвищення якості спирту в умовах переробки некондиційованої сировини. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 15-16 квітня 2021. Київ: НУХТ, 2021 р. Ч.1. С.224.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається із 7 розділів, висновків, списку використаної літератури і додатків. Робота викладена на 85 сторінках друкованого тексту, містить 19 таблиць, 13 рисунків, 50 найменувань використаної літератури, у т.ч. 12 іноземної.

1. ЦИКОРІЙ ЯК НЕТРАДИЦІЙНА ІНУЛІНОВМІСНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СВІТЛИХ І ТЕМНИХ СОРТІВ ПИВА (аналітичний огляд)

1.1 Ботанічні та біологічні особливості коренеплодів цикорію

Останнім часом в Україні зменшився обсяг випуску пива за рахунок підвищення собівартості сировини для його виробництва, енерговитрат, а також зменшення купівельної спроможності населення. Ефективним вирішенням цієї проблеми є використання нетрадиційної сировини рослинного походження. З кожним роком пивоварні все більше використовують зернові культури: ячмінь, рис, кукурудзу, пшеницю, жито, овес, сорго, просо, тритикале та ін. Внесення несолодженої сировини на різних стадіях технологічного процесу дозволяє збільшити екстрактивність пивного сусла і завдяки цьому потужність варильного цеху, підвищити колоїдну та смакову стійкість готового пива, що є актуальною задачею, особливо для крафтового пивоваріння, а також розширити асортимент продукції та збагатити пиво цінними біологічно активними речовинами рослинної сировини [1].

До несолодженої сировини відносять цукровмісні та крохмалевмісні продукти, ферментативна активність яких практично дорівнює нулю: зернові культури, овочі, фрукти, цукор-пісок, цукрові та глюкозо-мальтозні сиропи, солодові і полісолодові екстракти та ін [32].

Для виробництва світлих і темних сортів пива перспективною нетрадиційною сировиною є інуліновмісна сировина, до якої відносяться цикорій, топінамбур, жоржина, лопух, кульбаба лікарська та ін. Внесення такої сировини в рецептуру пива дозволяє підвищити його біологічну цінність, подовжити термін зберігання готового пива і зменшити його собівартість завдяки частковій заміні коштовного хмелю гіркими речовинами цикорію, які виконують роль консервантів природнього походження [5,37].

Найбільш ефективною сировиною для виробництва пива є цикорій звичайний або кореневий (*Cichorium intubus* L.). Цикорій відноситься до трав'янистих рослин родини айстрових (*Asteraceae*). За систематикою Єнглера і Прантеля культура входить до складу язичкових квітів. Це дворічна рослина. В культурній формі цикорій є дворічною рослиною. Відомо два види цикорію: *Cichorium Intubus* – використовується для вирощування коренеплодів і *Cichorium Endivia* – використовується, як салатна культура, що містить велику кількість корисних мікроелементів, зокрема, 40...50 мг-% вітаміну С та 6...14 мг-% каротину (провітаміну А). Останній широко розповсюджений в Європі і використовується для корму тварин. Як кормова культура, цикорій дає до п'яти укосів. Один центнер зеленої маси містить 27 кормових одиниць і 2,7 кг перетравного протеїну. В народі її називають цикорій дикий, сині батоги, батіжки, волошка городня, голубій, петрові батоги, гонко, біль синя, сонцегляд, цикорінь, придорожник, серпівник, синя плічка, синявка, терник, тощо [39].

Наукова назва роду *Cichorium* прийшла до нас із грецької і в перекладі означає «я йду керувати полем», що пов'язано з властивістю цієї рослини рости

вздовж доріг та полів. Називають його також і «нареченою сонця» через те, що його квітки весь час повертаються за сонцем.

Цикорій відноситься до рослин помірних широт, добре росте в умовах прохолодного клімату і погано переносить високі температури південних районів. Оптимальною кліматичною зоною може бути та, яка забезпечує тривалість вегетаційного періоду 120 і більше днів, не менше 200–250 мм опадів і суму ефективних температур в межах 2100–2400 °С. За даними Н.І. Щібри для завершення розвитку ця рослина потребує тривалішого часу. У виробничих умовах коренеплоди досягають технологічної стиглості протягом 110–130 днів вегетації за середньої температури повітря не нижче 10 °С і 180–200 мм опадів. В умовах лісостепу України повної стиглості цикорій набуває через 5 місяців, хоча накопичення маси коренеплоду продовжується до пізньої осені.

За морфологічною характеристикою середня маса коренеплоду коливається в межах 150–450 г, довжина – від 10 до 40 см, товщина – від 3 до 12 см, головка коренеплоду здебільшого циліндричної форми з помірним переходом і зменшенням діаметра до хвостової частини. Відхиленнями від нормальної форми є вітисті коренеплоди, а також з розгалуженими кінчиками у хвостовій частині. Порівняно з коренеплодами цукрових буряків маса головки у коренеплодів цикорію значно менша. В дослідженнях, проведених В. О. Борисюком, К. А. Маковецьким, О. В. Ткачем середня маса головки коренеплоду складає 7,4 % від загальної маси, а хвостової частини коренеплоду – 6,93 %. Маса верхньої та середньої частини коренеплоду становить 85,67 %. Вміст моноцукрів у напрямку від головки до хвостової частини коренеплоду зростає від 5,79 до 9,12 %. Найменше інуліну міститься в головці. У верхній, середній і хвостовій частинах коренеплоду кількість інуліну майже однакова (на суху речовину припадає від 49,59 до 50,65 %). Між масою коренеплодів цикорію та вмістом в них цінного полісахариду інуліну встановлена така залежність: із збільшенням маси коренеплоду вміст інуліну збільшується [27].

Враховуючи ботанічний та біологічний потенціал цикорію коренеплідного та вимоги до ґрунтово – кліматичних умов вирощування, можна зробити висновок, що найбільш сприятливою територією для вирощування даної культури в Україні є лісостепова зона. При цьому врожайність коренеплодів у найбільш сприятливих умовах вирощування досягає 35 т/га за середньої маси коренеплоду 250...300 г.

Цикорій кореневий – цінна технічна, кормова та овочева рослина [44,47]. Сортівий цикорій вирощують в Житомирській і Хмельницькій областях. В Україні його посівні площі складають більше 3,5 тис. га, а в світі – понад 70 тис. га. Науковцями дослідного інституту «Хмелярство» сільського господарства «Полісся» Української академії аграрних наук (м. Житомир) і Уманської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України створені нові вітчизняні сорти цикорію: Уманський 90, 95, 96, 97 і 99. Коренеплоди цих сортів мають жовто-білий колір, конусоподібну, як у цукрових буряків, форму завдовжки 21–26 см,

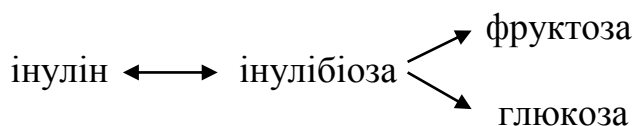
діаметром 9–14 см, без борозенки. Сорти стійкі до ураження церкоспородом, придатні для машинного збирання. Урожайність коренеплодів становить 420–500 ц/га. Після збирання коренеплоди зберігають протягом двох місяців в овочесховищах або буртах в польових умовах, запобігаючи їхньому підмерзанню. Для подальшої переробки їх висушують за температури не більше 80 °С до вологості 12 % і зберігають у складських приміщеннях [28,39].

1.2 Хімічний склад, харчова цінність і корисні властивості коренеплодів цикорію

Хімічний склад коренеплодів цикорію визначає його харчову цінність і корисні властивості. Вміст речовин, що містить цикорій, в значній мірі залежить від сорту і ґрунтово – кліматичних умов вирощування культури. В середньому свіжі коренеплоди містять 25 – 27 % сухих речовин (СР), із них 14–17 % інуліну і 73 – 75 % води. До СР відносяться водорозчинні і не розчинні у воді компоненти. Найбільше значення мають водорозчинні екстрактивні речовини: вуглеводи, азотисті, мінеральні речовини, органічні кислоти та ін. Частка вуглеводів становить 75 – 80 % від вмісту водорозчинних речовин. Решта складається із фруктози (10 – 20 %), сахарози, глюкози і пентози. Крім розчинних вуглеводів цикорій містить клітковину, гуммі– та інші речовини [45,46].

Найціннішим компонентом цикорію є інулін – полісахарид, який володіє лікувально-профілактичними властивостями. Його вміст у свіжих і сушених коренеплодах становить 55–60 %, а в смажених коренеплодах 25,6–28,0 % у перерахунку на СР. Інулін слугує запасним вуглеводом і може легко піддаватися гідролітичному розщепленню з утворенням фруктози і глюкози. Його гідроліз протікає під час пророщування коренеплодів під дією ферменту інулінази. При цьому моносахариди, що утворилися, частково витрачаються на дихальні процеси, і в результаті сировина частково втрачає свої технологічні властивості [40].

У сприятливих умовах зберігання енергійний гідроліз інуліну під дією інулінази супроводжується спочатку утворенням, а потім перетворенням інулібіози і фруктози в інулін за схемою:



Інулін (від лат. *inula-оман*), $(C_6H_{10}O_5)_n$ — полісахарид, який складається із залишків D-фруктози, з'єднаних між собою 1,2-глікозидними зв'язками, і залишків глюкози. Молекулярна маса інуліну дорівнює 5000–6000 [23].

Структурна формула полісахариду інуліну показана на рис. 1.1.

Інулін легко гідролізується при нагріванні з водою або в присутності органічних кислот. Під час кислотного гідролізу полісахариду утворюється 94–

97 % фруктози і 3–6 % глюкози. При неповному гідролізі утворюється дисахарид інулібіоза [48].

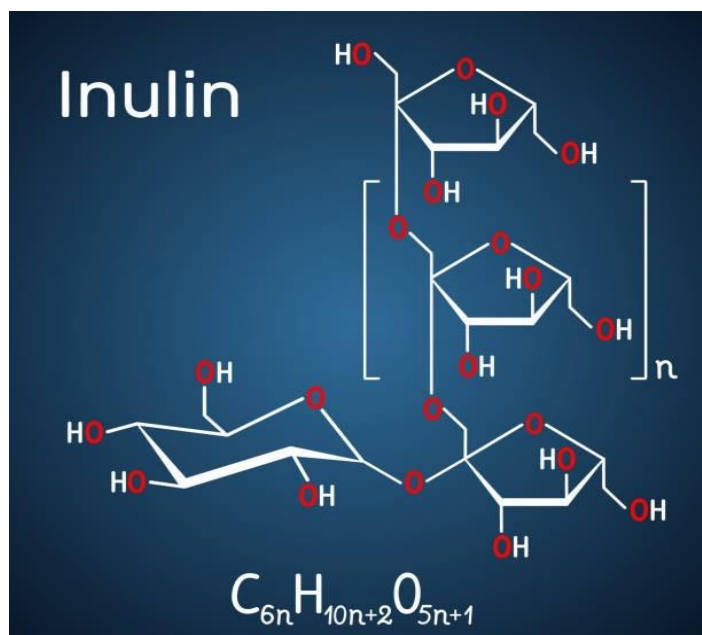


Рисунок 1.1 — Структурна формула полісахариду інуліну

Гідроліз інуліну відбувається під дією ферментів β-фруктофуранозидаз, наприклад, інвертази дріжджів та деяких цвілевих грибів. Специфічні ферменти, що гідролізують інулін, називаються інулазами (інуліназами).

Фермент інулосахараза бере участь як у гідролізі, так і у біосинтезі інуліну. Полісахарид майже не розчиняється у холодній воді, але добре розчиняється у гарячій воді, починаючи від 60 °C і вище; не реагує з йодом, не відновлює реактив Фелінга, має нейтральний слабкий солодкий смак (приблизно в 10 разів слабкіший від цукру). Температура плавлення інуліну становить 180–185 °C. При додаванні спирту відбувається осадження полісахариду. Водні розчини інуліну носять колоїдний характер; рН 10 %-го водного розчину дорівнює 4,6–7,0. При рН вище 5 гідролізу піддається менше 5 % інуліну навіть при температурі 150 °C. При нижчих значеннях рН ступінь гідролізу може бути вищою, але за звичайних технічних умов (без присутності кислот, ферментів або інших каталізаторів) не перевищує 10 %. На відміну від крохмалю інулін легко засвоюється діабетиками.

Основною технологічною властивістю інуліну є його здатність утворювати з водою білий непрозорий кремоподібний гель. Процес включає інтенсивне диспергування твердого інуліну у водному середовищі за допомогою мішалки або гомогенізатора з подальшим витримуванням отриманої суміші протягом деякого часу. При цьому інулін розпадається на дрібні тверді субмікронні частинки, які утворюють тривимірну пористу структуру у формі гелю, до складу якого входить асоційована вода. Отриманий гель має нейтральний смак та коротку текстуру, дуже близьку до текстури жиру. Тому інулін може імітувати присутність жиру в знежирених продуктах, покращуючи їхню

текстуру та органолептичні показники, наближаючи їх до якісних продуктів нормальної жирності. Крім того, при використанні в аерованих продуктах (мусах, пудингах, морозиві) та емульсіях (молочних спредах, пастах) інуліну підвищується їх стабільність. Інουλін має дуже низьку калорійність (у 100 грамах рослини міститься лише 21 ккал), тому цикорій відносять до дієтичних продуктів [13].

Інулін, отриманий із цикорію, є біфідостимулятором, який сприяє розвитку корисної кишкової мікрофлори, зміцнює загальний імунітет організму, являє собою природний стимулятор розвитку та становлення нормальної мікрофлори кишечника – є пробіотиком. Речовини, що містяться в коренеплодах, сприяють ослабленню запального процесу слизової оболонки шлунка і кишечника. Саме інουλін сприяє зниженню рівня цукру в крові, покращенню обміну речовин і травлення, а всі ці його властивості в комплексі відіграють позитивну роль у профілактиці та лікуванні діабету і боротьбі із зайвою вагою [40].

Заспокійливу дію на нервову систему людини цикорій надає завдяки наявності в його складі вітамінів групи В (саме ці вітаміни "відповідають" за відмінний настрій, міцний сон, енергійність і бадьорість). Інουλін можна застосовувати, як антикоагулянтний комплекс. Як поліфруктан, інулін є джерелом отримання D-фруктози. На основі продуктів переробки цикорію створено понад 40 лікарських препаратів [46,47].

У рослинах інулін синтезується із сахарози в результаті поступового трансфруктозилування. Як і крохмаль, інулін є найважливішою запасною речовиною, однак він менш розповсюджений і накопичується тільки в рослинах деяких родин. Найбільше інуліну містять такі рослини, як цикорій, лопух великий (реп'ях), топінамбур (соняшник клубненосний або земляна груша), кульбаба лікарська (інші назви – кульбаба звичайна або аптечна), оман високий, жоржина, нарцис, гіацинт, а також цибуля і часник (рис. 1.2).

Вміст інуліну: корінь цикорію – від 15 до 20 %; топінамбур (бульби) – від 16 до 18 %; спаржа – від 13 до 18 %; часник – від 9 до 16 %; артишоки – від 3 до 10 %; цибуля-порей – від 3 до 10 %; цибуля ріпчаста – від 2 до 6 %; ячмінь – від 0,5 до 1,5 %; пшеничне борошно – від 0,5 до 1,5 %; банани (особливо злегка зелені) – від 0,3 до 0,7 %; лікарські рослини: корінь кульбаби – до 40 %; корінь омани – до 44 %; корінь лопуха (сухий) – до 45 %.

Харчовий інулін додається як технологічний інгредієнт в дитяче харчування, молочні і шоколадні продукти, дієтичні вироби, морозиво, соуси, фастфуди. Це обумовлено тим, що полісахарид, з'єднуючись з водою, здатний імітувати відчуття жиру в продуктах, так як в даному виді являє собою кремоподібну субстанцію. Подібні властивості речовини стають по-справжньому корисними в процесі приготування знежирених, низькокалорійних продуктів. Найчастіше виділяють інулін з топінамбура або цикорію. Спочатку вихідну сировину подрібнюють і далі поміщають в екстрактор, в якому за допомогою турбулентних потоків екстрагують інулін. Отриману рідину згущують, осаджують, після чого очищують і висушують [42].

Виділений полісахарид виглядає як білий порошок, який використовують для отримання фруктози (рис. 1.3) [41,43,50].



Рисунок 1.2 — Вміст інуліну в рослинах



Рисунок 1.3 — Порошок інуліну

Крім інуліну цикорій містить значну кількість інулідів, пектину, клітковини, органічних кислот, амінного азоту, амінокислот, вітамінів, макро- та мікроелементів, цінні гіркі речовини (глікозид інтибін, лактуцин, лактопікрин, атараксатол, тараксастерол), що є моноефірами

параоксибенілоцтової кислоти. Їх вміст в свіжих коренеплодах становить 0,18 – 0,32 % у перерахунку на СР. Свіжі коренеплоди містять гіркий клітинний сік (показник гіркоти 1:600). Глікозид інтибін являє собою безколірну желатиноподібну масу з дуже гірким смаком, розчиняється у багатьох розчинниках (за винятком петролейного і сірчаного ефіру) і широко використовується у фармацевтичній промисловості. Крім того коренеплоди містять фенолкарбонові кислоти та їх похідні — протокатехіновий альдегід, цінну ефірну олію цикоріоль, вітаміни А, Е, В, В₂, В₁₂, РР [35].

Фізико-хімічні показники свіжих коренеплодів цикорію повинні відповідати вимогам ДСТУ 4753:2007 «Цикорій коренеплідний. Коренеплоди для промислового перероблення. Технічні умови». Цей стандарт регламентує умови заготівлі коренеплодів, їх приймання, показники його якості та методи їх визначання [15].

1.3 Способи переробки коренеплодів з отриманням сушеного і смаженого цикорію

Кінцевим продуктом переробки коренеплодів цикорію є пастоподібний розчинний цикорій (концентрований водний екстракт з вмістом СР 70 %) або порошкоподібний розчинний цикорій. Обидва продукти використовують для приготування напоїв в якості заміни кави. Їх виробництво здійснюють на Чуднівському і Славутському цикорієсушільних заводах, розташованих в Житомирській і Хмельницькій областях.

Технологія переробки цикорію передбачає прийомку і миття свіжих коренеплодів, їх інспекцію, подрібнення на кубики зі стороною 10 мм, висушування подрібнених коренеплодів гарячим повітрям за температури 80 °С до вологості 12 % та подальшу термічну обробку (обсмажування) в апаратах барабанного типу за температури 160–180 °С до вологості 3–5 %. Смажений цикорій подрібнюють на валковій дробарці. Подрібнений продукт розділяють по фракціям на млиновому розсіві, отримуючи крупку наступного гранулометричного складу: прохід через сито з діаметром отворів 7 мм – 100 %, сходження з сита з діаметром отворів 5 мм – 5 %. Дрібніший продукт використовують у виробництві кави та напоїв, які є її заміниками. Отриману крупку резервують у бункері, з якого через автоматичні ваги подають на дифузійну батарею для екстрагування розчинних речовин водою при температурі 85–90 °С. Отриманий водний екстракт фільтрують і згущують у вакуум-випарних апаратах під розрідженням 0,055 – 0,085 МПа і температурі, що не перевищує 80 °С до концентрації СР 70±2 %.

Процес обсмажування подрібнених коренеплодів цикорію являється важливим етапом в переробці цикорію. Сушений цикорій має трав'яний смак і запах, а його настій слабкий чайний колір. Під час термічної обробки подрібнених сушених коренеплодів відбуваються реакції мелаїдиноутворення і карамелізації цукрів з утворенням ароматичних речовин і ефірної олії цикоріоль (0,08–0,1 %) — легкої речовини, яка надає цикорію характерного кавового аромату. До складу олії входять оцтова кислота (63,5 %), валеріанова

кислота (6,43 %), акролеїн (2,5 %), фурфурол (2,3 %) і фурфуроловий спирт (23,25 %). Ефірна олія досить стійка до кип'ятіння. В процесі обсмажування коренеплодів відбувається гідроліз інуліну з утворенням левулінів і вільної фруктози. Його вміст зменшується майже в 2 рази і зберігається на рівні 25-28 % від вмісту СР. Концентрація редукуючих цукрів збільшується приблизно в 4 рази (від 5 до 20 % на СР). При високих температурах термічної обробки фруктоза карамелізується, і цикорій набуває коричневого кольору. В процесі обсмажування знижується вміст нерозчинних полісахаридів — клітковини і пентозанів. Із клітковини в процесі сухої перегонки утворюються жирні кислоти, ацетон інші з'єднання. Пентози витрачаються на утворення фурфурола і фурфуролового спирту, який наряду з іншими леткими речовинами приймає участь в формуванні аромату готового продукту. Сумарна кількість азотистих речовин змінюється суттєво: значна частина білку розкладається до аміаку, амінів і піролів, амінокислоти приймають участь в реакціях меланоїдиноутворення. Жири частково розкладаються з утворенням вільних жирних кислот, але загальний вміст ліпідів збільшується внаслідок накопичення жирних кислот.

