

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і
науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року №384

Форма № Н-9.02

Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Факультет харчових технологій та біотехнологій

Кафедра біотехнологій та радіології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

на тему: «Інтенсифікація біотехнологічних процесів, які
відбуваються у варильному відділенні підприємства «ВЗ
ГРУП» для одержання світлого нефільтрованого пива»

Виконав студент 4 курсу,
Групи 1, спеціальності
162 «Біотехнологія та біоінженерія»

Гарбар Юрій В'ячеславович

Керівник

Шемедюк Н.П., к.б.н, доцент

Рецензент

Руденко О.П., к.в.н, старший викладач

Робота заслухана на засіданні кафедри біотехнологій та радіології і
рекомендована до захисту в ЕК, протокол № 73 від 18.06.2024р.

Завідувач кафедри біотехнологій та радіології

Буцяк В.І

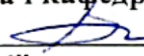
Львів – 2024

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і
науки, молоді та спорту
України
29 березня 2012 року №384

Форма № Н-9.01

Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.З. Гжицького
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення факультет харчових технологій та біотехнології
Кафедра, циклова комісія кафедра біотехнології та радіології
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
(шифр і назва)
Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, голова циклової
комісії  Буцяк В.І.
"26" 02 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Гарбару Юрію В'ячеславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Інтенсифікація біотехнологічних процесів, які відбуваються у варильному відділенні підприємства «ВЗ ГРУП» для одержання світлого нефільтрованого пива»

Керівник кваліфікаційної роботи

Шемедюк Наталія Петрівна, к.б.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 19.02.2024 року №139-4

2. Строк подання кваліфікаційної роботи 14.06.2024 року

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи

Вихідні матеріали до виконання роботи: дріжджі, солод, пивне сусло, температурні режими, технологічна схема, пиво сорту «COLD IPA», малі пивоварні.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань які потрібно розробити)

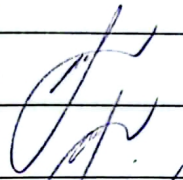
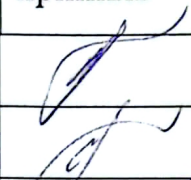
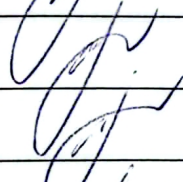
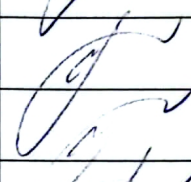
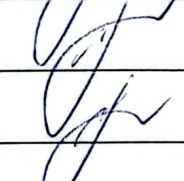
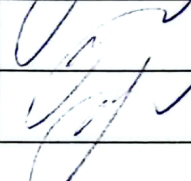

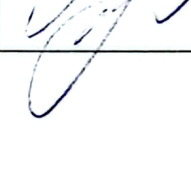
вступ, огляд літератури, матеріали та методи досліджень, результати власних досліджень, висновки, список використаної літератури.

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

графіки, діаграми, рисунки, технологічні схеми, технологічні лінії), рисунки:

варильний апарат для затирання та варки сусла , характерний для малих виробництв , що складається з двох чанів, типи фільтрів для відділення сусла з затору, тип ефективного теплообмінника , що використовують на підприємствах; схеми: заторного агрегату , технологічна схема створення пива , схема ходу головної реакції в ході затирання.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

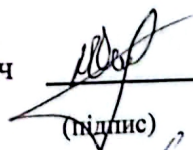
Розділ	Консультант ПІБ, посада	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Огляд літератури	доц. Шемедюк Н.П.		
2. Матеріали і методи	доц. Шемедюк Н.П.		
3. Результати досліджень	доц. Шемедюк Н.П.		
4. Висновки	доц. Шемедюк Н.П.		

7. Дата видачі завдання 15.03 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	примітки
1.	Огляд літератури.		
	I атестація:	26.04.2024р.	30%
2.	Методи та матеріали		20%
3.	Експериментальна частина		35%
	II атестація:	30.05.24р.	55%
4.	Висновки		5%
	III атестація:	06.06.24р.	15%
	Допущено до захисту.	14.06.24р.	100%

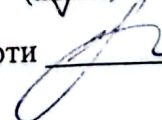
Здобувач


(підпис)

Гарбар Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи



Шемедюк Н.П

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	7
1.1.Малі пивоварні виробництва Львівщини.....	7
1.1.1 Особливості структури малих пивоварних виробництв та режим їх роботи.....	7
1.1.2 Біотехнологічні процеси на малих пивоварнях.....	9
1.2 Пиво – біотехнологічний продукт. Властивості пива.....	10
1.3 Одержання пивного сусла . Теоретичні та технологічні аспекти біотехнології зброджування сусла.....	11
1.3.1 Солод. Приготування солоду.....	12
1.3.2 Затирання: мета, принципи, способи та біохімічні процеси , що відбуваються під час затирання.....	15
1.3.3 Фільтрування заторів.....	19
1.3.4 Кип'ятіння сусла з хмелем.....	22
1.3.5 Охолодження і підготовка сусла до бродіння.....	24
1.3.6 Зброджування сусла.....	26
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.....	30
2.1 Сировина для одержання пива сорту COLD IPA на підприємстві «ВЗ ГРУП»	30
2.2 Штам дріжджів для одержання пива сорту COLD IPA на підприємстві «ВЗ ГРУП»	31
2.3 Принципова технологічна схема приготування сусла.....	32
2.4. Методи моніторингу окремих показників під час приготування пивного сусла.....	35
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	36
3.1 Технологічна схема приготування сусла на підприємстві «ВЗ ГРУП» для приготування пива сорту COLD IPA.....	36
3.2 Обґрунтування вибору сировини , способу приготування затору для сорту пива COLD IPA на підприємстві «ВЗ ГРУП».....	37

3.2.1 Сировина.....	37
3.2.2 Спосіб приготування затору	39
3.2.3 Структура заторного апарату на підприємстві , режими роботи.....	40
3.2.4. Структура заторного апарату на підприємстві «ВЗ ГРУП» та режими його роботи.....	41
3.3 Обґрунтування вибору температурних режимів , контроль значення рН під час охолодження пивного сусла для сорту пива COLD IPA на підприємстві «ВЗ ГРУП». Ферментативні реакції , які обумовлюють температурні режими та рН.....	43
3.4 Контроль процесу одержання сусла для сорту пива COLD IPA на підприємстві «ВЗ ГРУП»	44
ВИСНОВКИ.....	46
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48

АНОТАЦІЯ

Актуальність теми. Приготування пивного сусла є критично важливим етапом у процесі створення пива, з численними методами, що спрямовані на максимально ефективне використання сировини. Основним завданням пивовара є дотримання оптимальних умов для ефективного вилучення екстрактних речовин із солоду та хмелю. Вольфганг Кунце у своїй праці «Технологія солоду та пива» заклав основи сучасних методів пивоваріння, підкресливши важливість точного контролю температурних режимів і тривалості затирання. Сучасні дослідження продовжують розвивати ці принципи, що дозволяє підвищувати ефективність використання сировини та покращувати якість кінцевого продукту.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було дослідження процесів варильного відділення пивоварні та можливостей їх інтенсифікації для підвищення ефективності виробництва та покращення якості готової продукції.

Для досягнення та реалізації мети були поставлені наступні завдання:

1. Провести детальний аналіз кожного етапу технологічної схеми приготування пивного сусла для виробництва пива сорту «COLD IPA».
2. Вивчити оптимальні параметри та умови для кожного етапу виробничого процесу під час приготування пива сорту «COLD IPA».
3. Провести порівняльний аналіз різних видів солоду, що використовуються у виробництві пива сорту «COLD IPA».
4. Дослідити ефективність методу затирання солоду для приготування пива сорту «COLD IPA».
5. Проаналізувати вплив температурних режимів та контролю значення рН під час одержання пивного сусла для виробництва пива сорту «COLD IPA».
6. Проаналізувати основні параметри, що підлягають контролю під час приготування сусла для виробництва пива сорту «COLD IPA», а також спосіб їх контролю.

Об'єктом дослідження є технологія приготування пивного сусла.

Предметом дослідження є процеси, що супроводжують усі етапи приготування пивного сусла, зокрема підготовка зернопродуктів, приготування і фільтрування затору, охмелення, освітлення та охолодження сусла.

Методи дослідження. У роботі використовували різноманітні методи для детального аналізу процесів приготування пивного сусла та оцінки його якості на різних етапах виробництва. Для визначення концентрації сухих речовин у гарячому та охоложеному суслі застосовували аерометричний метод, а кислотність (рН) вимірювали електрометричним методом з високоточним рН-метром. Температурні режими контролювали автоматизовані системи, інтегровані з головним комп'ютером, а залишковий вміст крохмалю визначали за допомогою йодної проби.

Практичне значення одержаних результатів. Проведене дослідження дозволило оптимізувати процеси приготування пивного сусла, що призвело до збільшення виходу екстрактних речовин та покращення характеристик готового сусла і пива. Визначено оптимальні температурні режими та часові рамки для кожного процесу, а також вивчено їх вплив на кислотність, вміст сухих речовин, і концентрацію екстрактивних речовин солоду та хмелю. Ці показники мають велике практичне значення для виробників пива, дозволяючи ефективніше використовувати сировину та підвищувати ефективність виробництва. Покращені характеристики готового сусла сприяють підвищенню якості кінцевого продукту, задовольняючи споживчі вимоги та підвищуючи конкурентоспроможність продукції на ринку.

Апробація результатів дослідження. Результати досліджень, отримані в рамках виконання кваліфікаційної роботи бакалавра, представлені у вигляді тез на студентській науковій конференції «Дні студентської науки у Львівському національному університеті ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького» (Львів, 16-17 травня 2024 р.).

Ключові слова: дріжджі, солод, пивне сусло, температурні режими, технологічна схема, пиво сорту «COLD IPA», малі пивоварні.

ВСТУП

Виробництво пива є складним біотехнологічним процесом, який включає в себе численні аспекти, кожен з яких відіграє важливу роль в отриманні цільового продукту – пива. Пиво є одним з найпопулярніших напоїв у світі, що змушує виробників постійно вдосконалювати рецептури, шукати нові інгредієнти та розробляти інноваційні методи його приготування. Однією з важливих цілей таких пошуків є збільшення продуктивності при отриманні готового продукту з сировини, не збільшуючи її об'ємів і вартості [18].

Таким чином виникає проблема інтенсифікації виробничих процесів для підвищення якості готової продукції, – пива, та проміжних продуктів, зокрема пивного суслу. Наукові дослідження в цій сфері проводяться уже тривалий час і спрямовані на пошук оптимальних умов, за яких можна максимально ефективно екстрагувати речовини з сировини (солоду та хмелю), при цьому запобігаючи їх перевитраті. Наприклад, вивчаються температурні режими, часові параметри та хімічні умови, що сприяють кращому вилученню екстрактивних речовин [15].

Використання новітніх технологій у поєднанні з науковими дослідженнями дозволило досягти більшої інтенсивності отримання бажаних речовин із сировини, не збільшуючи її об'ємів. Це сприяє економнішому використанню сировини та значному підвищенню якості проміжних продуктів. Також це позитивно впливає на подальші процеси зброджування, що призводить до покращення характеристик кінцевого продукту – пива [5].

