

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 технологій ферментованих злаків»

Виконав:

здобувач 2 курсу,
групи ТБ-2-7М

(підпис)

Віталій Васильович ЦЮКАЛО

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

(підпис)

Роман Миколайович МУКОЇД

(прізвище, ім'я, по батькові)

Рецензент

(підпис)

Юлія Вікторівна КАМБУЛОВА

(прізвище, ім'я, по батькові)

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.

_____ Віталій ЦЮКАЛО
(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

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Цюкалу Віталію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження технологій ферментованих злаків»

Керівник роботи Мукоїд Р.М., 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 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики _____

2. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт _____

3. Дослідити гідролітичні процеси при ферментації злаків та їх вплив на готовий солод _____

4. Розробити оптимізацію технологічного процесу та визначити соціально економічну ефективність роботи _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Дослідження технологій ферментованих злаків (аналітична частина). 2. Матеріали, методи та методика досліджень. 3. Дослідження технологій ферментованих злаків (експериментальна частина). 4. Оптимізація технологічного процесу. 5. Розрахунок соціально-економічної ефективності. 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 – 20 _____

_____ Графіки з результатами досліджень – 11 _____

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	17.10.23-29.10.23	Виконано
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	30.10.23-4.11.23	Виконано
	1-а атестація	5.11.2023	Виконано
3.	Експериментальні дослідження технології ферментованих злаків	05.11.23-17.12.23	Виконано
4.	Підготовка розділу з охорони праці та погодження його з керівником	18.12.23-22.12.23	Виконано
	2-а атестація	23.12.23	Виконано
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	23.12.23-30.12.23	Виконано
6.	Оптимізація технологічного процесу	03.01.24-13.01.24	Виконано
7.	Розрахунок соціально-економічної ефективності роботи	14.01.24-24.01.24	Виконано
8.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	25.01.24-31.01.24	Виконано
9.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.02.24-05.02.24	Виконано
10.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	06.02.24-10.02.24	Виконано
11.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	11.02.24-13.02.24	Виконано
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Керівник роботи, доцент

Віталій ЦЮКАЛО

Роман МУКОЇД

АНОТАЦІЯ

Цюкало Віталій Васильович «Дослідження технологій ферментованих злаків». Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології». Національний університет харчових технологій, Київ, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідження технологій ферментованих злаків.

В роботі було вивчено вплив умов процесу ферментації пророщених зерен злакових культур (вівса, пшениці, ячменю, кукурудзи) на їх фізико-хімічний склад.

Виявлено, що для збільшення вмісту біологічно-активних речовин при ферментації злаків тривалість їх пророщування повинна бути для пшениці 2 доби, а для ячменю і вівса – по 5 діб.

Максимальний приріст цукрів має місце після добової витримки при 45 °С, а при подальшій ферментації він значно уповільнюється.

Гідроліз білкових речовин в основному закінчується за 3 доби і при подальшій ферментації значно вже не змінюється.

Кількість вільних амінокислот до кінця ферментації збільшується вдвічі, при цьому кількість незамінних серед них досягає 30...35 %.

На утворення при ферментації органічних кислот позитивно впливає вологість солоду. Кислотність ферментованого солоду в 3,5...4,5 рази вище, ніж до ферментації.

Колір солоду при ферментації збільшується значно (до 20 разів) у порівнянні з свіжопророщеним. При цьому з'являється приємний хлібний аромат.

При ферментації злаків зберігається мінеральний склад, як макро-, так і мікро- елементів, а вітамінна активність значно зростає.

Таким чином, можна стверджувати, що добавка до харчових продуктів ферментованого солоду буде покращувати не тільки лікувально-дієтичні їх властивості, а й органолептичні.

Ключові слова: жито, ячмінь, солод, замовчування, пророщування, ферментація, меланоїдиноутворення.

ANNOTATION

Vitaly Vasyliovych Tsyukalo "Research of technologies of fermented cereals". Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 181 "Food technologies". National University of Food Technologies, Kyiv, 2024.

The qualification work is devoted to the research of technologies of fermented cereals.

The paper proposes to study the influence of the conditions of the fermentation process of germinated grains of cereal crops (oats, wheat, barley, corn) on their physical and chemical composition.

It was found that in order to increase the content of biologically active substances during the fermentation of cereals, the duration of their germination should be 2 days for wheat, and 5 days for barley and oats.

The maximum increase in sugars occurs after a day's aging at 45 °C, and during further fermentation it slows down significantly.

Hydrolysis of protein substances mostly ends in 3 days and does not change significantly during further fermentation.

The number of free amino acids doubles by the end of fermentation, while the number of essential amino acids among them reaches 30...35%.

Malt moisture has a positive effect on the formation of organic acids during fermentation. The acidity of fermented malt is 3.5...4.5 times higher than before fermentation.

The color of malt during fermentation increases significantly (up to 20 times) compared to freshly germinated. At the same time, a pleasant bread aroma appears.

Fermentation of cereals preserves the mineral composition of both macro- and micro-elements, and vitamin activity increases significantly.

Thus, it can be argued that the addition of fermented malt to food products will improve not only their medicinal and dietary properties, but also their organoleptic properties.

Key words: rye, barley, malt, silencing, germination, fermentation, melanoid formation.

ANNOTATION

Vitaly Vasyliovych Tsyukalo "Investigación de tecnologías de cereales fermentados". Trabajo de calificación para la obtención del título de maestría en la especialidad 181 "Tecnologías de los alimentos". Universidad Nacional de Tecnologías Alimentarias, Kiev, 2024.

El trabajo de calificación está dedicado a la investigación de tecnologías de cereales fermentados.

El trabajo propone estudiar la influencia de las condiciones del proceso de fermentación de granos germinados de cultivos de cereales (avena, trigo, cebada, maíz) sobre su composición física y química.

Se encontró que para aumentar el contenido de sustancias biológicamente activas durante la fermentación de los cereales, la duración de su germinación debe ser de 2 días para el trigo y de 5 días para la cebada y la avena.

El aumento máximo de azúcares se produce después de un día de envejecimiento a 45 °C, y durante la fermentación posterior se ralentiza significativamente.

La hidrólisis de sustancias proteicas básicamente finaliza en 3 días y no cambia significativamente durante la fermentación posterior.

La cantidad de aminoácidos libres se duplica al final de la fermentación, mientras que la cantidad de aminoácidos esenciales entre ellos alcanza el 30...35%.

La humedad de la malta tiene un efecto positivo sobre la formación de ácidos orgánicos durante la fermentación. La acidez de la malta fermentada es 3,5...4,5 veces mayor que antes de la fermentación.

El color de la malta durante la fermentación aumenta significativamente (hasta 20 veces) en comparación con la malta recién germinada. Al mismo tiempo aparece un agradable aroma a pan.

La fermentación de los cereales conserva la composición mineral de los macro y microelementos y la actividad de las vitaminas aumenta significativamente.

Por tanto, se puede argumentar que la adición de malta fermentada a los productos alimenticios mejorará no sólo sus propiedades medicinales y dietéticas, sino también sus propiedades organolépticas.

Palabras clave: centeno, cebada, malta, silenciamiento, germinación, fermentación, formación de melanoides.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ ЗЛАКІВ (аналітична частина)	12
1.1 Зміни біохімічного і хімічного складу пророщених злаків при їх ферментації	12
1.1.1 Біохімічні зміни	12
1.1.2 Утворення меланоїдинів.....	12
1.2 Огляд експериментальних установок для виготовлення пророщених ферментованих злаків	21
1.2.1 Обладнання і проведення технологічного процесу на солодових заводах	21
1.2.1.1 Токова солодовня	21
1.2.1.2 Пневматичні солодовні.....	22
1.2.2 Експериментальна установка для пророщування солоду	23
1.2.3 Експериментальна установка для ферментації пророщених злаків ...	25
1.3 Висновки до розділу 1	26
1.4 Мета і задачі дослідження	26
2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1 Матеріали досліджень.....	27
2.2 Методи досліджень	27
2.2.1 Визначення вологості методом Чижової за температури 160 °С.....	27
2.2.2 Визначення енергії проростання і здатності до пророщування	28
2.2.3 Визначення екстрактивності сухого солоду стандартним (конгресним) методом.....	28
2.2.4 Визначення білкових речовин за методом Кьельдаля.....	29
2.2.5 Визначення тривалості оцукрювання солоду візуальним методом з використанням розчину йоду	31
2.2.6 Визначення титрованої кислотності з виносною краплею	31
2.2.7 Визначення екстрактивності	31
2.2.8 Визначення кольоровості	31
2.2.9 Визначення вмісту «сирої» мальтози йодометричним методом.....	32
2.3 Методика досліджень	32
2.3.1 Методика проведення ферментації злаків	32
2.4 Висновки до розділу 2	34

					Дослідження технологій ферментованих злаків		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Цюкало В.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мукоїд Р.М.				7	100
Реценз.					8		
Затверд.		Куц А.М.			НУХТ, ННІХТ, ТБ-2-7М		
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА							

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ ЗЛАКІВ (експериментальна частина).....	35
3.1 Розробка оптимальних умов для утворення у солоді попередників меланоїдинів	35
3.1.1 Вплив температури і режимів замочування	35
3.1.2 Вплив вологості солоду, а також тривалості солодоращення і ферментації на ферментативний гідроліз	37
3.1.3 Вплив температури і тривалості ферментації на зміни хімічного складу солоду або пророщеного зерна.....	41
3.2 Біологічно-активні речовини в готових ферментованих солодах.....	44
3.2.1 Вміст цукрів	44
3.2.2 Мінеральні речовини	47
3.2.3 Вміст вітамінів.....	48
3.2.4 Колір солоду	49
3.2.5 Кислотність солоду	50
3.2.6 Білкові речовини	51
3.3 Отримання зразків ферментованих злаків на експериментальній установці	54
3.3.1 Визначення хімічного складу ферментованих злаків	55
3.4 Висновки до розділу 3	59
4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ФЕРМЕНТАЦІЇ ЗЛАКІВ.	60
5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	69
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	70
6.1 Класифікація небезпек на підприємствах бродильної галузі	70
6.2 Вимоги безпеки до території підприємства, розміщення та влаштування будівель і приміщень.....	71
6.3 Вимоги до розміщення обладнання у виробничих приміщеннях	73
6.4 Забезпечення електробезпеки	73
6.5 Загальні вимоги до організації робіт підвищеної небезпеки	75
6.6 Вимоги до виконання робіт усередині ємностей	75
6.7 Особливі вимоги до проведення робіт у силосах і бункерах	77
7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	83
ДОДАТКИ.....	86

ВСТУП

Актуальність теми. Наслідки екологічних та техногенних катастроф, погіршення соціально-економічних умов негативно позначаються на здоров'ї населення. Відомо, що харчування віднесено до факторів маючих пряме відношення до стану здоров'я людей – квота впливу досягає більше 40 %. Враховуючи рівень життя і проблеми здоров'я жителів України, на сьогодні постає задача розроблення нових видів продуктів, доступних широким масам населення, з використанням традиційної сировини, до якої адаптовано організм основної більшості людей. В даний час не часто використовуються в процесі харчування високі біологічні якості пророщених і ферментованих злаків. Зважаючи на це, виникає необхідність створення технологій продуктів, що забезпечують організм людини вкрай необхідними інгредієнтами.

Раніше проведеними роботами доведено, що при пророщуванні зерен злаків виникає велика кількість різних ферментів. В їх задачу входить перетворення високомолекулярних сполук, таких як крохмаль і білок в водорозчинні низькомолекулярні речовини, які використовуються на формування нової рослини. Основні з цих речовин: прості цукри і амінокислоти представляють велику цінність і для організму людини. Доведено, що при пророщуванні зерна при температурі 13...16 °C біля 12 % крохмалю і 35...40 % білкових речовин переходить в розчинну легкозасвоювану форму. Але навіть при цих показниках вміст простих цукрів і амінокислот в зерні збільшується майже на порядок.

Встановлено, що при вологості більше 48 % і температурі 45...50 °C в більшій мірі розщепляються білкові речовини на амінокислоти, а температура 60...75 °C є найбільш сприятливою для розщеплення крохмалю на велику кількість мальтози.

Суть технології полягає в тому, що піднявши температуру пророщуваного зерна з 16...18 °C до 45 °C ми зупиняємо процес пророщення, а зволоживши при цьому його до вологості 48 % створюємо сприятливі умови для роботи ферментів. Збільшуючи температуру зерна в відповідному режимі до 75 °C проводимо процес ферментації. Для різних видів злаків значення показників вологості і температурного режиму є різними і залежать від їх складу і особливостей притаманних даному виду.

Практично є можливість гідролізувати за допомогою різних природних ферментів злаків основну кількість крохмалю і білку, що містять їх зерна. Тому актуальним є дослідження технологій ферментованих злаків.

Мета досліджень: робота спрямована на дослідження та удосконалення технологій ферментованих злаків.

Завдання досліджень: дослідження технології отримання продуктів високої біологічної цінності методом використання природних ферментів злаків, що активізуються в процесі їх проростання, для проведення процесу ферментації з метою максимального перетворення високомолекулярних сполук в прості легкозасвоювані речовини, в тому числі продукти розщеплення крохмалю і білку на прості цукри і амінокислоти.

Об'єкт досліджень — технологія солоду.

Предмет досліджень — технологія солододорощення, технологія ферментації злаків.

Методи досліджень. Дослідні зразки аналізували за фізико-хімічними показниками згідно з чинними стандартами та інструкцією технохімічного контролю.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Основні результати роботи були представлені на постерній сесії 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», 3...7 квітня 2023 року, Київ, НУХТ.

Публікації: Цюкало В., Пархоменко А., Мукоїд Р. Зміни кольоровості солоду в процесі ферментації. 89 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «*Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті*». Київ: НУХТ, 2023 р.

Цюкало В.В., Мукоїд Р.М., Василів В.П. Зміни кислотності солоду в процесі ферментації. Міжнародна науково-практична конференція «*Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу*» Київ: РВВ НУБіП України, 2023.

Наукова новизна роботи. Розглянуті технології ферментації пророщених зерен злаків дозволять отримати зернові продукти з максимальною кількістю інгредієнтів високої біологічної цінності природного походження. Ці продукти можуть бути широко застосовані в дієтично-профілактичному і цільовому харчуванні.

Зважаючи на те, що ферментовані пророщені зерна сприяють оздоровленню організму людини, продукти з ферментованих злаків можуть бути включені як обов'язкові до раціонів різних категорій населення, особливо дітей, що дозволить розширити заходи профілактики.

Практичне значення роботи. Дослідження та удосконалення технології отримання ферментованих зерен злакових культур дозволить отримати продукти з великим вмістом амінокислот, в тому числі всіх незамінних, мальтози і інших простих цукрів, мінеральних речовин притаманних зерновим культурам, які можливо використовувати в дитячому харчуванні, для лікувально-профілактичних дієт, а також як компоненти при виготовленні різних видів харчових продуктів.

Структура роботи: робота складається з 7 розділів, висновків, списку використаної літератури з 33 найменувань, в тому числі 3 іноземними мовами, додатків. Робота викладена на 100 сторінках друкованого тексту, містить 20 таблиць і 11 рисунків.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ ЗЛАКІВ

(аналітична частина)

1.1 Зміни біохімічного і хімічного складу пророщених злаків при їх ферментації

При ферментації солоду протікають специфічні біохімічні процеси, які приводять до фізико-хімічних та хімічних змін. В перший період ферментації, при порівняно низьких температурах, в зерні продовжуються життєві процеси: зерно дихає, і енергія дихання значно підвищується. Це неминуче викликає втрати сухих речовин. Потім дихання уповільнюється і нарешті припиняється через руйнування дихальних ферментів. Але гідролітичні ферменти продовжують діяти і досить активно, оскільки температура наближається до оптимальної для них. При цьому у солоді продовжують накопичуватись продукти гідролізу вуглеводів і білків – попередники барвних і ароматичних речовин, а також інші низькомолекулярні біологічно-активні речовини [7].

1.1.1 Біохімічні зміни

Залежно від перетворень, що відбуваються у зерні при ферментації, процеси можна розділити на три фази: фізіологічну, ферментативну і хімічну. У дійсності ферментативні і хімічні процеси у більшій чи меншій мірі відбуваються протягом усіх фаз. Але таке розділення процесу зручне для розгляду окремих процесів.

Фізіологічна фаза характерна тим, що у цей час ще відбуваються життєві процеси. Тому цю фазу можна розглядати як продовження пророщування зерна. Фаза продовжується, поки температура не підвищиться до 40 °С. У цей період збільшується зародковий листок і корінці. Накопичення ферментів сприяє процесу розчинення ендосперму, що приводить до збільшення кількості розчинного білка та низькомолекулярних продуктів гідролізу крохмалю.

Ферментативна фаза є продовженням фізіологічної: при підвищенні температури від 40 °С до 65 °С життєві процеси помітно припиняються, але помітно проявляють свою активність амілолітичні та протеолітичні ферменти, а також у меншій мірі ферменти, що діють на клітинні стінки некрохмальних полісахаридів.

Хімічна фаза при температурі понад 65 °С характеризується припиненням ферментативних процесів, але хімічний склад зерна продовжує змінюватись. Найбільш суттєвими є хімічні перетворення, що призводять до утворення барвних і ароматичних речовин – меланоїдинів. У зв'язку з цим зменшується кількість вільних кислот і цукрів.

Цей процес закінчується при сушінні солоду, коли він витримується при високих температурах. Але швидкість утворення меланоїдинів при сушінні солоду значно більше.

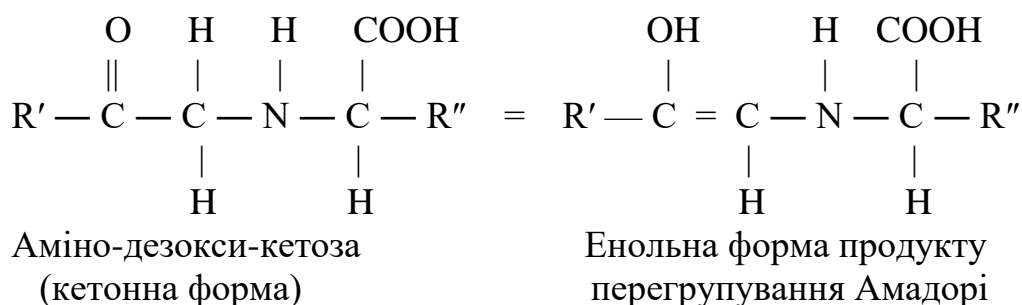
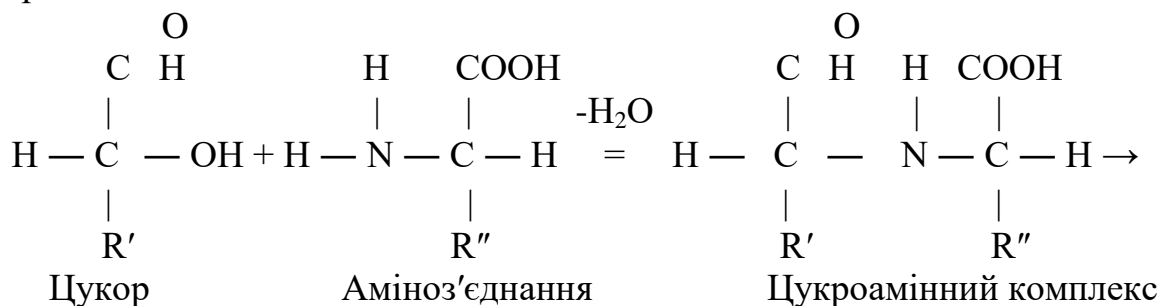
1.1.2 Утворення меланоїдинів

У хімічній фазі ферментації і сушінні солоду відбувається один з найважливіших процесів, що формують характерні властивості солоду – утворення барвних і ароматичних речовин.

У забарвленні солоду крім меланоїдинів беруть участь й інші речовини: антоціани і ксантофіли, ферментативно окислені поліфеноли – меланіни та у незначній кількості карамелі. Але головний внесок у забарвлення солоду і одержаних з нього продуктів роблять меланоїдини. Вони мають колоїдний характер з кислотними властивостями.

Утворення меланоїдинів – дуже складний процес, який проходить через велику кількість проміжних хімічних реакцій і значно залежить від температури, рН та вологості продукту. При високій температурі меланоїдиноутворення відбувається інтенсивніше, але воно починається ще на початку процесу ферментації, навіть при солододороженні, та не може бути виявлено, оскільки продукти першої стадії ще не мають забарвлення.

Перша стадія утворення меланоїдинів полягає в конденсації молекул цукру і амінокислоти з утворенням цукроамінного комплексу з наступним внутрішньомолекулярним перегрупуванням, так званим, перегрупуванням Амадорі.



Так закінчується перша підготовча стадія меланоїдиноутворення.

Продукти перегрупування Амадорі (дезоксикетони та їх енольна форма) знаходяться у хімічній рівновазі. Це ще не забарвлені сполуки, але дуже реакційноздатні. Саме вони є вихідними речовинами для утворення темнозабарвлених полімерів (азотистих і безазотистих), що одержали загальну назву *меланоїдини*.

Але для того, щоб меланоїдини утворились, необхідний цілий ряд перетворень, що протікають різними шляхами.

Друга стадія меланоїдиноутворення – це процеси дегідратації дезоксикетоз, які протікають по-різному, залежно від умов середовища.