Разом з тим в процесі обсмажування коренеплодів мають місце втрати цінних екстрактивних і барвних речовин, інуліну, фруктози, гірких речовин, незамінних амінокислот, вітамінів та ефірної олії, що зменшує біологічну цінність смаженого цикорію і погіршує його якість. Втрати цикорію по масі в середньому складають 26,4 %; під час термічної обробки вміст екстрактивних речовин зменшується від 80 до 74-76 % [7].

Враховуючи вищенаведені недоліки, в НУХТ була розроблена технологія розчинного цикорію, яка виключає стадію обсмажування коренеплодів, і передбачає отримання концентрованого екстракту або розчинного порошкоподібного цикорію із свіжих або сушених коренеплодів шляхом термообробки їх згущених водних екстрактів. Спосіб включає подрібнення коренеплодів на стружку, її висушування, приготування водного екстракту, фільтрування екстракту, подальше його концентрування, термообробку та охолодження готового продукту [32,33].

Оптимальними умовами екстрагування водорозчинних речовин цикорію є наступні: розміри стружки – товщина 2–4 мм, ширина 4–6 мм, довжина в 100 г 9–10 мм; температура екстрагування – 75 °С, гідромодуль – для сирової стружки 1:3, для висушеної 1:6, час екстрагування – 100 хв. Під час термообробки згущеного до 70±2 % СР екстракту за температури 110–115 °С протягом 60 хв інтенсивно протікають реакції Майяра з утворенням смакових, ароматичних і барвних речовин. Концентрований екстракт відрізняється зниженою щільністю, містить на 8,8 % більше інуліну, на 40 % більше вуглеводів і на 38 % ефірної олії. При цьому повністю виключається можливість утворення шкідливих канцерогенів під час високої температури обсмажування [14].

Використання концентрованого екстракту, отриманого згідно інноваційної технології, дозволяє підвищити якісні показники напоїв, збагатити їх біологічно цінними речовинами цикорію, подовжити термін зберігання напоїв

завдяки підвищеного вмісту гірких глікозидів та інуліну, а також розширити асортимент готової продукції [8,10].

Для виробництва харчових продуктів з додаванням нерозчинного цикорію цикорієсушильні заводи реалізують сушені та смажені подрібнені коренеплоди. Напівпродукти розфасовують у мішки вагою по 25 кг кожний. Сучасні броварні вже почали використовувати таку сировину у пивоварінні. Наприклад, відомим брендом в Україні та за її межами є легке пиво «Проскурівське», виготовлене Хмельницьким обласним заводом ПрАТ «Хмельпиво» з додаванням цикорію.

1.4 Характеристика фізико-хімічних показників світлого, карамельного солоду, свіжих, сушених і смажених коренеплодів цикорію

Фізико-хімічні показники світлого і темного солоду повинні відповідати вимогам ДСТУ 4282:2018 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови», які наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні фізико-хімічні показники якості сухого ячмінного пивоварного солоду [16]

Найменування показника	Норми для різних типів солоду			
	світлого			темного
	високої якості	1 класу	2 класу	
Прохід через сито 2,2×20 мм, %, не більше	2,0	3,0	7,0	7,0
Масова частка смітєвих домішок, %, не більше	<i>не допуск.</i>	0,3	0,5	0,3
Кількість зерен, %:				
борошнистих, не менше	90,0	85,0	80,0	90,0
скловидних, не більше	2,0	4,0	8,0	5,0
темних, не більше	<i>не допускається</i>			10,0
Масова частка вологи, %, не більше	4,0	5,0	5,8	5,0
Масова частка екстракту на СР солоду тонкого помелу, %, не менше	80,0	78,5	76,0	74,0
Масова частка білкових речовин в СР солоду, %, не більше	10,5	11,0	11,5	11,5
Тривалість оцукрювання, хв, не більше	10	15	25	—
Розчинний азот у солоді (на сухій основі), %	0,75 – 0,70	0,69 – 0,65	0,64 – 0,55	
Кольорність, см ³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ води, не більше	0,18	0,23	0,40	0,49 – 1,40
Кислотність, см ³ розчину гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³ суслу	0,9 – 1,1	0,9 – 1,2	0,9 – 1,3	—

Фізико-хімічні показники карамельного солоду, який використовують у суміші із світлим для виробництва темних сортів пива, наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Фізико-хімічні показники карамельного солоду

Найменування показника	Солод карамельний, класи	
	перший	другий
Масова частка вологи, %, не більше	6,0	6,0
Масова частка екстракту в сухій речовині, %, не менше	75,0	70,0
Кількість карамельних зерен, %, не менше	93,0	85,0
Масова частка смітних домішок, %, не більше	0,5	0,5
Колір (величина Лінтнера), не менше	20,0	20,0

Фізико хімічні показники свіжих, сушених і смажених коренеплодів згідно ДСТУ 4753:2007, ДСТУ 8210:2015 «Цикорій коренеплідний сушений. Технічні умови» і ДСТУ 8211:2015 «Цикорій коренеплідний смажений. Технічні умови» наведені в табл. 1.4, 1.5, 1.6 [7,17,18].

В 100 г свіжого кореня цикорію міститься :

- вода – 80 г;
- білки – 1,4 г
- жири – 0,2 г
- вуглеводи - 16 г
- харчові волокна (клітковина) – 1,5 г
- зола – 0,9 г

Вміст вітамінів у свіжих коренеплодах наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Вміст вітамінів в свіжих коренеплодах цикорію

Вітаміни	Вміст на 100 г
А	6 мкг
Е	2,26 мг
С	5 мг
В1 (тіамін)	0,06 мг
В2 (рибофлавін)	0,1 мг
В5 (пантотенова кислота)	1,16 мг
В6 (піридоксин)	0,241 мг
В9 (фолієва кислота)	110 мкг
РР (ніацин)	1,02 мг
Холін	12,8 мг

Вітамін А (*каротин*) - сильний засіб, антиоксидант, підтримує стан шкіри, підвищує її еластичність. Вітамін В₁ (*тіамін*) - необхідний для нормальної

роботи серцевого м'язу, нервової і травної системи. Вітамін В₂ - забезпечує функціонування щитовидної залози, репродуктивної системи, є необхідним для росту здорового волосся, міцних нігтів. Його недолік відобразиться на шкірі - вона стане вразливою для збудників інфекцій і зовнішнього впливу. Саме вітаміни групи В "відповідають" за відмінний настрій, міцний сон, енергійність і бадьорість. Вітамін С (*аскорбінова кислота*) - зміцнює стінки судин, робить їх еластичними, приймає участь у підтриманні м'язового тону, стимулює роботу захисної системи організму.

Вміст мікро- і макроелементів в свіжих коренеплодах наведено в табл.1.4.

Таблиця 1.4 – Вміст макро- і мікроелементів в коренеплодах цикорію

Мікроелементи	Вміст на 100 г	Макроелементи	Вміст на 100 г
Залізо	0,9 мг	Калій	420 мг
Марганець	233 мкг	Кальцій	100 мг
Мідь	77 мкг	Магній	30 мг
Селен	0,3 мкг	Натрій	45 мг
Цинк	0,42 мг	Фосфор	47 мг

Із даних таблиці 2 видно, що цикорій багатий калієм, необхідним для нормальної роботи серця, який допомагає виведенню з крові холестерину, сприяє розширенню судин, збільшенню амплітуди і нормалізації ритму серцевих скорочень. Високий вміст заліза дає можливість успішно застосовувати цикорій для профілактики і в комплексному лікуванні анемії (недокрів'я).

Згідно ДСТУ 8210:2015 цикорій сушений повинний мати форму стовпчиків довжиною 70 мм, шириною 15 мм і товщиною 8 мм або кубиків зі стороною 15 мм. Смак і запах – терпкий, слабкувато-гіркий, властивий сушеному цикорію, без сторонніх запахів та присмаків. Колір – сірий різних відтінків, допускається світло-коричневий відтінок. Масова частка вологи – не більше 12 %; масова частка дрібних частинок – не більше 4 %; масова частка домішок: органічних – не більше 0,8 %, мінеральних – не більше 0,2 %. Не допускається присутність горілих, перерослих, підморожених, червувих, сирих, пліснявих кусочків, а також цикорію пошкодженого шкідниками хлібних злаків.

Згідно ДСТУ 8004:2015 вміст вологи у смаженому цикорію не повинний перевищувати 5 % (допускається підвищення вологи під час зберігання до 7 %).

Згідно ГОСТ 6805-97 масова частка екстрактивних речовин не повинна бути менше 50 %, масова частка органічних домішок не повинна перевищувати 4,5 % (ГОСТ 15113.4:2021).

Згідно ДСТУ 5020:2008 масова частка металічних домішок не повинна перевищувати 0,5 %, а зараженість шкідниками не допускається.

Фізико-хімічні показники свіжих, сушених і смажених коренеплодів цикорію наведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 - Фізико хімічні показники свіжих, сушених і смажених коренеплодів цикорію

Найменування показника	Коренеплоди		
	свіжі	сушені	смажені
Вміст сухих речовин, %	25–27	86–88	95,6–98,0
Вміст інуліну на суху речовину, %	56–60	55,6–59,7	25,6–28,0
Вміст води, %	73–75	12–14	2,0–4,4
Водорозчинні екстрактивні речовини в сухій речовині, %	78–80	78–80	74–76
Мінеральні речовини, %	0,9	1,2–1,4	5,82–9,0
Загальний азот, %	1,2	1,2	0,58–0,84
Вміст білку, %	1,4	1,4	3,56–5,28
Вміст редуруючих цукрів, % до інверсії після інверсії	15,0 –	15,0 –	4,56–10,24 6,57–18,15
Кольорність за шкалою фотоелектроколориметра з зеленим світлофільтром	–	–	2,8–4,0

Серед 25 % СР в свіжих коренеплодах міститься 2 % фруктози та 1,2 % азотистих сполук (5 % у перерахунку на СР). Смажений цикорій містить значну кількість екстрактивних речовин, тому його додають в натуральну каву і кавові напої для покращення смаку і збільшення щільності напоїв.

Барвні речовини смаженого цикорію обумовлені вмістом меланоїдинів, які здатні поглинати світлову енергію в УФ-області спектру. Спектр меланоїдинів утворює мономерний максимум при довжині хвилі 285–300 нм, а мінімум при довжині хвилі 265 нм [7].

1.5 Технологічні режими приготування і порівняльна характеристика фізико-хімічних показників водних екстрактів сушеного і смаженого цикорію

Екстрагування водорозчинних речовин рослинної сировини, у тому числі і цикорію, здійснюють у екстракторі, загальний вигляд якого показано на рис. 1.4. Екстрактор містить циліндрично-конічну ємність 1, в нижній частині якої розташована сітчаста вставка 2. В середині ємності розміщена труба 3 з розтрубом 4 і конусною сітчастою насадкою 5. В середині труби вертикально встановлена мішалка 6 з приводом 7, закріпленого на кришці 8. Для завантаження цикорію слугує патрубок 9, для відведення екстракту – патрубок

11, розміщений в сорочці 10. Ємність оснащена паровою сорочкою 12 з патрубками для подачі гріючої пари 13 і відведення конденсату 14. В нижній частині ємності розміщений люк 15 для відведення залишку екстракту, а у верхній частині патрубок 16 для тангенційної подачі екстрагента (води). Така конструкція екстрактора забезпечує безперервну циркуляцію екстрагента і дозволяє інтенсифікувати процес екстрагування водорозчинних речовин цикорію [2].

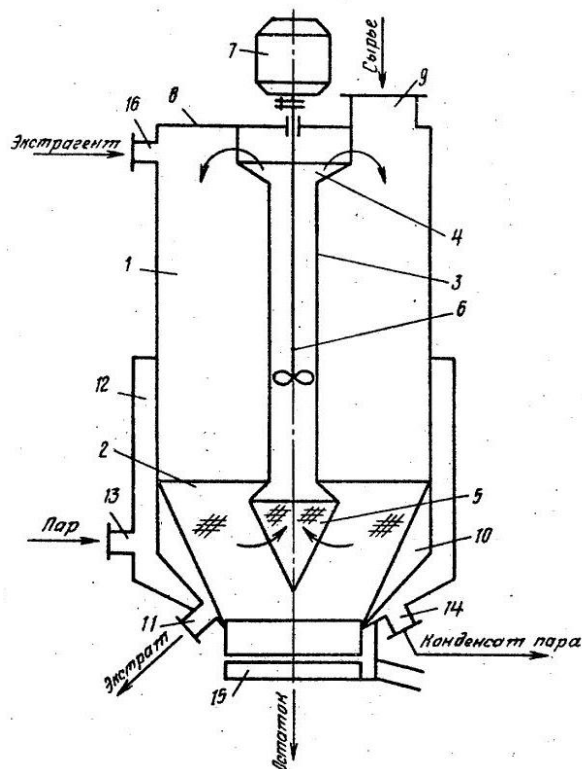


Рисунок 1.4 — Загальний вигляд екстрактора

Оптимальним технологічним режимом для екстрагування водорозчинних речовин свіжого цикорію є наступний: розміри стружки – товщина 2-4 мм, ширина 4-6 мм, довжина в 100 г 9-10 мм; температура екстрагування – 75-78 °С, гідромодуль – 1:(1,5-3).

Оптимальний технологічний режим для екстрагування водорозчинних речовин подрібненого сушеного цикорію: гідромодуль 1:(4-5), тривалість екстрагування – 90 хв. Екстрагування розчинних речовин із суміші свіжого або сушеного цикорію і зернової сировини можливо проводити в окремому екстракторі або сумісним способом (у заторних апаратах) [7].

Пектинові речовини у порівнянні з вуглеводами мають малий коефіцієнт дифузії. Їх вміст у свіжих коренеплодах становить 7 % в перерахунку на СР. Із них тільки 0,2-0,25 % знаходиться у розчинному стані і можуть переходити у екстракт. При температурах, які перевищують 75 °С, різко зростає в'язкість екстракту внаслідок набухання нерозчинного протопектину, який переходить у розчин у вигляді пектину.

Внаслідок того, що клітинна система цикорію під час його обсмажування порушується, а клітковина і протоплазма знаходяться у розкритому стані, то на

відміну від сирої стружки дифузія органічних речовин розпочинається вже за температури води 25–30 °С. За цієї температури протягом 10 хв із цикорію вилучаються 5–7 % екстрактивних речовин. З підвищенням температури води крива вилучування поступово зростає. Найбільш інтенсивно процес екстрагування відбувається при температурі 75–80 °С і досягає максимуму при температурі 85–90 °С на 70-й хвилині процесу.

Із літературних джерел відомо, що через підвищений вміст у зернових культурах білкових речовин, крохмалю та клейковини додавання цикорію ускладнює і зменшує ефективність екстрагування його розчинних речовин. Крім того, через високу гігроскопічність смаженого цикорію процес екстрагування супроводжується його набуханням. Як наслідок, суттєво зростає кінематична щільність таких заторів (від 17–19 до 28–30 сР), що погіршує ефективність їх подальшого фільтрування. Враховуючи вищесказане, екстрагування смажених коренеплодів доцільно здійснювати в окремому екстракторі, а не в заторних апаратах.

Оптимальною температурою для екстрагування смаженого цикорію є 85–90 °С; співвідношення сировини та води 1:(6–7). За таких умов у екстракті спостерігається оптимальне співвідношення інуліну та фруктози. При більш високій температурі процес гідролізу інуліну проходить більш глибоко і накопичується значна кількість фруктози, що знижує смакові якості екстракту і суслу. При температурі екстрагента нижче 85 °С суттєво погіршується перехід СР у екстракт, що приводить до зменшення його виходу. Крім того зростають втрати СР з шротиною [7].

Фізико-хімічні показники водних екстрактів сушеного і смаженого цикорію наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Порівняльна характеристика фізико-хімічних показників водних екстрактів сушеного і смаженого цикорію

№ з/п	Показник	Водний екстракт цикорію	
		сушеного	смаженого
1.	Вміст СР, %	15,2	17,1
2.	Інулін, % в перерахунку на СР	54,5	25,0
3.	Спирторозчинні вуглеводи, % в перерахунку на СР	24,7	19,0
4.	Пектинові речовини, % в перерахунку на СР	1,0	0,42
5.	Загальний азот, г/100 г екстракту	1,012	0,845
6.	Амінний азот, мг/100 г екстракту	409,3	13,4
7.	Білок, г/100 г екстракту	6,47	5,28
8.	Амінокислоти, г/100 г екстракту	2,35	0,084
9.	Активна кислотність (рН)	5,3	4,3
10.	Титрована кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ NaOH на 100 см ³	0,5	0,9
11.	Гіркі речовини (глікозиди), %	0,16	0,06

Концентрація СР у водних екстрактах цикорію становить 15 – 18 %. Вміст екстрактивних речовин у цикорній шротині не повинний перевищувати 0,5 %.

Із даних табл. 1.6 видно, що в екстракті, отриманому із сушених коренеплодів, вміст інуліну на 48 % перевищує його концентрацію у екстракті, отриманого із смаженого цикорію; вміст спирторозчинних вуглеводів – на 35 %, амінного азоту і амінокислот – на 96,3 %, а концентрація білків – на 24 %. Пояснюється це тим, що при високих температурах обсмажування (160 °С) відбуваються реакції меланоїдиноутворення і карамелізації, термічне розкладання інуліну. Разом з тим на 62,5 % зменшується концентрація гірких речовин. До спирторозчинних вуглеводів відносяться моноцукри, представлені, в основному, фруктозою, в меншій мірі сахарозою і в незначній мірі глюкозою.

1.6 Відомі способи використання цикорію у пивоварінні

Відомі способи приготування світлих і темних сортів пива, що передбачають внесення в пивне сусло водних екстрактів бульбової або надземної частини топінамбуру, сухих порошків з вологістю не більше 14 % у співвідношенні до солоду від 1:100 до 1:16 із розрахунку на СР, концентрованого водного екстракту смаженого цикорію з вмістом СР 70 ± 2 % в кількості 2–7 % або подрібнених сушених коренеплодів в кількості 4-10 % від маси зернопродуктів, внесення в затір ферментного препарату «Діазим Х4» та ін. [24–26].

Ферментний препарат «Діазим Х4» містить глюкоамілазу, α -амілазу, слідову кількість протеолітичної активності. Це світло-коричнева рідина з питомою щільністю 1,12 г/см³, глюкоамілазна активність становить 6000 од/г. Оптимальними умовами для дії ферменту є рН 4,4 і температура 60 °С.

Їх використання дає можливість отримувати нові сорти пива з підвищеною біологічною цінністю за рахунок збагачення продукту інуліном, мікроелементами та іншими біологічно-активними сполуками рослинної сировини, зменшити в готовому продукті вміст декстринів, редукуючих вуглеводів, понизити харчову та енергетичну цінність внаслідок більш високого ступеню зброджування пивного сусла.

Згідно відомих способів розрахункову кількість концентрованого водного екстракту цикорію вносять на стадії затирання зернопродуктів під час проведення білкової паузи за температури затору 52 °С або під час кип'ятіння сусла з хмелем, а саме за 30 хв до кінця процесу кип'ятіння.

Існують способи приготування сусла для темного пива, які передбачають внесення у сушловарильний апарат смаженого подрібненого цикорію в кількості 5, 10 і 15 % від кількості зернопродуктів. Наприклад, для приготування пива «Оригінальне» використовують світлий солод в кількості 86 %, цукор – 4 % і екстракт цикорію – 10 %.

Для виробництва спеціального низькокалорійного пива в якості замінників солоду використовують концентрований екстракт цикорію і овес. Завдяки частковій заміни ячмінного солоду на овес і цикорій і внесенню ферментних

препаратів для активації гідролізу крохмалю та інуліну відбувається зниження вмісту вуглеводів. Для приготування такого пива овес в кількості 10 %, концентрований екстракт цикорію в кількості 1 % від загальної маси зернопродуктів та розрахункову кількість ферментних препаратів вносять на стадії затирання. Додавання екстракту цикорію дозволяє зменшити щільність сусла, збільшити у суслі вміст амінного азоту і підвищити активність дріжджів. Досліджено, що колір сусла в значній мірі залежить від кількості екстракту цикорію. При збільшенні кількості внесеного цикорію у суслі збільшується вміст поліфенолів, що негативно впливає на смакову стабільність пива.

Екстракт цикорію характеризується високим вмістом вуглеводів, амінокислот та мікроелементів. Він служить надійним і доступним джерелом антиоксидантів, харчових волокон, біологічно активних речовин.

Фізико-хімічні показники якості концентрованого екстракту цикорію: масова частка СР – 70 %; кислотність – 58 к. од.; вміст білків – 4,1 %; редукуючих вуглеводів – 64,0 %; у тому числі інуліну – 22 %; мінеральних речовин – 1,9 %; енергетична цінність – 272 ккал.

Розроблена технологія нового пива «Дієтичне» з використанням екстракту цикорію в якості інуліновмісної сировини. Для його приготування рецептурою передбачено внесення екстракту цикорію у кількості 5 – 10 % на стадії затирання або на стадії кип'ятіння сусла з хмелем [9].