Таким чином, сучасні наукові підходи і технологічні інновації дозволяють не тільки підвищити ефективність виробництва пива, але й забезпечити високу якість продукції, що задовольняє вимоги споживачів та підвищує конкурентоспроможність пивоварних підприємств.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Малі пивоварні Львівщини

Львівщина давно вважається одним з унікальних регіонів для любителів пива, оскільки тут є можливість спробувати широкий спектр різноманітних сортів та стилів пива. Головною причиною такої унікальності є велика кількість малих крафтових пивоварень, кожна з яких створює унікальні продукти за власними рецептами, що дарують різні смакові враження [22].

На території Львова та його околиць налічується понад десяток пивоварень, найбільш відомими з яких є:

1. Vavilon Craft Brewery,
2. BanderBrau,
3. Перша приватна броварня,
4. Brater,
5. Кумпель,
6. Королівська пивоварня,
7. Театр пива «Правда»,
8. Хмільний Лев.

Кожна з цих пивоварень використовує особливі рецепти, які розроблялися протягом багатьох років для досягнення бажаного унікального смаку пива. Крім того, вони впроваджують новітні технології для підвищення ефективності, точності та економічності виробництва [18].

1.1.1. Особливості структури малих пивоварень та режими їх роботи

Загальна структура малих пивоварень є досить подібною для всіх підприємств. Сукупність усіх виробничих етапів спрямована на ефективне досягнення бажаного результату зі збереженням відповідної якості та

забезпеченням правильного проходження кожного з етапів. Виробничий цех пивоварні умовно поділяється на:

- дробильне відділення,
- варильне відділення,
- зброджувальне відділення,
- відділення доброджування та зберігання [5].

Залежно від технології, яку використовує конкретне підприємство, ці відділення можуть бути розміщені в одному великому приміщенні або в окремих цехах. Наприклад, пивоварня «Хмільний Лев» об'єднала варильне відділення і танки для доброджування та зберігання в одному приміщенні. Натомість крафтова броварня «Brater» використовує окремі приміщення для зброджування, доброджування та зберігання, забезпечуючи стерильність та оптимальні температурні умови для кожного етапу.

Режими роботи малих пивоварень мають певні відмінності, що залежать від конкретної технології виробництва. Зокрема, в окремих випадках використовується так званий безперервний, постійний режим виробництва. При цьому режимі варка суслу відбувається щодня, після чого воно закачується до танків з додаванням дріжджів для зброджування. Готове пиво розливається та реалізується, і цей цикл повторюється постійно. Однак для такого режиму роботи необхідний постійний збут готової продукції, оскільки настоювання пива триває не більше трьох тижнів після доброджування. Такий режим роботи характерний для пивоварень з багатотонажним місячним оборотом [5].

На пивоварнях з незначним місячним оборотом режими роботи здебільшого залежать від сортів пива, які виробляються, сезону та часу настоювання для досягнення правильного кінцевого результату. В таких випадках варка сусла відбувається по факту звільнення танка від готового пива [24].

1.1.2. Біотехнологічні процеси на малих пивоварнях

Основним біотехнологічним процесом на малих пивоварнях є зброджування. Загалом існують два типи бродіння:

- *верхове бродіння* – це більш давній спосіб виробництва пива. Особливістю є те, що після ферментації дріжджі залишаються на поверхні, звідси і походить назва. Температурний режим верхового бродіння становить від 15 до 20°C. Виробництво пива таким способом протікає значно швидше та не потребує охолодження, проте ризик зараження грибками та бактеріями вищий, і відповідно таке пиво швидше псується.

- *низове бродіння* – це більш сучасний тип бродіння. Після закінчення ферментації дріжджі опускаються на дно, звідки й походить назва. Температурний режим становить від 4 до 9°C. Завдяки зниженій температурі ризик утворення грибків та контамінації пива є меншим, а готова продукція може зберігатись довше [3].

Процес бродіння розпочинається з додавання чистої культури дріжджів до приготованого сусла, що відбувається під час закачування сусла безпосередньо в танк. Далі, залежно від технології виробництва на конкретному підприємстві, підбираються температурні режими. Найчастіше цей процес проводять у циліндро-конічних танках (ЦКТ) з використанням верхового бродіння, при якому температуру підтримують на рівні 15-20°C за допомогою періодичного охолодження, коли вона підвищується. Для охолодження використовується рідинна система, де роль охолоджуючої рідини виконує гліколь, що проходить через систему теплообмінників і направляється безпосередньо до ЦКТ, знижуючи його температуру за потреби [1].

1.2. Пиво як біотехнологічний продукт. Властивості пива

Пиво – це давній слабоалкогольний напій, який виготовляють із пророщених і непророщених зернових культур за допомогою дріжджів, що здійснюють спиртове бродіння. Основною сировиною для виготовлення пива є ячмінний солод, хміль та вода. Якість підготовки цих складових суттєво впливає на властивості готового продукту [18].

Виробництво пива – це складний і тривалий біотехнологічний процес. Пиво є одним з найпопулярніших алкогольних напоїв у світі, перевершуючи вино за вмістом вітаміну В. Одним із ключових компонентів пива є хміль, який містить флавоноїди – потужні антиоксиданти. Пиво також є хорошим джерелом мінералів, які позитивно впливають на метаболічні процеси в організмі людини [21].

Помірне вживання пива може мати позитивні ефекти на організм, а саме:

- *Профілактика раку*: флавоноїд ксантохумол, що міститься в хмелі, відіграє важливу роль у профілактиці ракових захворювань, зокрема раку передміхурової залози.
- *Профілактика серцево-судинних захворювань*: пиво містить вітамін В₆, який запобігає накопиченню гомоцистеїну, знижує ризик утворення тромбів у коронарних артеріях.
- *Профілактика анемії*: високий вміст вітаміну В₁₂ та фолієвої кислоти запобігає анемії та покращує пам'ять і концентрацію уваги.
- *Підвищення щільності кісток*: помірне вживання пива сприяє підвищенню щільності кісткових тканин, знижуючи ризик переломів та остеопорозу.
- *Нормалізація артеріального тиску*: регулярне помірне вживання пива допомагає знизити і нормалізувати артеріальний тиск.
- *Профілактика старіння*: вітамін Е, що міститься у пиві, покращує стан шкіри завдяки антиоксидантним властивостям.

- *Профілактика жовчних захворювань*: регулярне вживання пива зменшує концентрацію жовчі та рівень холестерину, запобігаючи сечокам'яній хворобі.

- *Позитивний вплив на травлення*: пиво стимулює вироблення гастрину, панкреатичних ферментів, шлункової кислоти та холецистокініну, покращуючи травлення.

- *Антистресовий засіб*: як алкогольний напій, пиво зменшує рівень стресу та покращує сон.

- *Сечогінні властивості*: пиво сприяє виведенню токсинів з організму.

Варто зазначити, що всі ці позитивні ефекти можливі лише при помірному вживанні пива. Надмірне та часте вживання може призвести до залежності та негативних наслідків для здоров'я, зводячи корисний вплив нанівець [25].

1.3. Одержання пивного сусла. Теоретичні та технологічні аспекти збродження сусла

Пивне сусло є основним напівфабрикатом для приготування пива. Це полідисперсна система, що містить цукристи, білкові та хмелеві речовини. Сусло – це солодкий рідкий екстракт, який утворюється під час змішування перемеленого солоду (зазвичай ячменю) з водою та додаванням дріжджів для подальшого бродіння. Отриману суміш називають «відваром». Відвар знімається і фільтрується, в результаті чого отримують солодку рідину – сусло. Вміст цукру в готовому суслі напряду впливає на кількість спирту в кінцевому продукті [5].

Процес отримання пивного сусла включає кілька етапів:

- підготовку зернопродуктів,
- затирання солоду,
- фільтрування затору,

- охмелення сусла,
- освітлення та охолодження.

Зброджування сусла відбувається у бродильних чанах (при відкритому низовому бродінні) або у ЦКТ. Освітлене і охолоджене сусло перекачують до резервуару, в який додають пивні дріжджі. На цьому етапі сусло перетворюється на молоде пиво. Залежно від рівня аерації та активності дріжджів (оскільки дріжджі можуть використовуватись повторно, то вони будуть дещо менш активні) розпочинається процес зброджування, який триває 1-2 дні при температурі 4-9°C для низового бродіння або 15-20°C для верхового бродіння. Різниця від і до в обох видах бродіння дозволяє підібрати температуру для конкретного сорту індивідуально. Після стадії активного зброджування відбувається поступове охолодження, не більше ніж на 1°C в день, цей етап уже називають доброджуванням пива [21].

Ретельний контроль кожного з етапів виробництва пива забезпечує високу якість кінцевого продукту, зберігаючи його унікальні смакові характеристики та корисні властивості.

1.3.1. Приготування солоду

Солод є однією з найважливіших складових пива. Саме від солоду, в основному, залежить смак, колір, аромат готового продукту. Також, він є джерелом крохмалю та ферментів, що перетворюють крохмаль в необхідні зброджувані цукри, які в свою чергу дріжджі перетворюють в спирт та вуглекислий газ. Оскільки солод є найважливішою складовою то його підбір є головним завданням кожного пивовара.

Солод – це частково пророщене та висушене зерно злакових культур. В ході пророщування в зерні вивільняються ферменти, що здатні при певних умовах перетворювати крохмаль, який дріжджі не можуть перетворювати, в зброджувані цукри (переважно мальтозу) [20].

Найбільш популярною сировиною є ячмінний солод, тому що його доступність та висока ферментативна активність чудово підходить для пивоваріння. Однак досить часто використовують і інші злакові, зокрема пшеницю та жито, оскільки вони надають дещо інші смакові властивості.

Не рідкістю є термічна обробка солоду, після того як його просушують та сушать, завдяки чому солод може набувати більш темного кольору та відповідно дещо інших смакових відтінків, що в свою чергу відображається на готовому пиві [20].

Загалом, колір солоду має досить велике значення в його подальшій класифікації, оскільки саме за колірністю визначають приналежність сировини до того чи іншого сорту. Цей параметр називається кольоровістю солоду, і вимірюється він за шкалою ЕВС (англ. European Brewing Convention). Наприклад, світлі сорти солоду мають кольоровість близько 4 ЕВС, середньо забарвлені – 5-8 ЕВС, темні сорти – від 10 ЕВС та вище. Найтемнішим пивом вважається імперський стаут, його показник – 79 [26].

Варто розуміти, що термічна обробка частково або повністю руйнує ферменти, що є в солоді, тому додавання темних сортів є лише частковим, для надання кольору та аромату, як основу ж використовують світлі сорти. Таким чином солод умовно поділяють на базовий, який додають в більшій кількості, та спеціальний, що потрібен лише для надання певних особливих властивостей.

Список усіх видів солоду, що використовується для конкретного рецепту пива, називають зерновим рахунком [20].

До властивостей солоду, на які в першу чергу звертають увагу при його виборі, належать наступні:

- *Екстрактивність* – важливим показником є масова частка сухих речовин, оскільки саме вона впливає на перероблення дріжджами речовин в спирт, а також їх частина впливає на смакові та ароматичні властивості, не беручи участі в переробці. Екстрактивність хорошого солоду повинна складати 80%.