1-й шлях дегідратації дезоксикетоз проходить через утворення редуцтонів з незамкнутим ланцюгом;

2-й шлях (коли дезоксикетоза в енольній формі) – через утворення фурфуролу, якщо вихідним цукром була пентоза, або оксиметилфурфуролу, якщо вихідним цукром була гексоза;

3-й шлях дегідратації – розкладання цукрового компонента з утворенням альдегідів, ацетону, діацетилу та інших продуктів;

4-й шлях дегідратації – утворюються озони.

Третя стадія меланоїдиноутворення – продукти, що утворилися в результаті дегідратації дезоксикетоз, конденсуються та полімеризуються. При цьому з дезоксикетоз у кетонній формі утворюються меланоїдини типу А, а з енольної форми – типу В. Взагалі, це – суміш значної кількості речовин від ненасичених до гетероциклічних коричневих полімерів, які включають в себе також і азот (пірол, імідазол, піридин, піразин та ін.)

Для утворення меланоїдинів потрібні в достатній кількості вихідні речовини – амінокислоти та цукри з вільною карбонільною групою. Дослідами на модельних розчинах встановлено, що реакція найбільш енергійно відбувається при співвідношенні амінокислот до цукру 1:4. Збільшення амінокислот при довготривалому нагріванні призводить до утворення нерозчинних форм меланоїдинів. Підвищення концентрації цукру, навпаки, сприяє утворенню розчинних форм.

Отже, щоб у солоді було достатньо барвних і ароматичних речовин не слід сподіватися тільки на високу температуру при сушінні солоду. Необхідно процес пророщування зерна вести так, щоб забезпечити певну кількість продуктів гідролізу білків і крохмалю, як попередників утворення барвних речовин.

Слід пам'ятати, що для енергійної цукор-аміної взаємодії необхідна наявність навколо молекули амінокислоти мономолекулярного шару цукру і мономолекулярного шару води. Тому для утворення красивих речовин у солоді при ферментації можна створити більш сприятливі умови, ніж при сушінні солоду, де вологість постійно знижується і для підтримки її на певному рівні потрібні спеціальні технологічні заходи [31].

Крім кольору меланоїдини надають солоду і продуктам з нього специфічного аромату і смаку, які дуже залежать від амінокислот, що вступають у реакцію. Наприклад, гліцин з цукром утворює барвні речовини швидко, і аромат їх нагадує запах пива. А валін реагує повільно і дає аромат піджарених сухарів. Лейцин обумовлює хлібний аромат. Інші амінокислоти дають аромат троянди.

Цукровий компонент у меланоїдиноутворенні впливає на швидкість взаємодії. Найбільш активно в реакцію вступають пентози (ксилоза і арабіноза), потім гексоза-маноза, галактоза, фруктоза, глюкоза й у меншому ступені мальтоза. Цукроза в цю реакцію не вступає, тому що не має вільної карбонільної групи. До реакції вона залучається лише після інверсії.

У зв'язку з тим, що амінокислоти вступають у взаємодію з цукрами амініними групами, а карбоксильні при цьому зберігаються, то меланоїдини носять «кислий» характер [4,5].

Принципова технологічна схема виробництва ферментованого та неферментованого житнього солоду наведена на рис. 1.1.

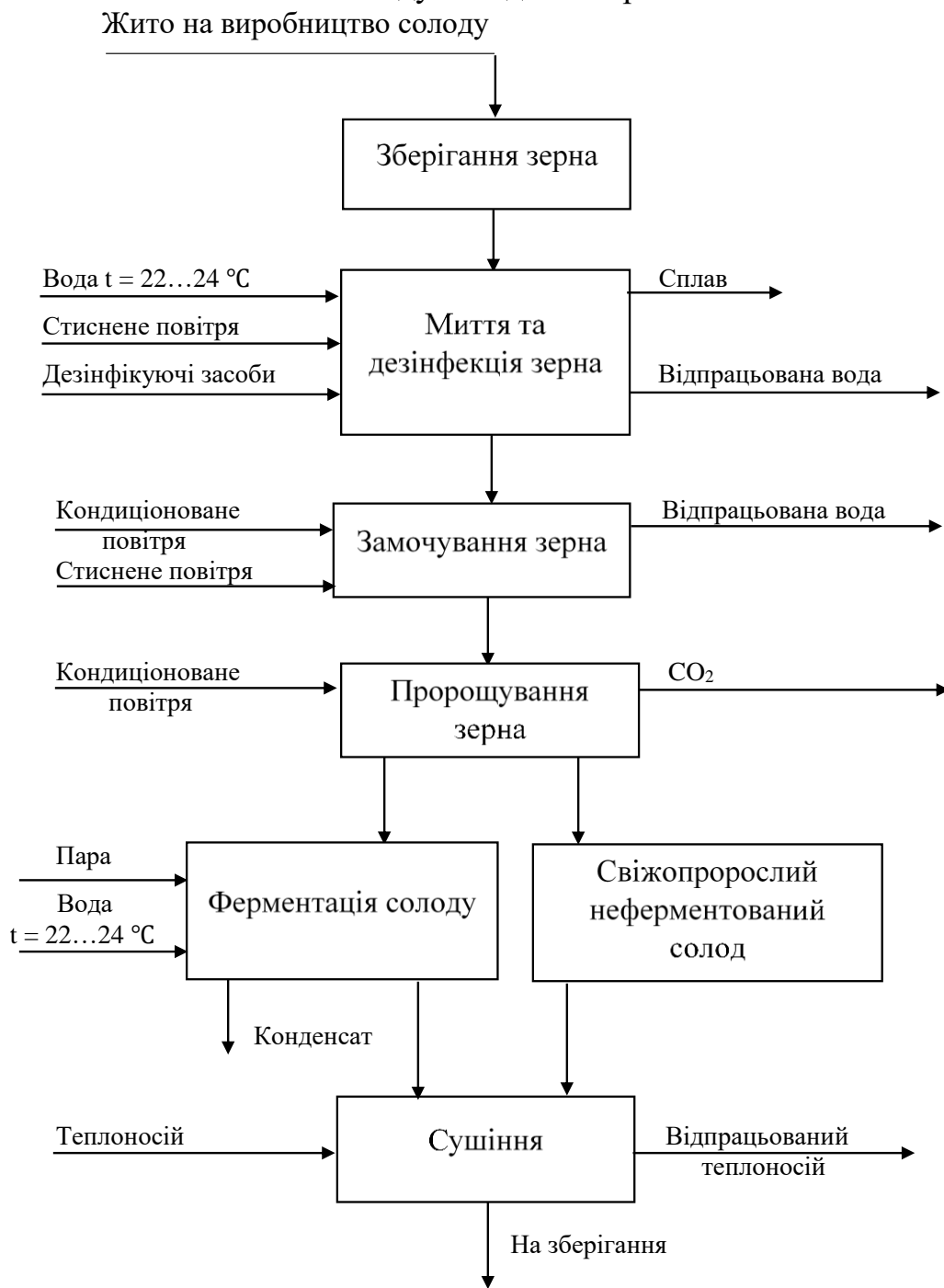


Рисунок 1.1 – Принципова технологічна схема виробництва житнього солоду

Замочування зерна для виготовлення солоду. Зазвичай зернові злаки містять 12...15 % вологи; при такій вологості зерно не проростає. Для проростання зерна необхідно підвищити вміст в ньому вологи до 40...47 %. Необхідна вологість досягається замочуванням або зрошенням зерна водою [19]. Замочування зерна є дуже важливим етапом солодоращення, так як умови його проведення впливають на процес пророщування, його тривалість, на втрати при пророщуванні і на якість одержуваного солоду. Цей технологічний процес не

може розглядатися як самостійний, окремо від загального процесу солодощення, а є його першою стадією [16].

Найважливішою попередньою умовою для проростання зерна являються: достатня вологість, відповідна температура і наявність кисню. Таким чином, з підвищенням температури води, тривалість замочування зерна скорочується. Однак, при температурі більше 15 °С відбувається активний розвиток мікроорганізмів, для їх інгібування в промисловості широко застосовують антисептики, які одночасно є стимуляторами росту зерна. Максимальною вважається температура замочування 30 °С [16].

За класичною технологією температура води для замочування повинна бути в межах 10...14 °С, за кордоном рекомендується її підвищення до 15...21 °С. Підвищення температури насамперед збільшує швидкість дифузії молекул води всередину зерна і міграцію її в окремі частини, інтенсифікує проходження всіх біохімічних перетворень, в тому числі і дихання, що позитивно впливає на життєдіяльність зародку.

При зберіганні, замочуванні і подальшому пророщуванні зерна йому крім води, необхідний кисень – енергія, що забезпечує нормальний тип обмінних реакцій і синтетичні процеси нових вегетативних форм рослини [19]. Утворений в процесі дихання зерна діоксид вуглецю гальмує зростання зерна в процесі замочування. Тому під час повітряних пауз його необхідно видаляти.

Дихання зерна і потреба його в кисні збільшується з підвищенням його вологості. Питання аерації зерна, застосування потужної аерації під тиском сприяє замочуванню. При цьому скорочуються строки солодощення, збільшується продуктивність і знижується його собівартість.

При замочуванні в безперервному потоці води і повітря необхідна вологість досягається швидше, ніж при замочуванні повітряно-водяним способом, тобто поперемінно в воді і на повітрі.

Негативний вплив вуглекислого газу на життєві процеси зерна особливе значення має на початковій стадії замочування. Продування зерна повітрям на початку замочування має для швидкого і рівномірного проростання більше значення, ніж продування протягом всього процесу замочування.

На швидкість замочування впливає також сольовий склад води для замочування. У м'якій воді зерно замочується швидше, ніж в жорсткій. Тому для замочування зерна намагаються брати воду жорсткістю до 7 мг-екв/дм³.

Збудливу дію на проростання зерна в кінці процесу замочування надають біологічні стимулятори росту і розвитку рослин.

Замочування жита для отримання з нього солоду, проводять до вологості 45...50 %. Замочують зерно при температурі 13...17 °С в безперервному потоці води і повітря або повітряно-водяним способами. В кінці замочування зерна останні 2 години в замочувальний чан подають безперервно воду температурою не нижче 15 °С [13]. Так само жито можна замочувати шляхом періодичного зрошення водою з температурою 12...20 °С, розбризкуючи її з форсунок, встановлених на зворощувачі, через кожні 4...6 годин до досягнення вологості

зерна 48...52 %. Зазвичай проводять 4...6 зрошень, тривалість замочування складає 24...30 годин.

Кожні 2 години зерно продувають вологим кондиціонованим повітрям з температурою 12...15 °С і відносною вологістю 90...98 % протягом 20...30 хвилин. При цьому температура зерна повинна підтримуватися в межах 13...16 °С [19].

Пророщування зерна при виробництві солоду. При пророщуванні в зерні відбуваються морфологічні, цитолітичні і біохімічні зміни. Метою пророщування зерна є синтез і активація неактивних ферментів, під впливом яких в процесі затирання досягається розчинення всіх резервних речовин зерна.

Утворення і активація ферментів нерозривно пов'язані з життєдіяльністю зародкового корінця. У початковий період пророщування утворюється зародковий корінець, який проходить через плодову і насінневу плівки, просувається уздовж квіткової плівки до вершини зернівки, не проростаючи через неї. При штучному пророщуванні він повинен розвиватися до певної величини. Якщо він проростає з вершини зерна, знижується якість готового солоду. Після появи корінця починають утворюватися судини, які проходять від ендосперму до зародка кореня. У клітинах судин з'являються складні полімерні сполуки – лігніни, що збільшують міцність їх стінок. Після цього клітини починають розчинятися. Потім в щитку і зародку з'являються власні зерна крохмалю. Незважаючи на те, що щиток в перші 10...15 годин після підведення до зерна вегетаційної вологи проявляє дуже високу активність в обміні речовин, він ще не підготовлений для синтезу таких гідролітичних ферментів, як α -амілаза і β -глюканаза.

Утворення ферментів значно зростає після надходження з кореневої системи до зародка таких стимуляторів росту, як гіберелінова кислота і гіберелін. Потім по утвореним судинам стимулятори росту направляються в алейроновий шар.

Гідролітичні ферменти, головним чином α -амілаза, протеази, геміцелюлази і гранична декстриназа, в процесі солододорощення приводять резервні речовини ендосперму в розчинну форму. В першу чергу протеази розчиняють білкову оболонку клітин, що містять крохмаль. При цьому звільняються геміцелюлозні стінки для впливу на них відповідного комплексу ферментів, завдяки чому крохмальні зерна стають доступними для дії α -амілази.

Кількість вільної α -амілази збільшується від середини ендосперму до алейронового шару. Активація α -амілази посилюється з підвищенням вологості зерна до 43 % на другий...п'ятий день. Надалі зростання активності ферменту спостерігається в дуже низьких межах.

У солодовій амілазі розрізняють три основні функції: розріджуюча, декстренізуюча і оцукрююча; з них розрідження крохмального клейстеру залежить виключно від дії α -амілази, яку можна розглядати як ендоамілазу, так як вона може розщеплювати глюкозидні зв'язки в середині глюкозидних ланцюгів. При нормальних умовах солододорощення накопичення α -амілази досить різко підвищується до 4-го дня пророщення, а потім накопичення

α -амілази збільшується рівномірніше. α -амілаза за весь час пророщування збільшується рівномірно, без будь-яких стрибків. Взагалі, при солодженні активність амілолітичних ферментів зростає в 3...5 разів, протеолітичних, приблизно, в 2,5 рази, фосфатаз в 5...7 разів, α -глюкозидази в 2 рази [19].

За час зміни структури зерна, які протікають за цей час, визначають один з найважливіших технологічних факторів солододорощення – ступінь розрихлення ендосперму зерна. Ця зміна обумовлена дією протеолітичних ферментів, швидкість накопичення яких поряд з накопиченням амілолітичних ферментів, визначає тривалість приготування солоду і його якість.

Кількість вільних амінокислот солоду в процесі пророщування зростає в перші 4...6 діб. Надалі їх кількість може зменшитися. При температурі 14...16 °С в процесі семиденного пророщування такі амінокислоти, як тирозин, аргінін, треонін, метіонін, лізин, гістидин і пролін, накопичуються рівномірно і інтенсивно. В кінці пророщення накопичення цих амінокислот сповільнюється.

Для отримання солоду з високим вмістом амінокислот, які забезпечують нормальний перебіг процесу бродіння, необхідно мінімум п'ятидобове пророщування при існуючих режимах і способах солододорощення [33].

Ферментація і сушка солоду. Процес отримання ферментованого солоду з жита складається з наступних основних стадій: замочування сортового зерна до вологості – 47...48 % протягом 36...48 год; пророщування при температурі 12...18 °С за 3 доби. Потім свіжопророщений солод піддається ферментації. Для цього його зволожують водою з температурою 40...50 °С до вологості 45...50 % і йде процес самозігрівання без ворошіння протягом 24...30 год. Далі солод підігрівають до 60...65 °С, підтримуючи цю температуру до кінця процесу ферментації. Загальна тривалість процесу 2...3 доби. Сушіння солоду відбувається при температурі 80 °С, протягом 30...36 год, до вологості 6...8 %.

Процес ферментації здійснюється різними способами: на току, в барабанних або ящиківих солодовнях. Це тривалий і трудомісткий процес, вимагає великих енерговитрат і здійснюється при підвищеній температурі і вологості солоду. За традиційною технологією ферментація займає 3...5 діб.

При ферментації використовується здатність більшості ферментів солоду продовжувати свою дію в умовах, які є негативними для розвитку зародків. Так, при високій температурі, без доступу кисню, все одно багато ферментів зберігають свою активність. В процесі ферментації відбуваються зміни в хімічному складі зерна жита, підвищується вміст цукру і амінного азоту, що вказує на активу дію ферментів [14].

При томлінні в ящиках, солод завантажують шаром не більше 70 см і залишають в спокої на 12...24 години – до тих пір, поки температура солоду в середньому шарі не досягне 50...55 °С. Після цього солод перемішують, а потім продувають конденсованим повітрям з таким розрахунком, щоб вологість солоду була не нижче 50 %, а температура у всіх шарах підтримувалася на рівні 50...55 °С. Томління в ящиках триває до 5 діб.

Більш успішно томління проходить в барабанах, так як обертанням барабана досягається добре перемішування солоду і забезпечується однорідність

температури і вологості. При томлінні в барабанах завантажений солод залишають у спокої на добу. За цей час його температура підвищується до 55 °С, після чого солод перемішують обертанням барабана. В наступні 4 дні ферментацію проводять при періодичному обігріві солоду за допомогою парового колектора та при обертанні барабана, підтримуючи температуру солоду в перші дні на рівні 55 °С і підвищуючи її до 65...68 °С на 5 день. Солод вологістю 48...50 % передають на сушку.

Після 4-х діб солодощення, вміст геміцелюлози і гумі-речовин знижується з 18 (у вихідному продукті) до 14,67 % і після 5 діб ферментації – до 5,81 %. Цікаво відзначити, що в препаратах геміцелюлози, виділених з зерна, міститься 10...26 % білка, а до кінця солодощення і в ферментованому солоді препарати геміцелюлози білка майже не містять. Мабуть, в процесі пророщення і особливо – ферментації, під дією ферментів втрачається зв'язок між білками і геміцелюлозами (основну частину яких представляють пентозани), що разом з гідролізом слизистих речовин зерна призводить до зниження в'язкості розчинів. Таким чином, для накопичення амінного азоту і гідролізу гумі-речовин стадія ферментації необхідна, проте її тривалість може бути скорочена з 5 до 3 діб. На 4...5-ту добу ферменти в значній мірі інактивуються і відбувається тільки меланоїдоутворення і кислотонакопичення в солоді.

Для підвищення ароматичних переваг солоду рекомендується провести 5-годинну термічну обробку солоду при температурі 105 °С так, щоб його кінцева вологість була не менше 3,5 % маси [5,6].

В процесі ферментації відбувається різке зниження амілолітичної активності солоду, в середньому шарі солоду зниження активності спостерігається на другий день, а в загальній масі солоду – на третій день ферментації. Активність протеолітичних ферментів так само значно знижується. В середньому шарі солоду це зниження спостерігається на другу добу, а в загальній масі солоду – на четверту добу ферментації. Крім того, в процесі ферментації збільшується вміст цукру та різко підвищується кислотність (на початку за рахунок недоокислених продуктів дихання і впливу молочнокислої мікрофлори, а потім – внаслідок розвитку молочнокислих бактерій і утворення амінокислот).

Перші 2...3 дні ферментації в міжзерновому просторі середнього шару солоду вміст вуглекислого газу сягає 20 %, а вміст кисню знижується до 10 %. Така концентрація вуглекислого газу пригнічує ріст зародка, але не припиняє звільнення ферментів і сприяє накопиченню вільних амінокислот, що сприятливо впливає на реакції меланоїдоутворення. Дійсні втрати досягають 13,5 %.

Для утворення ароматичних і барвних речовин ферментований солод піддається термічній обробці нагрітим повітрям. Слід також зауважити, що перша стадія сушіння є продовженням процесу ферментації. З подальшим підвищенням температури в шарі солоду при постійному зниженні вмісту вологи солоду до 8 % реакція меланоїдоутворення протікає інтенсивніше. А друга стадія

сушіння є завершенням реакцій меланоїдоутворення, супроводжується потемнінням солоду і посиленням його аромату.

Так як жито містить велику кількість гумі-речовин, при ферментації, крім гідролізу білків і крохмалю, відбувається глибоке цитолітичне розчинення. Сушка солоду має на меті нагромадження продуктів меланоїдної реакції, забезпечення збереження солоду, але не збереження ферментів. Сушку ферментованого солоду можна здійснювати в сушарці будь-якого типу. Необхідний час сушіння становить 25...30 годин.

Було виявлено, що в утворенні специфічного аромату і смаку житнього ферментованого солоду важлива роль належить ненасиченим карбонільним з'єднанням і пропілової кислоти. Для отримання аромату солоду з високими смаковими якостями, найбільш сприятливою при сушінні ферментованого солоду є температура 80...85 °С.

Встановлено, що при сушінні солоду вміст ненасичених карбонільних з'єднань при температурі 70...80 °С тільки незначною мірою зменшується, при температурі 90 °С – збільшується. Кількість вмісту ненасичених карбонільних сполук на першому етапі сушіння, коли вологість солоду знижується від 44,6 до 13...14 %, збільшення в 2...4 рази, знижуючись до кінця сушки. Вміст летких жирних кислот при сушінні житнього солоду збільшується: при температурі 70 °С – протягом усього процесу сушіння, а при температурі 80 °С і 90 °С – в перші 12...13 годин і знижується до кінця сушки. У готовому солоді в залежності від температури міститься в 2...4 рази більше летючих жирних кислот, ніж в солоді до сушки [19].

Температура сушіння впливає на характер зміни вмісту амінокислот в солоді. З підвищенням температури сушіння кількість вільних амінокислот в солоді знижується.

В результаті сушки житнього ферментованого солоду загальний вміст меланоїдів в залежності від температури сушіння збільшується в 1,5...2,0 рази в порівнянні з солодом до сушки. При підвищеній температурі сушіння від 70 до 90 °С кількість високомолекулярних меланоїдів збільшується в 3,5 рази.