Відомий спосіб приготування сусла для світлого пива з використанням свіжого цикорію. Спосіб здійснюють наступним чином. Коренеплоди цикорію миють, подрібнюють на стружку, змішують з водою в екстракторі у співвідношенні 1:(1,5–3,0) при температурі 70–75 °С і проводять екстрагування водорозчинних речовин протягом 40–60 хв до вмісту їх в екстракті 16–18 %. Світлий пивоварний солод подрібнюють і змішують з водою температурою 45–47 °С у співвідношенні 1:(4–5) у заторному апараті. При цій температурі витримують паузу для гідролізу білків (20–30 хв при включеній мішалці). Отриманий водний екстракт цикорію відокремлюють від цикорної шротини фільтруванням через сито і змішують із солодовим затором у заторному апараті. При цьому температура суміші підвищується до 52–53 °С і в суміш вносять ферментний препарат інуліназу (наприклад, ферментний препарат ксилотрансферази П10Х в кількості 0,6–0,9 % до маси екстракту, Fructozyme 1, *Aspergillus awamori* 2250) для гідролітичного розщеплення поліфруктану (інуліну). Після витримки затору протягом 30 хв. його температуру підвищують до 63 °С з інтенсивністю нагріву 1 °С/хв з метою продовження ферментативного гідролізу інуліну, витримують при цій температурі 30 хв, після цього температуру затору доводять до 70 °С і витримують паузу до повного розщеплення полісахариду. Далі затір нагрівають до 75 °С і фільтрують через шар дробини (90 хв фільтрація першого сусла і 120 хв вилужування дробини промивною водою). Під час фільтрування підтримують температуру 75–78 °С. Отримане сусло кип'ятять протягом 2 год з хмелем, введеним виходячи з норми його дозування із розрахунку 20 г/дал. Охмелене сусло охолоджують і фільтрують [32].

Відомі способи виробництва темних сортів пива, які передбачають додавання до світлого солоду карамельного, паленого, темного та інших коштовних барвних солодів. Їх використання значно підвищує собівартість готового пива. Наявність в обсмаженому цикорію барвних, ароматичних речовин (меланоїдинів і карамелей) дозволяє частково замінити темний і карамельний солод. Це дасть змогу знизити собівартість готового продукту без поіршення його якісних показників.

Науковцями кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства Національного університету харчових технологій розроблений спосіб приготування темного сорту пива з використанням смаженого цикорію [3,4]. Перші дослідження і виробничі випробування ефективності інноваційної технології були проведені представниками кафедри на Фастівському пивоварному заводі у 1989 р. Для приготування темного пива концентрацією початкового сусла 13,5 % смажений цикорій вологістю 3 % в кількості 3 % засипали на сито фільтраційного апарата. Під час фільтрування затору і промивання дробини при температурі 76–78 °С протягом 3,5–4 год відбувалося ефективне вилужування розчинних речовин цикорію.

Відомі вищенаведені способи дозволяють отримати нові світлі і темні сорти пива, підвищити його біологічну цінність, покращити органолептичні показники пива і зменшити витрати гіркого хмелю, але мають ряд недоліків: внесення у затір коштовного концентрованого екстракту цикорію з вмістом СР 70 % призводить до підвищення щільності затору і збільшення собівартості пива; екстрагування водорозчинних речовин смаженого цикорію у фільтраційному апараті і подальше кип'ятіння екстракту разом з суслом призводить до часткової втрати цінних гірких і ароматичних речовин цикорію.

1.7 Висновки

1. Перспективною нетрадиційною сировиною для виробництва пива є цикорій звичайний або кореневий (*Cichorium intubus L.*). Урожайність його коренеплодів становить 420–500 ц/га. Цикорій сортовий придатний для машинного збирання, зберігатися в осінній період протягом двох місяців в овочесховищах або буртах в польових умовах без підмерзання, а після висушування до вологості 12–14 % в складських приміщеннях цілий рік.

3. Найціннішими компонентами цикорію є інουλін – полісахарид, який гідролізується при нагріванні з водою з утворенням 94–97 % фруктози і 3–6 % глюкози, і гіркі речовини – глікозиди, які виключують роль консервантів природнього походження.

4. Відомі способи переробки коренеплодів передбачають отримання сушених, смажених коренеплодів і концентрованого екстракту з вмістом СР 70±2 %. Висушування подрібнених коренеплодів проводять при температурі 80 °С до вологості 12 %, обсмажування сушеного цикорію – при температурі 160 °С до вологості 4 %.

5. Основними виробниками розчинного цикорію, сушених і смажених коренеплодів є Славутський і Чуднівський цикорієсушильні заводи.

6. Концентрація СР у водних екстрактах цикорію становить 15 – 18 %. Сушені коренеплоди містять на 48 % бльше інуліну і на 62,5 % більше гірких речовин, ніж смажені коренеплоди цикорію.

7. Відомі способи використання концентрованого екстракту цикорію і смажених коренеплодів у пивоварінні призводять до збільшення собівартості готового пива та часткової втрати цінних гірких і ароматичних речовин на стадії кип'ятіння сусла.

8. Після виконання аналітичного огляду і аналізу літературних джерел розроблено мету і задачі досліджень за обраною темою кваліфікаційної роботи.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження та удосконалення технології світлих і темних сортів пива шляхом використання сушених і смажених коренеплодів цикорію для отримання нових сортів пива, підвищення якості і зменшення собівартості готового пива.

Задачі досліджень:

- визначити оптимальну кількість сушеного цикорію для приготування світлого пива, обрати технологічні способи і режими затирання солоду з цикорієм;
- визначити оптимальну кількість смаженого цикорію для приготування темного пива, дослідити технологічні режими і обрати оптимальний спосіб приготування сусла;
- визначити питомі витрати гіркого хмелю для отримання світлого і темного сортів пива з цикорієм;
- дослідити фізико-хімічні показники дослідних зразків пивного сусла і готового пива;
- визначити органолептичні показники готового пива з цикорієм і порівняти їх з контрольними зразками;
- розробити принципові технологічні схеми для виробництва світлого і темного пива з цикорієм;
- провести оптимізацію технологічного процесу;
- визначити соціально-економічну ефективність роботи: розрахувати собівартість світлого і темного пива з цикорієм.

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

Збір матеріалів і дослідження виконувались під час проходження переддипломної практики на ДП ЗАТ «Оболонь» «Пивоварня Зіберта» і на кафедрі біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ.

Для проведення досліджень використовували наступні матеріали:

- сушені коренеплоди цикорію згідно ДСТУ 8210:2015 «Цикорій коренеплідний сушений. Технічні умови» [17];
- смажені коренеплоди цикорію згідно 8211:2015 «Цикорій коренеплідний смажений. Технічні умови» [18];
- світлий ячмінний солод «Best Pilsen Malt» (виробник Німеччина) [16];
- карамельний солод «Best Caramel Malt Dark» (виробник Німеччина) [16];
- ферментний препарат інулінази «Інулоаваморин П10Х», отриманий на основі мікроміцету «Aspergillus awamori 2250», активність 14 од/г;
- гранульований хміль чеського сорту «Агнус» (вміст α -кислоти 5,2 % в перерахунку на повітряно-суху речовину, вологість 10,3 %) [20];
- дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, раса RH – дріжджі низового бродіння.

Дослідні зразки світлого сусла і пива (11 % СР)

- зразок № 1 – 100 % ячмінного світлого солоду (контроль);
- зразок № 2 – 88 % ячмінного солоду, 2 % сушеного цикорію;
- зразок № 3 – 86 % ячмінного солоду, 4 % сушеного цикорію;
- зразок № 4 – 84 % ячмінного солоду, 6 % сушеного цикорію.

Дослідні зразки темного сусла і пива (13 % СР)

- зразок № 5 – 95 % ячмінного солоду, 5 % карамельного солоду (контроль);
- зразок № 6 – 97 % ячмінного солоду, 3 % смаженого цикорію;
- зразок № 7 – 95 % ячмінного солоду, 5 % смаженого цикорію;
- зразок № 8 – 93 % ячмінного солоду, 7 % смаженого цикорію.

2.2 Методи досліджень

2.2.1 Визначення вмісту інуліну в коренеплодах цикорію спектрофотометричним методом [6,35].

Техніка аналізу. Наважку подрібнених коренеплодів цикорію вагою 1000 мг поміщали в колбу зі шліфом місткістю 250 см³, додавали 100 см³ води, перемішували, зважували, приєднували до зворотного холодильника і кип'ятили на водяній бані протягом 30 хв. Колбу охолоджували, зважували, доводили до попередньої ваги водою. Витяжку фільтрували крізь паперовий фільтр у мірну колбу місткістю 100 см³, промивали фільтр водою та доводили об'єм розчину до мітки (розчин А).

50 см³ розчину А поміщали в колбу місткістю 250 см³, додавали 150 см³ 96 %-го етилового спирту, суміш перемішували протягом 5 хв, охолоджували, фільтрували крізь паперовий фільтр. Осад на фільтрі і на стінках колби послідовно промивали етиловим спиртом концентрацією 96 % об, взятого в кількості 15 см³, ацетоном, взятого в кількості 10 см³ і етилацетатом (15 см³). Осад на фільтрі та стінках мірної колби промивали гарячою водою порціями: спочатку по 25 см³ три рази, а потім по 10 см³ два рази до розчинення осаду. Фільтрат збирали в мірну колбу місткістю 100 см³ і доводили об'єм розчину водою до мітки (розчин Б).

5 см³ розчину Б поміщали в мірну колбу місткістю 25 см³, додавали 5 см³ 0,1 % розчину резорцину, об'єм розчину доводили до 25 см³ кислотою концентрованою хлористоводневою кислотою, нагрівали на водяній бані при температурі (80±2) °С протягом 20 хв, охолоджували до кімнатної температури і визначали оптичну густину при довжині хвилі 485 нм. Вміст інуліну (Н, %) у сировині у перерахунку на абсолютно суху речовину розраховували за формулою:

$$H = \frac{A \cdot 100 \cdot 100 \cdot 25 \cdot 100 \cdot 100}{475 \cdot 100 \cdot m \cdot 50 \cdot (100 - W)};$$

де А – оптична густина розчину; 475 – коефіцієнт питомого поглинання комплексу фруктози з розчином резорцину; m- вага наважки сировини, г; W - втрата ваги при висушуванні сировини, %.

Спосіб 2. Наважку вагою 0,1 г порошку цикорію поміщали в конічну колбу на 250 см³, додавали 100 см³ дистильованої води і розчиняли на водяній бані. (розчин А). У круглодонну колбу з шліфом поміщали 1,0 см³ розчину, додавали 25 см³ 5 %-го розчину соляної кислоти, колбу приєднували до зворотного холодильника, нагрівали на киплячій водяній бані протягом 2,5 год. Після охолодження до кімнатної температури вміст колби кількісно переносили в мірну колбу на 25 см³ і об'єм розчину доводили до мітки 5 %-ним розчином соляної кислоти (розчин Б).

Далі визначали оптичну густину розчину Б при довжині хвилі 285 нм в кюветі товщиною шару 10 мм. Для порівняння використовували розчин, що містив 1,0 см³ розчину А, доведеного в мірній колбі місткістю 25 см³ 5 %-ним

розчином соляної кислоти до мітки. Вміст інуліну (X) в перерахунку на фруктозу (у %) розраховували за формулою:

$$X = \frac{D \cdot 100 \cdot 25}{E_{1\%}^{1\%} \cdot m \cdot 1} = \frac{D \cdot 100 \cdot 25}{298 \cdot m \cdot 1},$$

де X – вміст інуліну %; D – оптична щільність дослідного розчину при довжині хвилі 285 нм; 298 – питомий показник поглинання продукту трансформації фруктози після кислотного гідролізу; m - наважка, мг.

2.2.2 Визначення фізико-хімічних показників пивного суслу

Фізико-хімічні показники пивного суслу визначали загальноприйнятими у пивоварінні методами: *масову частку СР* – ареометричним і рефрактометричним методами; *активної кислотності* – за допомогою рН-метра; *титрованої кислотності* – титруванням суслу розчином лугу до нейтральної реакції; *кольорності суслу* – візуальним методом колориметричним титруванням розчином йоду; *вмісту амінного азоту* – мідним способом по Попу і Стівенсу; *редуючих речовин* – методом Вільштетера – Шудля [30,37].

2.3.3 Аналіз показників якості дослідних зразків нефільтрованого пива [37]

Визначення фізико-хімічних показників

Для визначення фізико-хімічних показників нефільтрованого пива використовували загальноприйняті у пивоварінні методи досліджень: *вмісту видимого екстракту* – ареометричним методом; *дійсного екстракту* – дистиляційним методом; *спирту* – після перегонки пива в дистиляті зануреним рефрактометром; *вмісту вуглекислого газу* – манометричним методом; *піностійкості* – шляхом замірювання висоти шару піни і встановлення часу, який минув з моменту її виникнення до повного руйнування піни.

Дійсний ступінь зброджування (%) розраховували після визначення вмісту дійсного екстракту в пиві та вмісту СР у початковому суслі.

Видимий ступінь зброджування (%) розраховували за вмістом СР у початковому суслі і видимого екстракту в пиві

Визначення органолептичних показників

В готовому пиві органолептично оцінювали прозорість, колір, смак, аромат, хмелеву гіркоту, насиченість діоксидом вуглецю, піноутворення та піностійкість. Максимальна дегустаційна оцінка дослідних зразків становила 25 балів і визначалася, як сума балів при оцінюванні кожного показника: прозорості – 3, кольору – 3, смаку – 5, хмелевої гіркоти – 5, аромату – 4 і піностійкості – 5.

Для дегустації пива застосовували спеціальні циліндричні бокали, виготовлені з безбарвного скла, місткістю 150–200 см³, діаметром 50–60 мм. Температура пива становила 12 ± 2 °С. Порядок дегустації передбачав оцінку спочатку світлих сортів пива з концентрацією початкового суслу від меншого до більшого, а потім темних сортів. Для оцінювання аромату пива застосовували профільний метод. Порівняння профілів дослідних зразків дозволило визначити їх відмінності і зробити висновок щодо якості пива.

2.3 Методика досліджень

На основі теоретичних досліджень, поставленої мети та завдання розроблена загальна схема виконання основних етапів досліджень, яка наведена на рис. 2.1.

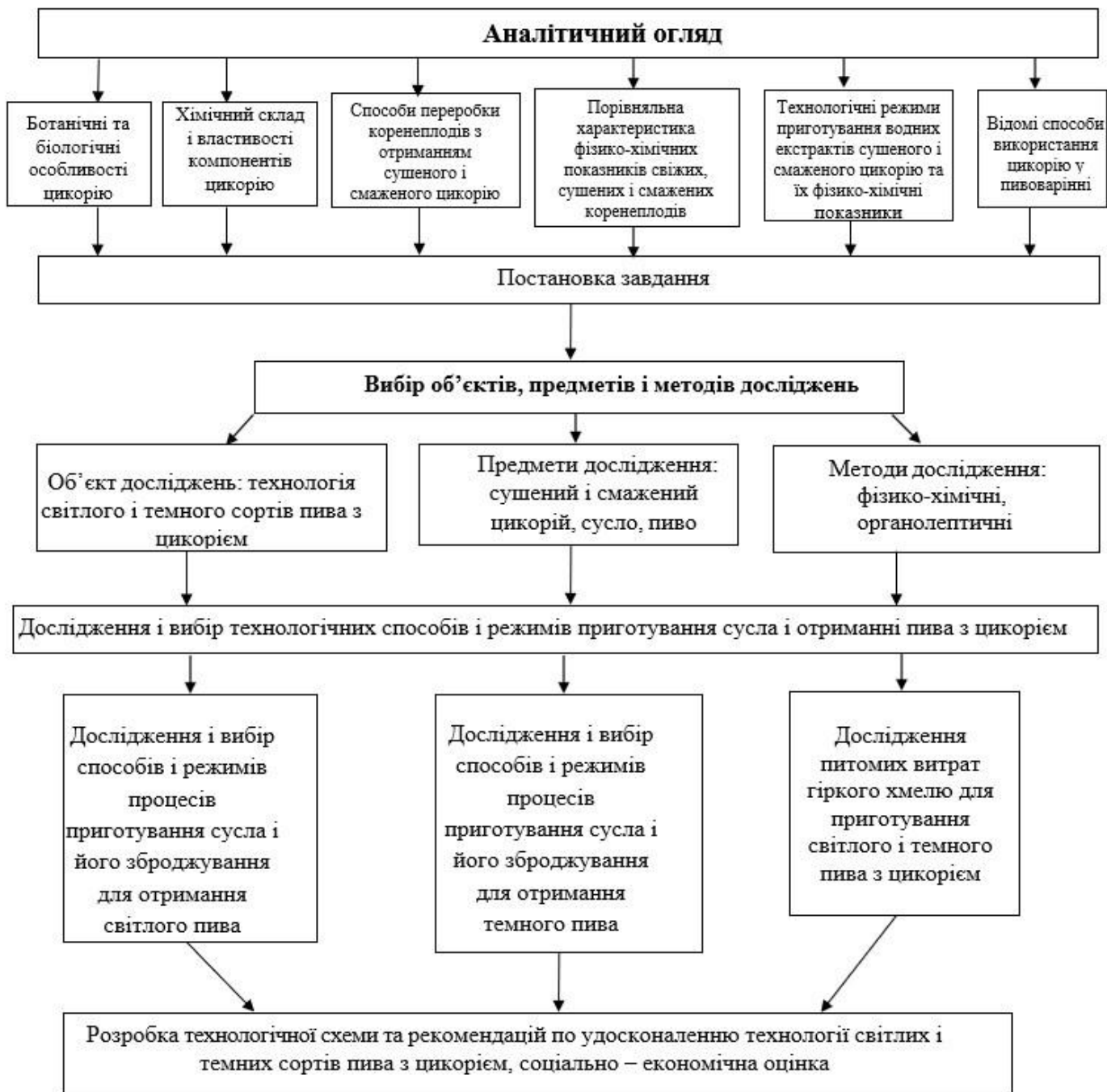


Рисунок 2.1 – Загальна схема досліджень

2.4 Обробка результатів досліджень

Визначення фізико-хімічних показників світлого ячмінного солоду, цикорію, суслу, молодого та дозрілого пива здійснювали у 2 – 3 повторностях, за результатами яких отримували середні значення. Похибка визначення якісних показників не перевищувала значень, вказаних у відповідних методиках досліджень.

Обробку результатів досліджень здійснювали з використанням методів математичної статистики. Обробку цифрових даних і графічне оформлення отриманих результатів здійснювали на персональному комп'ютері за допомогою програмного забезпечення MS Word, MS Excel, MS Power Point.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ СУСЛА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПИВА З ЦИКОРІЄМ (експериментальна частина)

3.1 Дослідження та вибір способів і режимів процесів приготування сусла і його зброджування для отримання світлого пива

Для приготування світлого сорту пива в заторний апарат разом із світлим ячмінним солодом вносили подрібнені сушені коренеплоди цикорію із розрахунку 2, 4 і 6 % від кількості солоду. Результати досліджень, представлені в табл. 1.1 і 1.5, свідчать про те, що екстрактивність сушеного цикорію співпадає з екстрактивністю світлого солоду і становить 78-80 %. Це дозволяло отримати дослідні зразки сусла з цикорієм і контрольне сусло однакової концентрації (11 % СР).

Досліджено, що активна кислотність водного екстракту сушеного цикорію співпадає з кислотністю заторів із солоду (рН 5,3) і є оптимальною для гідролізу крохмалю. Амінний азот і амінокислоти, які вносились у сусло з цикорієм, слугували джерелом живлення для дріжджів. Внесення у сусло гірких речовин цикорію (глікозидів) дозволило зменшити витрати гіркого хмелю і зменшити собівартість готового пива [30].

Для отримання дослідних зразків пивного сусла проводили затирання солоду з додаванням сушеного цикорію. Для отримання контрольного зразку проводили затирання ячмінного світлого солоду без додавання цикорію [34].

Для затирання був обраний настійний спосіб, який передбачав проведення крім білкової, мальтозної паузи і паузи оцукрення додаткової інулазної паузи за температури 55–56 °С протягом 20 хв для гідролізу інуліну. Для підвищення ефективності та інтенсивності процесу на цій стадії вносили ферментний препарат інуліназу. Обраний спосіб затирання схематично показано на рис. 3.1.