- *Число Кольбаха* – показник ступеня білкового розчинення солоду, що визначається співвідношенням загальної кількості білка до вмісту розчинного білка. Правильний пивоварний солод повинен мати показник від 36 до 42%.

- *Вміст білка* – вміст сирого протеїну, або ж загальна кількість азоту, що міститься в солоді. Білок є необхідною складовою для життєдіяльності дріжджів, проте його надлишок може призвести до помутніння готового пива. Показник для хорошого солоду (окрім пшеничного) повинен складати не більше ніж 11,5%.

- *Діастатична сила* – за цим показником можна дізнатись активність амілаз та ферментів, що розщеплюють крохмаль на цукри. Хороший світлий базовий солод повинен мати показник, який перевищує 220 одиниць.

- *Різниця екстрактивності* – різниця між тонким та грубим помолами солоду. Показник не повинен перевищувати 1,8%.

- *В'язкість сусла* – даний параметр характеризує цитолітичну розчинність солоду. В'язкість сусла має вплив на дроблення солоду, фільтрування сусла, тривалість процесу оцукрювання та подальше освітлення пива. Нормальний показник не повинен перевищувати 1,55 МПа*с.

- *Колір солоду* – параметр за яким його відносять до конкретного сорту.

- *Колір сусла після кип'ятіння* – показник, за яким прогнозується колірність майбутнього пива. При використанні світлого солоду такий показник становить 5,1-7 ЕВС.

- *Вологість* – важливий показник, який для нормального солоду повинен становити не більше 5% [18].

1.3.2. Затирання: мета, принципи, способи та біохімічні процеси

Затирання – це один з найважливіших етапів при створенні сусла. Під час затирання перемелений солод змішується з водою, усі компоненти солоду переходять у розчин і стають речовинами екстракту. Основне значення має процес перетворення речовин, оскільки більшість компонентів подрібненого солоду не є розчинними самі по собі, а до готового пива можуть перейти лише розчинні. Головною метою затирання є перетворення нерозчинних компонентів у розчинні. В ролі розчинних речовин із солоду виступають цукри, декстрини, мінеральні речовини та деякі білки. Нерозчинними є крохмаль, целюлоза, частина високомолекулярних білків та інші речовини, що наприкінці процесу затирання залишаються у вигляді дробини [5].

В процесі затирання намагаються добути максимальну кількість розчинних речовин, тим самим покращуючи якість екстракту. Проте є небажані компоненти, наприклад дубильні речовини з оболонки, які погіршують якість кінцевого продукту. Тому процес затирання постійно відслідковується і проводиться з дотриманням конкретних часових рамок та температур.

Основною метою затирання є розщеплення крохмалю для отримання необхідних цукрів та розчинних декстринів без залишку. При цьому виділяються інші екстрактні речовини. Утворення готового екстракту головним чином залежить від правильної дії ферментів, що ефективно працюють лише за правильних температур.

Залежність активності фермента від температури наведена на рис.1.1.

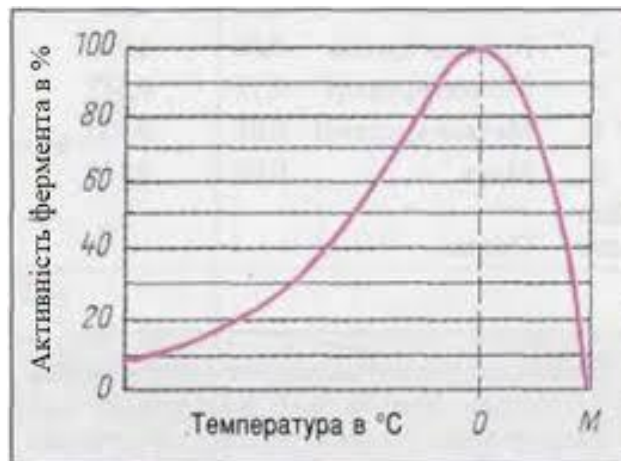


Рис. 1.1 Графік залежності активності фермента від температури [5].

Основним біохімічним процесом, що відбувається під час затирання, є розщеплення крохмалю. Цей процес здійснюється у три послідовні етапи.

1. *Клейстеризація.* На першому етапі в теплом водянному розчині молекули крохмалю поглинають велику кількість води, що призводить до збільшення їх об'єму та подальшого набухання й розриву твердих зерен крохмалю. Утворюється в'язкий розчин, ступінь в'язкості якого залежить від кількості поглинутої води, що може різнитись для різних видів зернових. В результаті клейстеризації часточки крохмалю стають доступними для дії ферментів, що перетворюють їх у цукри.

2. *Розрідження.* Під час цього етапу довгі ланцюжки крохмалю, які складаються з глюкозних залишків, швидко розриваються під дією α -амілази, перетворюючись на короткі ланцюжки. Наслідком цього процесу є зменшення в'язкості клейстеризованого крохмалю.

3. *Оцукрення.* На цьому етапі відбувається подальше розщеплення ланцюжків крохмалю α - та β -амілазами. α -амілаза розщеплює ланцюжки амілози та амілопектину на декстрини з 7-12 глюкозними залишками. Від кінцевих груп утворених ланцюжків β -амілаза відщеплює подвійні групи (мальтозу). Цей процес продовжується, поки всі ланцюжки не будуть розщеплені до мальтози та інших цукрів (глюкози та мальтотріози) [5].

Температура відіграє важливу роль у цих процесах. Найбільший вміст мальтози та найвища ступінь зброджування досягаються при 62-63°C, тоді як найбільш ефективна дія ферментів спостерігається при 72-75°C [1].

Затирання відбувається в спеціалізованих чанах (рис. 1.2) або заторних апаратах (рис.1.3).

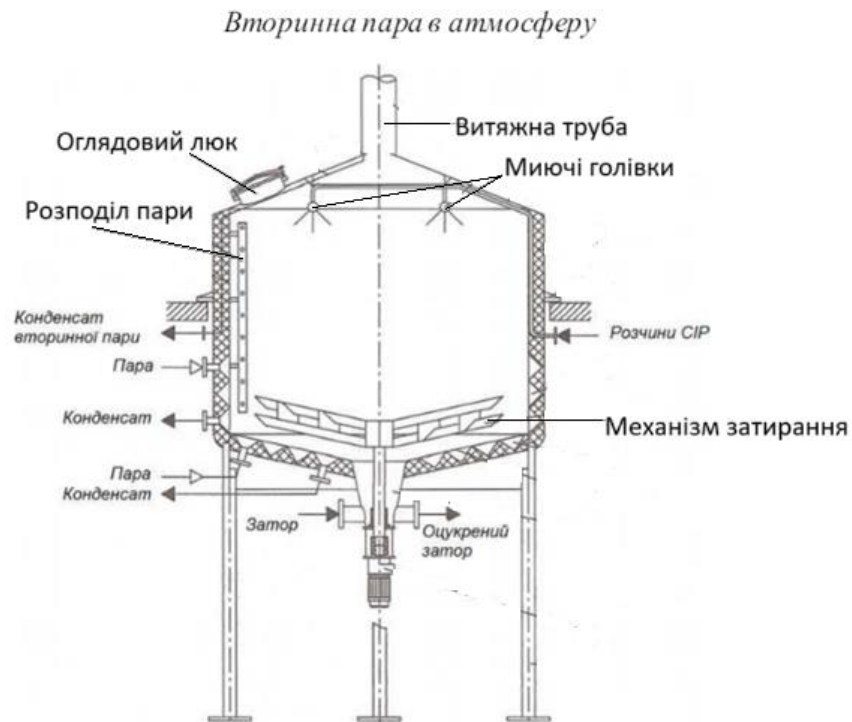


Рис. 1.2 Схематичне зображення заторного чану [5].

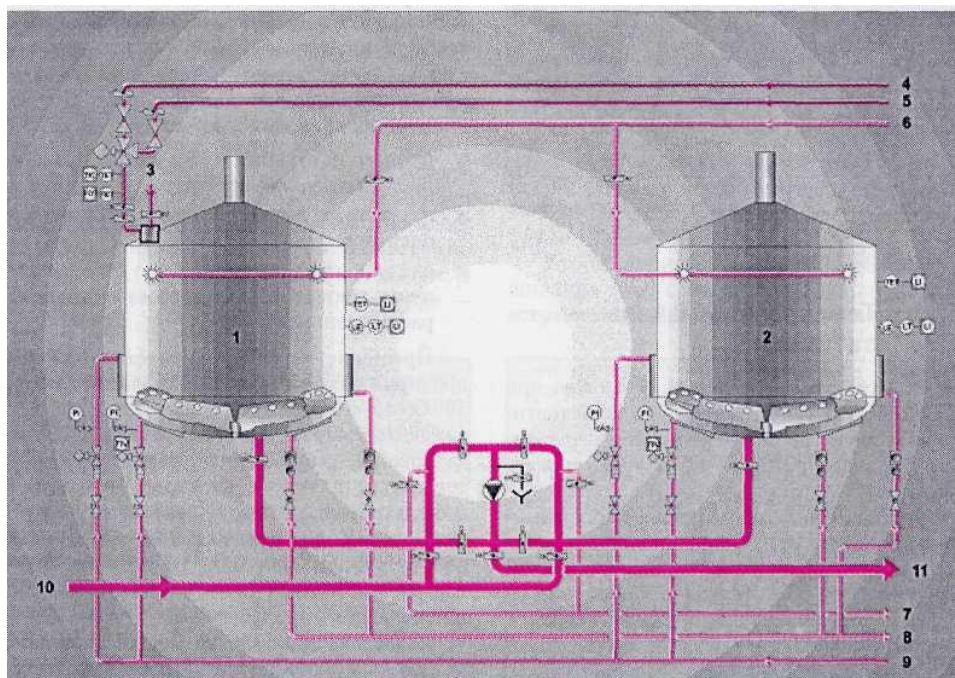


Рис.1.3 Схематичне зображення заторного апарату [5].

1 – заторний чан-котел; 2 – заторний котел; 3 – подача дробленого солоду; 4 – холодна вода; 5 – гаряча вода; 6 – лінія подачі миючих розчинів; 7 – лінія відкачки миючих розчинів; 8 – лінія відводу конденсату; 9 – подача пару; 10 – лінія подачі затору; 11 – лінія до фільтраційного чану.

Загалом для затирання необхідні два апарати або ємності, оскільки при відварному методі частину затору кип'ятять, а в іншій частині витримується температурна пауза. В сучасних варильних цехах обидві ємності мають можливість підігріватися, а всі процеси перекачування, зміни температур, перемішування та інші відбуваються автоматично за допомогою комп'ютера, де запрограмовані всі необхідні температурні паузи [5].

Існують два способи затирання: відварне та настоювальне.

Відварне затирання:

- солод змішується з гарячою водою у певних пропорціях,
- суміш нагрівається до певної температури і утримується протягом певного часу (зазвичай 60-90 хвилин),
- цей процес сприяє активізації ферментів у солоді та розщепленню крохмалю на цукри,
- після закінчення цього кроку отримується екстракт, готове сусло.

Настоювальне затирання:

- цей метод частіше застосовується в домашньому пивоварінні або для виготовлення спеціальних сортів пива,
- солод замочується в холодній або теплій воді протягом декількох годин,
- під час цього процесу солод віддає всі можливі речовини, утворюючи рідину, яка містить екстракт солоду (сусло),
- після настоювання солод видалається, а отримане сусло використовується для приготування пива.