Вивчено вплив температури на активність і стабільність гідролітичних ферментів житнього солоду. Було встановлено, що оптимум дії гідролітичних ферментів житнього солоду знаходяться в наступних інтервалах температур: α -амілаза 58...62 °С, (α -амілаза 48...55 °С, протеолітичні ферменти 47...51 °С, цитолітичні ферменти 41...47 °С). При ферментації житнього солоду α -амілаза майже повністю інактивується, (α -амілаза ферментованого солоду становить 35...37 % активності (α -амілази свіжопророщеного солоду).

Досліджено вплив температури сушіння на зміну фізико-хімічних показників житнього солоду, для чого брали свіжопророслий солод, ферментований до сушки, підсушений до вологості 20...25 % і 10...15 %, і готовий солод, висушений при різних температурах: 70, 80 і 90 °С. Встановлено, що якість готового ферментованого солоду, висушеного при різних температурах, різна. Кислотність і кольоровість максимально збільшувалися при температурі 90 °С і, особливо інтенсивно – на останніх стадіях сушки, коли

вологість солоду знижувалася з 10...15 % до 7...8 %. Наростання кольоровості можна пояснити тим, що на останніх етапах сушіння створюються умови (висока температура і потрібна вологість), сприятливі для синтезу меланоїдів. Підвищення кислотності пов'язано з пророщенням при сушінні органічних кислот фосфатів, а також меланоїдів, мають кислу реакцію.

В процесі ферментації вміст фруктози зростає в 1,3 рази. Вміст глюкози, фруктози і мальтози при сушінні постійно зменшується. У готовому солоді міститься: 13,1...14,6 % глюкози, 0,8...1,3 % фруктози, 0,5 % мальтози і 1,6...1,9 % припадає на сухі речовини солоду.

Сухий солод обов'язково звільняють від паростків, які надають напоям неприємний смак. Для підвищення еластичності оболонки свіжовисушеного солоду йому необхідно пройти відлежування протягом 2...3 тижнів [19].

1.2 Огляд експериментальних установок для виготовлення пророщених ферментованих злаків

Для одержання пророщених ферментованих злаків було розроблено такі лабораторні установки, щоб була можливість максимально наблизити технологічний процес до виробничих умов, існуючих на спеціалізованих солодових заводах [16].

1.2.1 Обладнання і проведення технологічного процесу на солодових заводах

Солод виготовляють у спеціальних приміщеннях – солодовнях, обладнаних апаратами для замочування, пророщування, ферментації зерна та висушування солоду. На даний момент існують такі солодовні:

1.2.1.1 Токова солодовня

Це найпростіший та найстаріший тип солодовні. Токові солодовні розміщуються в одно- або в багатопверхових приміщеннях з гладкою підлогою – током, на якому і пророщують зерно. Температура повинна бути 10...12 °С, відносна вологість повітря 90 %. У зв'язку зі складністю підтримування такої температури часто старі токи розміщували у підвальних приміщеннях.

Значну складність у токовій солодовні створює її охолодження. За рахунок натуральної вентиляції воно ефективно тільки у прохолодні пори року.

Процес ферментації краще проводити в одному і тому ж приміщенні, що і пророщування, так як зерно не травмується, зменшуються затрати і час на транспортування.

Порядок і режим роботи в токовій солодовні такий: замочене зерно із замочного апарата на ток вивантажують у період повітряної паузи, тобто коли злак знаходиться без води, за допомогою розвантажувальних візків і складають висотою 30...50 см.

Перше перелопачування зерна роблять через 12 годин і зменшують висоту зерна. У подальшому зерно перелопачують і слідкують за температурою.

Після пророщування зерно піддають ферментації. Для цього його складають в спеціальному приміщенні на металевих ситах високим шаром, тобто

купами висотою до 1 м, приміщення обігривається. Свіжопроросле зерно продовжує дихати, результатом чого є підвищення температури зерна. При цьому активність ферментів підвищується і проходить гідроліз складових речовин зерна – ферментація.

Процес ферментації продовжується від 2-х до 6 діб, при цьому температура досягає 60...65 °С. Після ферментації зерно направляють на сушіння до відповідної вологості.

1.2.1.2 Пневматичні солодовні

Важливою особливістю пневматичних солодовень є пророщування зерна у високому шарі, що розміщується на ситі та продувається кондиційованим повітрям. При цьому ворошіння проростаючого зерна здійснюють механічним пристроєм, крім процесу ферментації.

Повітряний потік повинен не тільки охолоджувати проростаюче зерно, але й видаляти діоксид вуглецю (CO₂) та приносити необхідну кількість кисню.

Пневматичні солодовні бувають трьох видів: ящикові, барабанні і суміщені.

Ящикова солодовня – приміщення, в якому розміщені прямокутні відкриті ящики з подвійним дном, верхнім з яких є сито. Ящики монтують групами або індивідуально в закритих герметичних камерах. Дно ящика повинно мати достатній нахил для стікання води.

Подача замоченого або тільки вимитого зерна у ящик здійснюється разом з водою відцентровим насосом. За допомогою трубопроводу з випускними пристроями зерно розподіляється по довжині ящику. Коли температура в грядці зерна піднімається вище 16...18 °С, включають вентиляцію і продувають зерно кондиційованим повітрям.

Барабанна солодовня складається з ряду солодоростильних барабанів, кількість яких відповідає кількості діб пророщування зерна. Барабани бувають двох типів: відкриті і закриті. Солодоростильний барабан для аерації зерна має ситчате дно або ситові труби. Ворошіння проростаючого зерна відбувається за рахунок повільного обертання барабана за допомогою черв'ячної передачі. Вентиляцію в барабанах можна виконувати як під час спокою, так і при обертанні [32].

Перевагами барабанних солодовень є те, що при ворошінні паростки зерна не травмуються, а недоліки – велика металоємкість і складність конструкції.

Ферментація свіжопророщеного солоду проводиться також в барабанах при вологості 48...50 % і поступовому збільшенні температури від 30 до 68 °С протягом 3...6 діб.

Суміщена солодовня забезпечує проведення всіх технологічних стадій в одному апараті: замочування, пророщування ферментацію і сушку солоду.

Свіжопророщене зерно ферментують в тому ж апараті, де воно замочувалось і пророщувалось. Після пророщування його зволожують до 46...48 %, підігривають сита, на яких воно лежить і залишають в спокої для самозігрівання. Температуру шару поступово (за 3...4 доби) доводять до 60...65 °С для активізації ферментів і проходження гідролітичних процесів.

Виробництво солоду за традиційною технологією в ящикових і барабанних солодовнях потребує великої синхронності в роботі замочувального, солодоростильно-ферментативного і сушильного апаратів і пов'язано з великими витратами енергії та матеріалів.

Як видно з наведеного огляду існуючого обладнання для виробництва солоду, конструкція суміщеної солодовні являється найбільш придатною для виготовлення експериментальної установки.

1.2.2 Експериментальна установка для пророщування солоду

Для одержання пророщених злаків необхідно відповідне обладнання малої потужності і спеціальної конструкції, яка дозволяє моделювати процес виробництва солоду спеціалізованими солодовими заводами, а також легко управляти технологічним процесом. Після аналізу існуючого технологічного обладнання була досліджена конструкція експериментальної установки, розроблена працівниками та здобувачами кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ, яка дозволяє змінювати технологічні параметри (вологість, температуру, довжину процесу) в бажаному напрямку.

Дана установка дає можливість в одному апараті проводити процеси миття, дезінфекцію, замочування і пророщування зерна, а також сушіння солоду. Це досягається використанням повітря з заданими параметрами як при проведенні процесу пророщування злаків, так і при сушінні. При цьому повітря подається рівномірно по всій площі шару зерна.

На рис. 1.2 показано установка для приготування солоду злакових культур, а на рис. 1.3 – положення засуви триходового, який регулює подачу повітря і відбір води.

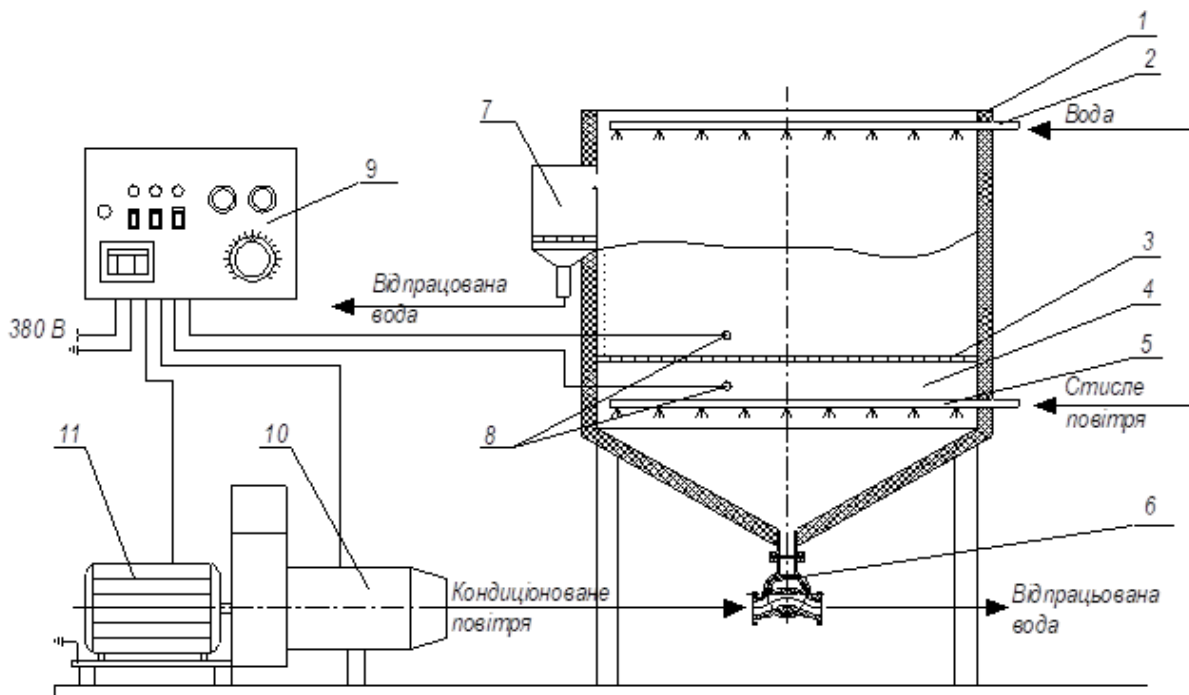


Рисунок 1.2 – Лабораторна установка для приготування солоду злакових культур

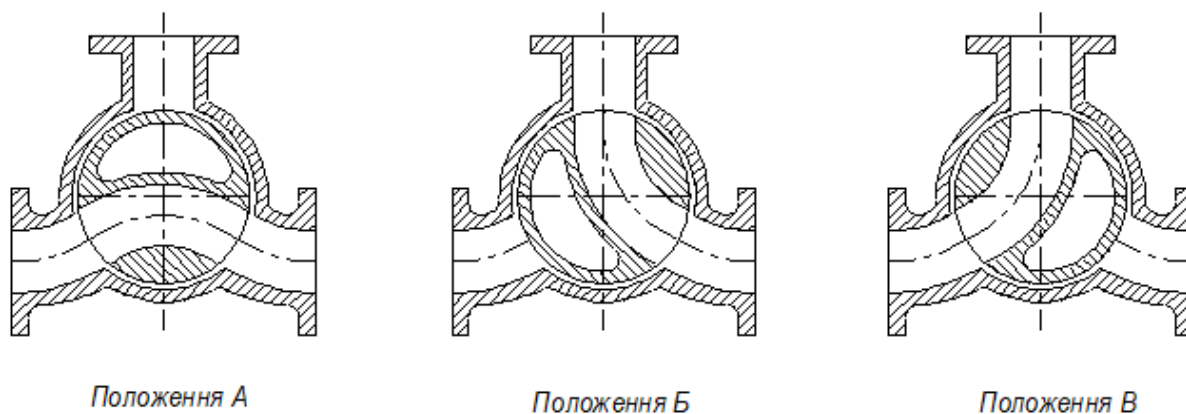


Рисунок 1.3 – Положення триходового засува установки (позиція б)

Установка складається з циліндро-конічного корпусу 1, системи зрошення 2, ситового днища 3, підситового простору повітропроводу 4, барботера 5, засува триходового 6, системи переливу води та видалення сплаву 7, термопар 8, пульта управління 9, вентилятора з калорифером 10, і електродвигуна 12.

Працює установка наступним чином. Триходовий засув ставлять в закрите положення (А) і набирають воду в циліндро-конічний корпус 1 так, щоб вона покрила сито 3. Після цього засипають зерно, з метою миття, добре перемішують його з водою, за допомогою барботера 5 в який подають стисле повітря. Доливають воду до системи переливу 7 і дають зерну з водою постояти біля однієї години. Потім пускають воду, при цьому сплав (полова, биті зерна та ін.) піднімається і разом з водою через систему переливу 7 видалається. Після видалення сплаву триходовий засув ставлять в положення (Б) для зливу води. Після того як вода зійшла з установки триходовий засув ставлять в закрите положення (А) і набирають приготівлений дезінфікуючий розчин, і дають постояти одну годину. Через годину, дезінфікуючий розчин зливають через засув в положенні (Б). До потрібної вологості зерно зрошують системою зрошення 2 через заданий проміжок часу до досягнення зерном потрібної вологості.

При пророщуванні проводиться аерація зерна кондиційованим повітрям за допомогою вентилятора з калорифером 10, при положенні триходового засува (В), та перемішування зерна вручну. Весь технологічний процес контролюється з пульта управління 9.

Після пророщування зерно вивантажується і направляється на лабораторну установку для ферментації зерна. Після ферментації, зерно загрузають знову в лабораторну установку і проводять сушіння солоду.

При сушінні зерна триходовий засув переводять в положення (В) і сушать зерно повітрям за допомогою калорифера 10 при різних температурних режимах.

В процесі пророщування і сушіння зерно перемішують. В ході технологічного процесу установка дає можливість відбирати проби зерна для аналізу з метою регулювання технології.

Висушене зерно вивантажується, та подається на подальші технологічні операції.

1.2.3 Експериментальна установка для ферментації пророщених злаків

Для проведення процесу ферментації працівниками та здобувачами кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ була розроблена лабораторна експериментальна установка. Метою розробки було проведення та відпрацювання процесів ферментації злакових культур, при різних технологічних режимах, а також можливість легко управляти технологічними показниками такими як, вологість, температура і тривалість процесу [1,2].

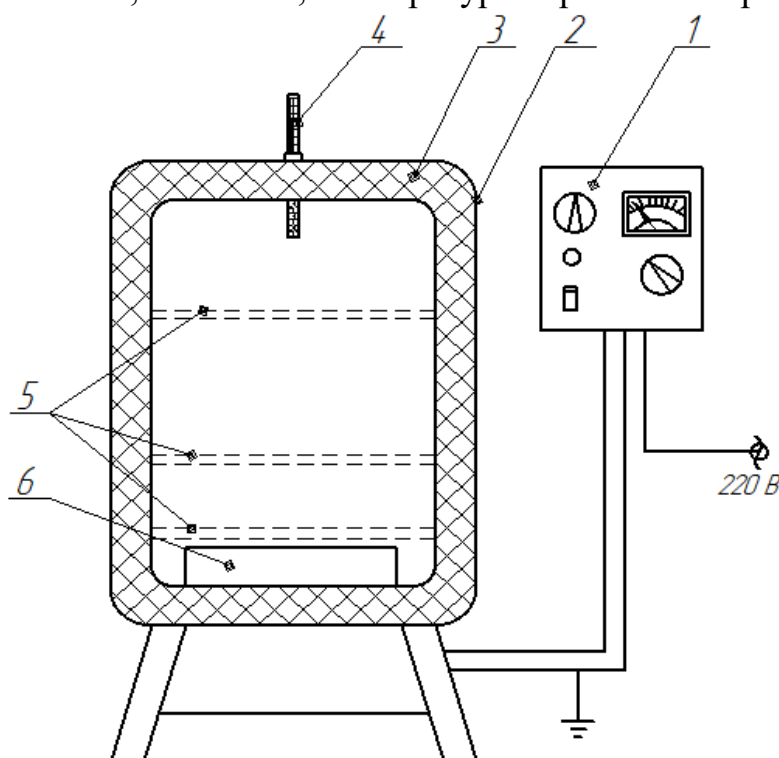


Рисунок 1.4 – Лабораторна експериментальна установка для ферментації злаків

На рис. 1.4 представлена лабораторна установка для проведення процесу ферментації. Установка складається з пульта управління 1, шафи 2 з теплоізоляцією 3, контрольного термометра 4, трьох полиць 5 і гриуючого пристрою 6.

Установка працює наступним чином. Після процесу пророщування зерно вивантажують із солодоростильної установки і завантажують в установку для ферментації. Перед початком ферментації установку прогрівають до потрібної температури. В прогріту установку 1, на полиці 5 завантажують пророщені злаки, після чого установку закривають герметично, щоб тримала постійну температуру. Весь процес ферментації контролюється з пульта управління. Підвищення та зменшення температури контролюється контрольним термометром 4.

Установка дає змогу відбирати для аналізу зразки зерна під час процесу ферментації. Після кожної доби ферментації відбираються проби для аналізу.

По закінченню процесу ферментації зерно вивантажується і направляється на сушку назад в солодоростильну установку.

1.3 Висновки до розділу 1

В результаті опрацьованої літератури можна зробити наступні висновки:

1. Ферментований солод використовують в харчовій промисловості головним чином як джерело барвних і ароматичних речовин. Він надає продуктам приємний кисло-солодкий смак завдяки високому вмісту органічних кислот, цукрів, амінокислот та специфічних речовин-меланоїдинів.
2. При ферментації солоду протікають специфічні біохімічні процеси, які приводять до фізико-хімічних та хімічних змін.
3. Залежно від перетворень, що відбуваються у зерні при ферментації процеси можна розділити на три фази: фізіологічну, ферментативну і хімічну. У дійсності ферментативні і хімічні процеси у більшій чи меншій мірі відбуваються протягом усіх фаз..
4. При пророщуванні злаків активуються і синтезуються ферменти, під дією яких утворюються низькомолекулярні білки, амінокислоти, цукри, а також вітаміни, фітогормони. Завдяки цьому продукти з пророщених злаків набувають лікувально-дієтичних властивостей.
5. Для утворення меланоїдинів потрібні в достатній кількості вихідні речовини – амінокислоти та цукри з вільною карбонільною групою. Дослідами на модельних розчинах встановлено, що реакція найбільш енергійно відбувається при співвідношенні амінокислот до цукру 1:4. Збільшення амінокислот при довготривалому нагріванні призводить до утворення нерозчинних форм меланоїдинів. Підвищення концентрації цукру, навпаки, сприяє утворенню розчинних форм.

1.4 Мета і задачі дослідження

Мета досліджень: робота спрямована на дослідження та удосконалення технологій ферментованих злаків.

Завдання досліджень: дослідження технології отримання продуктів високої біологічної цінності методом використання природних ферментів злаків, що активізуються в процесі їх проростання, для проведення процесу ферментації з метою максимального перетворення високомолекулярних сполук в прості легкозасвоювані речовини, в тому числі продукти розщеплення крохмалю і білку на прості цукри і амінокислоти.

Задачі досліджень:

1. дослідити зміни біохімічного і хімічного складу пророщених злаків при їх ферментації;
2. розробити оптимальні умови для утворення у солоді попередників меланоїдинів;
3. дослідити біологічно-активні речовини в готових ферментованих солодах;
4. отримати зразки ферментованих злаків на експериментальній установці;
5. визначити хімічний склад ферментованих злаків.

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

Матеріалами для проведення досліджень було обрано:

- ✓ жито згідно з ДСТУ 4522:2006 «Жито. Технічні умови»;
- ✓ овес згідно з ДСТУ 4963:2008 «Овес. Технічні умови»;
- ✓ ячмінь згідно з ДСТУ 3769-98 «Ячмінь. Технічні умови»;
- ✓ кукурудзу згідно з ДСТУ 4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови»;
- ✓ пшеницю згідно з ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови»;
- ✓ солод ячмінний згідно з ДСТУ 4282:2018 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови»;
- ✓ пророщенні зерна жита, вівса, кукурудзи, пшениці.

2.2 Методи досліджень

2.2.1 Визначення вологості методом Чижової за температури 160 °С

Прилади і посуд: слабoproклеєний папір типу «газетний», лінійка, ножиці, технічні ваги, прилад ВНДІХП-ВЧ, пісочний годинник, пінцет, ексикатор.

Техніка аналізу. Перед початком роботи перемикач електронагрівачів вставляють у гніздо приладу «Сильний нагрів» і прилад під'єднують до електромережі. До робочої температури 160 °С плити нагріваються за 20...25 хв і весь цей час прилад повинен знаходитися під постійним спостереженням. Коли температура плит досягне 160 °С, перемикач переставляють в гніздо «Слабкий нагрів».

Висушування матеріалу ведуть в паперових пакетах. Для приладу круглої форми пакети роблять з аркушу паперу розміром 16×16 см, складаючи його по діагоналі і у отриманого трикутника з двох боків загинають краї приблизно на 1,5 см. Перед використанням пакети висушують. Одночасно сушать 2 пакети, при цьому стежать, щоб краї пакетів не виходили за межі плит. При укладанні пакетів верхню плиту приладу піднімають не вище ніж під кутом 45 °С. Висушування пакетів при температурі 160 °С закінчується через 3 хв., потім пакети пінцетом переносять у ексикатор, за 3...5 хв охолоджують і зважують на технічних вагах з точністю до 0,01 г. До використання пакети зберігають в ексикаторі, але не більше 2 год.