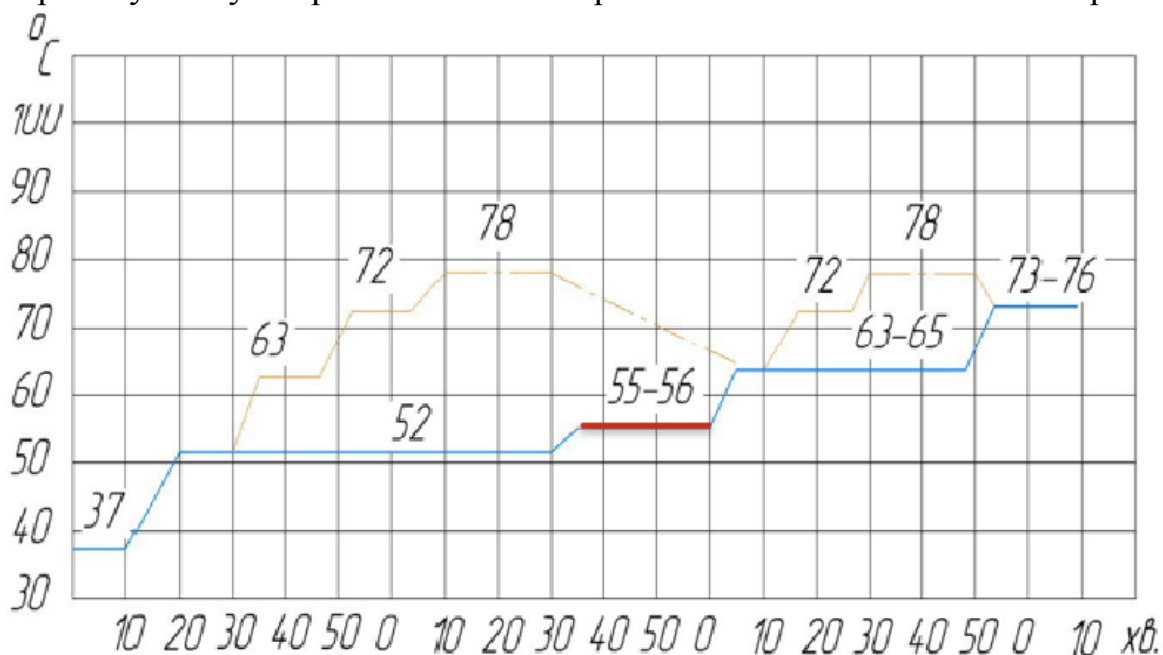


Рисунок 3.1. Технологічні режими затирання солоду з додаванням екстракту сушеного цикорію

Процес здійснювали в заданому режимі наступним чином. Світлий пивоварний солод подрібнювали і змішували з водою з температурою 37–42 °С у співвідношенні 1:4 в заторному апараті і витримували 20–30 хв (відбувалася цитолітична пауза), далі затір нагрівали до температури 52 °С і витримували 20–30 хв при перемішуванні для гідролізу білків (білкова пауза). Після цього температуру затору поступово піднімали до 55–56 °С. За цієї температури в затір вносили ферментний препарат інуліназу «Інулоаваморин П10Х», отриманий на основі мікроміцету «*Aspergillus awamori* 2250», в кількості 14 од/г для проведення інулазної паузи. За вказаної температури інуліназа мала максимальну активність. Під час інулазної паузи відбувався ферментативний гідроліз інуліну з утворенням фруктози і глюкози.

Через 20–30 хв температуру затору підвищували до 63 °С з інтенсивністю нагріву 1 °С за 1 хв для продовження ферментативного гідролізу інуліну і крохмалю солоду, затір витримували при цій температурі протягом 30 хв (відбувалася мальтозна пауза), після чого його температуру доводили до 72 °С, і затір витримували до повного оцукрення крохмалю та інуліну. Далі оцукрений затір нагрівали до температури 76 °С і фільтрували. Отримане сусло кип'ятили з хмелем протягом 90 хв, освітлювали у гідроциклонному апараті «Вірпул», охолоджували до початкової температури бродіння, проводили головне бродіння сусла і доброджування молодого пива.

Для охмелення сусла використовували гранульований хміль чеського сорту «Агнус» з вмістом α -кислоти 5,2 % в перерахунку на повітряно–суху речовину. Завдяки внесенню гірких речовин цикорію витрати гіркого хмелю на стадії кип'ятіння сусла зменшували від 20 до 14–18 г/дал (на 10–30 %) в залежності від кількості цикорію.

Проведення інулазної паузи і внесення ферментного препарату інулінази дозволяли створити оптимальні умови для гідролізу полісахариду інуліну і збільшити ступінь зброджування пива. Для порівняння готували дослідні зразки пивного сусла з масовою часткою СР 11 %. Вміст сушеного цикорію у зразках становив: зразок № 1 – 0 %, зразок № 2 – 2 %; зразок № 3 – 4 %, зразок № 4 – 6 % від кількості солоду.

Фізико-хімічні показники дослідних зразків охмеленого сусла наведені в табл. 3.1. Із даних таблиці видно, що всі зразки майже не відрізнялися від контрольного за кольором і кислотністю. З підвищенням кількості цикорію до 4 % (зразок № 3) концентрація редукуючих речовин у суслі зростала на 1,6 %, а вміст амінного азоту зменшувався на 0,5 % у порівнянні з контролем. З подальшим збільшенням кількості цикорію концентрація редукуючих цукрів зменшувалась через неповний гідроліз інуліну на стадії затирання.

Охмелене сусло зброджували при температурі 8 °С протягом 7 діб. Для зброджування сусла використовували дріжджі низового бродіння *Saccharomyces cerevisiae* раси RH. Характеристика дріжджів: клітини овальної або округлої форми, розміри 7,8–9,6 мкм; розташовуються поодинокі, парами або короткими ланцюжками, сильнозброджуючі, кінцевий ступінь

зброджування становить 80–85 %; добре освітлюють пиво, середньостійкі до інфекцій.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні показники зразків пивного сусла для світлого пива

№ з/п	Показник	Зразок № 1 (контроль)	Зразки сусла з сушеним цикорієм		
			№ 2	№ 3	№ 4
1.	Масова частка СР у початковому суслі, %	11,0	11,0	11,0	11,0
2.	Колір, см ³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ води	0,6	0,6	0,6	0,7
3.	Кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³ сусла	2,1	2,1	2,1	2,2
4.	Вміст редукуючих речовин, г на 100 см ³ сусла	6,2	6,2	6,3	6,2
5.	Вміст амінного азоту, мг на 100 см ³ сусла	21,8	21,7	21,7	21,6

В процесі головного бродіння у дослідних зразках досліджували зміну видимого екстракту. Динаміка його зміни показана на діаграмі (рис. 3.2).

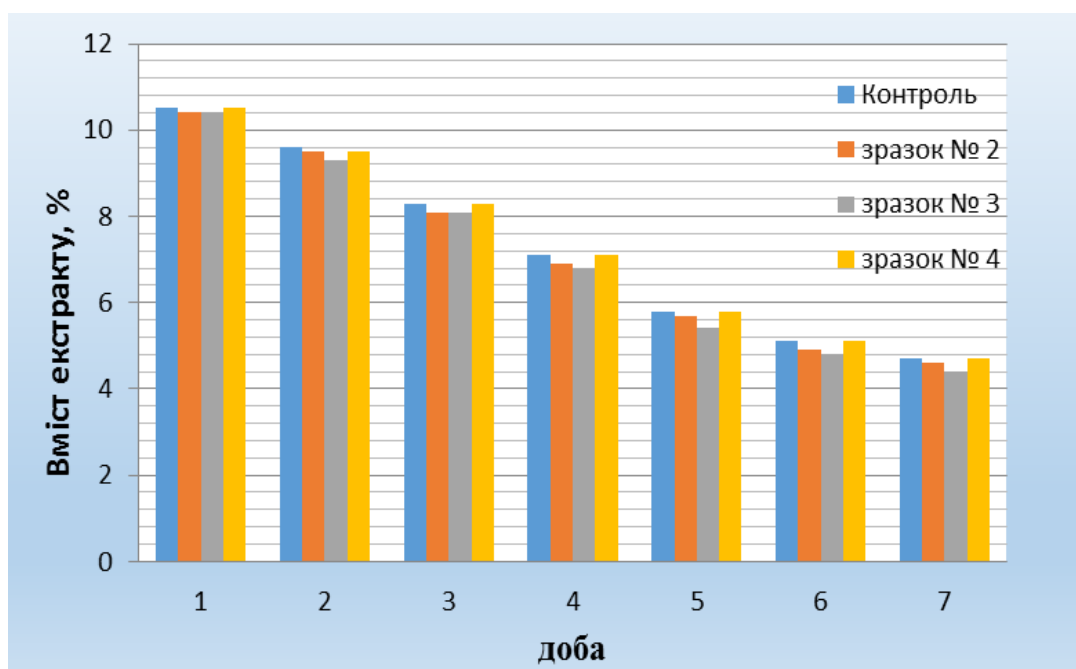


Рисунок 3.2. Динаміка зміни видимого екстракту в процесі зброджування зразків пивного сусла для світлого пива

Аналіз отриманих результатів свідчив про те, що зразок № 3 зброджувався швидше і найбільш повно у порівнянні з іншими. Так, на п'яту добу головного бродіння вміст видимого екстракту у зразку № 3 становив 5,4 % (у контролі 5,7 %); на сьому добу його вміст у контролі становив 4,7 %, у дослідних зразках № 2 – 4,6 %, № 3 – 4,4 %, № 4 – 4,7 %. Пояснюється це тим, що у зразку № 3 вміст редуруючих речовин був більшим на 1,6 % у порівнянні з контролем.

Після закінчення головного бродіння молоде пиво охолоджували до температури 1–2 °С, знімали з осаду дріжджі і здійснювали доброджування молодого пива протягом 14 діб. На стадії доброджування у всіх дослідних зразках утворювалась щільна дрібнозерниста піна. Після доброджування у нефільтрованих зразках пива визначали фізико – хімічні та органолептичні показники. Фізико-хімічні показники пива наведені у табл. 3.2

Таблиця 3.2 - Фізико-хімічні показники зразків світлого пива

Показник	Зразок №1 (контроль)	Зразки світлого пива з сушеним цикорієм		
		№ 2	№ 3	№ 4
Дійсний екстракт, %	5,1	5,0	4,8	5,1
Видимий екстракт, %	3,7	3,6	3,4	3,7
Вміст спирту, % об.	3,4	3,4	3,5	3,4
Ступінь зброджування:				
- видимий, %	66,4	67,2	68,9	66,4
- дійсний, %	53,8	54,4	55,9	53,8
Активна кислотність (pH)	4,3	4,4	4,5	4,5
Титрована кислотність, см ³ р-ну NaOH концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³ пива	2,1	2,1	2,2	2,2
Колір, см ³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ води	0,4	0,4	0,5	0,5
Масова частка діоксиду вуглецю, %, не менше	0,30	0,30	0,33	0,30

Із даних таблиці видно, що зразок № 3 відрізнявся підвищенням на 3,2 % вмістом спирту і на 10 % вмістом вуглекислого газу в порівнянні з контрольним зразком № 1. Видимий і дійсний ступінь зброджування зразка пива № 3 були більшими на 3,9 %, ніж у контролі.

Органолептичні показники дослідних зразків пива наведені у табл. 3.3. Із даних таблиці видно, що за органолептичними показниками кращим виявився зразок № 3. Незважаючи на невисоку концентрацію початкового сусла (11 % мас.), всі зразки відрізнялись насиченим солодовим смаком, чистим хмелевим ароматом та відповідною вимогам стандарту висотою піни. Найбільшу

піностійкість і висоту піни мав зразок № 3. Пояснюється це підвищеною концентрацією вуглекислого газу у порівнянні з іншими зразками. Зразки пива № 1, 2 і 3 відрізнялись приємною хмелевою гіркотою. Разом з тим в зразку № 4 відчувалась різко виражена надмірна гіркота, не властива даному типу пива.

Таблиця 3.3 – Органолептичні показники зразків світлого пива

№ зразка	Органолептичні показники			Висота піни, мм
	смак	аромат	зовнішній вигляд	
Зразок № 1 (контроль)	солодовий з приємною хмелевою гіркотою	чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів	прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень, не властивих пиву	37
Зразок № 2	солодовий з приємною хмелевою гіркотою	чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів	прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень, не властивих пиву	37
Зразок № 3	солодовий з приємною хмелевою гіркотою	чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів	прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень, не властивих пиву	40
Зразок № 4	солодовий з різко вираженою гіркотою цикорію	чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів	прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень, не властивих пиву	37

В результаті досліджень практично доведена доцільність часткової заміни світлого солоду сушеними коренеплодами цикорію для приготування світлих сортів пива. Обрані технологічні режими затирання суміші солоду і цикорію, проведення інулазної паузи і внесення на стадії затирання ферментного препарату інулінази у заданій кількості дозволили отримати пиво, яке за своїми фізико-хімічними та органолептичними показниками відповідало вимогам ДСТУ 3888-2015.

Використання нетрадиційної інуліновмісної сировини дозволило отримати новий сорт світлого пива, збагатити пивне сусло і пиво цінними біологічно активними речовинами цикорію, зменшити витрати хмелю завдяки внесенню у сусло гірких речовин цикорію, підвищити стійкість пива і зменшити його собівартість.

3.2 Дослідження та вибір способів і режимів процесів приготування сусла і його зброджування для отримання темного пива

Із літературних джерел відомо, що барвні речовини смаженого цикорію і карамельного солоду лежать в одній області спектра, а ароматичні речовини цикорію надають пиву аромату житнього хліба. Спектральна характеристика їх водних екстрактів свідчить про те, що екстракти мають максимум світопоглинання в ультрафіолетовій області спектра при довжині хвилі (λ) 280–290 нм, що характерно для меланоїдинів [8]. Тому доцільно було провести дослідження щодо приготування темного пива з заміною карамельного солоду на смажений цикорій.

Результати досліджень, представлені в табл. 1.1 і 1.5, свідчать про те, що смажений цикорій містить більше екстрактивних речовин, ніж карамельний солод на 2–3 %, вміст інуліну в смажених коренеплодах становить 24,7–25,8 %, а редукуючих речовин 5–10 %.

Досліджено, що відомий спосіб приготування темного сорту пива з використанням смаженого цикорію на стадії фільтрування затору, наведений в розділі 1.6, має недоліки. Основними із них є часткова втрата ароматичних речовин смаженого цикорію внаслідок їх видалення на стадії кип'ятіння сусла з хмелем, термічне розкладання цінного глікозиду інтибіну та інших гірких речовин цикорію, а також часткова втрата редукуючих речовин при високих температурах кип'ятіння сусла. Досліджено, що вміст інуліну у охмеленому суслі зменшувався від 0,30–0,32 % до 0,08–0,11 % [3,4].

Крім того, через високу гігроскопічність смаженого цикорію процес екстрагування супроводжується його набуханням. Як наслідок, суттєво зростає кінематична щільність заторів (від 17–19 до 28–30 сР), що погіршує ефективність їх фільтрування.

Для усунення вищевказаних недоліків і удосконалення технології науковцями кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ розроблений спосіб, який передбачає приготування водного екстракту смаженого цикорію в окремому екстракторі за температури 20–25 °С при гідромодулі 1: (5,5–6,0) протягом 15–30 хв і внесення екстракту в охолоджене охмелене освітлене сусло; при цьому на стадії кип'ятіння сусла кількість гіркого хмелю зменшують до 16–18 г/дал. Досліджено, що активна кислотність водного екстракту (рН) дорівнює 4,3 [3].

Відомо, що інулін не розчиняється в холодній воді, і починає розчинятися в теплій воді за температури 60 °С і вище. З метою удосконалення відомого способу було досліджено, що екстракцію смаженого цикорію доцільно проводити за температури 85–90 °С. У цьому випадку відбувається максимальний перехід екстрактивних речовин у розчин, а в екстракті спостерігається оптимальне співвідношення інуліну та фруктози (3:2). При вищій температурі процес гідролізу інуліну протікав глибше і накопичувалась значна кількість фруктози, що знижувало смакові властивості екстракту і сусла. При температурі води нижче 85 °С значно зменшувалась ефективність процесу екстрагування [7].

Згідно удосконаленого способу після кип'ятіння охмелене сусло охолоджували до температури 85–90 °С в односекційному пластинчастому теплообміннику, встановленого після сусловарильного апарату, екстракт цикорію змішували з суслом, після чого його освітлювали від білкового осаду і залишків шротини і охолоджували в двоохсекційному пластинчастому теплообміннику до початкової температури бродіння (9 °С). Такий спосіб виключав стадію кип'ятіння екстракту цикорію і запобігав втратам цінних гірких, ароматичних речовин цикорію, інуліну та редукуючих цукрів. Досліджено, що вміст інуліну у охмеленому суслі збільшувався до 0,15–0,16 %. Крім того часткове охолодження сусла дозволяло виключити новоутворення ДМС у гідроциклонному апараті [3,4].

Обрані технологічні рішення дозволили підвищити якісні показники пивного сусла і темного пива.

Для приготування екстракту цикорію подрібнені смажені коренеплоди в кількості 3, 5 і 7 % від кількості світлого солоду засипали у екстрактор (рис. 1.4), змішували з водою у співвідношенні 1:6 при температурі 85–90 °С і проводили екстрагування розчинних речовин протягом 90 хв. Для проведення екстрагування у виробничих умовах запропоновано технічне рішення, яке передбачає використання теплоти вторинної пари сусловарильного апарату для обігріву екстрактора і підтримання заданої температури процесу (рис. 3.3).

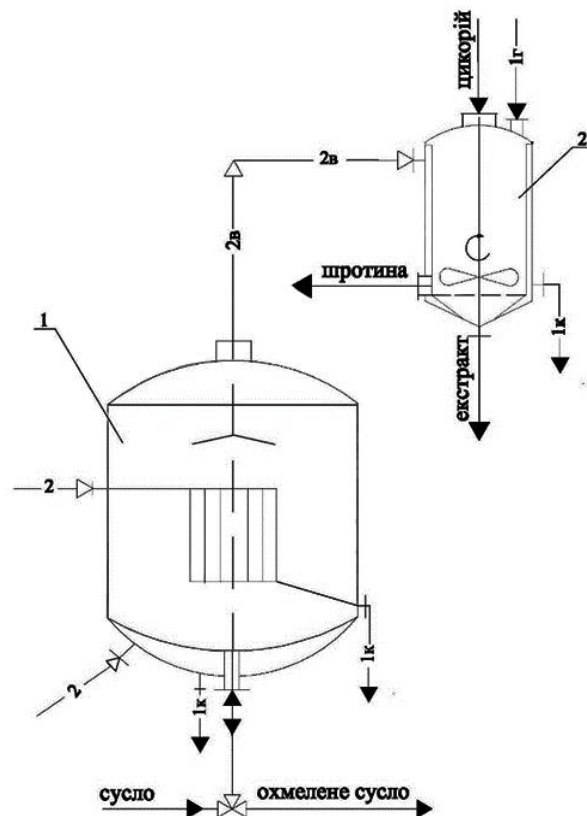


Рисунок 3.3. Технологічна схема отримання водного екстракту цикорію у виробничих умовах:

1 – сусловарильний апарат; 2 – екстрактор.

Умовні позначення: 1к – конденсат пари; 2 – пара; 2в – вторинна пара.

Для приготування темного пива використовували світлий ячмінний солод «Best Pilsen Malt» (виробник Німеччина), карамельний ячмінний солод «Best Caramel Malt Dark» (виробник Німеччина), підготовлену питну воду, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси RH і гранульований гіркий хміль чеського сорту «Агнус», показники якості якого відповідали вимогам ДСТУ 4097.1–2002 [11,16,20].

Затирання світлого ячмінного солоду з карамельним солодом проводили настійним способом при гідромодулі 1:4 з витримкою необхідних температурних режимів і ферментативних пауз. Концентрація СР у водних екстрактах цикорію становила 17,1–18,0 %.

Після фільтрування затору отримане сусло кип'ятили з хмелем. Водний екстракт смаженого цикорію вносили в охолоджене до температури 85–90 °С пивне сусло. Через невисокий вміст цикорію по відношенню до солоду після змішування екстракту з охмеленим суслом концентрація СР у початковому суслі змінювалась не суттєво і становила 13 % у всіх дослідних зразках. При цьому вміст смаженого цикорію у суслі становив: зразок № 6 – 3 %, зразок № 7 – 5 %; зразок № 8 – 7 % від кількості світлого солоду. В якості контрольного зразка готували сусло з концентрацією СР 13 % шляхом додаванням до світлого солоду карамельного солоду в кількості 5 % (зразок № 5). Фізико-хімічні показники зразків пивного сусла для темного пива наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Фізико-хімічні показники зразків сусла для темного пива

Показник	Зразок № 5 (контроль)	Зразки сусла з смаженим цикорієм		
		№ 6	№ 7	№ 8
Масова частка СР у початковому суслі, %	13,0	13,0	13,0	13,0
Колір, см ³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ води	4,5	4,4	4,5	4,7
Кислотність, см ³ р-ну NaOH концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³ сусла	2,3	2,2	2,3	2,5
Вміст редукуючих речовин, г на 100 см ³ сусла	6,8	6,9	6,8	6,5
Вміст амінного азоту, мг на 100 см ³ сусла	19,6	19,4	19,1	18,7

Аналіз даних таблиці показав, що із збільшенням кількості цикорію зростали кольорність і кислотність сусла. Найбільшим вміст редукуючих речовин був у зразку № 6 (перевищував їх вміст у контролі на 1,5 %). В зразках

№ 7 і № 8 їх вміст зменшувався, що пояснювалось збільшенням у суслі вмісту полісахариду інуліну і меланоїдинів, які дріжджами не зброджувались.