Отже, основна різниця між цими двома методами полягає в тому, як солод використовується для отримання сусла: відварне затирання – це процес гідролізу крохмалю в гарячій воді, тоді як настоювальне затирання – це процес витягування екстракту солоду в холодній або теплій воді без нагрівання [5].

1.3.3. Фільтрування заторів

Після завершення процесу затирання затор складається з готового екстракту (сусла) та залишків оболонки, зародків і нерозчинних речовин, які називаються дробиною. Суть процесу фільтрації полягає у відділенні сусла від дробини. Фільтрація затору відбувається у два етапи:

- збір першого сусла,
- вимивання залишкових розчинних речовин із дробини [5].

Рідина, що пройшла через дробину та була викачана з фільтраційного чану, називається першим суслем і є готовою для подальшого використання. Проте в дробині залишається частка екстрактних речовин, які можуть бути вимиті для більш ефективного використання сировини. Вимите з дробини сусло є значно слабшим за концентрацією порівняно з першим, тому початкове сусло повинно мати на 4-6% більшу концентрацію, щоб дозволити змішати промивне сусло з початковим без втрат необхідних властивостей. Кількість води для промивання дробини залежить від концентрації початкового сусла, оскільки надмірна кількість води зменшить концентрацію екстрагованих речовин і збільшить час варки сусла, що може негативно вплинути на кінцевий результат [19].

Фільтрація проводиться за допомогою спеціальних фільтр-чанів або заторних фільтр-пресів.

Фільтраційний чан є одним із найдавніших технологій для приготування пивного сусла. Чан складається з циліндричної ємності з перфорованим

подвійним дном, на якому знаходиться дробина, через яку фільтрується сушло. Дробина розрихлюється ножами, розташованими на штанзі паралельно до дна, що дозволяє суслу швидше проходити через неї.

Фільтр-преси менш розповсюджені, але більш ефективні. Вони використовують рівномірний шар дробини товщиною 4-6 см, який фільтрується за допомогою спеціального щільного фільтрувального паперу або серветок. Вихід екстракту при використанні пресу є значно ефективнішим порівняно з фільтр-чаном. Конструкція фільтр-пресів може бути різною, але зазвичай включає нерухому станину з повздовжніми несучими балками для рам і плит. Стискання відбувається за допомогою нерухомої і рухомої плит та пакету рам (рис. 1.4) [5].

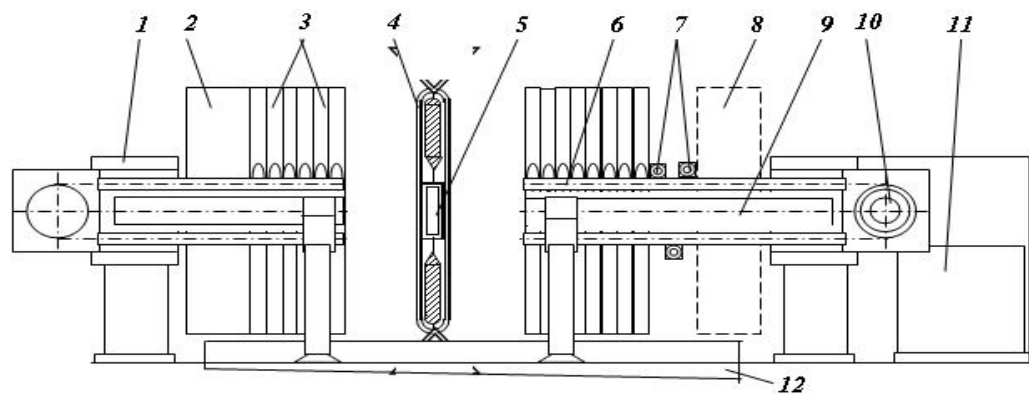


Рис. 1.4 Схематичне зображення фільтр-пресу [5].

1 – шарнірна головка; 2 – упорна плита; 3 – фільтрувальні плити; 4 – фільтрувальна тканина (серветка); 5 – гумове кільце; 6 – ланцюг механізму переміщення плит; 7 – напрямні ролики; 8 – притискна плита; 9 – опорна балка; 10 – привід ланцюгової передачі; 11 – гідропривід; 12 – жолоб для відводу фільтрату.

Принцип роботи пресу полягає в тому, що всередині корпусу є вертикально розміщені рами та плити. Рами слугують для приймання дробини, мають квадратну форму зі стандартними розмірами 1,2 на 1,2 м, глибиною 6 см і ємністю 0,8-1,0 гл. Число рам в одному пакеті може варіюватися від 10 до 60.

Оскільки після перекачування затору всі рами повинні бути заповнені, маса засипу повинна відповідати місткості фільтра з зібраним пакетом [7].

Рама має отвори з гумовими кільцями, які після з'єднання кількох рам утворюють один канал. Канали призначені для подачі затору і мають виходи до простору між плитами через тонкі щілини. Кожна рама оснащена гумовими ущільнювачами (прокладками) по периметру, щоб запобігти втратам сусла.

Плита може мати різну конструкцію: рамна плита з дренажною поверхнею та центральною подачею дробини, або плита з невеликим заглибленням з однієї сторони та ребристою поверхнею з іншої, на якій розміщується фільтрувальна серветка (рис. 1.5) [5].

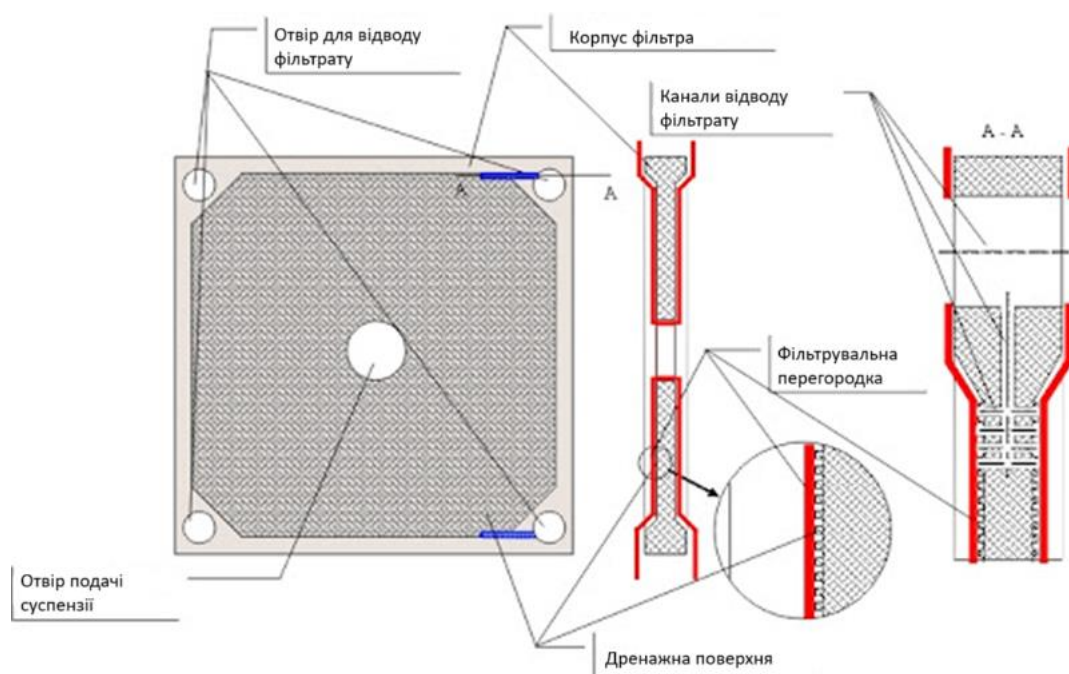


Рис. 1.5 Схема фільтраційної пластини [5].

При фільтруванні з допомогою прес-фільтра процес ділиться на наступні етапи.

1. Навішування серветок.
2. Перекачування затору і збір першого сусла.
3. Промивання дробини і збір промивних вод.
4. Розбирання фільтра.
5. Промивка серветок фільтра.

Використання фільтр-пресу дає практично прозоре сусло та значно зменшену каламутність завдяки використанню щільних фільтраційних серветок та більш дрібному помолу солоду. Вихід екстракту часто є наближеним або ефективнішим, ніж у лабораторних умовах, завдяки більш дрібному помолу та інтенсивнішому вимиванню залишків. Час, необхідний для фільтрування, залежить від кількості солоду [7].

1.3.4. Кип'ятіння сусла з хмелем

Головною метою кип'ятіння сусла є досягнення необхідної концентрації екстракту, ефективне протікання усіх реакцій та перетворення гірких речовин хмелю. Часові рамки процесу кип'ятіння становлять від 60 до 70 хвилин, що дозволяє збільшити вихід гірких речовин хмелю та покращити осаджування коагульованого білка.

Продовження процесу кип'ятіння понад півтора години призводить до переходу альфа-кислот у гумулонові кислоти, що не володіють властивостями ізогумулону, що може погіршити якість сусла та втратити гіркі речовини, знижуючи смакові властивості.

Хміль додається до сусла під час кип'ятіння для ізомеризації α -кислот в ізо- α -кислоти. Важливим аспектом є дозування, момент внесення та спосіб додавання хмелю. Є три основні форми хмелю:

- натуральний хміль у вигляді шишок,
- гранульований хміль,
- екстракт хмелю.

Дозування змінюється залежно від форми хмелю. Сучасні технології гарантують практично незмінні якості хмелепродуктів, тому різниця між формами хмелю на охмеленість сусла мінімальна. Головна відмінність – якісні характеристики кожного сорту хмелю [5].

Вибір хмелепродуктів для приготування пива головним чином залежить від устаткування, яке використовується у конкретному варильному відділенні. Основним продуктом, який найчастіше застосовують на більшості пивоварень, є гранули хмелю. Це зумовлено тим, що використання шишкового хмелю залишає за собою хмелеву дробину, яку необхідно додатково видаляти після варки в чистому суслі, що збільшує кількість необхідних процесів для приготування пива. Використання рідкого екстракту хмелю також є популярним способом внесення хмелю, нарівні з гранульованим. Однак рідкий екстракт є дещо вартіснішим і вимагає попереднього розігріву для зменшення в'язкості та легшого розчинення в суслі [7].

Кип'ятіння сусла завершується перекачкою його до вірпулу спеціалізованим насосом. Перед цим пивовар перевіряє сусло за наступними характеристиками:

- *Контроль прозорості сусла*: перевірка кольору та каламутності за допомогою пробного стаканчика та ліхтарика.
- *Йодна проба на оцукрення*: додавання кількох крапель йоду до проби пива для виявлення неперетвореного крохмалю.
- *Вихід сусла*: вимірювання об'ємів сусла на виході автоматично.
- *Екстрактивність гарячого охмеленого сусла*: раніше для визначення цього параметру використовували окрему спеціальну установку. Зараз більш сучасні технології дозволяють визначати цей показник автоматично і спостерігати його значення на головному комп'ютері.

Для малих пивоварень характерним є наявність одного чана, що одночасно використовується як фільтраційний та заторний чан, і котла, що функціонує як заторний та сусловарильний котел. З таким відносно простим набором можна здійснювати 1-2 варки на добу [7, 5].