Вологість подрібненого матеріалу визначають у двох паралельних пробах. Маса наважки для зразків вологістю вище 20 % повинна бути близько 5 г, а вологістю нижче 20 % – близько 4 г (для зручності розрахунку краще брати 4 або 5 г з точністю до 0,01 г). Взяті у зважені пакети наважки розподіляють рівномірним тонким шаром і обидва пакети поміщають поруч між плитами приладу. Наважку з вологістю до 15,5 % висушують 5 хв, а з вологістю більше 20 % висушують 10 хв. Для перевірки повноти зневоднення повторно висушують проби 2...3 хв., охолоджують і зважують [25].

2.2.2 Визначення енергії проростання і здатності до пророщування

Прилади і посуд: воронки скляні діаметром 8...10 см; трубочка резинова; затискачі; кульки скляні; штатив; стакани скляні лабораторні місткістю 200 і 250 см³; паличка скляна; чашки Петрі; папір фільтрувальний.

Техніка аналізу. Із середньої проби вручну виділяють 50 г ячменю, відбирають з нього домішки, перемішують і розрівнюють у вигляді квадрату. Квадрат ділять по діагоналям на чотири трикутники і з кожного із двох протилежних трикутників, починаючи з їх вершин, відраховують підряд по 250 цілих зерен (всього 500 зерен). Зерно, яке залишилось, знову перемішують і таким же способом виділяють другу пробу із 500 зерен.

Кожну пробу поміщають у воронку, на кінець якої надіта коротка резинова трубка з затискачем. Щоб зерно не висипалось із воронки, в її отвір вставляють шматочок зігнутої під кутом скляної палички, скляна кулька або фільтрувальний папір.

У воронку з ячменем при закритому затискачі наливають воду кімнатної температури з таким розрахунком, щоб рівень її був на 1,5...2 см вище поверхні зерна. Зерно перемішують скляною паличкою, щоб дати можливість осісти зернам, що спливли.

Замочування проводять при температурі не нижче 16 °С і не вище 22 °С. Щоб не допустити пліснявіння зерна при температурі вище 22 °С в першу замочувальну воду додають хлорне вапно (0,03 % по масі зерна), а після закінчення першого замочування зерно промивають водою.

Через 4 години воду із воронки випускають і залишають ячмінь без води з відкритим затискачем на 16...18 годин. Щоб зерно не підсихало, воронку закривають чашкою Петрі з кількома шарами змоченого водою фільтрувального паперу на внутрішній її стороні.

Через 16...18 год. затискач закривають, зерно знову заливають водою і залишають на 4 год, після чого воду зливають, ячмінь до закінчення досліду залишають без води з відкритим затискачем; воронка має бути прикрита чашкою Петрі з вологим фільтрувальним папером. В разі підсихання зерна через нього пропускають воду при відкритому затискачеві. Через 48 год. з початку визначення зерно у воронці треба добре перемішати, щоб нижчі шари його перемістились наверх. При визначенні енергії проростання кількість пророслих зерен (зерна з корінцями і вічками) підраховують через 72 год (три доби) від початку проведення аналізу.

Непророслі зерна знову поміщають у воронку і витримують при вказаних вище умовах ще 48 год. (дві доби), після чого додатково підраховують кількість пророслих зерен за цей час [25].

2.2.3 Визначення екстрактивності сухого солоду стандартним (конгресним) методом

Прилади і посуд: млин лабораторний тонкого помелу, набір сит, ваги лабораторні загального призначення, ваги аналітичні, апарат заторний або водяна баня, ультратермостат, фільтрувальний папір, циліндри мірні, колби

конічні, хімічні стакани, лійки скляні для фільтрування, пікнометр або рефрактометр, скляна паличка, термометр.

Техніка аналізу. В попередньо зважений заторний стакан на технічних вагах зважують 50 г досліджуваного солоду тонкого помелу, приливають 200 см³ дистильованої води нагрітої до температури 47 °С. Стакан поміщають в заторний апарат або водяну баню, вода в якій попередньо нагріта до 45 °С. При цій температурі суміш витримують 30 хв., періодично перемішуючи затір. Потім температуру затору поступово підвищують до 70 °С з інтенсивністю нагрівання 1°С за хвилину. Коли температура затору в стакані досягне 70 °С, до нього приливають 100 см³ дистильованої води, нагрітої до 70 °С. За такої температури затір оцукрюють при періодичному перемішуванні протягом 1 год, після чого змивають водою залишки затору з мішалок і термометра в середину стакана і охолоджують до кімнатної температури. На вагах дистильованою водою масу затору доводять до 450 г, добре перемішують і фільтрують через складчастий паперовий фільтр в суху колбу. Лійка повинна вмщати весь затір, який потрібно перевести на фільтр відразу. Перші порції сусла повертають на фільтр. Під час фільтрування воронку прикривають склом або порцеляною пластинкою, щоб запобігти випаровування води і концентрування сусла.

Фільтрування продовжують до появи тріщин в шарі дробини на фільтрі, але не більше двох годин. В фільтраті пікнометром або рефрактометром визначають масову частку екстракту в лабораторному суслі [25].

2.2.4 Визначення білкових речовин за методом Кьельдаля

Засоби вимірювань, допоміжні пристрої реактиви і матеріали. Млин лабораторний тонкого помелу; ваги лабораторні загального призначення; ваги аналітичні; холодильник скляний лабораторний, горілка газова або електроплитка; шафа витяжна; колба Кьельдаля на 100...200 см³; бюретка місткістю 25...50 см³ і ціною поділки 0,1 см³; колби конічні місткістю 100, 250 і 500 см³; воронки скляні діаметром 25 і 36 см; установка для відгону аміаку; скляні пластинки розміром 20 × 20 см; сито №8; пробірки; розчин сірчаної кислоти 0,1 моль/дм³; розчин гідроксиду натрію (0,1 моль/дм³); 33 % розчин гідроксиду натрію (500 г лугу розчиняють в 1 дм³ дистильованої води); сірчана кислота відносною густиною 1,84; каталізатор (суміш 10 г сульфату міді, 100 г сульфату калію і 2 г селену розтирають у ступці); змішаний індикатор (суміш 100 см³ розчину 0,13 г метиленового голубого в етанолі і 200 см³ розчину 0,14 г метилового червоного в спирті, яка в кислотному середовищі дає червоно-фіолетове забарвлення, в лужній зелене, в точці переходу при рН 5,5 майже безбарвна).

Хід аналізу. Із середньої проби виділяють 30...50 г зерна, відбирають з нього сміттєві домішки (за винятком зіпсованих зерен основної культури), подрібнюють так, щоб все розмелене зерно проходило через сито з розмірами отворів 0,8 мм (сито № 8). Подрібнене борошно переносять на скляну пластинку, добре перемішують, розрівнюють по всій поверхні пластинки і притискають

другою такою ж пластинкою. Товщина шару муки має бути 3...4 мм. Потім верхню пластинку знімають і не менш ніж з 10 місць, совочком маленькими порціями відбирають біля 1 г муки в суху пробірку. Пробірку підбирають такого діаметру, щоб вона вільно входила в горло колби Кьельдаля. Одночасно беруть наважки для визначення вологості помелу.

Визначення загального азоту і вологості проводять в двох паралельних пробах. Пробірку з борошном зважують на аналітичних вагах з точністю до $\pm 0,0002$ г, в горизонтальному положенні якомога глибше вставляють в горло колби Кьельдаля. потім перекидаючи пробірку, висипають борошно в колбу, щоб її частки не попали на горло колби. Пусту пробірку зважують і за різницею між першим і другим зважуванням знаходять масу взятої для спалювання наважки.

Для спалювання відміряють циліндром 10 см^3 сірчаної кислоти з відносною густиною 1,84, невеликою її кількістю повністю змочують муку, потім її залишком обмивають стінки колби, додають 0,5...1 г каталізатора, колбу закривають спеціальною насадкою і в нахиленому положенні встановлюють у витяжній шафі над горілкою або електроплиткою. На початку спалювання, поки продукт обвуглюється, спінюється нагрівання ведуть на малому полум'ї, щоб частки маси не попали в горло колби. Коли обвуглювання закінчується, нагрів підсилюють. Для змивання часток борошна із стінок колби періодично злегка розмішують її вміст круговими рухами. Коли вміст колби набуде зеленувато-голубого кольору без жовтого відтінку, його кип'ятять ще 15...20 хв., після чого спалювання закінчують.

Після охолодження в колбу переливають по стінці невеликими порціями при розмішуванні близько 30 см^3 дистильованої води і приступають до відгонки аміаку на лабораторній установці.

Через 20 хв. з початку відгонки аміаку приймальну колбу опускають так, щоб кінець холодильника був вище рівня рідини, і продовжують відгонку ще 5...10 хв. Швидкість перегонки регулюють за допомогою горілки або крану таким чином, щоб в кінці перегонки об'єм рідини в приймальній колбі збільшився приблизно вдвічі. Після цього відкривають крани і закривають зажим. Кінчик холодильника обмивають дистильованою водою над приймальною колбою.

Надлишок сірчаної кислоти в приймальній колбі відтитровують розчином гідроксиду натрію $0,1 \text{ моль/дм}^3$ до появи зеленого забарвлення. По різниці між кількістю взятої в прийомник сірчаної кислоти і витраченою на зворотне титрування кількістю гідроксиду нагрію встановлюють кількість сірчаної кислоти, що нейтралізована виділеним аміаком. 1 см^3 сірчаної кислоти ($0,1 \text{ моль/дм}^3$) еквівалентний $0,0014$ г азоту.

Паралельно з основним проводять «холостий» дослід (все, як в описаній методиці, але без наважки борошна) для визначення кількості азоту у використаних реактивах і внесення в результат відповідної поправки.

2.2.5 Визначення тривалості оцукрювання солоду візуальним методом з використанням розчину йоду

Посуд і реактиви: біла пластина, скляна паличка, розчин йоду концентрацією 0,1 моль/дм³.

Техніка аналізу. Тривалість оцукрювання встановлюють при визначенні екстрактивності солоду стандартним методом. При досягненні температури затору 70 °С через кожних 5 хв скляною паличкою відбирають краплю затору і розміщують її поруч з краплею йоду на білій порцеляновій пластині. Нахилиючи пластину, змішують обидві краплі і спостерігають за зміною забарвлення. За закінчення оцукрювання вважають момент, коли забарвлення йоду зовсім не змінюється. Для порівняння на пластинку наносять краплю дистильованої води, змішану з краплею йоду.

В тих випадках, коли чисто жовте забарвлення не досягається, а залишається брудно-сіре або коричневе, проводять спеціальне затирання і перед визначенням тривалості оцукрювання декстрини осаджують етиловим спиртом.

Приклад. Тривалість оцукрювання затору 12 хв, тобто за вимогами стандарту солод відноситься до I класу [25].

2.2.6 Визначення титрованої кислотності з виносною краплею

Посуд і реактиви: бюретка, колба конічна на 150 або 200 см³, біла порцелянова пластина, крапельниця, піпетка на 1 або 2 см³, розчин гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм³, індикатор червоний фенолфталеїн.

Техніка аналізу. 50 см³ лабораторного суслу, відміряного піпеткою в конічну колбу, титрують розчином гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм³ поки 4 краплі суслу, змішані на білій порцеляновій пластині з 2 краплями червоного фенолфталеїну, не перестануть його знебарвлювати [25].

2.2.7 Визначення екстрактивності

Техніка аналізу. Із середніх проб карамельного і світлого солоду виділяють приблизно по 30 г зерен, очищають їх від сміттєвих домішок і розмелюють на лабораторному млині так, щоб прохід через сито № 056 становив не менше 85 %. Одночасно беруть наважку для визначення вологості карамельного солоду.

В попередньо зважений сухий заторний стакан поміщають по 25 г помелів карамельного і світлого солодів. Екстрактивність і вологість світлого солоду встановлюють в окремому досліді. В стакан приливають 200 см³ дистильованої води, нагрітої до 47 °С, поміщають його в гніздо заторного апарату і далі аналіз проводять так само, як і при визначенні екстрактивності світлого солоду стандартним методом [25].

2.2.8 Визначення кольоровості

Прилади і реактиви. Млин лабораторний тонкого помелу; ваги лабораторні загального призначення, компаратор; бюретка на 5 см³; паличка скляна; стакани хімічні; воронка лабораторна діаметром 100 мм; циліндри мірні; колби конічні на 300 см³; колба мірна на 500 см³; плитка електрична; папір фільтрувальний; стандартний для карамельного солоду (4 г залізо-амонійного

галуну розчиняють 20 см³ розчину сірчаної кислоти концентрацією 0,1 моль/дм³ і доводять водою до мітки в мірній колбі на 100 см³).

Техніка аналізу. 10 г тонко розмеленого солоду поміщають в стакан або колбу, заливають 200 см³ дистильованої води та кип'ятять суміш протягом 10 хв. Після охолодження до кімнатної температури суміш кількісно переносять в мірну колбу на 500 см³ і доливають водою до мітки. Вміст колби перемішують і фільтрують через паперовий складчастий фільтр в суху колбу.

В один із стаканів двокамерного компаратора наливають стандартний розчин, а в другий відміряють піпеткою отриманий фільтрат: 5, 10, 20 чи 50 см³ залежно від інтенсивності забарвлення фільтрату. Із бюретки в стакан з фільтратом прибавляють при перемішуванні скляною паличкою дистильовану воду до досягнення однакового забарвлення розчинів в обох стаканах.

Якщо фільтрат забарвлений менш інтенсивно, ніж стандартний розчин, то водою із бюретки розбавляють не фільтрат, а стандартний розчин. Останній в цьому випадку має бути точно відміряним (5, 10, 20 чи 50 см³).

За показником кольоровості (в °Лн) розрізняють наступні види солоду:

- ✓ світлий до 2;
- ✓ середній колір 10...15;
- ✓ нормальний колір 20...25;
- ✓ портерний (темний) 35...40 [25].

2.2.9 Визначення вмісту «сирої» мальтози йодометричним методом

Посуд та реактиви: конічні колби на 200 см³, мірна колба на 250 см³, піпетки на 10, 25 і 50 см³, мірний циліндри на 10 см³, розчин йоду концентрацією 0,1 моль/дм³, розчин тіосульфату натрію концентрацією 0,1 моль/дм³, розчин гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм³, розчин сірчаної кислоти концентрацією 1 моль/дм³, індикатор 1 % розчин крохмалю.

Техніка аналізу. У мірну колбу на 250 см³ піпеткою відміряють 10 см³ суслу, обсяг колби доводять до мітки водою і перемішують. 50 см³ розчину піпеткою вносять в конічну колбу, сюди із бюретки додають 25 см³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм³ і з бюретки 3 см³ розчину луку концентрацією 1 моль/дм³. Колбу покривають склом, вміст колби перемішують і ставлять у темне місце, щоб уникнути зворотних фотохімічних процесів. Через 15-20 хв до суміші додають 4,5 см³ розчину сірчаної кислоти концентрацією 1 моль/дм³ і титрують розчином тіосульфату натрію концентрацією 0,1 моль/дм³ до світло-жовтого забарвлення. Після чого додають кілька крапель індикатора 1 % розчину крохмалю і повільно, при енергійному перемішування, по краплях титрують розчином тіосульфату натрію до зникнення синього забарвлення крохмалю [25].

2.3 Методика досліджень

2.3.1 Методика проведення ферментації злаків

Для проведення експериментів була використана лабораторна установка, яка дозволяє проводити досліди при заданих технологічних параметрах. Загальна схема досліджень наведена на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальна схема досліджень

Ферментацію пророщених злаків проводили при наступному технологічному режиму:

- ✓ $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$ – 24 години;
- ✓ $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ – 24 години;
- ✓ $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ – 24 години.

Такий температурний режим ферментації було вибрано з метою створення оптимальних умов для дії гідролітичних ферментів.

Перша температурна пауза $45 \pm 2^\circ\text{C}$ передбачена для дії цитолітичних ферментів, тобто для гідролізу некрохмальних полісахаридів: геміцелюлоза і гумі-речовин. В результаті дії цих ферментів стінки клітин стають проникними для протеолітичних і амілолітичних ферментів, які гідролізують крохмаль і білки, що містяться в клітинах.

Відомо, що температурний оптимум для цитази – $45 \pm 2^\circ\text{C}$.

Температурна пауза $55 \pm 2^\circ\text{C}$ являється оптимальною як для протеолітичних, так і амілолітичних ферментів. В результаті витримки при такій температурі в зерні має збільшитись вміст мальтози і амінокислот.

Температурна пауза $65 \pm 2^\circ\text{C}$ оптимальна в першу чергу для дії амілолітичних ферментів. При такій температурі проходить і гідроліз білків з утворенням середньомолекулярних фракцій.

Злаки (ячмінь, овес, пшениця, кукурудза) пророщували на установці, описаній в розділі 1.

Ячмінь, овес і пшеницю замочували повітряно-водяним способом при температурі води $15...17^\circ\text{C}$. Вологість ячменю складала $44...45^\circ\text{C}$, вівса – $42...43\%$, пшениці – $45...47\%$.

Пророщували ці злаки при температурі $16...19^\circ\text{C}$, при цьому пшеницю протягом 3...4 діб, овес – 5...6 діб, ячмінь – 6...7 діб.

Кукурудзу замочували при температурі замочної води $18...20^\circ\text{C}$ повітряно-водяним способом (4 години під водою, 6 годин без води) до вологості зерна $45...48\%$. Пророщували її при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 6...8 діб.

Свіжопророщений солод кожного злаку висушували при температурі $40...50^\circ\text{C}$.

Свіжопророщений солод кожного злаку засипали в спеціальні посудини і поміщали їх в установку для ферментації. Там зразки витримувались 3 доби при температурах відповідно $45...55...65^\circ\text{C}$. Після кожної доби 1 зразок виймали і проферментоване зерно сушили при тих же умовах, що і зразок до ферментації.

2.4 Висновки до розділу 2

Під час виконання розділу було прийнято наступні рішення:

1. обрано та охарактеризовано матеріали дослідження;
2. підібрані методи, що дають можливість максимально точно оцінити фізико-хімічні показники описаних злаків;
3. описано методику проведення ферментації злаків на лабораторній установці.
4. 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 ТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ ЗЛАКІВ

(експериментальна частина)

3.1 Розробка оптимальних умов для утворення у солоді попередників меланоїдинів

Ферментований солод використовують в харчовій промисловості головним чином як джерело красильних і ароматичних речовин. Він надає продуктам приємний кисло-солодкий смак завдяки високому вмісту органічних кислот, цукрів, амінокислот та специфічних речовин – меланоїдинів.

3.1.1 Вплив температури і режимів замочування

Замочування зерна – це перша технологічна стадія у виробництві солоду. До кінця процесу замочування зерно має потрібну кількість вологи, яка забезпечує активацію гідролітичних ферментів, завдяки чому утворюються продукти гідролізу білка, крохмалю та інших речовин.

У спеціальній літературі відсутні дослідження, присвячені розробці раціонального режиму замочування таких зернових культур, як жито, ячмінь, пшениця. Тому нами були проведені досліди по вивченню впливу температури замочної води на процес проростання.

Зерно замочували в лабораторних умовах повітряно-водним способом (4 години під водою, 4 години – повітряна пауза) при температурах 15, 20, 25, 35°C. У процесі замочування зерна жита через кожні 4 години визначали вологість. Динаміка зволоження жита представлена на рис. 3.1.

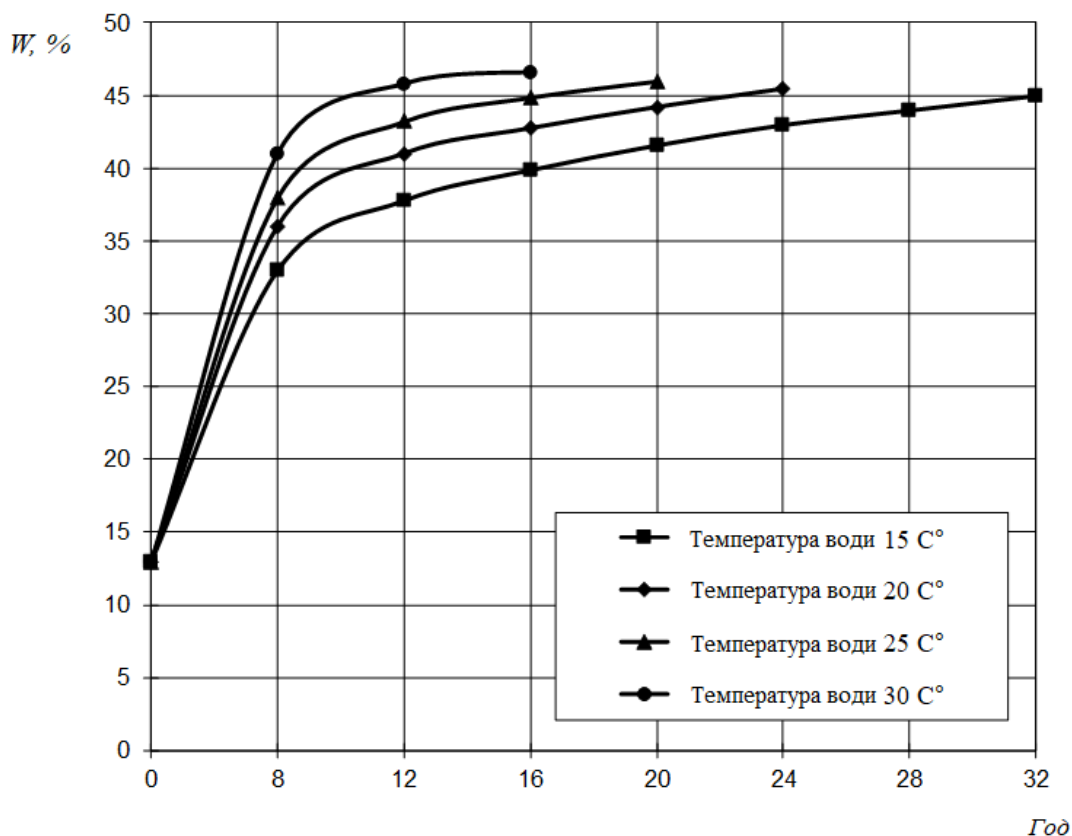


Рисунок 3.1 – Динаміка замочування жита при різній температурі води

Як видно з графіка, однакового ступеня зволоження, оптимального для солодощення жита (47 %) зерно достигало при температурах замочування 15 °С за 32 години, 20 °С за 24 години, 25 °С за 20 годин, 35 °С за 15 годин.