Найбільший вміст амінного азоту був у контрольному зразку. Із збільшенням кількості у суслі екстракту цикорію його вміст зменшувався. Пояснюється це тим, що у порівнянні з ячмінним солодом цикорій містив незначну кількість білкових речовин, і частина цукрів витрачалася на утворення меланоїдинів. Через збільшення вмісту меланоїдинів, які мають кислий характер та гіркий смак, у дослідних зразках збільшувалась кислотність [25,26].

Після охолодження суслу до початкової температури бродіння (8 °C) в сусло задавали дріжджі «*Saccharomyces cerevisiae*», раси RH, зразки зброджували протягом 7 діб. Під час головного бродіння спостерігали за зміною видимого екстракту. Для цього кожної доби у суслі визначали концентрацію СР. Динаміка зміни видимого екстракту в процесі головного бродіння суслу показана на діаграмі (рис. 3.4).

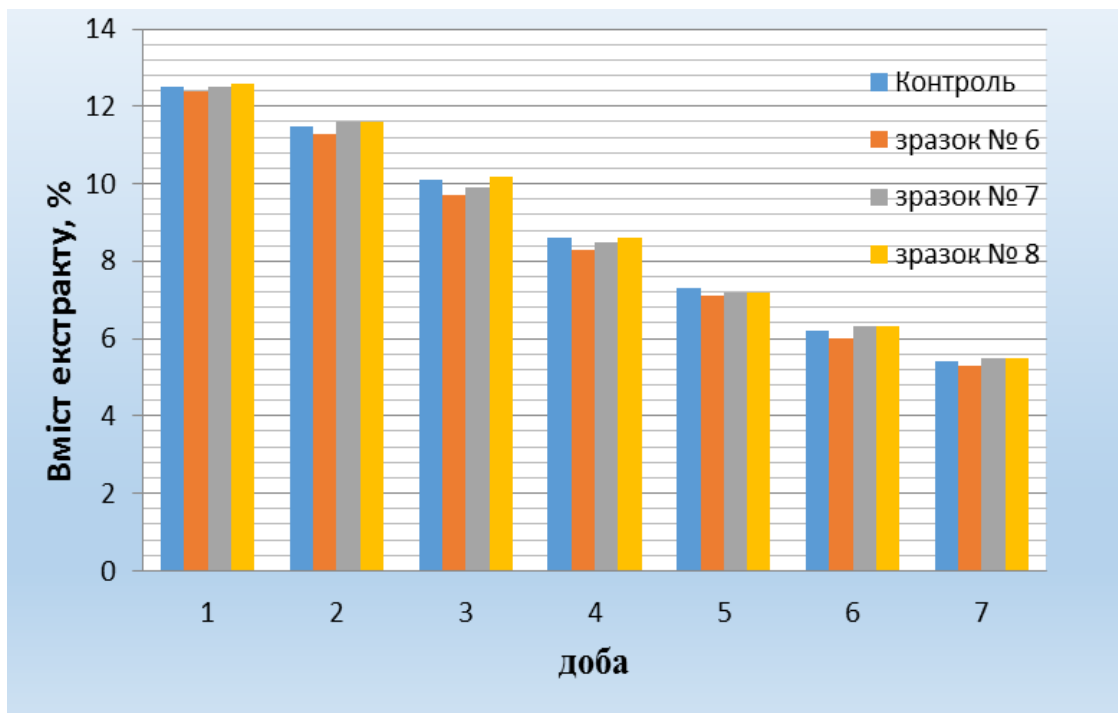


Рисунок 3.4. Динаміка зміни видимого екстракту в процесі головного бродіння контрольного і дослідних зразків пивного суслу для темного пива

Із даних діаграми видно, що у порівнянні з контролем сусло з вмістом цикорію 3 % краще і швидше зброджувалось: у зразку № 6 на шосту добу головного бродіння вміст видимого екстракту становив 6,0 %, а в контролі – 6,2 %; на сьому добу вміст екстракту у контролі становив 5,4 %, а у дослідних зразках № 6 – 5,3 %, № 7 – 5,5 %, № 8 – 5,5 %.

Із збільшенням вмісту цикорію до 5 і 7 % швидкість зброджування зразків суслу зменшувалась, що пояснювалось зменшенням концентрації редукуючих речовин у суслі, які вносились з цикорієм, і збільшенням вмісту інуліну, який дріжджами не зброджується. Після закінчення головного бродіння із молодого

пива декантували дріжджі і проводили доброджування пива при температурі 1 – 2 °С протягом 14 діб. Після закінчення доброджування у зразках визначали фізико-хімічні та органолептичні показники на їх відповідність вимогам ДСТУ 3888:2015 [21]. Порівняльний аналіз фізико-хімічних показників контрольного і дослідних зразків темного пива наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Фізико-хімічні показники зразків темного пива

Показник	Зразок № 5 (контроль)	Зразки темного пива з смаженим цикорієм		
		№ 6	№ 7	№ 8
Вміст:				
– дійсного екстракту, %	5,9	5,8	5,6	5,9
– видимого екстракту, %	4,2	4,1	3,9	4,2
– спирту, % об.	4,3	4,4	4,3	4,2
Ступінь зброджування:				
– видимий, %	57,5	58,8	57,5	56,8
– дійсний, %	46,6	48,0	46,7	46,0
Кислотність, см ³ р-ну NaOH концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³ пива	2,8	2,6	2,7	2,9
Колір, см ³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ води	4,6	4,5	4,6	4,8
Масова частка діоксиду вуглецю, %, не менше	0,31	0,32	0,31	0,30

Із даних табл. 3.5 видно, що зразок пива № 6 з вмістом цикорію 3 % мав підвищений на 2,3 % вміст спирту і на 3,2 % вміст вуглекислого газу у порівнянні з контролем. Видимий і дійсний ступінь зброджування зразка № 6 були на 2,2 і 3,0 % (відповідно) більшими, ніж у контролі.

Досліджено, що із збільшенням вмісту цикорію збільшувалась кольорність готового пива завдяки внесенню барвних речовин, зростала титрована кислотність, при цьому зменшувались видимий і дійсний ступінь зброджування. Пояснюється це тим, що збільшення вмісту барвних речовин призводило до зменшення активності пивних дріжджів. Кислотність зразка № 8 була більшою у порівнянні з контролем. Крім того даний зразок пива мав найбільшу кольорність (4,8 см³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм³ на 100 см³ води). Пояснюється це підвищеним вмістом в ньому меланоїдинів, які мають кислий характер.

Результати органолептичного аналізу зразків темного пива наведені в табл. 3.6. За результатами органолептичного оцінювання найкращий смак і аромат мав зразок пива № 6 з вмістом смаженого цикорію 3 % (дегустаційна оцінка 24 бали). Даний зразок пива відрізнявся врівноваженою приємною хмелевою

гіркотою. Зразки пива № 7 (5 % цикорію) і № 8 (7 % цикорію) відрізнялись надмірною і неприємною гіркотою. Разом з тим всі зразки пива були добре насичені вуглекислим газом, мали густу, компактну, дрібнозернисту і стійку піну. Найвищу дегустаційну оцінку отримав зразок № 6. Його органолептичні показники, як і показники контрольного зразку, відповідали вимогам ДСТУ 3888-2015.

Таблиця 3.6 – Органолептичні показники зразків темного пива з карамельним солодом і смаженим цикорієм

Показник пива	Колір	Аромат	Смак	Піна	Бальна оцінка
Зразок № 5 (контроль)	коричневий	чистий хмелевий, солодовий, з ароматом карамелі	чистий, солодовий з хмелевою гіркотою і присмаком карамелі	компактна, мілкозерниста, стійка	23
Зразок №6	коричневий	чистий хмелевий, солодовий з ароматом житнього хліба	чистий, гармонійний солодовий, з хмелевою гіркотою присмаком житнього хліба	густа, компактна, мілкозерниста, стійка	24
Зразок № 7	темно-коричневий	чистий, слабкий хмелевий з ароматом карамелі	чистий, солодовий, відчувається гіркота цикорію	компактна, дрібнозерниста, стійка	22
Зразок № 8	темно-коричневий	солодовий, хмелевий, з ароматом паленого цикорію	чистий, солодовий, з надмірною гіркотою	компактна, дрібнозерниста, стійка	20

Таким чином, отримані результати досліджень свідчать про можливість розширення асортименту пива і зменшення його собівартості шляхом заміни карамельного солоду на смажений цикорій. При цьому темне пиво набуває функціональних властивостей лікувально-профілактичної дії, не змінюючи своїх якісних характеристик, має чистий хмелевий, солодовий аромат з відтінком аромату житнього хліба Пиво з використання цикорію може використовуватися в крафтовому пивоварінні на мініпивоварнях, оскільки не потребує додаткового обладнання.

3.3 Дослідження питомих витрат гіркого хмелю для приготування світлого і темного пива з цикорієм

Враховуючи результати попередніх досліджень і те, що з цикорієм у сусло вносяться гіркі речовини, через що дослідні зразки пива відрізнялись надмірною гіркотою, метою подальших досліджень було визначення оптимальної кількості гіркого хмелю для внесення у пивне сусло.

Необхідну кількість гіркого хмелю (Н) для охмелення суслу розраховували, виходячи із показника гіркоти суслу, за формулою:

$$H = \frac{G_c \cdot 100 \cdot 100}{(a + 1) \cdot (100 - W)};$$

де Н – норма внесення повітряно – сухого хмелю в гаряче сусло, г/дал;

Гс – необхідна гіркота суслу – в перерахунку на СР, г/дал;

α – масова частка α – кислот, %;

1 – величина гіркоти β-фракцій в гранульованому хмелі, %;

W – фактична вологість, %.

3.3.1 Визначення питомої втрати гіркого хмелю для приготування світлого пива з екстрактом сушеного цикорію

Для світлого пива Гс приймаємо 0,82 г/дал, масова частка α – кислоти становила 5,2 %, вологість хмелю 10,3 %. Тоді:

$$H = \frac{0,82 \cdot 100 \cdot 100}{(5,2 + 1) \cdot (100 - 10,3)} = 14,8 \text{ г / дал};$$

Для приготування світлого пива і охмелення чисто солодового суслу (контрольного зразку № 1) гіркий хміль вносили в кількості 1,48 г/дм³. Оскільки кращим за фізико-хімічними і органолептичними показниками було обрано зразок № 3 (з вмістом екстракту сушеного цикорію 4 %), то для його приготування зменшували кількість гіркого хмелю, який вносили на стадії кип'ятіння суслу, на 10, 20 і 30 %: на першому етапі досліджень у сусло (зразок № 3) вносили 1,33 г/дм³ гранульованого хмелю (зразок № 3-1), на другому – 1,2 г/дал хмелю (зразок № 3-2), а на третьому – 1,04 г/дм³ хмелю (зразок № 3-3). Після закінчення процесу доброджування молодого пива була проводили органолептичне оцінювання контрольного і дослідних зразків. Результати досліджень представлені в табл.3.7.

Таблиця 3.7 – Органолептичні показники зразків світлого пива

Показник	Смак	Аромат	Зовнішній вигляд	Хмелева гіркота	Піна
Зразок № 1 (контроль)	гармонійний, солодовий, без сторонніх присмаків	чистий, свіжий, чітко виражений солодовий	прозора з блиском рідина, без зависей	чисто хмелева, м'яка, врівноважена, відповідає даному типу пива	густа, стійка, компактна, мілко-зерниста
Зразок № 3-1	гармонійний, солодовий, без сторонніх присмаків	чистий, свіжий, чітко виражений солодовий	прозора з блиском рідина, без зависей	чисто хмелева, м'яка, врівноважена, відповідає даному типу пива	густа, стійка, компактна, мілко-зерниста
Зразок № 3-2	гармонійний, солодовий, без сторонніх присмаків	чистий, свіжий, чітко виражений солодовий	прозора з блиском рідина, без зависей	чисто хмелева, м'яка, врівноважена, відповідає даному типу пива	густа, стійка, компактна, мілко-зерниста
Зразок № 3-3	не дуже гармонійний, солодовий, без сторонніх присмаків	чистий, свіжий, слабо виражений солодовий	прозора з блиском рідина, без зависей	чисто хмелева, слабка, що не відповідає даному типу пива	густа, стійка, компактна, мілко-зерниста

За результатами органолептичного оцінювання зразки пива № 3-1 і № 3-2 з вмістом сушеного цикорію 2 і 4 %, а гіркого хмелю 1,33 і 1,2 г/дм³ відповідно у порівнянні з іншими зразками мали кращий смак і аромат. Готове пиво відрізнялось чисто м'якою, врівноваженою хмелевою гіркотою, яка була притаманна контрольному зразку.

Отримані результати довели, що для виробництва світлого пива з цикорієм у затір доцільно вносити 4 % екстракту сушеного цикорію. Обраний спосіб затирання і технологічні режими дозволяють зменшити питому витрату коштовного гіркого хмелю на 20 % за рахунок внесення гірких речовин цикорію. При цьому готове світле пиво за своїми якісними показниками відповідало вимогам ДСТУ 3888–2015 [21].

3.3.2 Визначення питомої втрати гіркого хмелю для приготування темного пива з екстрактом смаженого цикорію

Для темного пива Гс приймаємо 0,57 г/дал, масова частка α – кислоти становила 5,2 %, вологість хмелю 10,3 %. Тоді:

$$H = \frac{0,57 \cdot 100 \cdot 100}{(5,2 + 1) \cdot (100 - 10,3)} = 10,32 \text{ г / дал};$$

Для приготування темного пива і охмелення чисто солодового сусла (контрольного зразку № 5, який містив 95 % ячмінного світлого солоду і 5 % карамельного солоду), гіркий хміль вносили в кількості 1,03 г/дм³. Оскільки кращим за фізико-хімічними і органолептичними показниками було обрано зразок № 6 (з вмістом екстракту смаженого цикорію 3 %), то для його приготування зменшували кількість гіркого хмелю, який вносили на стадії кип'ятіння сусла, спочатку на 10, а далі 20 і 30 %.

На першому етапі досліджень у сусло (зразок № 6) вносили 0,93 г/дм³ гіркого хмелю (зразок № 6-1), на другому – 0,82 г/дм³ (зразок № 6-2), а на третьому – 0,72 г/дм³ (зразок № 6-3). Після закінчення процесу доброджування молодого пива з цикорієм проводилась дегустаційна оцінка отриманих дослідних зразків темного пива, в яких визначали органолептичні показники, у тому числі хмелеву гіркоту. Результати досліджень представлені в табл.3.8.

Досліджено, що за результатами органолептичного оцінювання кращими виявились контрольний зразок № 5 і дослідний зразок № 6-1. Ці зразки відрізнялись гармонійним, чистим смаком з присутніми тонами карамельного солоду без сторонніх присмаків, чистою, врівноваженою хмелевою гіркотою, яка відповідала даному типу пива, і чистим, хмелевим ароматом з присутнім ароматом житнього хліба. Інші зразки не відповідали вимогам стандарту через недостатню гіркоту. За зовнішнім виглядом всі зразки були прозорими з блиском, не містили зависей і мали густу, стійку, компактну і мілкозернисту піну.

Отримані результати досліджень показали, що для отримання якісного темного пива з цикорієм у охолоджене до температури 85-90 °С охмелене сусло доцільно вносити водний екстракт смаженого цикорію в кількості 3 % від кількості солоду.

Запропонований спосіб і обрані технологічні режими приготування сусла і пива дозволяють зменшити питому витрату коштовного гіркого гранульованого хмелю на 10 % за рахунок внесення гірких речовин цикорію. При цьому готове темне пиво за своїми якісними показниками відповідало вимогам ДСТУ 3888–2015 [21].

**Таблиця 3.8 – Органолептичні показники дослідних зразків
темного пива**

Показник	Смак	Аромат	Зовнішній вигляд	Хмелюва гіркота	Піна
Зразок № 5 (контроль)	гармонійний, чистий, з тонами карамельного солоду без сторонніх присмаків	чистий хмелевий, солодовий, з ароматом карамелі	прозора з блиском рідина, без зависей	чисто хмелюва, м'яка, врівноважена, відповідає даному типу пива	густа, стійка, компактна, мілко-зерниста
Зразок № 6-1	гармонійний, чистий, з тонами карамельного солоду без сторонніх присмаків	чистий хмелевий, солодовий з ароматом житнього хліба	прозора з блиском рідина, без зависей	Чисто хмелюва, помірно м'яка, врівноважена, відповідає даному типу пива	густа, стійка, компактна, мілко-зерниста
Зразок № 6-2	гармонійний, солодовий, без сторонніх присмаків	чистий слабо хмелевий, солодовий з ароматом житнього хліба	прозора з блиском рідина, без зависей	чисто хмелюва, м'яка, слабка, не дуже врівноважена, не відповідає даному типу пива	густа, стійка, компактна, мілко-зерниста
Зразок № 6-3	не дуже гармонійний, солодовий, без сторонніх присмаків	чистий дуже слабо хмелевий, солодовий з ароматом житнього хліба	прозора з блиском рідина, без зависей	чисто хмелюва, м'яка, слабка, не врівноважена, не відповідає даному типу пива	густа, стійка, компактна, мілко-зерниста

3.4 Розробка принципової технологічної схеми приготування пивного сусла для світлого і темного пива з цикорієм

Отримані практичні результати досліджень підтвердили ефективність обраних способів і режимів для приготування світлих і темних сортів пива з частковою заміною світлого ячмінного солоду сушеним і смаженим цикорієм, довели доцільність використання інуліновмісної сировини для розширення асортименту пива, збагачення його біологічно активними речовинами інуліновмісної сировини і зменшення собівартості готового пива.

Для реалізації обраних способів розроблені принципові технологічні схеми приготування пивного сусла, які представлені на рис. 3.5 і 3.6.

Принципові технологічні схеми приготування суслу для світлого і темного пива з цикорієм

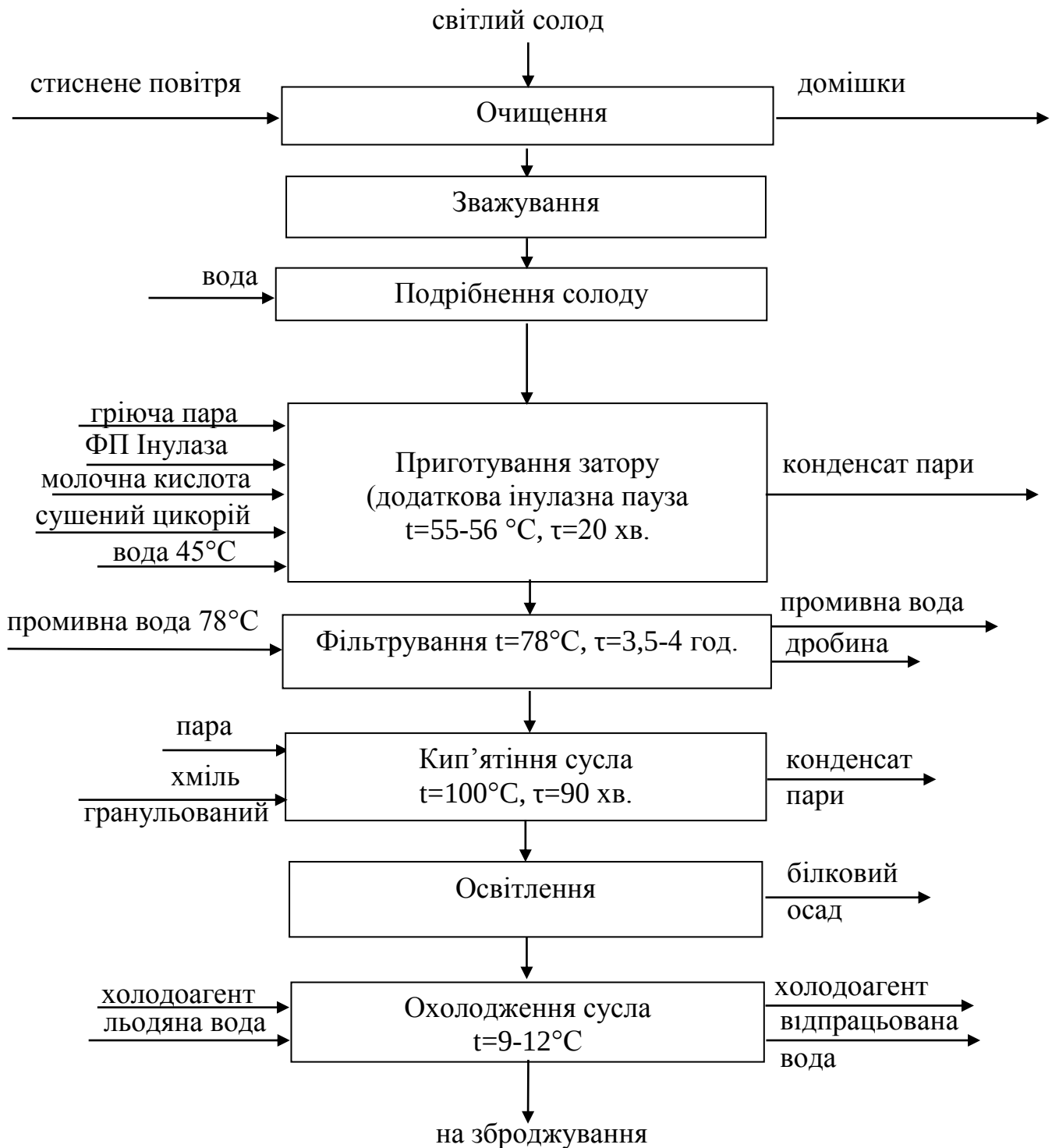


Рисунок 3.5. Принципова технологічна схема приготування світлого пивного суслу з сушеним цикорієм