1.3.5. Охолодження і підготовка сусла до бродіння

Оскільки дріжджі здатні зброджувати сусло лише за низьких температур, його необхідно швидко охолодити до 5-6°C, хоча часто практикують використання 7-10°C. При охолодженні прозоре сусло мутніє через утворення суспензій. Для ефективного перебігу зброджування сусло повинне бути однорідним, тому такі частинки необхідно прибрати. Окрім того, для ефективного бродіння необхідна оптимальна кількість повітря. Паралельно з цим необхідно враховувати зміну концентрації через охолодження, випаровування чи розведення водою. Усі ці аспекти є надзвичайно важливими [1].

При охолодженні сусла відбувається ряд процесів, що мають великий вплив на подальший перебіг зброджування. Крім того, дещо змінюється екстрактивність та об'єм сусла. Також продовжуються реакції перетворення речовин у суслі, які можна оцінити за зміною колірності сусла та зміною інших фізико-хімічних показників якості [5].

Охолодження сусла на сучасних пивоварнях здійснюється за допомогою пластинчастого теплообмінника, який здатен ефективно знизити температуру до необхідних 5-7°C. Швидкість та ефективність охолодження є важливим аспектом, оскільки при тривалому охолодженні зростає ризик контамінації сусла та розмноження небажаних мікроорганізмів. Охолодження відбувається за рахунок більш холодної води, що циркулює по каналах теплообмінника та охолоджує його пластини з нержавіючої сталі, які в свою чергу поглинають тепло протікаючого через теплообмінник сусла (рис.1.6) [5].

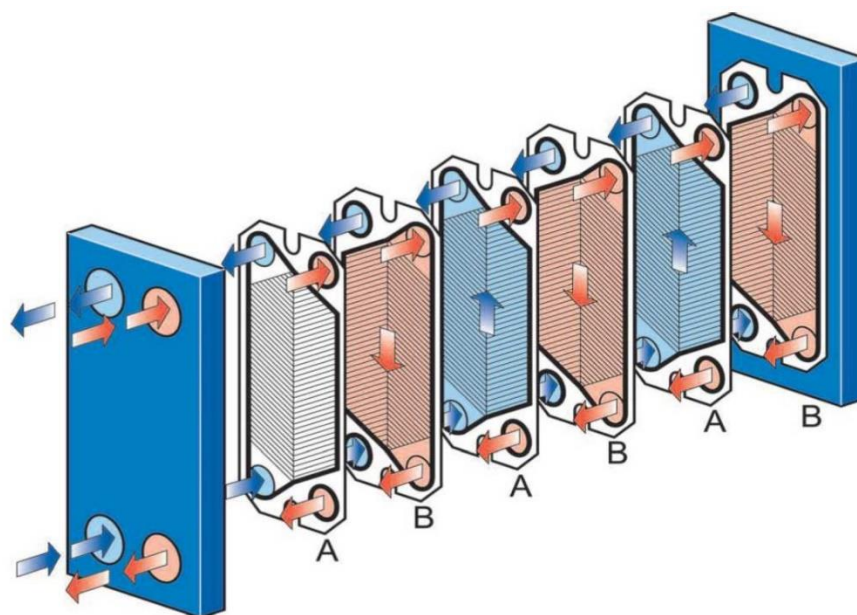


Рис. 1.6 Схематичне зображення роботи пластинчатого теплообмінника [5].

Пластинчастий теплообмінник працює за принципом охолодження гарячого сусла (температура 98-95°C) холодною водою до оптимальної температури для збродження. Температура сусла на виході регулюється за допомогою об'ємного розходу води: при збільшенні потоку води температура буде нижчою, при зменшенні – відповідно вищою. Основними факторами при охолодженні є товщина стінки каналу, матеріал пластин та коефіцієнт теплопровідності. Використання нержавіючої сталі обумовлене не її теплопровідністю (звичайна сталь має кращу теплопровідність), а вимогами до механічної стійкості матеріалу, враховуючи перепади тиску, температури та стійкість до корозії [7].

Видалення суспензійних частинок є надзвичайно важливим етапом, оскільки вони мають властивість осаджуватися на дріжджах. Це зменшує контактну площу дріжджів із суслем, що уповільнює процеси збродження та може негативно вплинути на подальшу активність дріжджів. Така небезпека є незначною лише в тому випадку коли для кожної нової партії сусла використовують нову партію дріжджів. Тому важливо довести кількість суспензійних частинок до оптимального значення – 120-160 мл/л. Повне

видалення цих частинок може негативно вплинути на смакові властивості пива [19].

До основних способів видалення надлишкових суспензійних частинок належать:

- фільтрування,
- флотація,
- седиментація,
- сепарування.

Аерація є також важливим етапом у підготовці сусла до зброджування, оскільки в анаеробних умовах дія дріжджів буде значно повільнішою. Аерація гарячого сусла не проводиться, оскільки це призводить до сильного окислення сусла, що підвищує його колірність та викликає нехарактерну гіркоту. Тому аерація проводиться на вже охолодженому суслі.

Отже, після завершення етапів очищення, охолодження та аерації, сусло вважається готовим до зброджування [5, 19].

1.3.6. Зброджування сусла

Найважливішим етапом в створенні пива є зброджування дріжджами цукру, який міститься в суслі, та перетворенні його на спирт і вуглекислий газ.

Процеси, що відбуваються при зброджуванні сусла, можна умовно поділити на головне бродіння та дозрівання, які переходять один в одного. Особливу роль також відіграє той факт, що у процесі бродіння виникають побічні продукти, більшість з яких розпадається. Проте саме ці побічні продукти бродіння на рівні з гіркими речовинами хмелю значною мірою впливають на подальший смак та аромат готового пива [5].

Після потраплять в сусло, клітини дріжджів перш за все мають звикнути до нового середовища. Під час періоду звикання (лаг-фаза), який може тривати декілька годин, клітини дріжджів починають виділяти в середовище амінокислоти та нуклеотиди, частину яких вони у подальшому використовують

для живлення. З підвищенням температури зростає інтенсивність виділення цих самих амінокислот, а процес звикання пришвидшується.

Після проходження лаг-фази, надлишкова кількість цукрів в середовищі стимулює клітини до їх поглинання. Також одночасно з цим відбувається поглинання розчиненого кисню, що призводить до активного виділення енергії мітохондріями клітин. Таким чином у дріжджів з'являється можливість розпочати процеси зброджування та розмноження. Головна ж задача пивовара в цьому випадку, забезпечити наявність усіх необхідних речовин для ефективного перебігу процесів зброджування, а саме:

- амінокислот для синтезу клітинних речовин (проте їх синтез можливий і самими клітинами дріжджів з інших джерел азоту),
- фосфатів для утворення АТФ,
- жирних кислот для побудови клітинних мембран,
- цукрів для синтезу запасних вуглеводів,
- солей та мікроелементів,
- кисню в достатній кількості для дихання та ряду інших внутрішньоклітинних процесів [5, 7].

Наявність усіх перераховані вище речовини забезпечуються на стадії створення сусла, і їх кількість є цілком достатньою для нормального зброджування. Проте використання іншої, нецукреної сировини вимагатиме додаткового внесення речовин для досягнення їх оптимальної концентрації.

Під час зброджування, коли в суслі ще є достатня кількість цукрів, клітини дріжджів активно перетворюють їх на резервні вуглеводи для подальшого живлення, коли концентрації цукрів зменшаться. На цьому етапі, який називають логарифмічною фазою, зникає смак сусла, і завдяки продуктам метаболізму дріжджів починають формуватися параметри майбутнього пива. Після вичерпання кисню дріжджі переходять до анаеробного гліколізу, під час якого отримують мінімальну кількість енергії, необхідну для зброджування цукру в спирт і вуглекислий газ [1].

Головним показником завершення логарифмічної фази є низький вміст збродженого цукру в середовищі. Процес бродіння вважається завершеним, коли цукру майже не залишається. Дріжджі починають флокулювати, їх розмноження зупиняється, а спирт і вуглекислий газ пригнічують активність клітин дріжджів. Через припинення активності дріжджі осідають на дно, звідки їх збирають для регенерації та повторного використання. Несвоєчасне збирання дріжджів призводить до виділення амінокислот і продуктів метаболізму, а згодом – до загибелі самих дріжджів через нестачу поживних речовин. Ферменти починають розчиняти клітини зсередини, пошкоджуючи клітинну стінку, що призводить до потрапляння вмісту автолізованих клітин у пиво. Це погіршує смак і піну пива, підвищує його рН та створює поживне середовище контамінуючої мікрофлори [1, 5].

Знання про метаболізм дріжджів має фундаментальне значення для пивовара, оскільки дозволяє впливати на якісні характеристики майбутнього пива. Особливий інтерес викликають:

- збродження цукру та метаболізм вуглеводів,
- метаболізм азотистих речовин,
- метаболізм жирів,
- метаболізм мінеральних речовин.

Починаючи зі збродження цукрів, слід зазначити, що дріжджова клітина, як і будь-який організм, потребує енергії для енергозалежних процесів, а саме:

- утворення клітинних речовин,
- поглинання та асиміляція речовин із середовища,
- розщеплення та видалення непотрібних і шкідливих речовин,
- транспортування речовин всередині клітини [1, 2].

Реакцією, в результаті якої утворюється спирт і вуглекислий газ, є гліколіз. Під час гліколізу глюкоза фосфорилується, отримуючи один атом фосфору від АТФ, і утворюючи глюкозо-6-фосфат. АТФ при цьому

перетворюється в АДФ. Далі відбувається ще одне фосфорилування завдяки передачі другого атома фосфору від АТФ під дією ферменту 6-фосфоглюкокінази. Таким чином, утворюється фруктозо-1,6-дифосфат. Потім ця сполука розщеплюється фруктодифосфатальдолазою на дві ізомерні молекули тріозофосфату. Утворені в ході цієї реакції гліцераль- та гліцерол-3-фосфат відновлюються гліцеральдегід-3-фосфат-дегідрогеназою до двох молекул 1,3-дифосфогліцерату, одночасно віддаючи іон водню НАД. Після цього відбувається подвійне дефосфорилування під дією фосфогліцераткінази з утворенням двох молекул 3-фосфогліцерату. Водночас, два атома фосфату повертаються до двох молекул АДФ, відновлюючи їх до АТФ.

За участі ферменту фосфогліцератмутази 3-фосфогліцерат перетворюється у 2-фосфогліцерат, який під дією фосфопіруватгідрози перетворюється у фосфоенолпіруват. Піруваткіназа перетворює дві молекули фосфоенолпірувату в дві молекули пірувату. При цьому завдяки утворенню двох молекул АТФ з двох молекул АДФ вивільняється деяка кількість енергії (2 * 30,5 кДж), яка може бути використана організмом за потреби.

Далі в процесі спиртового бродіння фермент піруватдекарбоксилаза перетворює піруват у вуглекислий газ та етаналь, який перетворюється в етанол за допомогою алкогольдегідрогінази (рис. 1.7) [1, 5].