Усі зразки замоченого жита пророщували в лабораторній солодоростильній камері і визначали енергію і здатність проростання (3 і 5 діб відповідно). Одержані результати представлені в табл. 3.1., з якої видно, що зразки, замочені при 20...25 °С, проростали рівномірно з невеликою різницею між енергією і здатністю проростання.

Таблиця 3.1 – Вплив температури замочної води на проростання жита

Показники	Температура замочної води, °С			
	15 °С	20 °С	25 °С	35 °С
Енергія проростання	75,6	76,1	76,4	53,4
Здатність проростання	76,0	76,7	77,4	56,8

Зразок, замочений при температурі 15 °С, проростав добре, але відставав від зразків, замочених при 20 і 25 °С. Зерно, замочене при 35 °С відрізнялось нерівномірністю проростання. Це можна пояснити тим, що з підвищенням температури води активується дихання зерна. При цьому настає інтрамолекулярне дихання, і процес проростання уповільнюється. Тому температура води вище 25 °С не сприяє нормальному процесу замочування зерна. Найкращі результати одержані при температурі замочної води 20...25 °С.

Для з'ясування впливу ступеню аерації на процес зволоження і проростання, жито замочували при температурі 20 °С по наступним режимам:

- 1 – повітряно-водяний (8 годин під водою, 8 год – повітряна пауза);
- 2 – повітряно-водяний (4 години під водою, 4 год – повітряна пауза);
- 3 – повітряно-зрошувальний (10...15 хв зрошування, 5...6 год повітряна пауза). Результати дослідів представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вплив технологічних режимів замочування на проростання зерна

Тривалість замочування, год	Режим замочування					
	1		2		3	
	Вологість, %	Кількість пророщених зерен, %	Вологість, %	Кількість пророщених зерен, %	Вологість, %	Кількість пророщених зерен, %
1					30,0	
8			37,8	8,6	39,8	12,0
12	40,8	22,1			42,4	46,7
16			43,3	34,1	43,9	
20					47,0	77,05
24	46,4	50,3	47,4	75,6		

З табл. 3.2 видно, що однакової вологості (47,0 %) зерно досягало при замочуванні по режиму 3 за 20 годин, а по режимам 1 і 2 – за 24 години.

Кількість пророщених зерен при однаковій тривалості пророщування (24 години) найбільшою була при замочуванні по режиму 3 і найменшою – по режиму 1. Звертає на себе увагу висока активність зерна, замоченого по режиму 3: вже після 13 годин замочування проростало 50 % зерен.

Одержані результати дозволяють зробити висновок про те, що оптимальний режим замочування зерна є повітряно-зрошувальний з довгими повітряними паузами (5...6 годин) і температурі замочної води 20...25 °С.

3.1.2 Вплив вологості солоду, а також тривалості солодоращення і ферментації на ферментативний гідроліз

Основними попередниками меланоїдинів є редукуючі цукри і амінокислоти. Для розробки технології ферментованого солоду потрібно з'ясувати, як впливають тривалість процесу і вологість пророщуємого зерна на їх накопичення.

Для цього жито замочували описаним способом до різної вологості: 46, 42 і 37 %. Замочене зерно пророщували в лабораторній установці при температурі 16...18 °С.

Щоденно відбирали проби, мололи, визначали вологість на апараті Чижової, готували витяжки. Настоявали протягом 2-х годин і визначали вміст екстракту, редукуючих цукрів і амінного азоту. Результати аналізів представлені на рис. 3.2 і 3.3.

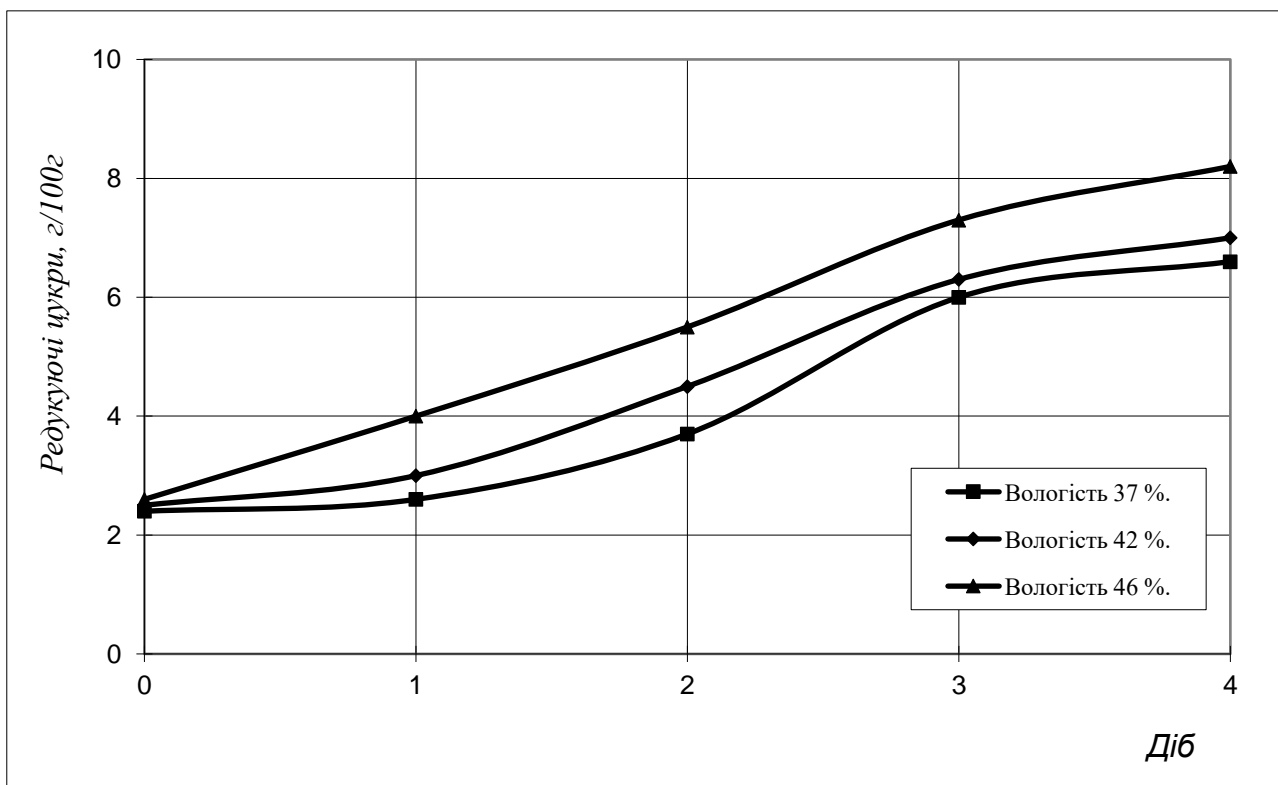


Рисунок 3.2 – Вплив вологості пророщеного жита на накопичування редукуючих цукрів

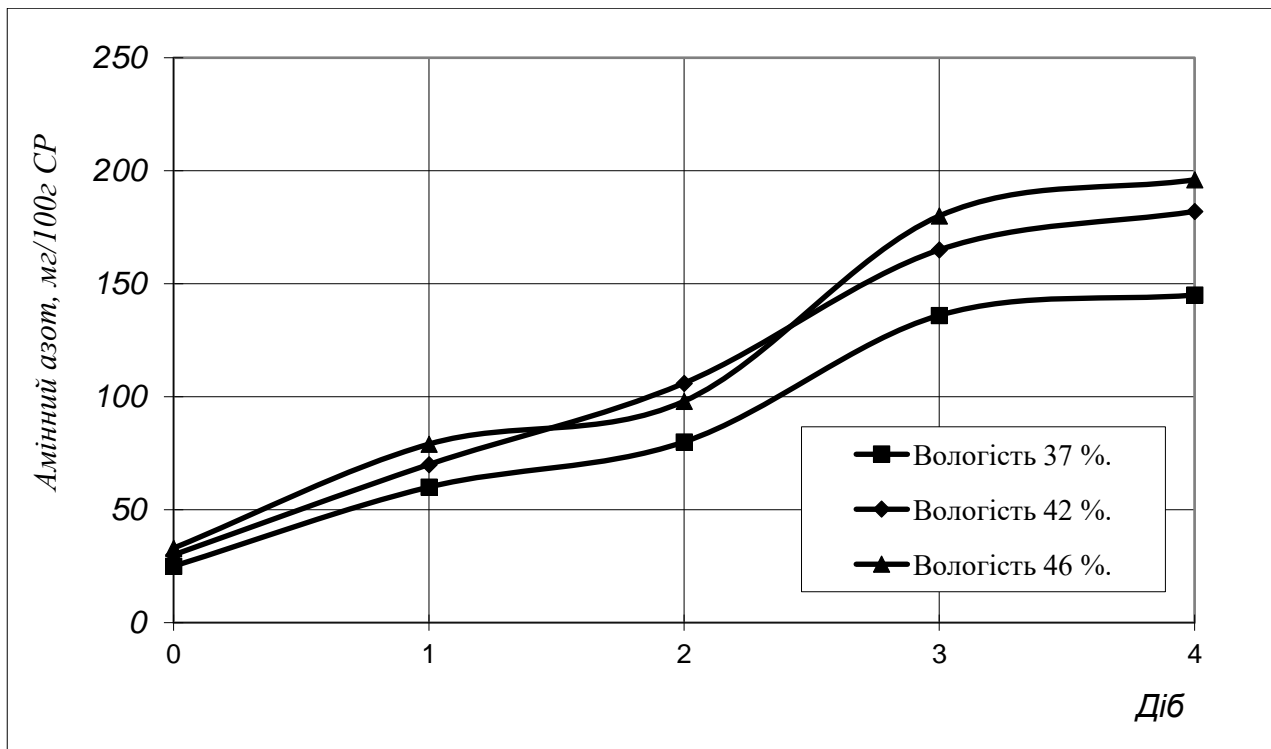


Рисунок 3.3 – Вплив вологості пророщеного жита на накопичення амінного азоту

Одержані результати показують, що солодощення жита при вологості 46 % веде до більш високого вмісту амінного азоту і редукуючих цукрів, ніж за нижчої вологості (37...42 %).

Щодо тривалості солодощення, то вона може бути скорочена до 3-х діб при умові пророщування зерна з високою вологістю (46 %).

Жито, як і пшениця є голозерними злаками. Тому результати, одержані для жита, можна віднести і до пшениці. Але овес і ячмінь є культурами плівчатими і для них потрібно було провести окремі досліді.

Зразки плівчатого вівса розповсюдженого сорту «Скаун» замочували і пророщували на лабораторній установці при різній тривалості.

Свіжопророщений солод після 4-х, 5 і 6 діб засипали в спеціальні ємкості і поміщали їх в лабораторну установку для ферментації. Технологічний режим ферментації був однаковим для всіх зразків: I доба – 45 °С, II доба – 55 °С, III доба – 65 °С.

Зразки після ферментації сушили, з них готували витяжку, в якій визначали вміст редукуючих цукрів, амінного азоту, колір і кислотність. Одержані результати представлені в табл. 3.3, з якої видно, що в процесі ферментації хімічний склад солоду значно змінюється. Це має місце при будь-якій тривалості пророщування зерна.

Вміст редукуючих цукрів (мальтози) в результаті однодобової ферментації при 45 °С збільшується вдвічі. При подальшій витримці (55 і 65 °С) цей показник продовжує збільшуватись, але до кінця процесу всього лише приблизно на 10 %.

Вміст амінного азоту «росте» більш інтенсивно і за першу добу зростає майже втричі. А до кінця процесу ферментації збільшується приблизно в 4 рази.

Звертає на себе увагу, що найбільші зміни показників ферментованого солоду були при п'ятидобовому пророщуванні вівса перед ферментацією. Після шестидобового пророщування солод після ферментації мав менший вміст амінного азоту, редуруючих цукрів, більш низьку кислотність і кольоровість. Це можна пояснити втратами сухих речовин при солодощенні і їх більш низьким вмістом в шестидобовому солоді в порівнянні з п'ятиденним.

Для визначення необхідної тривалості процесу ферментації вивчали накопичення амінного азоту і цукрів при виробництві житнього солоду.

Зразки солоду до і в процесі ферментації подрібнювали, визначали вологість, готували витяжки і в них визначали вміст редуруючих цукрів і амінного азоту, кислотність і кольоровість. Результати представлені на рис. 3.4, з якого видно, що при ферментації проходить глибокий гідроліз крохмалю і білків. Найбільш активно це має місце в перші дві доби. До кінця третьої доби гідролітичні процеси сповільнюються, що ясно видно на прикладі утворення редуруючих цукрів. Активність цього процесу знижується, що пов'язано з падінням активності амілолітичних ферментів в результаті помітного підвищення кислотності.

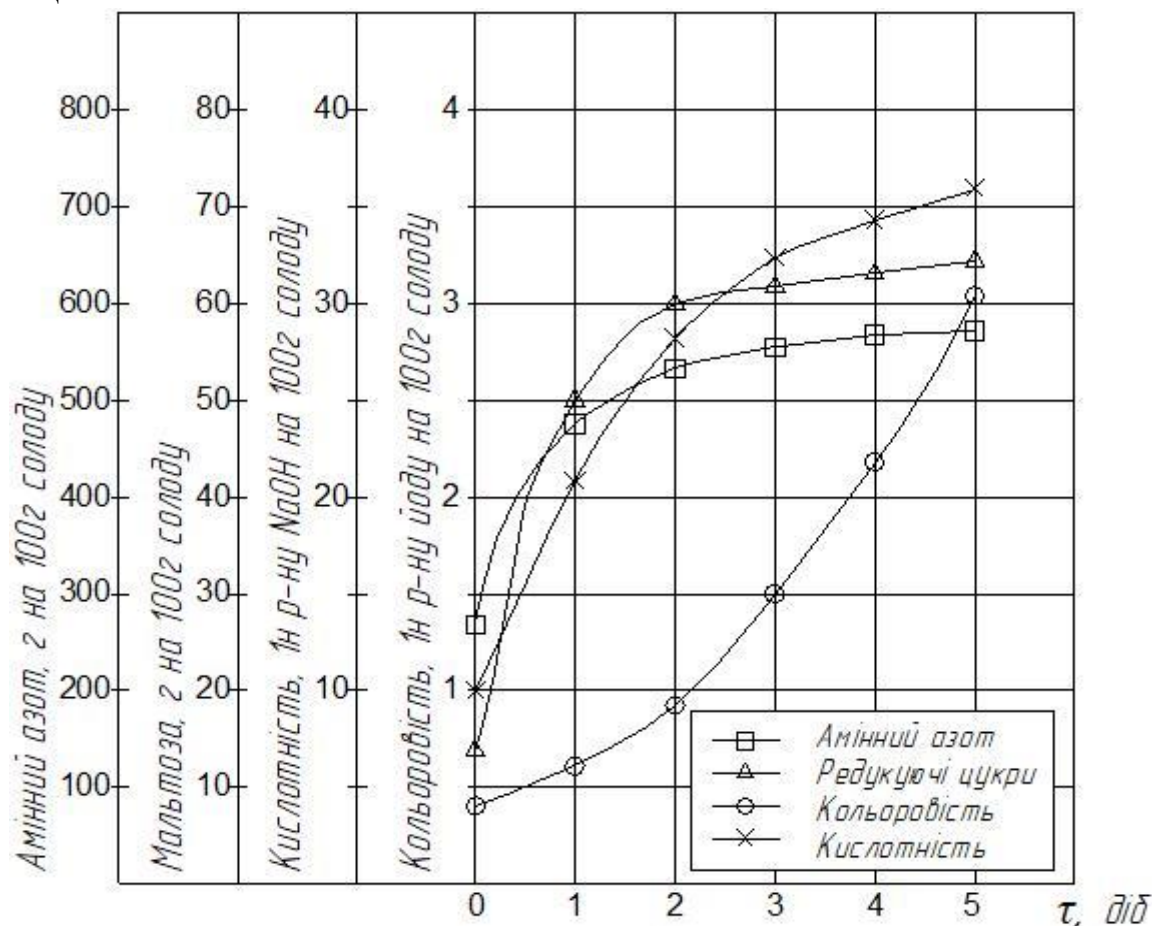


Рисунок 3.4 – Зміни фізико-хімічних показників в процесі ферментації житнього солоду

Вміст амінного азоту збільшується протягом усього періоду ферментації. Але якщо в перші 3 доби його вміст збільшився в 4 рази, то в останні 3 доби – тільки на 10 %.

Таблиця 3.3 – Вплив тривалості солодоращення вівса на показники ферментованого солоду

Показники	4 доби пророщування				5 діб пророщування				6 діб пророщування			
	Температура ферментації, °C											
	До ферм.	45 °C	55 °C	65 °C	До ферм.	45 °C	55 °C	65 °C	До ферм.	45 °C	55 °C	65 °C
Мальтоза, г/100 г сухого солоду	10,3	21,7	23,7	24,9	11,4	23,1	25,0	26,3	12,93	22,4	26,7	23,6
Амінний азот, мг/100 г сухого солоду	106,0	280,0	350,0	380,0	113,0	280,0	350,0	400,0	93,4	280,0	315,0	331,0
Кислотність, см ³ розчину гідроксиду натрію конц. 1,0 моль/дм ³ на 100 г сухого солоду	9,6	25,3	32,3	33,0	11,1	23,4	32,6	40,8	13,3	27,5	35,1	42,1
Колір, см ³ розчину йоду концентрацією 1,0 моль/дм ³ на 100 г сухого солоду	1,63	6,59	23,3	40,5	2,6	7,4	20,0	43,0	4,8	13,8	26,1	30,4

Кислотність «росте» протягом усього часу ферментації. За перші 3 дні вона збільшується в 4, а до кінця процесу у 8 раз у порівнянні зі свіжопророщеним солодом.

Таким чином, при ферментації проходять два процеси: гідроліз крохмалю і білків з утворенням цукрів і амінокислот, а також утворення меланоїдинів. Однак, перший процес протікає інтенсивніше, ніж другий. Це можна пояснити більш сприятливими умовами для гідролітичних процесів.

Температура при ферментації знаходиться в межах 45...65 °С, що однаково сприятливо як для амілолітичних, так і для протеолітичних ферментів.

Для утворення меланоїдинів потрібні більш високі температури, тому при ферментації солоду барвних речовин утворюється порівняно небагато, а колір і аромат солоду утворюються при його сушці.

3.1.3 Вплив температури і тривалості ферментації на зміни хімічного складу солоду або пророщеного зерна

Для розробки оптимального технологічного режиму ферментації злаків необхідно знати зміни їх хімічного складу в залежності від температури і тривалості ферментації. Досліди проводили на зразках ячмінного солоду українського виробництва.

Один зразок свіжопророщеного солоду висушували на лабораторній сушарці при 65 °С протягом 12 годин. Три інші поміщали в термостат для ферментації. Солод ферментували протягом 4-х діб при температурах 45, 55 і 65 °С. Щодоби відбирали проби солоду і висушували, як і зразок до ферментації. Сухі зразки подрібнювали, готували витяжки (1:4) і в них визначали вміст амінного азоту, редуруючих цукрів, кольоровість і кислотність.

Одержані результати представлені в табл. 3.4...3.5, де видно, що вміст мальтози (редуючих цукрів) значно збільшується тільки на першу добу ферментації. Подальша ферментація дає приріст мальтози, але невеликий. Це можна пояснити тим, що однодобовий ферментований солод ще має достатньо високу амілолітичну активність.

При подальшій ферментації має місце інактивація амілаз тому, що значно збільшується кислотність. Тому і мальтози утворюється порівняно мало.

Кількість амінного азоту збільшується протягом всього процесу ферментації. Одержані результати узгоджуються з літературними даними, згідно яких активність протеолітичних ферментів при ферментації знижується лише на четверту добу ферментації.

Кольоровість солоду збільшується на протязі всього процесу ферментації при всіх температурах. При цьому, колір солоду тим вище, чим вище температура ферментації.

Таким чином, результати даного дослідження показують, що помітні зміни є тільки після першої доби ферментації і що після трьох діб ферментації деякі показники навіть знижуються, особливо при температурі 65 °С.