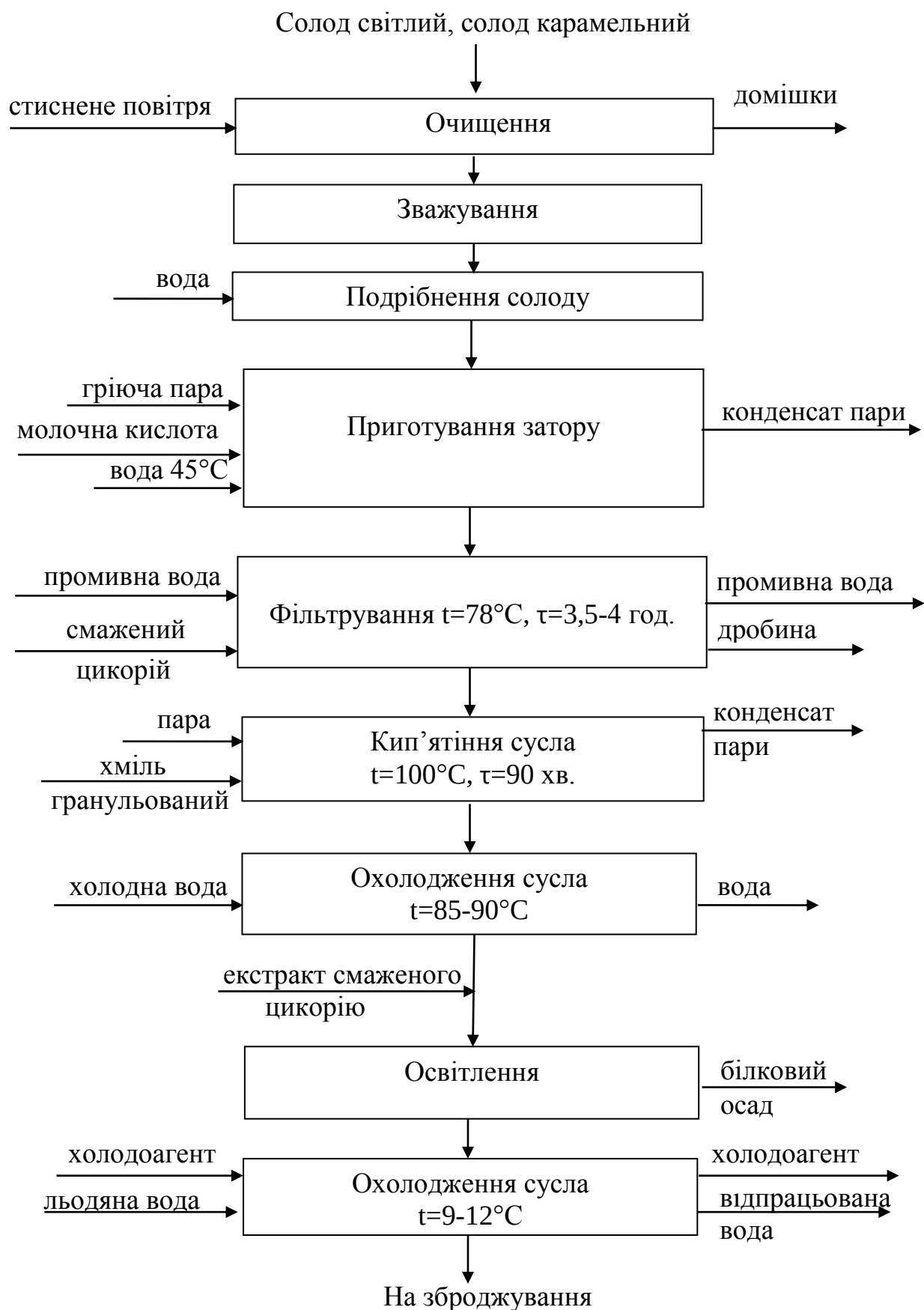


Рисунок 3.6. Принципова технологічна схема приготування темного пивного суслу з смаженим цикорієм

3.5. Висновки

1. Досліджено, що активна кислотність водного екстракту сушеного цикорію співпадала з кислотністю заторів із солоду (рН 5,3) і є оптимальною для гідролізу крохмалю.

2. Для затирання солоду з сушеним цикорієм був обраний настійний спосіб, який передбачав проведення інулазної паузи при температурі 55–56 °С протягом 20–30 хв і внесення у заторний апарат ферментного препарату «Інулоаваморин П10Х» в кількості 14 од/г інуліну.

3. Дослідні зразки світлого пивного сусла не відрізнялися від контролю за кольором і кислотністю. З підвищенням кількості цикорію до 4 % (зразок № 3) концентрація редукуючих речовин у суслі зростала на 1,6 %, а вміст амінного азоту зменшувався на 0,5 % у порівнянні з контролем. З подальшим підвищенням кількості цикорію концентрація редукуючих цукрів зменшувалась через неповний гідроліз інуліну на стадії затирання.

4. Найбільш повно і швидше зброджувалось сусло № 3. Зразок світлого пива № 3 відрізнявся підвищенням на 3,2 % вмістом спирту і на 10 % вмістом вуглекислого газу в порівнянні з контрольним зразком № 1. Видимий і дійсний ступінь зброджування зразка пива № 3 були більшими на 3,9 %, ніж у контролі.

5. За органолептичними показниками кращим було обрано зразок пива № 3. При збільшенні вмісту цикорію від 4 до 6 % у пиві з'являлась надлишкова гіркота.

6. Удосконалений спосіб приготування темного пива з цикорієм дозволяє виключити втрати гірких, ароматичних, редукуючих речовин та інуліну на стадії кипятіння сусла і запобігає новоутворенню ДМС у гідроциклонному апараті шляхом отримання водного екстракту смаженого цикорію в екстракторі і його змішування з охолодженим до температури 85–90 °С охмеленим суслом.

7. Оптимальними умовами екстрагування водорозчинних речовин смаженого цикорію є температура 85–90 °С, гідромодуль 1:6, час 90 хв.

8. Із збільшенням кількості смаженого цикорію у суслі зростала кольорність і кислотність. Найбільшим вміст редукуючих речовин був у зразку № 6 (перевищував їх вміст у контролі на 1,5 %). У зразках № 7 і № 8 їх вміст зменшувався, що пояснювалось збільшенням у суслі вмісту інуліну і меланоїдинів, які дріжджами не зброджувались. Найбільший вміст амінного азоту був у контрольному зразку. Із збільшенням кількості цикорію у суслі його вміст зменшувався, а кислотність збільшувалась через зростання вмісту меланоїдинів, які мають кислий характер та гіркий смак.

9. Найбільш повно і швидше зброджувалось сусло із вмістом смаженого цикорію 3 % (зразок № 6). Із збільшенням кількості цикорію у суслі зменшувався вміст редукуючих речовин і зростав вміст інуліну, який дріжджами не зброджувався.

10. Зразок темного пива № 6 відрізнявся підвищенням на 2,3 % вмістом спирту і на 3,2 % вмістом вуглекислого газу у порівнянні з контролем. Видимий і дійсний ступінь зброджування даного зразка були на 2,2 і 3,0 % (відповідно) більшими, ніж у контролі.

11. Всі дослідні зразки темного пива мали добре насичення вуглекислим газом, густу, компакту, дрібнозернисту і стійку піну. Найвищу дегустаційну оцінку отримав зразок № 6.

12. Використання сушеного і смаженого цикорію дозволяє зменшити питому витрату гіркого хмелю для світлого пива на 20 % (від 14,8 до 12 г/дал), а для темного на 10 % (від 10,3 до 9,3 г/дал) відповідно.

13. Для реалізації розроблених способів отримання світлого і темного пива з цикорієм були розроблені відповідні принципові технологічні схеми приготування пивного сусла.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Оптимізація технологічного процесу приготування пивного сусла

Для оптимізації досліджень впливу смаженого цикорію на приготування пивного сусла для темного пива було складено модель, на яку діють вхідні та вихідні параметри.

Модель чорного ящика процесу приготування пивного сусла для темного пива з смаженим цикорієм зображено на рис. 4.1.

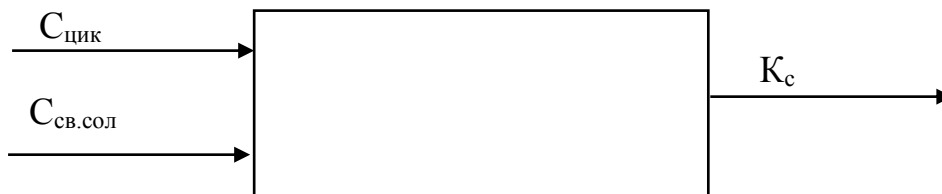


Рисунок 4.1 – Параметрична модель залежності кольорності пивного сусла від кількості смаженого цикорію

Вхідні фактори:

$C_{\text{цик}}$ – кількість смаженого цикорію;

$C_{\text{св.сол}}$ – кількість ячмінного світлого солоду.

Вихідні:

вихідний параметр – кольорність пивного охмеленого сусла.

Математична модель має вигляд рівняння регресії, для оцінки якого застосовували наступні критерії:

- критерій Кохрена;
- критерій Стюдента;
- критерій Фішера.

Після проведеного аналізу, в зв'язку з тим, що ми маємо постійно – змінні фактори, дію яких при створенні математичної моделі можна не враховувати, отримаємо функцію такого виду:

$$K_c = f(C_{\text{цик}}, C_{\text{св. сол}}) \quad (4.1)$$

$C_{\text{цик}} = 3 \dots 7 \%$ – кількість смаженого цикорію;

$C_{\text{св. сол}} = 93 \dots 97 \%$.

Складання математичної моделі.

Вибираємо вид поліноміальної функції:

$$Y = f(X_1, X_2); \quad (4.2)$$

де Y – кольорність пивного сусла;

X_1 – кількість смаженого цикорію, %;

X_2 – кількість ячмінного світлого солоду, %.

Постановка задачі оптимізації

Задача – розрахувати оптимальну кількість смаженого цикорію, при якій спостерігається оптимальна кольорність пивного сусла. Математично це можна виразити у вигляді отримання математичної моделі:

$$Y = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + b_{12} \times X_1 \times X_2; \quad (4.3)$$

де Y – кольорність сусла; X_1 – смаженого цикорію; X_2 – кількість ячмінного солоду, b_0, b_1, b_2, b_{12} – коефіцієнти рівняння математичної моделі.

Вибір нульових рівнів. Пропонується центр плану помістити в точку з координатами:

$$X_1 = 5 \%;$$

$$X_2 = 95 \%.$$

Вибір інтервалів варіювання факторів

Для реалізації цього етапу планування експерименту у факторному просторі вибирається область проведення експерименту з наступними інтервалами варіювання відносно нульових рівнів:

$$\Delta X_1 = 2 \%;$$

$$\Delta X_2 = 2 \%.$$

Методом планування обрано повний факторний експеримент (ПФЕ) виду $N = 2^2 = 4$.

Проводились паралельні досліді (y_1, y_2, y_3)

Складаємо матрицю рівнів варіювання (табл.4.1).

Таблиця 4.1 - Матриця рівнів варіювання

Найменування рівнів варіювання	Позначення	Кількість смаженого цикорію, %	Кількість світлого солоду, %
		$M_{\text{цик}}(X_1)$	$M_{\text{св.солоду}}(X_2)$
Верхній	+	7	97
Середній	0	5	95
Нижній	-	2	93
Крок	Δ	2	2

Запишемо рівняння регресії для двохфакторного експеримента:

$$Y = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + b_{12} \times X_1 \times X_2 \quad (4.4)$$

Складаємо матрицю плану (табл.4.2).

Таблиця 4.2 - Матриця плану

№ з/п	x_0	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	y_1	y_2	y_3	$\tilde{y}$	$S^2_{одн}$
1	+	+	+	+	5,35	5,4	5,4	5,4	0,00125
2	+	+	-	-	5,5	5,6	5,8	5,6	0,025
3	+	-	+	-	5,4	5,7	5,0	5,7	0,09
4	+	-	-	+	5,6	5,5	5,2	5,8	0,17

Дисперсія вибіркова – дисперсія, обчислена за даними вибірки.

Перевіряємо однорідність дисперсій

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

$$S^2_{одн_i} = \frac{\sum_{j=1}^{m=2} (y_{ij} - \tilde{y}_i)^2}{m-1} \quad (4.5)$$

де m – кількість паралельних дослідів, $m = 3$;

i – поточний номер паралельного дослідів, $i = 1, 2$;

y_i – експериментальні значення вихідного параметру за результатами i -го паралельного дослідів;

$\bar{y}_i$ – середнє значення вихідного параметру за результатами паралельних дослідів.

$$S^2_{одн_1} = \frac{(5,35 - 5,4)^2 + (5,4 - 5,4)^2 + (5,4 - 5,4)^2}{3 - 1} = 0,00125$$

$$S^2_{одн_2} = \frac{(5,5 - 5,6)^2 + (5,6 - 5,6)^2 + (5,8 - 5,6)^2}{3 - 1} = 0,025$$

$$S^2_{одн_3} = \frac{(5,4 - 5,7)^2 + (5,7 - 5,7)^2 + (5 - 5,7)^2}{3 - 1} = 0,09$$

$$S_{одн_4}^2 = \frac{(5,6 - 5,8)^2 + (5,5 - 5,8)^2 + (5,2 - 5,8)^2}{3 - 1} = 0,17$$

Визначаємо найбільше значення $S_{одн.мах}^2$ серед усіх розрахованих:

$$S_{одн.мах}^2 = S_{одн_4}^2 = 0,17$$

Знаходимо суму розрахованих дисперсій:

$$\sum_{i=1}^N S_{одн.i}^2 = 0,2863$$

G – критерій (або критерій Кохрена) – використовують для визначення однорідності дисперсій певних статистичних характеристик, коли число ступенів свободи є однаковим для двох дисперсій, кількість дисперсій більша двох, а одна з них значно перевищує інші. Розрахунковий критерій Кохрена дорівнює відношенню максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій. Цей критерій базується на G -розподілі.

Для розрахованих ступенів свободи та вибраного рівня значущості вибирають табличний G_m і порівнюють з розрахунковим G_p .

Якщо $G_p < G_m$, то всі вибіркові дисперсії є однорідними.

Розраховуємо критерій Кохрена:

$$G_p = \frac{S_{одн.мах}^2}{\sum_{i=1} S_{одн.i}^2} \quad (4.6)$$

де $S_{одн.мах}^2$ – найбільша рядкова дисперсія (в рядках плану дослідів);

$$G_p = \frac{0,17}{0,2863} = 0,59$$

б) вибираємо табличне значення критерія Кохрена G_m для значень ступенів вільності $f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$ та $f_2 = N = 4$ з урахуванням рівня значущості $\alpha = 0,05$.

$$G_m(f_1, f_2) = 0,9065;$$

в) перевіряємо виконання умови:

$$G_p < G_m, \text{ а саме: } G_p = 0,59 < G_m = 0,9065$$

г) робимо висновок про те, що дисперсії вважають однорідними, а значення вихідної величини є відтворюваним.

Дисперсія відтворюваності – дисперсія, що характеризує відтворюваність експерименту; обчислюється як середнє арифметичне

вибіркових дисперсій результатів паралельних (дублюючих) дослідів, якщо зазначені дисперсії однорідні.

Розраховуємо загальну похибку дослідів (всього експерименту), а саме, середнє арифметичне значення дисперсій $S_{від}^2$ в N=4 точках факторного простору:

$$S_{від}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_{одн\ i}^2}{N} \quad (4.7)$$

$$S_{від}^2 = \frac{0,17}{4} = 0,0425$$

Розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії

$$B_i = \frac{\sum_{i=1}^N z_{xi} \cdot \tilde{y}_i}{N} \quad (4.8)$$

$$b_0 = \frac{5,4 \cdot (+1) + 5,6 \cdot (+1) + 5,7 \cdot (+1) + 5,8 \cdot (+1)}{4} = 5,625$$

$$b_1 = \frac{5,4 \cdot (+1) + 5,6 \cdot (+1) + 5,7 \cdot (-1) + 5,8 \cdot (-1)}{4} = -0,125$$

$$b_2 = \frac{5,4 \cdot (+1) + 5,6 \cdot (-1) + 5,7 \cdot (+1) + 5,8 \cdot (-1)}{4} = -0,075$$

$$b_{12} = \frac{5,4 + (+1) + 5,6 \cdot (-1) + 5,7 \cdot (-1) + 5,8 \cdot (+1)}{4} = -0,025$$

Перевірка на значущість коефіцієнтів регресії

Критерій Стюдента характеризує відношення максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій для паралельних дослідів; застосовується для перевірки однорідності вибіркових дисперсій результатів паралельних дослідів.

Коефіцієнт Стюдента:

$$t_{bk} = \frac{|b_k|}{S_k}$$

$$S_k = \sqrt{S_k^2}$$

$$S_k^2 = \frac{S_{відт}^2}{N}$$

$$S_k^2 = \frac{0,0425}{4} = 0,0106$$

$$S_k = \sqrt{0,0106} = 0,103$$

$$t_{b0} = \frac{|5,625|}{0,103} = 54,6$$

$$t_{b1} = \frac{|-0,125|}{0,103} = 1,21$$

$$t_{b2} = \frac{|-0,075|}{0,103} = 0,73$$

$$t_{b12} = \frac{|-0,025|}{0,103} = 0,24$$

Знаходимо табличне значення коефіцієнта Стюдента: $t_T = 2,78$ ($\alpha = 0,05$; $f = 4$).

Перевіряємо умову значущості кожного з коефіцієнтів регресії, а саме $t_{bk} > t_T$. Якщо ця умова не виконується, то коефіцієнт є незначущим і ним можна знехтувати.

Записуємо в остаточному вигляді отримане рівняння регресії:

$$\hat{Y}_1 = 5,625 - 0,125 \cdot x_1 - 0,075 \cdot x_2$$

де Y_1 – кольорність охмеленого пивого сусла;

x_1 – кількість смаженого цикорію, % від кількості ячмінного світлого солоду;

x_2 – кількість ячмінного світлого солоду, %.

Перевірка рівняння регресії на адекватність

Адекватність рівняння регресії – відповідність рівняння регресії дослідним даним. Зазвичай, відповідність оцінюють у межах помилки відтворюваності.

Перевіряємо адекватність отриманого рівняння регресії на адекватність дійсному процесу:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2}$$

$$S_{ад}^2 = S_{зал}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{y}_i - \hat{Y}_i)^2}{N - 1}$$

$$\hat{Y}_1 = 5,625 - 0,125 \cdot (+1) - 0,075 \cdot (+1) = 5,425$$

$$\hat{Y}_2 = 5,625 - 0,125 \cdot (+1) - 0,075 \cdot (-1) = 5,225$$

$$\hat{Y}_3 = 5,625 - 0,125 \cdot (-1) - 0,075 \cdot (+1) = 5,675$$

$$\hat{Y}_4 = 5,625 - 0,125 \cdot (-1) - 0,075 \cdot (-1) = 5,825$$

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{4-1} \cdot [(5,4 - 5,425)^2 + (5,6 - 5,225)^2 + (5,7 - 5,675)^2 + (5,8 - 5,825)^2] = 0,0473$$

Розрахунковий критерій Фішера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2} = \frac{0,0473}{0,0425} = 1,11$$

Табличне значення критерію Фішера $F_T = 1,94$

$F_p < F_T$, тому рівняння регресії вважається адекватним.

Проведемо денормалізацію рівняння регресії: перейдемо від безрозмірних (кодованих) значень факторів до їх натуральних значень:

$$x_1 = \frac{C_{хп} - 5}{2}$$

$$x_2 = \frac{T_D - 93}{2}$$

$$Y = 5,625 - 0,125 \cdot \frac{C_{хп} - 5}{2} - 0,075 \cdot \frac{T_D - 93}{2}$$

В результаті денормалізації рівняння отримало наступний вигляд:

$$K_c = 19,275 - 0,25 \cdot C_{цик} - 0,15 \cdot C_{св.сол.}$$

Перевіримо отримане рівняння на похибку:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \hat{Y}_i - \bar{Y}_i \right|}{N} \cdot 100\%$$

Розраховуємо значення вихідного параметру за отриманим рівнянням для всіх 4 дослідів, підставляючи верхній та нижній рівні варіювання.

$$\hat{Y}_1 = 19,275 - 0,25 \cdot 6 - 0,15 \cdot 89 = 4,425$$

$$\hat{Y}_1 = 19,275 - 0,25 \cdot 2 - 0,15 \cdot 93 = 4,825$$

$$\hat{Y}_1 = 19,275 - 0,25 \cdot 6 - 0,15 \cdot 93 = 3,825$$

$$\hat{Y}_1 = 19,275 - 0,25 \cdot 2 - 0,15 \cdot 89 = 5,425$$

$$\Delta = \frac{\frac{|4,425 - 4,4|}{4,4} + \frac{|4,825 - 4,6|}{4,6} + \frac{|3,825 - 4,7|}{4,7} + \frac{|5,425 - 4,8|}{4,8}}{4} \times 100\% = 9,275\%$$

Отримане значення похибки свідчить про те, що рівняння регресії забезпечує залежність кольорності суслу від кількості смаженого цикорію в межах 3 – 7 % і від кількості світлого солоду в межах 97 – 93 %.