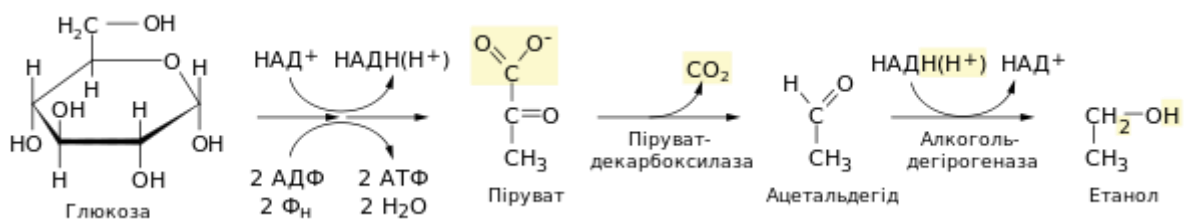


Рис 1.7. Загальна схема гліколізу [5].

Таким чином, під час зброджування дріжджами утворюється спирт, вуглекислий газ і молоде пиво з попередньо сформованим смаком і ароматом.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

2.1. Сировина для приготування пива сорту «COLD IPA»

Дослідження проводилися на пивоварні «Brater». Саме це підприємство є яскравим прикладом малих пивоварень, де поєднують використання високотехнологічного устаткування та науковий підхід для створення особливих сортів пива з дотриманням класичної рецептури.

Для виконання поставлених завдань був обраний сорт пива «COLD IPA», через відносно просту рецептуру та яскраву демонстрацію впливу правильно підбраної сировини та дотримання чітких рецептур на кінцевий результат. Пиво цього сорту повинно відповідати вимогам ДСТУ 3888-15 «Пиво. Загальні технологічні вимоги» (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Державні стандарти України

Пиво. Загальні технічні умови	ДСТУ 3888:2015
Пивоваріння. Терміни та визначення поняття	ДСТУ 3139:2015
Державні санітарні норми і правила для підприємств, що виробляють солод, пиво та безалкогольні напої	ДСанПіН 4.4.4 – 152 – 2008
Державні санітарні норми і правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»	ДСанПіН 2.2.4 – 171 – 2010
Ячмінь. Технічні умови	ДСТУ 3769 – 98
Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови	ДСТУ 4282:2004
Діоксид вуглецю газоподібний та скраплений	ДСТУ 4817:2007

За способом попередньої обробки пиво «COLD IPA» випускається в нефільтрованому, неосвітленому та непастеризованому вигляді. Для приготування пива використовували сировину та матеріали згідно з чинними нормативними документами, наведеними у табл. 2.1. Зокрема, для цього сорту використовували такі види солоду:

- ✓ солод пивоварний ячмінний світлий – 85,6%,
- ✓ солод пивоварний ячмінний карамельний – 3,31%,
- ✓ солод пивоварний мюнхенський – 11,09%.

Вміст сухих речовин у початковому суслі становив 14%.

Норма гірких речовин (G_c) для пива сорту «COLD IPA» становила 20 г/дал гарячого сусла. Залежно від якості хмелю, дозволяється збільшувати норму внесення гірких речовин до 22%, що забезпечує необхідний баланс смаку та аромату у готовому пиві.

2.2. Дріжджі для приготування пива сорту «COLD IPA»

Для проведення дослідження відповідно до поставлених завдань, було обрано штам дріжджів S-189, який найчастіше використовується для виробництва пива на пивоварні «Brater». Цей штам був обраний через його наступні характеристики, які роблять його оптимальним для пивоваріння.

По-перше, ступінь зброджування штаму S-189 становить 80%, що є високим показником. Це означає, що даний штам ефективно перетворює цукри на етанол, забезпечуючи оптимальний рівень алкоголю в готовому пиві. Високий ступінь зброджування є критично важливим для досягнення бажаних органолептичних властивостей пива.

По-друге, штам S-189 характеризується високою флокуляцією, тобто здатністю утворювати осад. Це сприяє отриманню більш прозорого пива, що відповідає вимогам споживачів щодо зовнішнього вигляду напою. Флокуляція

впливає на стабільність та збереження пива під час зберігання та транспортування.

По-третє, S-189 має хорошу толерантність до алкоголю, яка становить 11%. Це середній показник, що забезпечує стійкість дріжджів у процесі бродіння, навіть при високих концентраціях етанолу. Толерантність до алкоголю є важливою для збереження активності дріжджів і досягнення стабільного процесу бродіння.

Завдяки вищезазначеним характеристикам, штам S-189 є фактично універсальним, що дозволяє створювати різні сорти пива з прогнозованим ходом бродіння. Це особливо вигідно для невеликих виробництв, оскільки забезпечує гнучкість у виробництві та можливість адаптуватися до різних рецептур і технологічних умов.

2.3. Принципова технологічна схема приготування пивного сусла

Принципова технологічна схема приготування пивного сусла включає п'ять основних етапів (рис. 3.1):

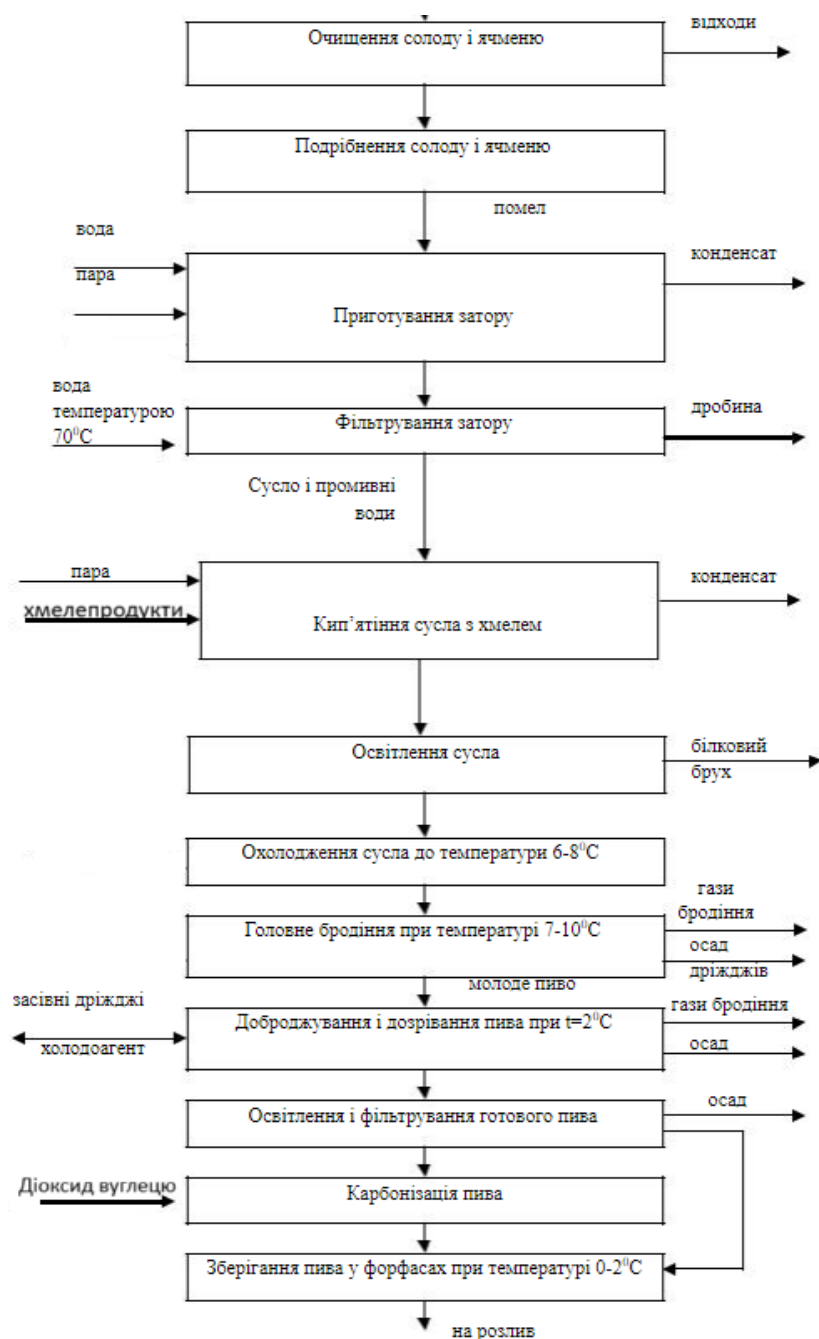


Рис. 3.1 Принципова технологічна схема приготування пива [7]

1. *Підготовка солоду.* Цей етап включає очищення, сортування та подрібнення солоду. Солодування забезпечує необхідну однорідність зерен та їхню підготовку для подальшого затирання. Процес подрібнення проводиться за допомогою дробарки, яка створює оптимальний розмір частинок для ефективного вивільнення екстрактивних речовин.

2. *Затирання солоду.* Затирання полягає в змішуванні подрібненого солоду з водою та нагріванні суміші для переведення екстрактивних речовин,

таких як крохмаль і білки, у розчинне сусло. Цей процес включає декілька температурних пауз, що сприяють активації різних ферментів, які розщеплюють крохмаль до цукрів та білки до амінокислот. Оптимальні температурні режими забезпечують максимальну ефективність екстракції.

3. *Фільтрування затору* (відокремлення сусла). Після затирання суміш перекачується до фільтраційного чану, де відбувається відокремлення рідкого сусла від твердої дробини. Фільтрація дозволяє отримати чисте сусло, яке потім використовується для подальшого приготування пива. Відфільтрована дробина може використовуватися як корм для тварин або інші вторинні продукти.

4. *Охмелення сусла*. Охмелення полягає в додаванні хмелю під час кип'ятіння сусла. Хміль додається в кілька етапів для досягнення оптимального балансу гіркоти і аромату. Кип'ятіння також сприяє стерилізації сусла та коагуляції білків, що поліпшує якість майбутнього пива. Ефективність охмелення оцінюється за вмістом α -кислоти в хмелі.

5. *Освітлення та охолодження сусла*. Після охмелення сусло освітлюється і охолоджується до температури, придатної для ферментації. Освітлення видаляє залишкові тверді частинки, а охолодження до приблизно 10°C забезпечує оптимальні умови для додавання дріжджів і початку процесу бродіння. Це завершальний етап підготовки сусла, що забезпечує його високу якість і готовність до ферментації.

Головним технологічним процесом під час приготування сусла є перетворення всіх необхідних нерозчинних компонентів солоду та хмелю у розчинні екстракти, що формують готове сусло. Цей процес вимагає точного контролю температури, часу та хімічних умов, що дозволяє досягти оптимальної екстракції та забезпечити високу якість кінцевого продукту.

2.4. Методи моніторингу окремих показників під час приготування пивного сусла

Важливим аспектом правильного приготування сусла є моніторинг його характеристик та окремих показників, що безпосередньо впливають на якість кінцевого продукту. Одними з найголовніших таких показників є:

Концентрація сухих речовин. Визначається на різних стадіях приготування сусла, з використанням формули, яка враховує відношення маси використаного солоду до об'єму води. Це критично важливий параметр, що впливає на екстрактивність і якість сусла. Контроль цієї концентрації забезпечує оптимальні умови для ферментації та подальшого процесу пивоваріння. На підприємстві «Brater» використовували аерометричний метод для точного вимірювання цього показника.

Кислотність (рН). Визначається за допомогою електронного рН-метра, який попередньо калібрується на стандартних буферних розчинах. Точний контроль рН є ключовим для забезпечення оптимальної активності ферментів під час затирання і зброджування. Зміни кислотності можуть значно впливати на смак і стабільність кінцевого продукту, тому цей показник регулярно перевіряється на всіх етапах виробництва. Підтримання рН в межах оптимальних значень (5,2-5,8) сприяє покращенню якості сусла.