Таблиця 3.4 – Вплив вологості при ферментації ячмінного солоду на зміну його показників

Показники	Солод до ферментації	Ферментація при W = 39%			Ферментація при W = 44%			Ферментація при W = 49%		
		<i>I доба</i>	<i>II доба</i>	<i>III доба</i>	<i>I доба</i>	<i>II доба</i>	<i>III доба</i>	<i>I доба</i>	<i>II доба</i>	<i>III доба</i>
		45 °C	55 °C	65 °C	45 °C	55 °C	65 °C	45 °C	55 °C	65 °C
Мальтоза, г/100 г сухого солоду	14,3	21,3	26,3	27,8	26,0	27,4	23,4	27,9	28,5	29,4
Амінний азот, мг/100 г сухого солоду	139	216	241	247	250	266	298	290	347	385
Кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1,0 моль/дм ³ на 100 г сухого солоду	8,8	13,2	20,9	33,4	22,6	32,8	41,0	23,4	39,3	41,3
Кольоровість, см ³ розчину йоду концентрацією 1,0 моль/дм ³ на 100 г сухого солоду	3,08	4,85	6,2	13,1	4,98	6,7	14,3	5,54	13,5	22,1

Таблиця 3.5 – Вплив тривалості температурних пауз при ферментації ячмінного солоду на зміну його хімічного складу

Показники	Солод до ферментації	Температура ферментації											
		45 °C				55 °C				65 °C			
		Тривалість ферментації, діб											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Мальтоза, г/100 г сухого солоду	17,4	23,4	29,1	30,6	30,4	21,1	28,7	25,6	31,7	23,7	28,0	29,7	28,0
Амінний азот, мг/100 г сухого солоду	181	226	232	275	304	236	248	310	338	323	306	279	263
Кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1,0 моль/дм ³ на 100 г сухого солоду	11,5	18,6	25,3	34,4	39,8	23,2	24,2	27,8	44,1	28,0	34,0	38,5	39,2
Кольоровість, см ³ розчину йоду концентрацією 1,0 моль/дм ³ на 100 г сухого солоду	0,46	0,9	3,6	4,4	20,0	3,1	12,0	13,4	19,3	40,0	47,6	65,2	65,2

3.2 Біологічно-активні речовини в готових ферментованих солодах

Ферментація являється дуже відповідальним процесом, оскільки саме від нього залежить у майбутньому, при сушінні, чи набуде солод характерного хлібного смаку і аромату та червоно-бурого забарвлення. Як відомо, ці показники залежать від кількості меланоїдинів у солоді. Отже, щоб досягти значного утворення ароматичних і барвних речовин, необхідно накопичити у солоді якомога більше їх попередників, тобто створити оптимальні умови для подальшого гідролізу білків і крохмалю.

3.2.1 Вміст цукрів

Відомо, що білки і крохмаль гідролізують до амінокислот і цукрів як при солододорощенні, так і при ферментації. Частина їх витрачається на утворення меланоїдинів, а частина залишається у вигляді вільних цукрів у складі солоду. Присутність їх збагачує солод і майбутні харчові продукти, які будуть з нього виготовлятися. Тому визначення вмісту цукрів в ферментованих солодах має значний як теоретичний, так і практичний інтерес.

Кількість і склад вільних цукрів визначали методом хроматографії на папері. В роботі використовували хроматографічний папір Filtrak №1, потік розчинника – висхідний.

Для визначення цукрів готували водні витяжки. Змелене зерно або солод (10 г) змішували з дистильованою водою (90 мл), переносили у конічну колбу і струщували на шейкері протягом 1 год., після чого фільтрували і одержували водні витяжки.

Хроматографічний папір ділили на 3 частини. На крайні частини наносили 5 %-ві розчини чистих цукрів у вигляді крапель. Цукри з альдегідними групами (глюкозу, мальтозу) і пентози (арабінозу, ксилозу) наносили на ліву частину хроматограми, а з кетогрупами (цукрозу, фруктозу, рафінозу) – на праву. На середню частину хроматограми наносили приготовлені водні витяжки солодів.

Об'єм витяжки підбирали таким, щоб кількість цукрів у нанесеній на папір смугі була приблизно 10 мг. Нанесення проби повторювали декілька разів, даючи кожного разу пробі висохнути.

Після того, як розчини нанесені на хроматографічний папір, висихали, папір вміщували у герметичну камеру, що містить розчинник (суміш пропанолу, етилацетату і води у співвідношенні 7:1:2). Рівень розчинника в камері повинен бути нижчим за нанесену смугу. Коли розчинник піднімався по паперу на відстань 300...400 мм, хроматограму виймали і підсушували. Процес розділення плям проводили тричі по 24 год з підсушуванням хроматограми після кожного переміщення розчинника по паперу на зазначену відстань.

Підсушену паперову хроматограму розрізали на 3 частини. Праву частину проявляли шляхом збрикування сумішшю 0,2 % розчину нафторезорцину в ацетоні і ортофосфорної кислоти у співвідношенні 5:1 для виявлення кетоцукрів. Для прояви альдоцукрів ліву частину хроматограми збрикували сумішшю 5 %-го розчину ортотолуїдину в етиловому спирті (60 %) і саліцилової кислоти у співвідношення 25: 1. Середню частину залишали не проявленою.

Після висушування проявленої хроматограми протягом 5...7 хв при температурі не вище 100 °С з'являлися забарвлені плями. Для кожної плями розраховували значення Rf – відношення відстані, на яку піднялась пляма, до відстані, пройденої розчинником. Порівнюючи Rf компонентів суміші з Rf чистих цукрів, визначали склад суміші.

Після проявки всі 3 частини хроматограми складали і відмічали олівцем місце розташування кожного з цукрів на не проявленій частині. Далі із хроматограми вирізали ділянку, що містить цукор, подрібнювали її, вміщували у пробірку і доливали 10 мл 60 %-го розчину етилового спирту (для моноцукрів) або 5 мл (для олігоцукрів). Моноцукри витримували 30 хв при 80 °С при постійному перемішуванні, олігоцукри – 20 хв. В відфільтрованому розчині визначали вміст цукру.

Для гідролізу до розчину олігоцукрів додавали 2 мл 2 М розчину HCl. Гідроліз тривав 10 хв при температурі 80 °С при постійному перемішуванні. Після охолодження розчин нейтралізували 2М NaOH в присутності метилового оранжевого і доводили його до 10 мл.

У відфільтрованих розчинах цукрів методом Хагедорна-Іенсена визначали цукри із використанням лужного розчину фериціаніду в якості окисника. Залишки фериціаніду відтитровували розчином гіпосульфїту натрію.

Для розрахунку вмісту окремого цукру у зразку (Ц, %) використовували формулу:

$$Ц = \frac{a \cdot 10 \cdot 100 \cdot 100}{V_T \cdot V_X \cdot 1000 \cdot m}$$

де a – кількість вуглеводу в нанесеному на папір розчині (визначається за таблицею залежно від об'єму гіпосульфїту натрію, витраченого на титрування проби), мг;

V_x – об'єм зразка, який нанесли на хроматограму, мл;

V_T – об'єм зразка, який відбирали для реакції з фериціанідом;

m – наважка зразка, яку брали на аналіз, г.

Вміст цукрів визначали у свіжопророслому солоді і щоденно протягом 3-х діб ферментації, яку проводили при наступному температурному режиму:

1. 45 ± 2°С – 1 доба;
2. 55 ± 2°С – 1 доба;
3. 65 ± 2°С – 1 доба;

Витримки пророщеного зерна при таких температурних паузах створюють оптимальні умови для дії гідролітичних ферментів. При температурі 45 ± 2°С під дією цитолітичних ферментів проходить гідроліз геміцелюлоз і гумі-речовин. В результаті дії ферментів стінки клітин стають проникними для протеолітичних і амілолітичних ферментів, які гідролізують крохмаль і білки, що містяться в клітинках. Під дією цих ферментів утворюються цукри (глюкоза, мальтоза), пептози (ксилоза і арабіноза) і нові гумі-речовини з меншою молекулярною масою.

Температурна пауза 55 ± 2°С являється оптимальною для амілолітичних і протеолітичних ферментів. При цій температурі протікає гідроліз білків з

утворенням амінокислот і гідроліз крохмалю з утворенням цукрів: мальтози, глюкози, цукрози.

Наступна температурна пауза $65 \pm 2^\circ\text{C}$ оптимальна для амілолітичних ферментів, тобто для утворення цукрів. Проходить при цій паузі і гідроліз білків з утворенням середньомолекулярних фракцій.

Таким чином, при всіх температурних паузах проходить і гідроліз крохмалю з утворенням цукрів.

Результати визначення якісного і кількісного вмісту цукрів у солоді при його ферментації показано в табл. 3.6, з якої видно, що вміст глюкози, фруктози і мальтози в результаті ферментації помітно збільшується, а вміст цукрози і глюкозидів – зменшується.

Таблиця 3.6 – Вміст цукрів у солоді в процесі ферментації

Тривалість ферментації, дів	Вміст цукрів зернових зразках, % СР							
	Фруктоза	Глюкоза	Цукроза	Мальтоза	Глюкозид	Загальний вміст цукрів, % СР		
						Хроматографічний метод	Хімічний метод	
							До гідролізу	Після гідролізу
До ферментації	1,2	1,3	4,4	0,8	0,4	8,1	3,9	9,9
1	1,3	2,2	4,5	0,9	0,5	9,4	4,8	10,8
2	1,9	5,2	1,1	2,6	0,3	11,1	12,1	13,8
3	2,3	5,7	0,7	3,1	0,0	11,8	13,9	14,7

Щодо загальної кількості цукрів, то вона значно збільшується за перші 2 доби, а на третю – майже не змінюється. Одержані дані чітко показують, що процес ферментації збагачує солод вільними цукрами, особливо глюкозою, фруктозою та мальтозою. При цьому вміст фруктози збільшується вдвічі, глюкози – в 4,4 і мальтози майже в 4 рази.

Звертає на себе увагу високий вміст цукрози в солоді до ферментації, тобто після пророщування зерна, але при ферментації її вміст зменшується в 6 разів. Однак в готовому солоді цукроза присутня в невеликій кількості (0,7 % від маси сухих речовин солоду), тобто її втричі менше ніж фруктози і у 8 разів ніж глюкози.

При солодорощенні разом з продуктами амілолізу крохмалю (глюкоза, мальтоза, мальтотриоза і мальтодекстрини) утворюється значна кількість цукрози та інших цукрів, що складаються з залишків фруктози.

Цукроза та інші вуглеводи, до складу яких входить фруктоза, синтезуються у зародку і пізніше з'являються в інших частках зерна. При пророщуванні вміст цукрози у зародках зерна зменшується, що пояснюється втратами її на дихання.

При утворенні цукрози з крохмалю мають місце такі процеси. Спочатку крохмаль перетворюється в глюкозо-1-фосфат. Він під дією гексокінази перетворюється в глюкозо-6-фосфат. З нього під дією фосфогексоізомерази

утворюється фруктозо-6-фосфат, який переходить в фруктозо-1, 6 діфосфат, а він – в цукрозу.

Загальна кількість вільних цукрів у зерні до пророщування приблизно 2,3...2,5 %, у свіжопророслому солоді \approx 8,1...8,6 %, тобто в 3,5 рази більше. У ферментованому солоді вміст вільних цукрів 16,5...18%, тобто в 2 рази більше, ніж у свіжопророслому і в 7 разів більше, ніж у зерні до пророщування.

3.2.2 Мінеральні речовини

Мінеральні речовини беруть участь у найважливіших обмінних процесах організму: водно-сольовому, кислотно-лужному, без яких практично неможливі ферментативні процеси, відіграють значну роль у побудові кісткової тканини (кальцій, фосфор), входять у склад крові (залізо).

Зазвичай їх поділяють на дві групи: макроелементи (кальцій, фосфор, натрій, магній, калій, залізо, кремній, хлор, сірка), які містяться в зерні в значних кількостях і мікроелементи (цинк, мідь, марганець, нікель, кобальт та ін.), концентрація яких невелика.

Названі елементи містяться в зерні у вигляді солей фосфорної, сірчаної, рідше соляної кислот або входять до складу органічних сполук.

Вміст мінеральних речовин визначали за кількістю золи, яку одержували в результаті спалювання і прожарювання наважки зерна при температурі понад 600 °С. Одержані результати подано в табл. 3.7, з якої видно, що за вмістом макроелементів пшениця і жито схожі між собою.

Таблиця 3.7 – Вміст макро- і мікроелементів у злаках

Назва елемента	Пшениця	Жито	Овес	Ячмінь	Кукурудза
<i>Макроелементи, мг</i>					
Калій	323	424	421	453	340
Кальцій	50	59	117	93	34
Кремній	43	85	1000	600	60
Магній	111	120	135	150	104
Натрій	8	4	37	32	27
Сірка	93	85	96	88	114
Фосфор	340	366	361	353	301
Хлор	27	40	119	125	54
<i>Мікроелементи, мкг</i>					
Алюміній	1450	1670	1370	520	440
Залізо	5140	5380	5530	7400	3700
Йод	4,2	9,2	7,5	8,9	5,2
Кобальт	4,4	7,6	8,0	7,9	5,3
Марганець	3740	2770	5250	1480	1090
Мідь	410	460	600	470	290
Цинк	2610	2040	3610	2710	1730

У зерні пшівкових культур (ячмінь і овес) міститься значно більше кремнію і кальцію, ніж у зерні голозерних культур. Кукурудзяне зерно багате сіркою.

За вмістом заліза найбагатший ячмінь. Але за вмістом алюмінію ячмінь і кукурудза помітно поступаються пшениці, житу і вівсу.

Йоду найбільше має жито, а найменше – пшениця. Якщо рахувати загальний вміст макро- і мікро- мінеральних речовин, то найбільш цінним є зерно вівса. Але слід відмітити, що за вмістом мінеральних речовин названі 5 злаків доповнюють один одного, що слід враховувати при виробництві дієтично-лікувальних харчових продуктів.

3.2.3 Вміст вітамінів

Назва цих речовин походить від латинського слова *Vita* – життя. Наявність вітамінів у їжі необхідна для життєдіяльності людини. Вітаміни потрібні для нормального обміну речовин, в тому числі розщеплення і синтезу білків, жирів і вуглеводів. Останнім часом з'ясовано, що вітаміни потрібні не тільки тваринним організмам, але й рослинам і мікроорганізмам.

За розчинністю вітаміни поділяють на розчинні в жирах (вітамін А, вітамін Е, вітамін Д₃) і вітаміни, розчинні у воді (вітамін РР, вітамін В, вітамін В₂, вітамін В₉, вітамін В₁₂, вітамін Н, пантотенова кислота та інш.). Вміст вітамінів в злаках, наведений в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Вміст вітамінів у злаках

Назва вітаміну	Пшениця	Жито	Овес	Ячмінь	Кукурудза
Вітамін Е (токоферол), мг	6,02	6,34	2,80	2,70	5,50
Вітамін В ₁ (тіамін), мг	0,41	0,44	0,58	0,33	0,38
Вітамін В ₂ (рибофлавін), мг	0,17	0,20	0,12	0,13	0,14
Пантотенова кислота, мг	1,10	1,00	1,00	0,70	0,80
Вітамін РР (ніацин), мг	5,04	1,30	1,50	4,48	2,10
Вітамін В ₉ (фолацін), мкг	35,00	55,00	27,00	40,00	26,00
Вітамін Н (біотин), мкг	8,80	6,00	15,00	11,00	21,00

Вітамін В₁ входить до складу ферментів, які регулюють вуглеводний і амінокислотний обмін. Він необхідний для нормальної діяльності центральної нервової системи. Цього вітаміну багато у бобових культурах і вівса.

Вітамін РР входить до складу ферментів, що беруть участь у клітинному диханні, обміні білків, які регулюють вищу нервову діяльність і функції органів травлення. У зернових культурах значна частина вітаміну РР перебуває у важкозасвоюваних формах. Так, у кукурудзі більша частина ніацину знаходиться в зв'язаній формі, яка не засвоюється організмом людини. Ця частина вітаміну стає доступною тільки після інтенсивної теплової або лужної обробки. У бобових культурах зв'язана форма цього відсутня. Але цей вітамін в організмі людини може синтезуватися з незамінної амінокислоти триптофану.

Вітамін В₂ (рибофлавін) входить до складу ферментів, які відіграють істотну роль в реакціях окислення в усіх тканинах людини, регулюють обмін вуглеводів, білків і жирів. З рослинних культур найбагатші на вітамін В₂ бобові культури.

Вітамін В₉ (фогацін) – один з вітамінів групи В, недостатність якого виявляється в ураженнях кровотворної і травневої систем. Нестача цього вітаміну спостерігається у вагітних жінок у зв'язку з розвитком плоду. Багато міститься його в житі і пшениці. Тому основним джерелом вітаміну В₉ у харчуванні є хліб з цих злаків і солодові екстракти.

Вітамін Н (біотин) входить до складу ферментів, які регулюють обмін амінокислот і жирних кислот. У разі нестачі біотину виникає дерматит ніг, рук і щік, порушуються функції нервової системи. Багато цього вітаміну міститься в кукурудзі і бобових.

При солодощенні злаків вміст вітамінів помітно збільшується, а при сушці зменшується в залежності від температурного режиму сушки. Якщо температура сушки не перевищує 70...75 °С, то сухий солод має значну вітамінну активність. Ферментація протягом 3-х діб при температурах 45...65 °С дозволяє одержувати солод, що має значну вітамінну активність.

3.2.4 Колір солоду

При ферментації пророщених злаків продовжуються процеси гідролізу крохмалю і білків, а також інших речовин зерна. Одночасно з гідролізом проходять і процеси синтезу. Амінокислоти і цукри утворюють нові продукти – меланоїдини, які надають готовому солоду темний колір та приємний хлібний смак і аромат.

Зразки пророщених злаків ферментували на лабораторній дослідній установці за температурним режимом, що описаний раніше. Ферментацію проводили протягом 3-х діб при температурах 45, 55, 65 °С, при цьому температуру підвищували кожного наступного дня. Результати ферментації вівсяного солоду представлені в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Зміни кольору вівсяного солоду при його ферментації

Тривалість ферментації, діб	Колір солоду, см ³ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ води	
	На 100 см ³ сусла	На 100 г сухого солоду
До ферментації	0,4	1,6
1	1,4	6,6
2	5,0	23,3
3	8,5	40,5

З табл. 3.9 видно, що протягом всіх 3-х днів ферментації проходить процес утворення барвних речовин. При цьому після однієї доби ферментації при 45 °С колір стає інтенсивнішим у 3 рази. В результаті ферментації протягом 2-х днів (при 45 і 55 °С) колір стає інтенсивнішим в 20 разів у порівнянні з кольором до

ферментації і майже в 4 рази у порівнянні з кольором солоду після однієї доби ферментації.

Одночасно з кольором появляється приємний хлібний смак і аромат. Безумовно, додавання ферментованого солоду до сировини при виготовленні різних харчових продуктів (наприклад, печива, хліба, різноманітних соусів та ін.) буде позитивно впливати на їх смакові якості. При цьому такий зерновий барвник і ароматизатор, завдяки своєму хімічному складу, буде підвищувати не тільки органолептику, але й лікувально-дієтичні якості.

3.2.5 Кислотність солоду

Кислотність помітно збільшується при солододорощенні злаків і ферментації солоду головним чином в результаті розчинення кислих (первісних) фосфатів, а також в результаті гідролізу білкових речовин і утворення органічних кислот (молочної, янтарної, яблучної та ін.).

Органічні кислоти утворюються як проміжні продукти при окисленні вуглеводів і утворюються при гідролізі білкових речовин (амінокислоти). Крім того, кислотність підвищується також при дезамінуванні амінокислот. При відщепленні лужної аміногрупи амінокислоти переходять у оксикислоти, і кислотність середовища зростає.

Таким чином, при солододорощенні злаків і ферментації солоду кислотність у зерні зростає, що необхідно для утворення і активної діяльності ферментів.

На табл. 3.10 та табл. 3.11 показані зміни кислотності при ферментації ячмінного і вівсяного солоду. Режим ферментації цих солодів був однаковим. Але на табл. 3.11 показані результати ферментації при різній вологості: 39,0, 44,0, і 49,0 %.

З табл. 3.10 видно, що за першу добу ферментації вівсяного солоду кислотність зросла в 2,5 рази, за другу – на 30%, а за третю – тільки на 7%.

Таблиця 3.10 – Зміни кислотності вівсяного солоду при його ферментації

Тривалість ферментації, діб	Кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1,0 моль/дм ³	
	На 100 см ³ суслу	На 100 г сухого солоду
До ферментації	2,2	9,6
1	5,5	25,2
2	7,0	32,3
3	7,5	37,5

При ферментації ячмінного солоду (табл. 3.11) помітно вплив вологості. Якщо ферментація була при вологості 39,0 %, то за першу добу кислотність збільшилась на 50 %, за другу – в два рази, за третю – на 12 %.

При більш високій вологості ферментації процес утворення кислот був більш активним. Якщо ферментація проходила при вологості 44,0 %, то за першу добу кислотність зростала в 2,5 рази, за другу – на 45 %, а за третю – на 17 %. Аналогічні зміни були і при вологості 49,0 %, але до певної міри ще більш значні.