Згідно проведених розрахунків будуюмо графік залежності кольорності темного пива від кількості смаженого цикорію (рис.4.2).

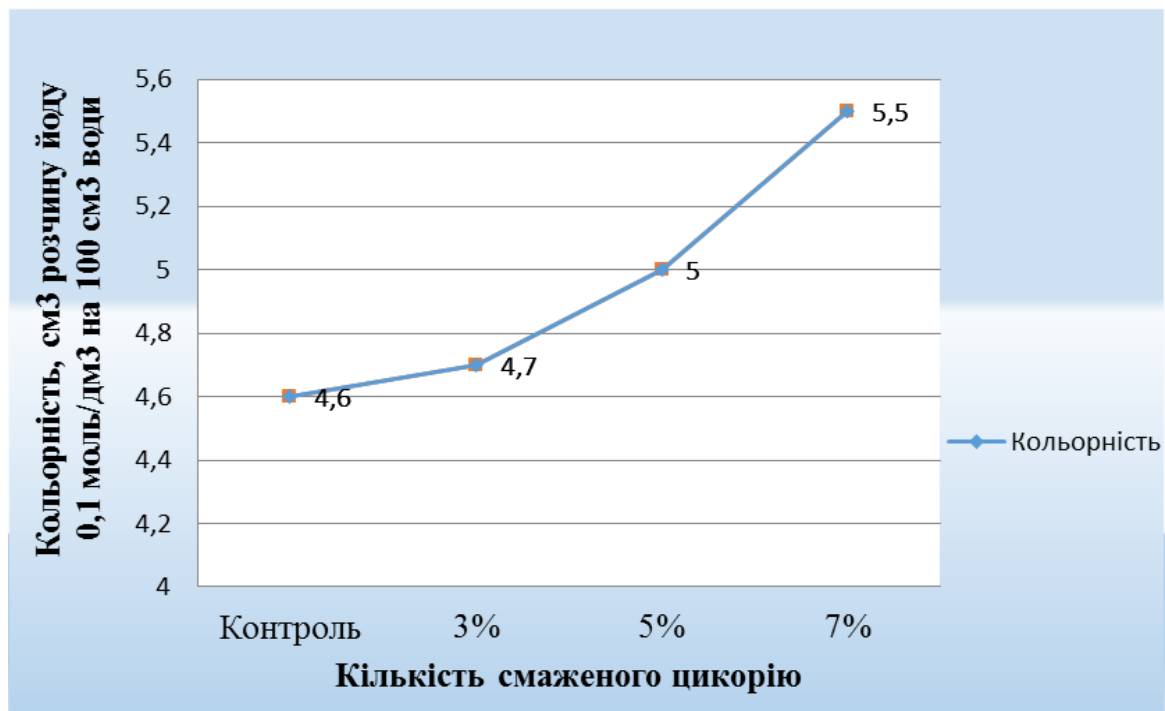


Рисунок 4.2. Графік залежності кольорності суслу від кількості смаженого цикорію

4.2 Висновок

1. За методом повного факторного експерименту (ПФЕ) складено план із заданими матрицями планування експерименту, вказанням кількості проведених досліджень та визначеними межами встановлених факторів експерименту. Розраховано критерії Кохрена, отримано рівняння регресії, перевірена значимість коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Стюдента, встановлено відповідність отриманого рівняння введеним даним.

2. Методом математично-статистичного моделювання отримано рівняння залежності кольорності пивного суслу від кількості смаженого цикорію із середньою відносною похибкою 0,5 %.

5 СОЦІАЛЬНО – ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

На основі проведених досліджень доведена доцільність використання подрібнених сушених і смажених коренеплодів цикорію у пивоварінні. Обрані способи і режими приготування водних екстрактів, затирання суміші солоду і цикорію, а також приготування пивного суслу з внесенням екстрактів цикорію на різних технологічних стадіях дозволяють отримати нові сорти світлого і темного пива, збагачені біологічно активними речовинами інуліновмісної сировини, і зменшити витрати коштовного хмелю завдяки високому вмісту гірких речовин у коренеплодах цикорію.

Для розрахунку соціально-економічної ефективності був проведений моніторинг цін на сировину для виробництва світлого пива, виготовленого із світлого солоду в кількості 100 %, виробництва темного пива, виготовленого із світлого солоду з додаванням карамельного солоду в кількості 5 %, а також дослідних зразків світлого і темного пива з додаванням екстракту сушеного і смаженого цикорію (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – вартість 1 т сировини для виробництва пива

№ з/п	Найменування сировини	Вартість 1 т, грн.
1.	Солод світлий ячмінний пивоварний	21500
2.	Солод карамельний	28500
3.	Хміль гранульований	420000
4.	Свіжі коренеплоди цикорію	4000
5.	Сушені коренеплоди цикорію	21500
6.	Смажені коренеплоди цикорію	25500

Згідно розрахунків, наведених в розділі 3.3.1, для приготування світлого пива і охмелення чисто солодового суслу (контрольного зразку, який містив 100 % ячмінного світлого солоду) концентрацією СР 11 % гіркий хміль вносили в кількості 1,48 г/дм³ або 14,8 г/дал. Кращим за фізико-хімічними і органолептичними показниками було обрано зразок пива з вмістом сушеного цикорію 4 %. Для його приготування хміль задавали в кількості 1,2 г/дм³ або 12 г/дал. У порівнянні з контролем кількість хмелю зменшували на 20 % без погіршення якісних показників пива, що підтвердили результати дегустаційного оцінювання, наведені в табл. 3.4 (розділ 3).

Враховуючи однакову вартість світлого солоду і сушеного цикорію, очікуваний прибуток (Π_0) за рахунок економії гіркого хмелю становив:

$$\Pi_0 = (14,8 - 12) \cdot 0,42 = 1,176 \text{ грн/дал або } 1176 \text{ грн на } 1000 \text{ дал.}$$

5.1. Розрахуємо собівартість світлого пива з використанням сушеного цикорію.

Витрати сировини на 1 дал пива розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{e \cdot d \cdot 96 \cdot 10}{(E - \text{Втр}_{\text{др}}) \cdot \text{В}_\tau}, \text{ кг} \quad (5.1)$$

де e – масова частка СР у початковому суслі, %;

d – відносна густина сусла;

E – екстрактивність зернопродуктів у перерахунку на ПСР, %;

$\text{Втр}_{\text{др}}$ – втрати екстракту в дробині, %;

В_τ – вихід товарного пива, %.

Втрати екстракту з пивною дробиною ($\text{Втр}_{\text{др}}$) для сусла концентрацією 11 % СР становили 0,5 %. Відносна густина сусла – 1,04420.

Екстрактивність світлого солоду становила 79,5 %, а його вологість 4,9 %. Тоді, екстрактивність світлого солоду ($E_{\text{св}}$) у перерахунку на ПСР становитиме:

$$\frac{79,5 \cdot (100 - 4,9)}{100} = 75,6 \%$$

Екстрактивність сушеного цикорію становила 80 %, а його вологість 12 %. Тоді екстрактивність сушеного цикорію ($E_{\text{ци}}$) у перерахунку на ПСР становитиме:

$$\frac{80 \cdot (100 - 12)}{100} = 70,4 \%$$

Середньозважена екстрактивність світлого солоду (96 %) і сушеного цикорію (4 %) у перерахунку на ПСР дорівнює:

$$E_{\text{сер}} = 0,96 \cdot 75,6 + 0,04 \cdot 70,4 = 75,39 \%$$

Нормативні витрати сировини на 1 дал світлого пива, виготовленого із світлого солоду (контрольний зразок) становили:

$$N = \frac{11 \cdot 1,04420 \cdot 96 \cdot 10}{(76 - 0,5) \cdot 84,9} = 1,72 \text{ кг}$$

Нормативні витрати сировини на 1 дал світлого пива з цикорієм становили:

$$N = \frac{11 \cdot 1,04420 \cdot 96 \cdot 10}{(75,39 - 0,5) \cdot 84,9} = 1,73 \text{ кг}$$

у тому числі:

- світлого солоду $1,73 \cdot 0,96 = 1,6608 \text{ кг};$
- сушеного цикорію $1,73 \cdot 0,04 = 0,0692 \text{ кг}.$

Вартість сировини ($\text{В}_{\text{св}}$) для виробництва 1 дал світлого пива, виготовленого тільки із світлого солоду, складається із вартості світлого солоду і вартості гіркого хмелю:

$$\text{В}_c = 1,72 \cdot 21,5 + 14,8 \cdot 0,42 = 43,196 \text{ грн/дал.}$$

Вартість сировини ($B_{\text{сц}}$) для виробництва 1 дал світлого пива із сушеним цикорієм складається із вартості світлого солоду, вартості сушеного цикорію і вартості гіркого хмелю:

$$B_{\text{сц}} = 1,6608 \cdot 21,5 + 0,0692 \cdot 25,5 + 12 \cdot 0,42 = 42,5118 \text{ грн/дал}$$

Таким чином, загальна вартість сировини для виробництва 1000 дал світлого пива із чисто світлого солоду становить 43196 грн.

Загальна вартість сировини для виробництва 1000 дал світлого пива з сушеним цикорієм, взятого в кількості 4 % від кількості солоду, становить 42511,8 грн.

5.2. Розрахуємо собівартість темного пива з використанням смаженого цикорію.

Для приготування темного пива і охмелення солодового сусла (контрольного зразку, який містив 95 % ячмінного світлого солоду і 5 % карамельного солоду), гіркий хміль вносили в кількості 1,03 г/дм³ або 10,3 г/дал. Кращим за фізико-хімічними і органолептичними показниками було обрано зразок пива з вмістом смаженого цикорію 3 %. Для приготування темного пива з заміною карамельного солоду на смажений цикорій витрати гіркого хмелю зменшували на 10 % без погіршення якості пива – від 10,3 до 0,93 г/дм³ або 9,3 г/дал.

Очікуваний прибуток (Π_0) за рахунок економії хмелю становив:

$$\Pi_0 = (10,3 - 0,93) \cdot 0,42 = 0,42 \text{ грн/дал або 420 грн на 1000 дал.}$$

Розрахуємо собівартість темного пива з використанням смаженого цикорію. Витрати сировини на 1 дал пива розраховували за формулою 5.1.

Втрати екстракту з пивною дробиною ($B_{\text{тр,др}}$) для сусла концентрацією СР 13 % становили 0,5 %. Відносна густина сусла – 1,05420.

Екстрактивність світлого солоду становила 79,5 %, а його вологість 4,9 %. Тоді, екстрактивність світлого солоду ($E_{\text{св}}$) у перерахунку на ПСР становитиме:

$$\frac{79,5 \cdot (100 - 4,9)}{100} = 75,6 \%$$

Екстрактивність карамельного солоду становила 75,0 %, а його вологість 6,0 %. Тоді екстрактивність карамельного солоду ($E_{\text{кар}}$) у перерахунку на ПСР становитиме:

$$\frac{75 \cdot (100 - 6)}{100} = 70,5 \%$$

Середньозважена екстрактивність світлого (95 %) і карамельного (5 %) солоду ($E_{\text{ср}}$) у перерахунку на ПСР дорівнює:

$$E_{\text{ср}} = 0,95 \cdot 75,6 + 0,05 \cdot 70,5 = 75,35 \%$$

Нормативні витрати сировини на 1 дал темного пива з карамельним солодом становили:

$$N = \frac{13 \cdot 1,05420 \cdot 96 \cdot 10}{(75,35 - 0,5) \cdot 84,9} = 2,07 \text{ кг}$$

у тому числі:

- світлого солоду $2,07 \cdot 0,95 = 1,97$ кг;
- карамельного солоду $2,07 \cdot 0,05 = 0,1035$ кг.

Екстрактивність смаженого цикорію становила 65 %, а його вологість 2,0 %. Екстрактивність смаженого цикорію ($E_{\text{смц}}$) у перерахунку на ПСР становить:

$$\frac{65 \cdot (100 - 2,0)}{100} = 76,5 \%$$

Середньозважена екстрактивність світлого солоду і смаженого цикорію дорівнює:

$$E_{\text{сер}} = 0,97 \cdot 75,6 + 0,03 \cdot 76,5 = 75,63 \%$$

Норматині витрати сировини на 1 дал темного пива з цикорієм становили:

$$N = \frac{13 \cdot 1,05420 \cdot 96 \cdot 10}{(75,63 - 0,5) \cdot 84,9} = 2,06 \text{ кг.}$$

у тому числі:

- світлого солоду $2,06 \cdot 0,97 = 2,0$ кг;
- смаженого цикорію $2,06 \cdot 0,03 = 0,0618$ кг.

Вартість сировини для виробництва 1 дал темного пива з карамельним солодом ($V_{\text{кc}}$) складається із вартості світлого солоду, вартості карамельного солоду і вартості гіркого хмелю:

$$V_{\text{кc}} = 1,97 \cdot 21,5 + 0,1035 \cdot 28,5 + 10,3 \cdot 0,42 = 49,631 \text{ грн/дал.}$$

Вартість сировини для виробництва 1 дал темного пива із смаженим цикорієм ($V_{\text{смц}}$) складається із вартості світлого солоду, вартості смаженого цикорію і вартості гіркого хмелю:

$$V_{\text{смц}} = 2,0 \cdot 21,5 + 0,0618 \cdot 25,5 + 9,3 \cdot 0,42 = 48,48 \text{ грн/дал}$$

Загальна вартість сировини для виробництва темного пива з карамельним солодом становить 49631 грн на 1000 дал готового пива.

Загальна вартість сировини для виробництва темного пива з смаженим цикорієм становить 48480 грн на 1000 дал готового пива. При цьому витрати хмелю зменшуються на 10 % (на 420 грн на 1000 дал) завдяки внесенню гірких речовин цикорію.

Висновок.

1. Використання сушеного цикорію в кількості 4 % від кількості світлого солоду для приготування світлого пива дозволяє зменшити собівартість готового пива на 1,6 %, що в грошовому еквіваленті становить 684,2 грн на 1000 дал готового пива без погіршення його якісних показників.

2. Використання смаженого цикорію в кількості 3 % від кількості світлого солоду для приготування темного пива дозволяє зменшити собівартість готового пива на 2,3 %, що в грошовому еквіваленті становить 1151 грн на 1000 дал пива без погіршення його якісних показників.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Законодавство 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.

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 [29].

Робота, що виконується у лабораторії відповідно до НПАОП 0.00-4.11-07 відноситься до категорії 1а. Вона характеризується як легка, 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 становить 0,5 м/с, що відповідає умовам роботи. Температура повітря контролюється щоденно за допомогою ртутного термометру, тиск – за допомогою барометру, вологість – настінним психрометром. Швидкість руху повітря вимірюється чашковим анемометром 1 раз на місяць.

Під час виконання робіт в лабораторії на працюючих можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- хімічні (ємності великого об'єму, хімічні речовини: їдкий натр, етанол, сульфатна кислота, йод та інші. Реактиви потрібно зберігати у спеціально відведених місцях;
- біологічні: стружка (березова, дубова), насичена наночастинками сірки;
- механічні: виробниче обладнання (обладнання, що працює під тиском, центрифуги, лабораторне скло, ріжучий, колючий інструментарій, гострі краї, задири 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.

Внаслідок своєї життєдіяльності людина 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/м². 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.

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 використовують ртутні і спиртові термометри, термопари 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. 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 в роботі 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 та правил ДСП 9.9.5.-080-02 в спеціальних приміщеннях, що мають опалення, вентиляцію, штучне освітлення [15].

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 завідуючого лабораторією. Реактиви зберігаються на стелажах або в шафах. Доступ до них дозволяється особам, які відповідають за їх облік і зберігання.

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

Реактиви розміщують 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.

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

Вологочутливі реактиви зберігають в герметичній тарі; особливо гігроскопічні і вологочутливі – 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. Термо чутливі 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 плюс 4 до мінус 20 °С, додержуючись умов зберігання, вказаних на етикетці. Вогненебезпечні 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.

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 ³	Клас небезпеки шкідливих речовин
Науково-дослідна лабораторія Національного університету харчових технологій	Їдкий натр	Викликає хімічні опіки шкіри, подразнює слизові оболонки	0,5	II
	H ₂ SO ₄	Подразнює шкіру, слизові оболонки, викликає опіки, загальне отруєння організму	1	II
	Етанол	Легкозаймиста рідина, діє на нервову систему, серцево-судинну, печінку	1000	IV

Забороняється зберігати в лабораторії: будь-які речовини без етикеток; вибухо- та вогненебезпечні реактиви разом із сильно отруйними; спільно або в безпосередній близькості речовини, що можуть впливати одна на одну і викликати пожежу або вибух (наприклад, азотна кислота і будь-яка органічна речовина) внаслідок їх хімічної взаємодії; запаси отруйних, сильнодіючих вибухонебезпечних речовин на робочих столах.

Вентиляція

При тривалій роботі в недостатньо вентильованих приміщеннях існує можливість отруєння газом. За умови роботи 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 год⁻¹. У

лабораторії передбачено місцеву витяжну механічну вентиляційну систему вловлювання шкідливих речовин у місцях їх виділення і попередження перемішування 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 становить 0,5 м/с, що відповідає нормі. Крім загальної вентиляції приміщення лабораторії повинно бути обладнане вентиляційними пристроями для відсмоктування повітря з витяжних шаф.

Освітленість

Важливим елементом умов праці є освітлення. Правильно виконана система освітлення відіграє вагомую роль в пониженні виробничого травматизму. Робота у лабораторії, в якій проводилася науково-дослідна робота за нормами освітленості 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 приміщення або 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 є:

- відповідність гігієнічним нормативам;
- рівномірність яскравості на робочій поверхні і в межах оточуючого простору;
- повинні бути відсутні різкі тіні на робочій поверхні і блиски в полі зору;
- освітлення повинно створювати спектральний склад світла, близький до природного, що забезпечує правильну передачу і сприйняття світла.

Освітлення у лабораторії є комбінованим: природне через вікно розміром 2,5х2 м; штучне – робоче, загальне, рівномірне, люмінісцентне.

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 в джерелі його виникнення; зміні напрямку випромінювання звукових хвиль від джерела шуму; зменшенні шуму на шляху його розповсюдження; використанні будівельно-акустичних заходів.

Гігієнічне нормування вібрацій передбачає встановлення найбільш допустимих рівнів вібро-швидкості 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 використовують такі заходи:

- обладнання вентиляційної системи встановлюють поза робочими приміщеннями, 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, компресори і 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 ця небезпека існує всюди, де використовуються електроустановки, тому приміщення без підвищеної небезпеки не можна назвати безпечними.

Електрообладнання у лабораторії живиться від розподільчого щита, у якому розміщені однофазні та двохфазні розетки. Щит підключено до трьохфазної чотирьох-провідної електричної мережі змінного струму частотою 50 Гц з глухо заземленою нейтраллю та напругою 380/220 В. Один раз на рік проводиться контроль величини опору ізоляції за допомогою мегаомметра М 1101-М. Захисна оболонка електрообладнання повинна забезпечувати захист персоналу від дотикання з струмоведучими частинами і захисту внутрішніх частин від потрапляння сторонніх тіл та води. На розподільчому щиті є 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, дії електричного поля і електричної дуги використовують захисне відключення, малі напруги, ізоляцію, огорожуючі та попереджувальні засоби.

Пожежна безпека

Пожежна безпека підприємства – це стан підприємства, при якому виключається можливість пожежі, а у випадку її виникнення виключається вплив на людей небезпечних факторів пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей. Правила пожежної безпеки повинні відповідати НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»

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 samozagoriatися 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.

Заходи попередження пожеж:

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 знаходяться на видному місці, поряд з інструкцією з техніки безпеки.

Висновки

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

Для підвищеної безпеки праці та зниження негативного впливу під час роботи можна досягти за рахунок впровадження наступних 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.

7 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.

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 [22].

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

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 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 і 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:

Клас	Р, кПа	Косл
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 чол, середні — від 600 до 2000 і великі — більше 2000 (до 5000) чол. 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) та допоміжні (приміщення для фільтровентиляційної установки і дизельних електростанцій, санвузлу, 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° С. У мирний час підтримується температура не вище 10° С. 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.

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 евакуаційні комісії і евакопункти (ПЕП). Останні розгортаються на межах зон радіоактивного забруднення або хімічного зараження, а також у разі значної

протяжності маршруту (до 100 км), а також 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.