Залишковий вміст крохмалю. Контролюється за допомогою йодної проби. Певна кількість сусла береться у прозору склянку, після чого додаються кілька крапель йоду. Наявність залишкового крохмалю визначається за зміною кольору йоду: якщо колір змінюється на синій або фіолетовий, це вказує на присутність крохмалю, що свідчить про необхідність додаткового оцукрювання. Цей метод є простим і ефективним засобом контролю ступеня розщеплення крохмалю до цукрів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Технологічна схема приготування пивного сусла для виробництва пива сорту «COLD IPA»

На пивоварні «Brater» приготування пивного сусла з вмістом сухих речовин 14% для виробництва пива сорту «COLD IPA» здійснюється з дотриманням стандартів ДСТУ 3888:2015 «Пиво. Загальні технічні умови». Процес поділений на наступні етапи.

1. Подрібнення зернопродуктів. Подрібнення зернопродуктів проводиться за допомогою дробарки з зазором між валками 0,9-1,0 мм, що забезпечує оптимальний розмір часток для подальшої обробки.

2. Приготування пивного сусла. Приготування пивного сусла проводиться відповідно до стандартів, застосовуючи гідромодуль затору 1:4 та оптимальне значення рН 5,4-5,8. При використанні 100% пивоварного солоду сусло виготовляється двовідварним методом:

- приготування затору при 37-38°C;
- підігрів до 51,5°C ⇒ витримка 10 хвилин ⇒ перекачка 70% до фільтр-чану;
- підігрів затору №1 до 61-62°C ⇒ витримка 15 хвилин;
- підігрів затору №1 до 72°C ⇒ витримка 20 хвилин ⇒ підігрів до кип'ятіння ⇒ витримка 10 хвилин;
- перекачка затору №1 до фільтр-чану ⇒ змішування ⇒ витримка 5 хвилин ⇒ перекачка 30% затору в заторний чан;
- підігрів затору №2 до 71-72°C ⇒ витримка 10 хвилин ⇒ підігрів до кип'ятіння ⇒ витримка 10 хвилин.

3. Фільтрування затору. Фільтрування затору проводиться у фільтр-чані для відокремлення сусла від твердої фази.

4. Кип'ятіння сусла з хмелем. Сусло концентрується до 13,0% екстрактивних речовин із додаванням 1% промивних вод при температурі 76-78°C. Кип'ятіння сусла з хмелем проводиться протягом 60 хвилин з використанням сортів хмелю з високими гіркими та ароматичними властивостями. Додавання хмелю здійснюється за схемою:

- перша порція (29,8%) на початку кипіння,
- друга порція (32,8%) через 25 хвилин після початку кипіння,
- третя порція (37,3%) за 10 хвилин до закінчення варки.

Ефективність хмелю визначається за вмістом α -кислоти.

5. Охолодження сусла. Гаряче пивне сусло повинно мати масову частку сухих речовин 14,0% та рН 5,2-5,3. Готове сусло охолоджується до 10°C для подальшого бродіння.

3.2. Обґрунтування вибору сировини та способу виготовлення затору для виробництва пива сорту «COLD IPA»

3.2.1. Солід

Для приготування пива сорту «COLD IPA» на пивоварні «Brater» як основний солод було обрано ячмінний солод Pilsen від світового виробника Malteurop. Характеристика солоду наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Характеристика солоду Pilsen

Загальний білок солоду	9,2-11,5%
Колір	3-4,5 EBC
Колір після кип'ятіння	5,0-7,0 EBC
β-глюкан	від 150 до 250 мг/л

Цей солод, найлегший серед базових, надає пиву солодкий і тонкий смак, а також колір від солом'яно-жовтого до світло-золотистого. Він добре

поєднується з іншими сортами солоду, має високу якість, доступність і порівняно невисоку вартість. У затор додається 85,6% цього солоду.

Для додання карамельних ноток було обрано карамельний ячмінний солод Carabohemian від німецького виробника Weyermann. Характеристика солоду наведена у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Характеристика солоду Carabohemian

Колір	170-220 EBC
Частка в засипу	до 15%
Результат у готовому пиві	Інтенсивний аромат карамельного солоду, темний колір пива

Цей солод забезпечує стабільну якість, насичений аромат і відповідну колірність (своєрідний темнуватий відтінок), що підходить для широкого спектру стилів пива. Він також добре поєднується з іншими видами солоду та має доступну ціну. У затор додається 3,31% цього солоду.

Для підсилення смакових характеристик і кольору пива було обрано мюнхенський солод Munich type I від того ж виробника Weyermann. Характеристика солоду наведена у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 Характеристика солоду Munich type I

Колір	12-18 EBC
Частка в засипу	до 80%
Результат у готовому пиві	Надає пиву темно-бурштинового забарвлення і солодкуватого солодового смаку

Цей солод доповнює колір і смак пива, забезпечуючи високу якість і доступну ціну. У затор додається 11,09% цього солоду.

Отже, спосіб приготування затору включає змішування трьох видів солоду в зазначених пропорціях, що дозволяє отримати збалансований смак, аромат і колір пива. Вибір цих виробників гарантує високу якість сировини та

економічну доцільність. Змішування різних видів солоду сприяє комплексному розвитку смакових і ароматичних властивостей пива, забезпечуючи його унікальність та відповідність вимогам сорту «COLD IPA».

3.2.2. Хміль

Хміль Amarillo, вироблений компанією BarthNaas GmbH & Co. KG, є гірко-ароматичним хмелем з унікальними сенсорними характеристиками, що роблять його цінним інгредієнтом у виробництві пива. Його ароматичний профіль включає виразні нотки тропічних фруктів, квітів та цитрусових, створюючи складний і привабливий букет, який високо цінується серед поціновувачів пива.

Характеристика хмелю наведена у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 Характеристика хмелю Amarillo

Вміст α-кислоти	8-11%
Застосування хмелю	Для аромату і гіркоти
Тип аромату	Тропічний, квітковий, цитрусовий
Країна виробництва	США

Цей хміль забезпечує пиву не тільки складний аромат, але й значну гіркоту завдяки підвищеному вмісту α -кислоти. Високий вміст α -кислоти (8-11%) сприяє збалансованості смаку пива, додаючи йому бажану гіркоту, яка є важливою для стилів, що потребують виразного гіркого профілю, таких як IPA.

Використання хмелю Amarillo в пивоварінні «Brater» не тільки покращує органолептичні характеристики пива, але й дозволяє пивоварам експериментувати з новими ароматичними і смаковими профілями, підвищуючи конкурентоспроможність продукту на ринку.

3.2.3. Технологічна схема приготування затору

Приготування затору для сорту пива «COLD IPA» на пивоварні BRATER виконувалося за ретельно розробленою технологічною схемою, яка включає кілька ключових етапів:

1. Зважування та підготовка солоду. Вибраний солод зважується для точного дотримання необхідного відсоткового співвідношення. Середня вага засипу становить 350 кг. Точне зважування забезпечує стабільність якості кінцевого продукту.

2. Подрібнення солоду. Солод послідовно подається до дробарки, де подрібнюється з зазором між валками 0,9-1,0 мм. Це дозволяє оптимально подрібнити зерно, забезпечуючи максимальну ефективність подальшого затирання.

3. Транспортування до бункерів. Подрібнений солод транспортується до бункерів за допомогою шнекового механізму, що гарантує рівномірне подавання сировини до наступного етапу.

4. Змішування з водою. Солод в передзаторнику змішується з теплою водою при 40-50°C, утворюючи тістоподібну масу, яка потім надходить до заторного чану.

5. Затирання. У заторному чані відбувається перемішування суміші за допомогою мішалки. Цей етап критичний для рівномірного розподілу ферментів і гідролізу крохмалю.

6. Перекачка та підігрівання. Частина затору перекачується до заторного котла, оснащеного паровою сорочкою для нагрівання, де маса нагрівається до 70°C, постійно перемішуючись. Це дозволяє досягти необхідної температури для ферментативних процесів.

7. Оцукрювання та кип'ятіння. Після завершення оцукрювання маса доводиться до кипіння протягом 15 хвилин. Кип'ятіння забезпечує розварювання крупних частинок солоду, розрив оболонки зерен крохмалю та його клейстеризацію.

8. Змішування та оцукрювання. Відварену частину затору повертають до заторного чану, де вона змішується з рештою маси. Суміш залишається на 15-30 хвилин для завершення оцукрювання.

9. Повторне кип'ятіння. Відбирають 40% маси для повторного кип'ятіння протягом 75 хвилин. Цей етап забезпечує додаткове виділення екстрактивних речовин.

10. Фільтрація. Після завершення всіх етапів затирання, затор перекачується до фільтраційного чану, де відбувається відокремлення сусла від дробини та подальше промивання. Це забезпечує отримання чистого сусла для наступних стадій виробництва пива.

Дотримання цієї схеми гарантує стабільність і високу якість пивного сусла, яке потім перетворюється у високоякісне пиво сорту «COLD IPA».

3.2.4. Структура заторного апарату на підприємстві «ВЗ ГРУП» та режими його роботи

На підприємстві «Brater» заторний апарат складається з кількох ключових компонентів, кожен з яких виконує важливі функції в процесі приготування пивного сусла. Основними частинами є:

➤ **Заторний чан для перемішування.** Використовується для початкового змішування солоду з водою. Обладнаний механізмом мішалки для рівномірного розподілу компонентів.

➤ **Заторний котел для нагрівання.** Обладнаний паровою сорочкою, що дозволяє нагрівати затор до необхідних температур для ферментативних реакцій. Підтримує постійне перемішування для уникнення перегріву та утворення грудок.

➤ **Чан для підтримання температури.** Забезпечує стабільність температурного режиму під час витримки, що є критично важливим для оптимальної активності ферментів.

➤ **Фільтраційний чан.** Використовується для відокремлення рідкого сусла від твердих залишків солоду. Ефективна фільтрація забезпечує чистоту сусла.

➤ **Варильний чан для неохмеленого сусла.** Необхідний для подальшого кип'ятіння сусла перед додаванням хмелю, що сприяє стабілізації та стерилізації сусла.

Така структурна організація заторного апарату дозволяє розмістити все необхідне на компактній площі, зберігаючи при цьому високу ефективність і якість виконання всіх технологічних етапів.

Загальна робота заторного апарату розпочинається з процесу подрібнення солоду. Дробарка та шнекова система автоматично подають подрібнений солод до заторного чану, де відбувається змішування з водою при 40-50°C. Після цього затор послідовно перекачується між заторними чанами та котлами, проходячи через різні стадії нагрівання та витримки.

➤ *Первинне нагрівання.* Затор нагрівається в заторному котлі до 70°C з постійним перемішуванням.

➤ *Оцукрювання.* Після нагрівання маса витримується для оцукрювання, де ферменти розщеплюють крохмаль до цукрів.

➤ *Кип'ятіння.* Відбувається доведення затору до кипіння для розварювання крупних частинок та клейстеризації крохмалю.

➤ *Фільтрація.* Після завершення кип'ятіння затор перекачується до фільтраційного чану, де відокремлюються тверді залишки.