Таблиця 3.11 – Зміни кислотності ячмінного солоду при його ферментації

Тривалість ферментації, діб	Кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1,0 моль/дм ³					
	Вологість солоду при солодоращенні, %					
	39,0		44,0		49,0	
	на 100 см ³ сусла	на 100 г сухого солоду	на 100 см ³ сусла	на 100 г сухого солоду	на 100 см ³ сусла	на 100 г сухого солоду
До ферментації	2,0	8,8	2,0	8,8	2,0	8,8
1	3,1	13,2	5,0	22,6	5,1	23,4
2	6,6	20,9	7,2	32,8	8,5	39,3
3	7,4	33,4	8,7	41,3	9,5	44,2

Якщо порівнювати кислотність ферментованого зерна з тим, що подається на ферментацію, то вона вище майже в 3,5...4,5 рази.

Присутність в ферментованому солоді органічних кислот (молочної, яблучної, янтарної та ін.) робить його цінною добавкою при виготовленні дієтичних харчових продуктів.

3.2.6 Білкові речовини

Білкові речовини є найціннішою складовою частиною зерна. Біологічна цінність білків визначається їх амінокислотним складом. Повноцінний білок, до складу якого входять незамінні амінокислоти, особливо потрібен дітям. Це пов'язано з тим, що дитячий організм не синтезує гістидин і цистин. Тому нестаток білка в харчуванні негативно впливає на обмін речовин і веде до ряду захворювань, так, нестача білків приводить до порушень розумового розвитку, кісткотворення, кровотворення, обміну речовин.

Характерні властивості й цінність білків визначаються їх амінокислотним складом. Усього вивчено понад 40 різних амінокислот, що входять до складу білків. Однак постійними складовими частинами однієї білкової молекули є тільки 20 амінокислот. Амінокислотний склад зернових злаків визначає їх харчову і кормову цінність.

Деякі амінокислоти, необхідні для утворення білка, можуть синтезуватися в організмі людини і тварин з інших амінокислот. Їх називають замінними або такими, що синтезуються. Інші амінокислоти не можуть утворюватися в організмі і називаються незамінними. До них належать 8 амінокислот: ізолейцин, лейцин, метіонін, фенілаланін, триптофан, лізин, треонін і валін. У разі нестачі незамінних амінокислот затрудняється розвиток організму.

Білки, які містять достатню кількість усіх незамінних амінокислот, називають повноцінними. Якщо білок не містить однієї або декількох амінокислот, його називають неповноцінним.

Біологічна цінність білків знижується не тільки через відсутність незамінних амінокислот, а й через їх недостатній вміст.

Проведеними дослідженнями з'ясовано, що у результаті солодоращення злаків кількість амінокислот значно збільшується: в пшеничному солоді – в 6,4 рази, кукурудзяному – в 4,1, вівсяному – в 5,3 і ячмінному – в 9,5 разів порівняно з непророщеним зерном. На жаль, дані щодо змін амінокислотного складу при ферментації пророщених злаків у спеціальній літературі відсутні, тим часом як для приготування оздоровчих продуктів вони потрібні.

Для проведення досліджень ферментували солод на лабораторній, раніше описаній установці протягом 3-х діб при температурах 45...55...65 °С. Сушили солод на лабораторній сушарці.

У зразках солоду до ферментації і після кожної доби ферментації визначали вміст загальних і вільних амінокислот на амінокислотному аналізаторі Т 339 виробництва «Мікротехна» (Чехія). Зміни кількості загальних амінокислот наведено в табл. 3.12, а вільних – в табл. 3.13.

Таблиця 3.12 – Зміни амінокислотного складу білків при ферментації ячмінного солоду (в мг на 100 г солоду)

Назва амінокислоти	Солод до ферментації	Тривалість ферментації, діб		
		1	2	3
Лізин	490	264	258	156
Гістидин	233	183	137	93
Аргінін	601	467	273	238
Орнітин	0	0	0	0
ГАМК	29	107	84	68
Аспарагінова кислота	855	781	480	447
Треонін	359	250	215	156
Серин	470	345	285	192
Глютамінова кислота	2461	2139	1406	1122
Пролін	1210	1030	725	525
Гліцин	449	405	312	233
Аланін	571	571	397	324
Цистин	151	103	101	105
Валін	438	544	290	278
Метіонін	152	129	82	44
Ізолейцин	220	354	194	191
Лейцин	747	706	438	384
Тирозин	193	192	209	84
Фенілаланін	496	514	301	282
Сума	10126	9084	6188	4923
В т.ч. незамінні, мг	2902	2761	1778	1490
незамінні, %	28,7	30,4	28,7	30,3

З табл. 3.12 видно, що солод до ферментації відрізнявся високим вмістом амінокислот, при цьому частка незамінних складала 28,7 %. В процесі ферментації це співвідношення практично не змінювалось і було на рівні 28,7...30,2 %.

Частка незамінних амінокислот серед вільних подібна і складає 25,5 % в солоді до ферментації і 28,7...35,5 % в зразках ферментованого солоду.

В табл. 3.13 показана зміна вмісту вільних амінокислот в процесі ферментації. В свіжопророщеному солоді до ферментації їх було 7,2 %. Вже після однієї доби – 13 %, після другої – 15,4 %, після третьої – 16,1 %.

Таблиця 3.13 – Зміни складу вільних амінокислот при ферментації ячмінного солоду (мг на 100 г солоду)

Назва амінокислоти	Солод до ферментації	Тривалість ферментації, діб		
		1	2	3
Лізин	23	25	11	15
Гістидин	22	17	7	12
Аргінін	54	55	37	38
Орнітин	0	0	0	0
ГАМК	12	43	24	40
Аспарагінова кислота	27	34	38	63
Треонін	18	26	27	38
Серин	19	25	32	50
Глютамінова кислота	70	61	53	107
Пролін	279	237	214	425
Гліцин	14	17	24	40
Аланін	31	49	68	117
Цистин	3	7	7	7
Валін	37	43	48	79
Метіонін	7	6	19	55
Ізолейцин	24	31	40	67
Лейцин	39	58	65	87
Тирозин	15	39	37	44
Фенілаланін	38	46	47	60
Сума	729	818	797	1344
В т.ч. незамінні, мг	186	235	257	401
незамінні, %	28,7	28,7	30,1	30,0
% вільних до загальних	7,2	13,0	16,1	15,4

Таким чином, при ферментації проходить глибокий гідроліз білків до утворення вільних амінокислот, і ферментований солод буде джерелом цих цінних речовин при приготуванні дієтичних харчових продуктів.

В табл. 3.14 представлено склад амінокислот солоду після 3-х і 4-х діб ферментації при температурі 65 °С.

Результати цього експерименту показують, що гідроліз білків в основному закінчується протягом 3-х діб і протягом четвертої амінокислотний склад майже уже не змінюється. Це показує, що основні зміни амінокислотного складу при ферментації закінчуються протягом 3-х діб. При цьому в солоді міститься 30 % вільних від загальної кількості амінокислот, з яких 30 % незамінних.

Таблиця 3.14 – Вплив тривалості ферментації на зміни амінокислотного складу білків при ферментації ячмінного солоду (в мг на 100 г солоду)

Назва амінокислоти	Тривалість ферментації, діб			
	3		4	
	Загальні	Вільні	Загальні	Вільні
Лізин	139	35	165	32
Гістидин	79	16	72	15
Аргінін	120	30	149	31
Орнітин	0	0	0	0
ГАМК	59	42	63	45
Аспарагінова кислота	422	80	449	101
Треонін	151	60	161	57
Серин	209	72	242	69
Глютамінова кислота	1257	130	1338	126
Пролін	573	366	712	397
Гліцин	220	37	234	40
Аланін	304	131	331	141
Цистин	86	10	81	8
Валін	263	115	266	109
Метіонін	60	26	64	29
Ізолейцин	186	77	185	79
Лейцин	393	126	418	129
Тирозин	92	46	98	43
Фенілаланін	286	84	316	84
Сума	4899	1482	5345	1534
В т.ч.				
незамінні, мг,	1478	523	1575	524
незамінні, %	30,2	35,3	29,5	34,1
% вільних до загальних		30,2		28,7

3.3 Отримання зразків ферментованих злаків на експериментальній установці

Способом, описаним в розділі 2.3.1, були проферментовані 4 види злаків і було одержано по 4 зразка кожного злаку:

№ 1 – пророщене зерно до ферментації;

№ 2 – зерно після ферментації протягом 1 доби при температурі 45 °С;

№ 3 – зерно після ферментації протягом 2-х діб при температурах:

1 доба – 45 °С і 1 доба – 55 °С;

№ 4 – зерно після ферментації протягом 3-х діб при температурах:

1 доба – 45 °С, 1 доба – 55 °С і 1 доба – 65 °С.

В висушених зразках визначали вологість. З них готували водні витяжки при співвідношенні вода : зерно як 4: 1, а також готували конгресне сусло. В витяжці і суслі визначали вміст екстрактивних речовин, вміст амінного азоту і редукуючих цукрів (мальтози), кислотність і колір за прийнятими методиками.

3.3.1 Визначення хімічного складу ферментованих злаків

Результати досліджень представлені в табл. 3.15...3.18.

Можна сказати, що ферментація пророщених злаків сприяє гідролітичним процесам, завдяки чому вміст низькомолекулярних речовин значно збільшується.

Таблиця 3.15 – Зміни хімічного складу при ферментації пророщеного ячменю

Тривалість ферментації, діб	Вологість при ферментації, %	Редукуючі цукри, г/100 г СВ	Аміний азот, мг/100 г СВ	Кислотність, см ³ 1,0 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 г СВ	Колір, см ³ 0,5 моль/дм ³ розчину йоду на 100 г СВ
Пророщене зерно до ферментації	43	6,9	70	5,9	1,3
1	46	8,1	112	7,4	2,0
2	47	9,5	140	9,0	3,5
3	47	10,2	145	13,2	4,7

При ферментації пророщеного зерна всіх злаків має місце помітне збільшення вологості. Це можна пояснити інтенсифікацією дихання при підвищенні температури з 18...20 °С при солодоращенні до 45 °С в першу добу ферментації. При подальшому підніманні температури (друга і третя доба) до 55...65 °С вологість збільшується, але значно повільніше. Це пояснюється тим, що зародок зерна вже втрачає свою життєдіяльність, яка, як відомо, зберігається лише до температури 50...55 °С.

Вуглеводний склад зерна при ферментації змінюється доволі сильно. І найбільші зміни мають місце після першої доби ферментації. Так, кількість редукуючих цукрів (мальтози) після першої доби ферментації у ячменю більше, ніж у пророщеного на 18 %, у кукурудзі – на 27% , у пшениці – на 83 %, у вівса – на 80 %.

Після 3-х діб ферментації вміст редукуючих цукрів в ячмінному солоді в порівнянні з свіжопророслим збільшився на 48 %, в кукурудзяному – на 80 %, в пшеничному – майже в 1,5 разів і в вівсяному – майже в 2 рази.

Таблиця 3.16 – Зміни хімічного складу при ферментації пророщеного вівса

Тривалість ферментації, діб	Вологість при ферментації, %	Редукуючі цукри, г/100 г СВ	Амінний азот, мг/100 г СВ	Кислотність, см ³ 1,0 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 г СВ	Колір, см ³ 0,5 моль/дм ³ розчину йоду на 100 г СВ
Пророщене зерно до ферментації	42	6,1	82	6,5	1,0
1	45	7,5	135	8,2	1,8
2	46	8,6	150	10,1	3,1
3	46	8,5	160	12,0	4,0

Одержані результати погоджуються зі змінами такого показника як тривалість оцукрювання і екстрактивність солоду. Всі зразки пророщених злаків добре оцукрювались і мали екстрактивність 56...78 % (в залежності від злаку). Після першої доби ферментації вони ще оцукрювались. Вже після другої доби ферментації ні один зразок солоду не оцукрювався і екстрактивність знизилась в порівнянні з неферментованим зразком. Одержані результати свідчать про значну інактивацію амілолітичних ферментів при проведенні ферментації, що можна пояснити збільшенням при цьому процесі кислотності.

Таблиця 3.17 – Зміни хімічного складу при ферментації пророщеної кукурудзи

Тривалість ферментації, діб	Вологість при ферментації, %	Редукуючі цукри, г/100 г СВ	Амінний азот, мг/100 г СВ	Кислотність, см ³ 1,0 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 г СВ	Колір, см ³ 0,5 моль/дм ³ розчину йоду на 100 г СВ
Пророщене зерно до ферментації	45	5,8	44	5,0	0,8
1	47	7,4	59	6,1	1,2
2	48	8,9	94	7,0	1,8
3	48	10,3	98	8,2	2,0

Про гідроліз білкових речовин можна судити по змінах вмісту в витяжках і суслі амінного азоту, тобто утворенню амінокислот.

Як видно з табл. 3.15...3.18, при ферментації всіх пророщених злаків вміст амінокислот значно збільшувався протягом всього процесу. При цьому найбільший приріст після першої доби ферментації був у ячменя і вівса (на 60%), а найменший у кукурудзи (30%). При подальшій ферментації цей показник

продовжував рости і до кінця третьої доби був у 1,5 – 2 рази більший, ніж на початку процесу.

Таблиця 3.18 – Зміни хімічного складу при ферментації пророщеної пшениці

Тривалість ферментації, діб	Вологість при ферментації, %	Редукуючі цукри, г/100 г СВ	Амінний азот, мг/100 г СВ	Кислотність, см ³ 1,0 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 г СВ	Колір, см ³ 0,5 моль/дм ³ розчину йоду на 100 г СВ
Пророщене зерно до ферментації	44	7,8	62	6,6	1,0
1	48	14,3	79	7,9	1,6
2	48	16,0	140	9,8	2,5
3	49	19,2	152	10,5	3,6

Результати досліджень показують, що протеолітичні ферменти зберігають свою активність протягом усіх трьох діб ферментації, що забезпечує накопичення в зерні низькомолекулярних речовин.

Одержані дані дозволяють стверджувати, що при таких умовах ферментації діють протеолітичні ферменти екзо-пептидази.

При ферментації всіх чотирьох пророщених злаків збільшувалась кислотність і кольоровість. Як видно з рис. 3.5 пророщене зерно всіх злакових культур за показником кислотності було схоже між собою. При подальшій ферментації зерно вівса і ячменю мало більш високу кислотність, ніж пшениця і кукурудза. При цьому у кукурудзи цей показник був найменшим. Слід відмітити, що за 3 доби ферментації кислотність всіх зразків збільшувалась у 1,5...2 рази.

З представлених на рис. 3.6 даних видно, що зміни кольору зерна проходили аналогічно змінам кислотності: ферментовані протягом 3-х діб зразки ячменю і вівсяного солоду мали найбільший колір, а кукурудзяний – найменший.

З рис. 3.5 і 3.6 видно, що швидкість утворення кислотності і кольоровості в залежності від довжини процесу була різною. Найбільші зміни відмічались в перші дві доби ферментації. В подальшому названі показники продовжували змінюватись. і до кінця третьої доби ферментації кольоровість була в 3...4 рази більше ніж на початку процесу.

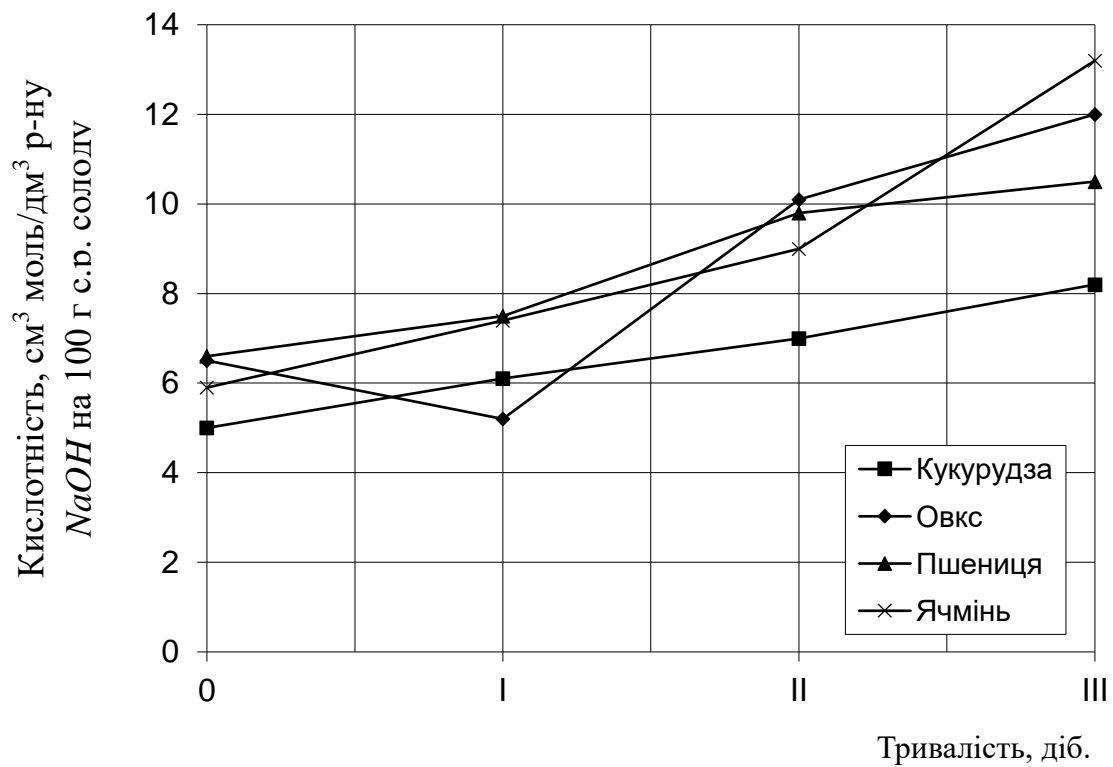


Рисунок 3.5 – Динаміка зміни кислотності при ферментації зерен злакових культур

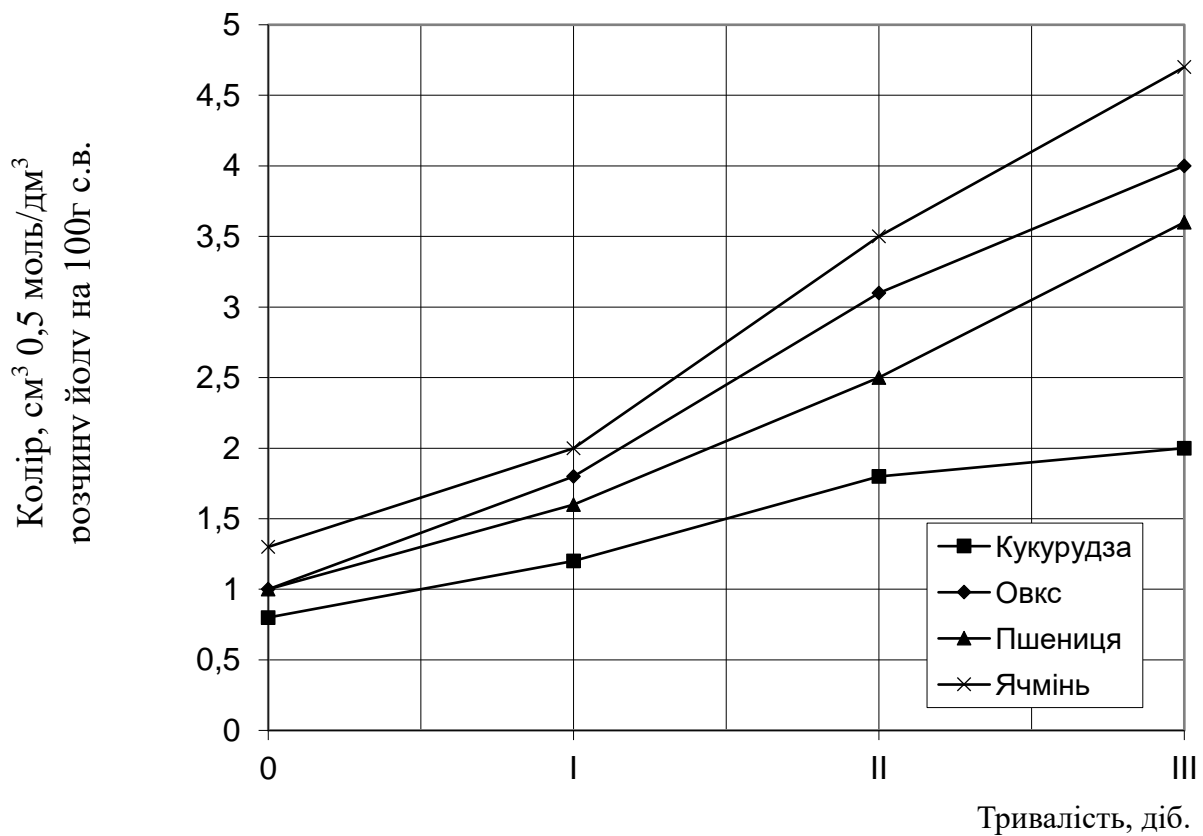


Рисунок 3.6 – Динаміка зміни кольоровості при ферментації злаків

Таблиці 3.15...3.18 та рис. 3.5...3.6 показують, що при ферментації пророщеного зерна продовжуються ферментативні процеси, що відбувались при пророщуванні, але з більш високою інтенсивністю. Тому і зміни складу зерна помітніші.

Одержані результати свідчать про можливість продовження досліджень в напрямку підбору технологічних параметрів процесу ферментації, які забезпечать одержання ферментованих злаків заданого хімічного складу.