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.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) за призначенням поділяються на засоби захисту органів дихання, шкіри і медичні засоби. 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 (радіопротектори, комплекси, адсорбенти); антидоти синильної кислоти; протибактеріальні засоби; засоби часткової санітарної обробки: перев'язочні пакети, бинти і проти опікові пов'язки.

ЗІЗ повинні бути у постійній готовності до застосування, а при виникненні надзвичайної ситуації (зараження атмосфери ОР, РР, БЗ, СДОР) використовуватися людиною негайно. 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 принципом захисту вони бувають фільтрувальні та ізолювальні.

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 ізолювальних засобів *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; шланго - видихальні 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 ІП-4, ІП-46, ІП-5. До киснеізолювальних належать киснеізолювальні протигази КІП-8, ІП-4МК та інші. Крім того, до ізолювальних протигазів належать респіратори Р-30, „Урал-7" та інші, саморятувальники ШС-7М, ШС-20М та інші. 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 та загальновійськовий захисний комплект.

Медичні засоби захисту призначені для профілактики і надання допомоги населенню, запобігання ураженню або значного зниження його ступеня, підвищення стійкості організму до уражаючого впливу радіоактивних, отруйних речовин, СДОР і бактеріальних засобів. До них належать радіозахисні препарати, засоби захисту від впливу отруйних речовин (антидоти), протибактеріальні засоби — сульфаніламід, антибіотики, вакцини, виворотки. Ці засоби входять в аптечки індивідуальні (AI-2). Аптечка AI-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.

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.

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 на відстані не більше 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 щодо підвищення надійності захисту, а відповідно, і підвищення стійкості роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях.

Висновки

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

- завчасно будують захисні споруди на об'єкті (сховища) та в заміській 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 і населення користування засобами захисту і алгоритму дії 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, гідроспорудами і системами виробничої та соціальної інфраструктури, потужностей і розміщення потенційно небезпечних об'єктів, наявності захисних споруд, особливостей розселення жителів, а також кліматичних та інших факторів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень була удосконалена технологія пива з цикорієм і доведено, що використання сушених і смажених коренеплодів дозволяє отримати нові сорти світлого і темного пива, підвищити їх якість і зменшити собівартість.

1. Для приготування сусла і світлого пива обрано настійний спосіб затирання, який передбачає внесення у затір екстракт сушеного цикорію, ферментний препарат «Інулоаваморин П10Х» в кількості 14 од/г інуліну і проведення інулазної паузи при температурі 55–56 °С протягом 20–30 хв.

2. Встановлено, що за фізико-хімічними і органолептичними показниками кращим виявився зразок світлого пива з вмістом сушеного цикорію 4 % від кількості солоду.

3. Внесення смаженого цикорію на стадії фільтрування заторів для отримання сусла і темного пива призводить до часткової втрати цінних гірких, ароматичних, редукуючих речовин цикорію та інуліну на стадії кип'ятіння сусла з хмелем.

4. Удосконалений спосіб приготування темного пива передбачає отримання водного екстракту смаженого цикорію і його змішування з охолодженим охмеленим суслom. Оптимальними умовами екстрагування водорозчинних речовин смаженого цикорію є температура 85–90 °С, гідромодуль 1:6, час 90 хв.

5. За фізико-хімічними і органолептичними показниками кращим виявився зразок темного пива з вмістом смаженого цикорію 3 % від кількості солоду.

6. Для реалізації технологічних рішень були розроблені принципові технологічні схеми з урахуванням обраних способів і режимів отримання світлого і темного пива з цикорієм.

7. За методом повного факторного експерименту отримано математичну модель, розраховано критерії Кохрена, перевірена значимість коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Стюдента, встановлено адекватність рівняння регресії.

8. Часткова заміна солоду на цикорій дозволяє зменшити питому витрату гіркого хмелю для світлого пива на 20 % (від 14,8 до 12 г/дал), а для темного пива на 10 % (від 10,3 до 9,3 г/дал), завдяки чому зменшити собівартість світлого пива на 1,6 %, а темного пива на 2,3 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Асортимент і біологічна цінність пива / А.Є. Мелетьєв, З.М. Романова, Г.А. Бартош, С.В. Тертиці / *Харчова і переробна промисловість*. 2010. № 1. С. 23–25.
2. А.с. СССР № 923496, кл. А23 F5/24. Экстрактор для растительного сырья / Дебой М.С., Гарькавый А.Д., Гурченко А.П., Лось В.Н. – № 98120868/13; заявл. 23.11.1998; опубл. 27.05.2000.
3. А. с. № 1751185 СССР, МПК С 12 С 9/02. Способ приготовления суслу для темного пива / В. Н. Швец, И. С. Гулый, Ю. В. Булий, С. Р. Тодосийчук, В. Ф. Домарецкий, С. Л. Рябченко, Л. И. Онищук (СССР). № 4839643/13; заявл. 15.06.90; опубл. 30.07.92, Бюл. № 28. – 4 с.
4. А.с. СССР № 1666528, кл. С 12 С 9/02, 1989. Способ приготовления суслу для темного пива / В.Н. Швец, И.С. Гулый, Ю.В. Булий, С.Р. Тодосийчук, В.А. Домарецкий, С.Л. Рябченко и Л.И. Онищук. КТИПП. 15.06.90 (46) 30.07.92, Бюл. № 28.
5. Башта А.О., Івчук Н.П. Використання нетрадиційної інуліновмісної сировини в технологіях оздоровчих харчових продуктів. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції - основні засади її конкурентоздатності* : програма та матеріали V Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 14 вересня 2016 р., м. Київ. К. : НУХТ, 2016. С. 112–113.
6. Борисюк В.О., Маковецький К.А., Бойко І.І. Визначення водорозчинних вуглеводів та інуліну в коренеплодах цикорію коренеплідного. *Цукрові буряки*. 2011. № 5. С. 16–17.
7. Булий Ю.В. Разработка новой технологии пастообразного растворимого цикория : дис. канд. техн. наук: 05.18.07. «Технологія продуктів бродіння, алеогольних і безалкогольних напоїв» / НУХТ. Київ, 1989. 30 с.
8. Булій Ю.В., Куц А.М., Мукоїд Р.М. Технологія світлого і темного сортів пива з цикорієм. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції* : тези доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції, 8 листопада 2022 р. м. Київ: НУХТ. 2022. С. 139–140.
9. Булій Ю.В., Зінченко О.І. Технологія низькокалорійного дієтичного пива з використанням висушених коренеплодів цикорію. *Стратегія якості в промисловості і освіті* : тези доповідей XV Міжнародної конференції, 3 – 6 червня 2019 р., Дніпро-Варна. м. Варна.. 2019. С. 45–49.
10. Булій Д.Ю., Сухіна Є.А., Булій Ю.В. Використання коренеплодів цикорію для виробництва молочних напоїв. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції* : тези доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції, 7 листопада 2023 р. Київ: НУХТ, 2023. С. 273–274.
11. Вода питна. «Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною »: ДСанПіН 2.2.4–171–10. — [Чинний від 12.05.2010 р.]. — Зареєстровано в міністерству юстиції України

- 1 липня 2010 р. за № 452/17747. — (Нормативний документ Мінздраву України. Державні санітарні норми та правила).
12. Галінська, О. С., Бессараб О.В., Точкова О.В. Аналіз методик визначення інуліну харчових продуктах. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : матеріали 83 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 5–6 квітня 2017 р. Київ: НУХТ, 2017. Ч. 1. С. 275.
13. Грушецький, Р., Гріненко, І., Хомічак, Л. Стереохімічні властивості інулінів. *Продовольчі речурси*. 2020 Т.8 , №14. С. 52–60.
14. Домарецкий В.А. Производство концентратов, экстрактов и безалкогольных напитков. Справочник. Киев: Урожай, 1990. С. 149.
15. ДСТУ 4753:2007 Цикорій коренеплідний. Коренеплоди для промислового перероблення. Технічні умови. [Чинний від 01.07.2007]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 25 с.
16. ДСТУ 4282:2018 Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2019–03–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2019. 14 с.
17. ДСТУ 8210:2015 «Цикорій коренеплідний сушений. Технічні умови. [Чинний від 2017–04–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 24 с.
18. ДСТУ 8211:2015 «Цикорій коренеплідний смажений. Технічні умови». [Чинний від 2017–04–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 23 с.
19. ДСТУ 8212:2015 Цикорій розчинний. Технічні умови. [Чинний від 2017–04–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 27 с.
20. ДСТУ 4097.1–2002 Хміль гіркий. Загальні технічні умови. [Чинний від 2003–01–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 28 с.
21. ДСТУ 3888:2015 Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015–11–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 14 с.
22. Засць В.А., Нецадим Л.П. Цивільний захист [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» усіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Київ: НУХТ, 2016. 75 с. (№ 55.30).
23. Ковтун Ю.А., РОашевська Т.О., Подковко О.А. Функціональні властивості інуліну. *Актуальні задачі сучасних технологій* : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, 11–12 грудня 2013 р. Тернопіль. 2013. С. 259–260.
24. Кошова В.М., Мукоїд Р.М., Коберніцька А.О. Дослідження впливу використання порошкоподібного цикорію в пивоварінні. *Engineering Studies*. 2018. № 3/2 (10). С. 812-830.
25. Кошова В.М., Мамон О.О., Удосконалення технології темного пива з використанням цикорію. *Техника и технологии. Актуальные научные проблемы. Рассмотрение, решение, практика*. 2016. Гданск. С. 38–43.
26. Мамон О.О., Кошова В.М., Булій Ю.В. Удосконалення технології темного пива з використанням цикорію. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : матеріали 82 Міжнародної наукової

- конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 13–14 квітня 2016 р. Київ: НУХТ, 2016 р. Ч.1. С.229.
27. Миколайко В. П. Хімічний склад сортів та селекційних номерів цикорію коренеплідного селекції Уманської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 115–122.
28. Миколайко В. П. Оцінювання селекційних номерів цикорію коренеплідного за хімічним складом в процесі зберігання. *Сільськогосподарські науки. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. УНУС, 2016. Вип. 88. Ч.1. С. 280–288.
29. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях [електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. Київ : НУХТ, 2014. 67 с. (№ 55.17 - 2014).
30. Мелетьєв А. Є., Тодосійчук С. Р., Кошова В. М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв : підручник / за ред. А. Є. Мелетьєва. Вінниця : Нова Книга, 2007. 392 с.
31. Пасічник, О. В. Нетрадиційна сировина для виробництва пива. *Нові ідеї в харчовій науці - нові продукти харчовій промисловості* : матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 130-річчю Національного університету харчових технологій, 13–17 жовтня 2014 р. Київ: НУХТ, 2014. С. 634.
32. Спосіб приготування низькокалорійного дієтичного пива / Ю.В. Булій, А.М. Куц : Патент № 115397 Україна : МПК С12С 12/02 (2006.01). № а 201607350; заявл. 06.07.2016; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20/2017.
33. Спосіб приготування низькокалорійного дієтичного пива / Ю.В. Булій, А.М. Куц : Патент № 115398 Україна : МПК С12С 12/02 (2006.01). № u201607353; заявл. 06.07.2016; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20/2017.
34. Спосіб приготування низькокалорійного дієтичного пива / Ю.В. Булій, А.М. Куц : Патент № 114793 Україна : МПК С12С 12/02 (2006.01). № а 201607352; заявл. 06.07.2016; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20/2017.
35. Рудавська Г. Б., Хахалєва І.В., Чикун Н.Ю. Ідентифікація за вмістом інуліну сухих розчинних напоїв із цикорію. *Товари і Ринки*, 2015. Київ : КНТЕУ.2015. № 2 (20). 168 с.
36. Тарнак О.В., Камінський А.В, Булій Ю.В Інноваційні способи приготування низькокалорійного дієтичного пива з використанням інуліновмісної сировини. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті* : Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 3–7 квітня 2023 р. Київ: НУХТ. 2023. Ч.1. С.199.
37. Технології продуктів спиртового бродіння. Модуль 1. Технологія пива [електронний ресурс]: лабораторний практикум для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-

- професійної програми «Харчові технології та інженерія» денної та заочної форм навчання / уклад. Р.М. Мукоїд, Ю.В. Булій, А.М. Куц. Київ: НУХТ, 2023. 169 с.
38. Ткач О. В. Цикорій і особливості його вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 15. С. 343–348.
39. Bais, H.; Ravishankar, G. *Cichorium intybus* L. Cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *J. Sci. Food Agr.* 2001, 81. PP. 467–484.
40. Chandra S., Kumar M., Dwivedi P., Arti K. Studies on industrial importance and medicinal value of chicory plant (*Cichorium intybus* L.) *International Journal of Advance Research*. 2016, 4(1). PP. 1060–1071.
41. J. T. C. Leite Toneli, F. E. X. Mürr, P. Martinelli, I. M. Dal Fabbro, and K. J. Park. Optimization of a physical concentration process for inulin. *Journal of Food Engineering*. 2007. Vol. 80 (3). PP. 832–838.
42. K. J. Park, R. A. de Oliveira, and F. P. R. Brod. Drying operational parameters influence on chicory roots drying and inulin extraction. *Food and Bioproducts Processing*. 2007. Vol. 85 (3). PP. 184–192.
43. Kurdler, S., Ramezan, Y., Noqabi, M. Investigation of inulin extraction from roots of chicory (*Cichorium intybus* L.). *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 2017. 9 (3).
44. Mona, I.M.; Wafaa, A.A.; Elgindy, A.A. Chemical and Technological Studies on Chicory (*Cichorium Intybus* L.) and Its Applications in Some Functional Food. *J. Adv. Agric. Res.* 2009. Vol. 14. PP. 735–756.
45. M. I. Massoud, W. A. Amin, and A. A. Elgindy. Chemical and technological studies on Chicory (*Cichorium Intybus* L) and its applications in some functional food. *Journal of Advanced Agricultural Research*. Vol. 14 (3). PP. 735–756.
46. Perović, J.; Tumbas Šaponjac, V.; Kojić, J.; Krulj, J.; Moreno, D.A.; García-Viguera, C.; Bodroža-Solarov, M.; Ilić, N. Chicory (*Cichorium intybus* L.) as a food ingredient–Nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims. *A review. Food Chem.* 2021, 336, 127676.
47. Shoaib, M.; Shehzad, A.; Omar, M.; Rakha, A.; Raza, H.; Sharif, H.R.; Shakeel, A.; Ansari, A.; Niazi, S. Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydr. Polym.* 2016, 147. PP. 444–454.
48. Van Arkel J, Vergauwen R, Sévenier R, et al. Sink filling, inulin metabolizing enzymes and carbohydrate status in field grown chicory (*Cichorium intybus* L.) *Journal of Plant Physiology*. 2012. 169(15). PP.1520–1529.
49. Wang Q, Cui J. Perspectives and utilization technologies of chicory (*Cichorium intybus* L.): a review. *African Journal of Biotechnology*. 2011.10(11). PP.1966–1977.
50. Y. Hui Ru, H. Shaoh, and Y. Yingli. The extraction and purification of inulin. *Natural Product Research and Development*. 2002. Vol. 14, PP. 65,

ДОДАТКИ

Додаток А. Робоча програма кваліфікаційної роботи

Затверджено на засіданні
кафедри біотехнології продуктів
бродіння і виноробства НУХТ,
протокол № 1 від «___» _____ 2023 р.
Зав. кафедри _____ А.М.Куц
«___» _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

кваліфікаційної роботи на тему:

**«Дослідження та удосконалення технології світлого і темного сортів пива з
цикорієм»**

ЗМІСТ

ВСТУП

1. ЦИКОРІЙ ЯК НЕТРАДИЦІЙНА ІНУЛІНОВМІСНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СВІТЛИХ І ТЕМНИХ СОРТІВ ПИВА

(аналітичний огляд)

- 1.1 Ботанічні та біологічні особливості коренеплодів цикорію
- 1.2 Хімічний склад, харчова цінність і корисні властивості і коренеплодів цикорію
- 1.3 Способи переробки коренеплодів з отриманням сушеного і смаженого цикорію
- 1.4 Характеристика фізико-хімічних показників світлого, карамельного солоду, свіжих, сушених і смажених коренеплодів цикорію
- 1.5 Технологічні режими приготування і порівняльна характеристика фізико-хімічних показників водних екстрактів сушеного і смаженого цикорію
- 1.6 Відомі способи використання цикорію у пивоварінні
- 1.7 Висновки

2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

2.2 Методи досліджень

2.3.1 Визначення вмісту інуліну в коренеплодах цикорію спектрофотометричним методом

2.3.2 Визначення фізико-хімічних показників пивного сусла

2.3.3 Аналіз готового пива

2.3 Методика досліджень

2.4. Обробка результатів досліджень

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ СУСЛА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПИВА З ЦИКОРІЄМ (експериментальна частина)

3.1 Дослідження та вибір способів і режимів процесів приготування сусла і його зброджування для отримання світлого пива

3.2 Дослідження та вибір способів і режимів процесів приготування сусла і його зброджування для отримання темного пива

3.3 Дослідження питомих витрат гіркого хмелю для приготування світлого і темного пива з цикорієм

3.4 Розробка технологічної схеми приготування пивного сусла для отримання світлого і темного пива з цикорієм

3.5 Висновки

4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Магістрант _____ Олександр ТАРНАК

Керівник, к.т.н, доц. _____ Юрій БУЛІЙ

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

89

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

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

3-7 квітня 2023 р.

Частина 1

Київ НУХТ 2023

3. Інноваційні способи приготування низькокалорійного дієтичного пива з використанням інуліновмісної сировини

Олександр Тарнак, Аркадій Камінський, Юрій Булій

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Відомі технології низькокалорійного пива передбачають збільшення витрати хмелю на 40 % для перекриття пустуватого його смаку, який є наслідком глибокого зброджування вуглеводів, що приводить до збільшення собівартості пива.

Матеріали і методи. Методи досліджень – аналітичні, хімічні, фізико-хімічні з використанням приладів та методів досліджень, що застосовуються у виробництві пива згідно ДСТУ 3888:2015. Аналіз водних екстрактів сирого, висушеного та обсмаженого цикорію виконували згідно ДСТУ 8210:2015 і ДСТУ 8212:2015.

Результати. Одним із шляхів приготування низькокалорійного дієтичного пива є додавання в затір водного екстракту цикорію. Найціннішим компонентом цикорію є інулін, який має низьку калорійність і легко засвоюється діабетиками. Вміст інуліну в свіжих коренеплодах становить 60,8-65,0 %, у висушених – 51,7-59,7 %, в обсмажених – 25,9-28,0 % на суху речовину (СР). Концентрація гірких речовин (глікозиду інтібіну, лактуцину, лактопікрину, атараксатолу та ін.) в свіжих коренеплодах становить 0,18-0,32 % на СР; показник гіркоти – 1:600.

Для вирішення поставленої задачі авторами розроблені інноваційні способи, захищені патентами на винахід. Запропоновано у солодовий затір вносити водний екстракт висушеного цикорію, отриманий шляхом екстрагування водорозчинних речовин подрібнених висушених за температури 80 °C до вологості 12-14 % коренеплодів, в кількості 3-10 % від маси солоду, у співвідношенні з водою 1:(4-7), температурі 70-80 °C протягом 40-60 хв, та ферментний препарат інуліназу, витримувати затір за температури 55-56 °C протягом 20-30 хв до повного гідролізу інуліну. Спосіб дозволяє зберегти гіркі речовини цикорію, гідролізувати інулін до редукуючих цукрів, завдяки чому підвищити ступінь зброджування і зменшити калорійність пива. Інноваційним способом є внесення у затір водного екстракту свіжих коренеплодів в кількості 10-30 % від кількості солоду, отриманого при гідромодулі 1:(1-3,5), температурі 70-80 °C протягом 40-60 хв. Для приготування суслу для темного пива запропоновано вносити у затір екстракт обсмаженого цикорію, приготовленого при гідромодулі 1:(5,5-6,0) за температури 85-90 °C протягом 50-60 хв. Для виключення втрат ароматичних речовин, інуліну і термічного розпаду гірких речовин запропоновано спосіб, який передбачає проведення екстрагування розчинних речовин обсмажених коренеплодів за температури 20-25 °C протягом 20-30 хв і внесення водного екстракту в охолоджене охмелене сусло. При цьому витрати хмелю на стадії кип'ятіння сусла зменшують від 20 до 16-18 г/дал.

Високу дегустаційну оцінку отримало низькокалорійне дієтичне пиво, отримане у виробничих умовах. Для приготування сусла затирання світлого солоду здійснювали класичним способом. Фільтрування затору відбувалося у фільтраційному апараті, в який попередньо засипали подрібнений обсмажений цикорій в кількості 3-8 % від кількості солоду. Під час фільтрування і промивання дробини за температури 76-78 °C протягом 3,5-4 год відбувалося вилужування розчинних речовин цикорію.

Висновки. Інноваційні способи дозволяють розширити асортимент низькокалорійного дієтичного пива, збільшити термін зберігання пива до 90 діб і зменшити витрати хмелю на 20-30 % через внесення у затір гірких речовин цикорію.