Ця послідовність забезпечує високоякісний процес приготування затору, що є основою для створення пива сорту «COLD IPA».

3.3. Обґрунтування вибору температурних режимів та контролю значення рН під час одержання пивного сусла для виробництва пива сорту «COLD IPA»

Приготування пивного сусла для виготовлення пива сорту «COLD IPA» на підприємстві BRATER здійснювалося за такими параметрами:

- Оптимальне значення рН – 5,4-5,8.
- Температурні режими затирання:
 - ✓ приготування затору: 37-38°C,
 - ✓ підігрів до 51,5°C ⇒ витримка – 10 хв ⇒ перекачка 70% до фільтр-чану,
 - ✓ підігрів затору №1 до 61-62°C ⇒ витримка – 15 хв,
 - ✓ підігрів затору №1 до 72°C ⇒ витримка – 20 хв ⇒ підігрів до кип'ятіння ⇒ витримка – 10 хв,
 - ✓ перекачка затору №1 до фільтр-чану ⇒ змішування ⇒ витримка – 5 хв ⇒ перекачка 30% затору в заторний чан,
 - ✓ підігрів затору №2 до 71-72°C ⇒ витримка – 10 хв ⇒ підігрів до кип'ятіння ⇒ витримка – 10 хв.
- Фільтрація сусла проводиться при 78 °C.
- Значення рН у готовому гарячому суслі – 5,2-5,3.

Вибір вищенаведених температурних режимів зумовлений активністю певних ферментів за різних температур. При низьких температурах активність ферментів залишається стабільною, тоді як при високих температурах вона може швидко знижуватись, що впливає на вихід екстрактивних речовин і зброджування. Наприклад, нормальна клейстеризація крохмалю за наявності амілаз відбувається при температурі 60°C (для ячмінного солоду). Подальше розрідження та розщеплення відбувається при вищих температурах, оскільки оптимальна робота α -амілази спостерігається при 72-75°C, тоді як β -амілаза краще працює при 60-65°C. Підвищена температура призводить до швидкої інактивації ферментів, а понижена – до зменшеної активності.

Щодо впливу рН на ферменти, то спостерігається подібна реакція. Кислотність, так само як і температура, впливає на структуру ферментів. Активність ферментів залежить від рівня рН, який для кожного ферменту є індивідуальним. Наприклад, для оптимальної роботи α -амілази необхідний рН 5,6-5,8, тоді як для β -амілази оптимальним є рН 5,4-5,5. Вплив кислотності менш критичний, ніж вплив температури, тому середнє значення рН, що є оптимальним для всіх ферментів, дозволяє забезпечити ефективне проходження ферментативних реакцій.

Загалом, ретельно контрольовані температурні режими та значення рН забезпечують максимальну ефективність ферментативних процесів, що є ключовим для отримання високоякісного пивного суслу при виготовленні пива сорту «COLD IPA».

3.4. Контроль процесу одержання пивного суслу для виробництва пива сорту «COLD IPA»

На пивоварні «Brater» контроль за всіма процесами отримання пивного суслу здійснюється практично повністю автоматизовано, завдяки використанню новітніх технологій чеських виробників. Всі параметри, такі як температурні режими, час перемішування, моменти підігрівання та охолодження, запрограмовані та інтегровані в головний комп'ютер. Пивовар обирає відповідну програму залежно від сорту пива, яке вариться в конкретний момент.

Автоматизація процесу дозволяє мінімізувати безпосереднє втручання людини, знижуючи ризик помилок. Втручання людини необхідне лише під час перекачування затору з одного чану в інший, де пивовар контролює відкриття та закриття кранів у правильному порядку. Також людський контроль потрібен при отриманні чистого суслу. У цей момент пивовар проводить кілька важливих тестів: перевірку наявності крохмалю за допомогою йодної проби, вимірювання рівня рН і концентрації сухих речовин, щоб своєчасно коригувати

їх за потреби. Крім того, пивовар оцінює колірність та прозорість сусла, що є важливим аспектом у створенні конкретного сорту пива.

Використання новітніх технологій дозволяє автоматизувати всі інші процеси, тим самим мінімізуючи втручання людини. Це значно знижує ймовірність помилок і забезпечує максимальну ефективність та інтенсивність хімічних реакцій. Автоматизація забезпечує високу точність у всіх етапах варки, що дозволяє досягти стабільної якості продукції та оптимальних умов для отримання високоякісного пива.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведено результати дослідження процесу створення пивного сусла для виробництва пива сорту «COLD IPA» на пивоварні «Brater» та визначено ключові фактори, що впливають на інтенсивність усіх етапів виробництва.

Отже, за результатами досліджень зроблено наступні основні висновки:

1. Проведений аналіз показав, що технологічна схема приготування пивного сусла для виробництва пива сорту «COLD IPA» включає кілька ключових етапів: підготовка солоду, затирання, фільтрування, охмелення та охолодження сусла. Кожен з цих етапів має свої унікальні особливості та вимоги, які впливають на кінцеву якість продукту. Виконання кожного етапу з дотриманням встановлених параметрів забезпечує стабільність та високу якість пивного сусла.

2. Встановлено, що дотримання оптимальних температурних режимів та часових інтервалів на кожному етапі виробництва пива сорту «COLD IPA», а також контроль рН, значно впливають на якісні показники сусла. Це дозволяє забезпечити максимальну ефективність процесу та високу якість кінцевого продукту.

3. Порівняльний аналіз показав, що використання солоду різних виробників має значний вплив на смакові та ароматичні властивості пива. Зокрема, ячмінний солод Pilsen від Malteurop забезпечує солодкий та тонкий солодовий смак, тоді як карамельний солод Carabohemian та мюнхенський солод Munich Type I від Weyermann додають пиву глибокий колір і складний аромат. Вибір якісної сировини є критично важливим для досягнення бажаного профілю пива.

4. Показано, що метод двохвідварного затирання є найбільш ефективним для приготування пива сорту «COLD IPA». Цей метод забезпечує оптимальне розчинення екстрактивних речовин, що сприяє отриманню сусла з високою

концентрацією екстрактивних речовин та покращеними органолептичними властивостями.

5. Встановлено, що температурні режими мають критичне значення для активації ферментів під час затирання солоду. Оптимальні температури для кожного етапу були визначені експериментально. Крім того, контроль рН на рівні 5,4-5,8 дозволяє забезпечити максимальну активність ферментів та покращити якість кінцевого продукту.

6. Основні параметри, такі як температура, рН, концентрація сухих речовин та залишковий вміст крохмалю, були визначені як критично важливі для контролю. Використання сучасних інструментів для моніторингу та автоматизації процесів дозволяє забезпечити точний контроль цих параметрів. Це сприяє стабільності процесу та покращенню якості пивного сусла.

Таким чином, оптимізація процесу приготування пивного сусла для виробництва пива сорту «COLD IPA» дозволяє підвищити ефективність використання сировини, знизити витрати та покращити якість кінцевого продукту. Це має значний вплив на конкурентоспроможність пивоварної продукції на ринку.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Косів Р. Б Зброджування висококонцентрованого пивного сусла дріжджами різних рас. та ін. , 2015. Вип. 47 (2). С. 186 – 189.
2. Т. В. Харандюк Зниження вмісту віцинальних дікетонів при зброджуванні високогустинного сусла , 2017. Т. 19, № 75. С. 149 – 152.
3. С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський Інноваційні Технології продуктів бродіння і виноробства. Київ : НУХТ, 2012. 487 с. |
4. С. В. Іванов Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства . НУХТ, 2012. 487 с
5. Вольфганг Кунце Технологія солоду та пива 2001. 1110 с.
6. Vafincova P., Domyeny Z. Smogrovicova. Folia Microbiol Вплив норми внесення дріжджів на вміст ацетальдегіду, 2000. № 45. Р. 335 – 338.
7. П. В. Колотуша Технологія виробництва пива [б.в.], 1995. — 228 с.
8. Boulton, C., and Quain, D. (2001) Brewing Yeast and Fermentation, 1st ed., Blackwell Science, Oxford.
9. Briggs, D., Boulton, C., Brookes, P., and Stevens, R. (2004) Brewing Science and Practice, Woodhead, Cambridge.
10. Dziuba, E. (2001) The role of yeast in organoleptic properties formation. VI School of Fermentation Technology, Szczyrk, Poland, pp. 50–74.
11. H., Zheng, L., Wang, C., Zhao, H., and Zhao, M. (2013) Effects of
12. Gibson, B. R., Boulton, C. A., Box, W. G., Graham, N. S., Lawrence, S. J., Linforth, R. S. T., and Smart, K. A. (2009) Amino acid uptake and yeast gene transcription during industrial brewery fermentation, J. Am. Soc. Brew. Chem. **67**, 157–165.
13. Gibson, B., and Smart, K. (2005) The oxidative stress response of Saccharomyces cerevisiae and its relevance to the brewing process, in Proceedings of the 10th Conference of the Institute of Brewing and Distilling, Sun City, South Africa, p. 41.
14. Полюжин Л.І вихід віцинальних дікетонів в молододу пиві Чернігів: МЦНД, 2020. Т. 3. С. 33 – 36.
15. Mozil Svetlana. «Інноваційні технології розвитку пивоваріння Innovation technologies for development of beverage»
16. Автоматизація малих пивоварних виробництв , промислова автоматизація (наукова стаття) автори:

17. Технологія виробництва пива (наукова стаття)
Автори: <https://riven.com.ua/production>
18. Майже все про солод (наукова стаття) автори:
<https://craftbeerclub.com.ua/articles/majzhe-wse-pro-solod---tonkoschi-wboru-golownogo-pwnogo-ingredinta>
19. В. О. Маринченко, В. А. Домарецький, П. Л. Шиян, В. М. Швець, П. С. Циганков, І. Д. Жолнер Технологія спирту. /Під ред. проф. В. О. Маринченка. — Вінниця: «Поділля — 2000», 2003. 496с. [ISBN 966-8213-01-7](https://www.isbn-international.org/number/966-8213-01-7)
20. Виробництво ферментованого житнього солоду(наукова стаття)
автори: <https://malt.lviv.ua/ua/2020/05/19/product-ferment/>
21. Пивоваріння. Терміни та визначення понять. — На заміну ДСТУ 3139-95; Чинний від 2015-11-01. — Київ: УкрНДНЦ, 2015. — III, 27 с. — (Національний стандарт України). — Бібліогр.: 26 с.
22. Відомі пивоварні Львова(наукова стаття) автори:
<https://mtourism.com.ua/blog-ua/1199-brewery-lviv-ua>
23. Поради для створення малих пивоварень. Автори:
<https://aggeek.net/ru-blog/kraftove-pivo-9-porad-dlya-ctvorennya-uspishnoi-pivovarni>
24. О. М. Петухова, М. К. Римаренко «**АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

РОЗВИТКУ ПИВОВАРНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ» 2017р

25. Вплив пива на організм людини(наукова стаття) автори:
<https://www.opillia.com.ua/2023/07/vplyv-pyva-na-orhanizm-liudyny/>
26. Розшифрування європейських абривіатур пивної промисловості.
Автори:
https://zaxid.net/shho_oznachayut_abbreviaturi_na_pivnih_etiketkah_u_yevropi_n1460897