3.4 Висновки до розділу 3

Під час виконання досліджень було прийнято наступні рішення:

1. З метою збільшення вмісту біологічно-активних речовин при ферментації злаків тривалість їх пророщування повинна бути, діб: пшениці – 2; ячменю – 5; вівса – 5.
2. В результаті ферментації пророщених злаків максимальний приріст цукрів має місце після добової витримки при температурі 45 °С – в 2 рази. Подальша ферментація при 55 і 65 °С дає приріст цукрів лише на 10...20 % у порівнянні з паузою при 45 °С.
3. Вміст вільних цукрів у ферментованому солоді в % від його маси наступний: фруктози – 3,8...4,4, глюкози – 4,3...4,8, цукрози – 3,5...4,0, мальтози – 2,6...3,3.
4. Ферментація протягом 3-х діб при температурах 45...65 °С дозволяє одержувати солод, що має значну вітамінну активність. Присутні вітаміни, розчинні у жирах (А, Е, Д₃) і розчинні у воді (РР, В₁, В₂, В₉, В₁₂, Н, пантотенова кислота).
5. В результаті 3-х добової ферментації колір солоду збільшується у 20 разів у порівнянні з кольором до ферментації. Одночасно з кольором появляється приємний хлібний смак і аромат.
6. На утворення органічних кислот при ферментації позитивно впливає вологість солоду. Кислотність ферментованого солоду в 3,5...4,5 рази вище, ніж до ферментації.
7. У процесі ферментації солоду гідроліз білків в основному закінчується протягом 3-х діб, і при подальшій ферментації амінокислотний склад значно не змінюється. Кількість вільних кислот до кінця ферментації збільшується вдвічі, при цьому кількість незамінних серед них досягає 30...35%.
8. Активність амілолітичних ферментів в процесі ферментації пророщених злаків знижується, і тому готовий ферментований солод вже після 2-х діб ферментації не оцукрюється. Такий солод необхідно переробляти в суміші з неферментованим, який має активні амілолітичні ферменти.
9. В результаті 3-х добової ферментації пророщених злаків вміст амінного азоту збільшується в 1,5...2, редукуючих цукрів в 1,2...1,7, кольору в 3...4, кислотність в 1,5...2,5 рази в залежності від злаку.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ФЕРМЕНТАЦІЇ ЗЛАКІВ

Основними вхідними факторами, які змінюються в процесі досліду, є: температура, тривалість та вологість зерна під час ферментації.

Так, як частота перемішування, швидкість повітря аерації, площа сит та висота шару зерна в ході кожного досліду, не змінюються то прийmemo їх як постійно – змінні параметри. Досліджуваним параметром в даному процесі є кислотність солоду [3].

Модель чорного ящика процесу ферментації ячмінного солоду зображено на рис. 4.1 [1].

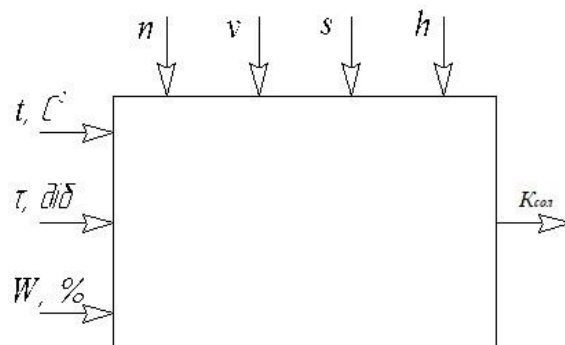


Рис. 4.1 – Модель чорного ящика процесу ферментації ячмінного солоду

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

- критерій Кохрена;
- критерій Стьюдента;
- критерій Фішера.

Вибір змінної стану. В якості змінної стану вибрано кислотність солоду.

Вибір факторів (параметрів). На кислотність сусле впливають наступні показники:

Вхідні:

t – температура ферментації, °C;

τ – тривалість ферментації, дб;

w – вологість зерна під час ферментації, %;

Вихідні:

кислотність готового ферментованого ячмінного солоду.

Попередній експеримент. Було проведено декілька дослідів двох факторного експерименту.

$$K_{\text{сол.}} = f(t_{\text{ферм.}}, \tau_{\text{ферм.}}, W_{\text{ферм.}}) \quad (4.1)$$

де $K_{\text{сол.}}$ – кислотність готового ферментованого солоду;

$t_{\text{пор.}}$ – температура ферментації, °C;

$\tau_{\text{пор.}}$ – тривалість ферментації, дб;

$W_{\text{пор.}}$ – вологість зерна під час ферментації, %.

Складання математичної моделі

Вибираємо вид поліноміальної функції:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3), \quad (4.2)$$

де Y – кислотність готового ферментованого солоду; X_1 – температура ферментації, °С; X_2 – тривалість ферментації, діб; X_3 – вологість зерна під час ферментації, %.

Постановка задачі оптимізації. Знайти оптимальну параметри проведення процесу пророщування злаків, при якій спостерігається допустима кислотність солоду. Математично це можна виразити у вигляді отримання математичної моделі:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (4.3)$$

де Y – кислотність готового ферментованого солоду; X_1 – температура ферментації, °С; X_2 – тривалість ферментації, діб; X_3 – вологість зерна під час ферментації, %; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ – коефіцієнти рівняння математичної моделі.

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

$$\begin{aligned} X_1 &= 55 \% ; \\ X_2 &= 2 \% ; \\ X_3 &= 44 \% . \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta X_1 &= 10; \\ \Delta X_2 &= 1; \\ \Delta X_3 &= 5. \end{aligned}$$

Методом планування вибрано повний факторний експеримент (ПФЕ), виду $N = 2^3 = 8$.

Проводились паралельні дослід (у₁, у₂, у₃)

Складаємо матрицю рівнів варіювання (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Матриця рівнів варіювання

Найменування рівнів варіювання	Позначення	Температура ферментації, °С	Тривалість ферментації, діб	Вологість зерна під час ферментації, %
		$t_{ферм.}$ (X ₁)	$\tau_{ферм.}$ (X ₂)	$W_{ферм.}$ (X ₃)
Верхній	+	65	3	49
Середній	0	55	2	44
Нижній	-	45	1	39
Крок	Δ	10	1	5

Нормалізуємо рівняння (4.3), яке буде мати вигляд:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (4.4)$$

Складаємо матрицю плану (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Матриця планування

№ N=8	z ₀	Фактори							Вихідна функція				S _u ²
		z ₁	z ₂	z ₃	z ₁ z ₂	z ₁ z ₃	z ₂ z ₃	z ₁ z ₂ z ₃	y _{u1}	y _{u2}	y _{u3}	y _u	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	38,0	38,2	38,7	38,3	0,13
2	+	+	+	-	+	-	-	-	27,0	27,6	27,6	27,4	0,12
3	+	+	-	+	-	+	-	-	25,5	25,5	26,1	25,7	0,12
4	+	+	-	-	-	-	+	+	31,2	30,9	30,6	30,9	0,09
5	+	-	+	+	-	-	+	-	25,1	25,9	25,5	25,5	0,16
6	+	-	+	-	-	+	-	+	27,5	27,5	28,1	27,7	0,12
7	+	-	-	+	+	-	-	+	28,5	27,8	27,7	28,0	0,19
8	+	-	-	-	+	+	+	-	30,0	30,0	30,6	30,2	0,12

Здійснюємо експеримент у відповідності з матрицею плану.

Дисперсія вибіркова – дисперсія, обчислена за даними вибірки.

Перевіряємо однорідність дисперсій:

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

$$S_{\text{одн}i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{m=2} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m-1} \quad (4.5)$$

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

i – поточний номер паралельного дослідів, $i = 1 \dots m$;

y_i – експериментальні значення вихідного параметру за результатами i -го

паралельного дослідів;

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

$$S_{\text{одн}1}^2 = \frac{(38,0 - 38,3)^2 + (38,2 - 38,3)^2 + (38,7 - 38,3)^2}{3 - 1} = 0,13$$

$$S_{\text{одн}2}^2 = \frac{(27,0 - 27,4)^2 + (27,6 - 27,4)^2 + (27,6 - 27,4)^2}{3 - 1} = 0,12$$

$$S_{\text{одн}3}^2 = \frac{(25,5 - 25,7)^2 + (25,5 - 25,7)^2 + (26,1 - 25,7)^2}{3 - 1} = 0,12$$

$$S_{\text{одн}4}^2 = \frac{(31,2 - 30,9)^2 + (30,9 - 30,9)^2 + (30,6 - 30,9)^2}{3 - 1} = 0,09$$

$$S_{одн_5}^2 = \frac{(25,1 - 25,5)^2 + (25,9 - 25,5)^2 + (25,5 - 25,5)^2}{3 - 1} = 0,16$$

$$S_{одн_6}^2 = \frac{(27,5 - 27,7)^2 + (27,5 - 27,7)^2 + (28,1 - 27,7)^2}{3 - 1} = 0,12$$

$$S_{одн_7}^2 = \frac{(28,5 - 28,0)^2 + (27,8 - 28,0)^2 + (27,7 - 28,0)^2}{3 - 1} = 0,19$$

$$S_{одн_8}^2 = \frac{(30,0 - 30,2)^2 + (30,0 - 30,2)^2 + (30,6 - 30,2)^2}{3 - 1} = 0,12$$

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

$$S_{одн.max}^2 = S_{одн_7}^2 = 0,19$$

Розраховуємо суму розрахованих дисперсій:

$$\sum_{i=1}^N S_{одн.i}^2 = 1,05$$

Розраховуємо критерій Кохрена:

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

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

$$G_p = \frac{0,19}{1,05} = 0,1810$$

д) вибираємо табличне значення критерія Кохрена G_m для значень ступенів вільності $f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$ та $f_2 = N = 8$ та для рівня значущості $\alpha = 0,05$.

$$G_m = f_1, f_2 = 0,8159;$$

е) перевіряємо виконання умови:

$$G_p < G_m, \text{ а саме: } G_p = 0,1810 < G_m = 0,8159.$$

є) робимо висновок, що дисперсії вихідного параметру в паралельних дослідах є однорідними, тобто отримані експериментальні дані є відтворюваними.

Дисперсія відтворюваності – дисперсія, що характеризує відтворюваність експерименту; обчислюється як середнє арифметичне вибіркової дисперсії результатів паралельних (дублюючих) дослідів, якщо зазначені дисперсії однорідні.

Розраховуємо загальну похибку дослідів (всього експерименту), а саме, середнє арифметичне значення дисперсій $S_{від}^2$ в $N = 8$ точках факторного простору:

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

$$S_{\text{вiд}}^2 = \frac{1,05}{8} = 0,1313$$

Розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії

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

$$B_0 = \frac{38,3 + 27,4 + 25,7 + 30,9 + 25,5 + 27,7 + 28,0 + 30,2}{8} = 29,213$$

$$B_1 = \frac{38,2 + 27,4 + 25,7 + 30,9 - 25,5 - 27,7 - 28,0 - 30,2}{8} = 1,3635$$

$$B_2 = \frac{38,2 + 27,4 - 25,7 - 30,9 + 25,5 + 27,7 - 28,0 - 30,2}{8} = 0,5125$$

$$B_3 = \frac{38,2 - 27,4 + 25,7 - 30,9 + 25,5 - 27,7 + 28,0 - 30,2}{8} = 0,1625$$

$$B_{12} = \frac{38,2 + 27,4 - 25,7 - 30,9 - 25,5 - 27,7 + 28,0 + 30,2}{8} = 1,763$$

$$B_{13} = \frac{38,2 - 27,4 + 25,7 - 30,9 - 25,5 + 27,7 - 28,0 + 30,3}{8} = 1,263$$

$$B_{23} = \frac{38,2 - 27,4 - 25,7 + 30,9 + 25,5 - 27,7 - 28,0 + 30,3}{8} = 2,013$$

$$B_{123} = \frac{38,2 - 27,4 - 25,7 + 30,9 - 25,5 + 27,7 + 28,0 - 30,3}{8} = 2,013$$

Перевіряємо значущість коефіцієнтів регресії, що характеризують лінійні ефекти та ефекти парної взаємодії:

а) визначимо дисперсію коефіцієнтів регресії:

$$S_{b,i}^2 = \frac{s_{\text{вiд}}^2}{N \cdot m} = \frac{0,1313}{8 \cdot 3} = 0,01 \quad (4.9)$$

де N – кількість дослідів за планом; m - кількість паралельних дослідів; i – поточний номер коефіцієнта.

б) визначимо відхилення будь-якого коефіцієнта:

$$\Delta S_{b,i} = \pm S_{b,i} \cdot t_T = t_T \cdot \sqrt{S_{b,i}^2} = \pm 2,12 \cdot \sqrt{0,01} = \pm 0,16$$

де $S_{b,i} = \sqrt{S_{b,i}^2}$, t_T – табличне значення критерія Стюдента для ступенів свободи $f_l = N \cdot (m-1) = 8 \cdot (3-1) = 16$ та рівня значущості $\alpha = 5\%$, маємо $t_T = 2,12$.

в) розраховуємо значення критерія Стьюдента для коефіцієнту регресії, $t_{b,i}$:

$$S_k = \sqrt{S_k^2} \quad (4.10)$$

$$S_k = \sqrt{0,01} = 0,0740$$

$$t_{b0} = \frac{|29,213|}{0,0740} = 395,0251$$

$$t_{b1} = \frac{|1,3625|}{0,0740} = 18,4244$$

$$t_{b2} = \frac{|0,5125|}{0,0740} = 6,9303$$

$$t_{b3} = \frac{|0,1625|}{0,0740} = 2,1974$$

$$t_{b12} = \frac{|1,763|}{0,0740} = 23,8333$$

$$t_{b13} = \frac{|1,263|}{0,0740} = 17,0721$$

$$t_{b23} = \frac{|2,013|}{0,0740} = 27,2140$$

$$t_{b123} = \frac{|2,013|}{0,0740} = 27,2140$$

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

В нашому випадку значущими можна вважати коефіцієнти регресії $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ тобто коефіцієнти при $x_1, x_2, x_3, x_{12}, x_{13}, x_{23}, x_{123}$.

Записуємо в остаточному вигляді отримане рівняння регресії:

$$\hat{Y} = 29,213 + 1,3625 \cdot X_1 + 0,5125 \cdot X_2 + 0,1625 \cdot X_3 + 1,763 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1,263 \cdot X_1 \cdot X_3 + 2,013 \cdot X_2 \cdot X_3 + 2,013 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$$

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:

а) розраховуємо залишкову дисперсію:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2} \quad (4.11)$$

$$S_{ад}^2 = S_{зал}^2 = \frac{m}{f_1} \sum_{i=1}^N (\tilde{y}_i - \hat{Y}_i)^2, \quad (4.12)$$

де f_1 – число ступенів вільності:

$$f_1 = (N \cdot m - l) = (N \cdot m - (n+1)) = (8 \cdot 3 - (6+1)) = 24 - 7 = 17.$$

$$\hat{Y}_1 = 29,213 + 1,3625 + 0,5125 + 0,1625 + 1,763 + 1,263 + 2,013 + 2,013 = 38,3$$

$$\hat{Y}_2 = 29,213 + 1,3625 + 0,5125 - 0,1625 + 1,763 - 1,263 - 2,013 - 2,013 = 27,4$$

$$\hat{Y}_3 = 29,213 + 1,3625 - 0,5125 + 0,1625 - 1,763 + 1,263 - 2,013 - 2,013 = 25,7$$

$$\hat{Y}_4 = 29,213 + 1,3625 - 0,5125 - 0,1625 - 1,763 - 1,263 + 2,013 + 2,013 = 30,9$$

$$\hat{Y}_5 = 29,213 - 1,3625 + 0,5125 + 0,1625 - 1,763 - 1,263 + 2,013 - 2,013 = 25,5$$

$$\hat{Y}_6 = 29,213 - 1,3625 + 0,5125 - 0,1625 - 1,763 + 1,263 - 2,013 + 2,013 = 27,7$$

$$\hat{Y}_7 = 29,213 - 1,3625 - 0,5125 + 0,1625 + 1,763 - 1,263 - 2,013 + 2,013 = 28,0$$

$$\hat{Y}_8 = 29,213 - 1,3625 - 0,5125 - 0,1625 + 1,763 + 1,263 + 2,013 - 2,013 = 30,2$$

$$S_{ад}^2 = \frac{3}{17} \cdot \left[\begin{array}{l} (38,3 - 38,3)^2 + (27,4 - 27,4)^2 + \\ + (25,7 - 25,7)^2 + (30,9 - 30,9)^2 \\ + (25,5 - 25,5)^2 + (27,7 - 27,7)^2 \\ + (28,0 - 28,0)^2 + (30,2 - 30,2)^2 \end{array} \right] = 0,00$$

Розрахунковий критерій Фішера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2} = \frac{0,00}{0,1313} = 0,00.$$

За таблицями, для степенів свободи $f_1 = N \cdot m - l = (8 \cdot 3 - (6 + 1)) = 17$ для чисельника та $f_2 = N \cdot (m - l) = 8 \cdot (3-1) = 17$ для знаменника, та для рівня значущості $\alpha = 0,05$, вибираємо значення критерія Фішера.

Якщо $F_p < F_T$ то рівняння адекватне.

Табличне значення критерію Фішера $F_T = 2,3$.

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

Перейдемо від безрозмірних (кодованих) значень факторів до їх натуральних значень:

$$X_1 = \frac{t_{\text{ферм.}} - 55}{10}$$

$$X_2 = \frac{\tau_{\text{ферм.}} - 2}{1} = \tau_{\text{прор.}} - 2$$

$$X_3 = \frac{W_{\text{ферм.}} - 44}{5}$$

$$K_{\text{сол.}} = 29,213 + 1,3625 \cdot \left(\frac{t_{\text{ферм.}} - 55}{10}\right) + 0,5125 \cdot (\tau_{\text{ферм.}} - 2) + 0,1625 \cdot \left(\frac{W_{\text{ферм.}} - 44}{5}\right) + 1,763 \cdot \left(\frac{t_{\text{ферм.}} - 55}{10}\right) \cdot (\tau_{\text{ферм.}} - 2) + 1,263 \cdot \left(\frac{t_{\text{ферм.}} - 55}{10}\right) \cdot \left(\frac{W_{\text{ферм.}} - 44}{5}\right) + 2,013 \cdot (\tau_{\text{ферм.}} - 2) \cdot \left(\frac{W_{\text{ферм.}} - 44}{5}\right) + 2,013 \cdot \left(\frac{t_{\text{ферм.}} - 55}{10}\right) \cdot (\tau_{\text{ферм.}} - 2) \cdot \left(\frac{W_{\text{ферм.}} - 44}{5}\right) = 37,1568 + 2,2211 \cdot t_{\text{ферм.}} + 70,5308 \cdot \tau_{\text{ферм.}} + 2,2666 \cdot W_{\text{ферм.}} - 1,5951 \cdot t_{\text{ферм.}} \cdot \tau_{\text{ферм.}} - 0,05532 \cdot t_{\text{ферм.}} \cdot W_{\text{ферм.}} - 1,8117 \tau_{\text{ферм.}} \cdot W_{\text{ферм.}} + 0,04026 \cdot t_{\text{ферм.}} \cdot \tau_{\text{ферм.}} \cdot W_{\text{ферм.}}$$

Отримана математична модель:

$$K_{\text{сол}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot t_{\text{ферм.}} + 70,5308 \cdot \tau_{\text{ферм.}} + 2,2666 \cdot W_{\text{ферм.}} - 1,5951 \cdot t_{\text{ферм.}} \cdot \tau_{\text{ферм.}} - 0,05532 \cdot t_{\text{ферм.}} \cdot W_{\text{ферм.}} - 1,8117 \cdot \tau_{\text{ферм.}} \cdot W_{\text{ферм.}} + 0,04026 \cdot t_{\text{ферм.}} \cdot \tau_{\text{ферм.}} \cdot W_{\text{ферм.}}$$

Тепер, підставляємо в отриману математичну модель значення заданих вхідних параметрів та отримуємо математичні розрахунки кислотності солоду:

$$K_{\text{сол1}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot 65 + 70,5308 \cdot 3 + 2,2666 \cdot 49 - 1,5951 \cdot 65 \cdot 3 - 0,05532 \cdot 65 \cdot 49 - 1,8117 \cdot 3 \cdot 49 + 0,04026 \cdot 65 \cdot 3 \cdot 49 = 135,3$$

$$K_{\text{сол2}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot 45 + 70,5308 \cdot 3 + 2,2666 \cdot 49 - 1,5951 \cdot 45 \cdot 3 - 0,05532 \cdot 45 \cdot 49 - 1,8117 \cdot 3 \cdot 49 + 0,04026 \cdot 45 \cdot 3 \cdot 49 = 122,4$$

$$K_{\text{сол3}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot 65 + 70,5308 \cdot 1 + 2,2666 \cdot 49 - 1,5951 \cdot 65 \cdot 1 - 0,05532 \cdot 65 \cdot 49 - 1,8117 \cdot 1 \cdot 49 + 0,04026 \cdot 65 \cdot 1 \cdot 49 = 122,7$$

$$K_{\text{сол4}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot 65 + 70,5308 \cdot 3 + 2,2666 \cdot 39 - 1,5951 \cdot 65 \cdot 3 - 0,05532 \cdot 65 \cdot 39 - 1,8117 \cdot 3 \cdot 39 + 0,04026 \cdot 65 \cdot 3 \cdot 39 = 124,5$$

$$K_{\text{сол5}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot 45 + 70,5308 \cdot 1 + 2,2666 \cdot 49 - 1,5951 \cdot 45 \cdot 1 - 0,05532 \cdot 45 \cdot 49 - 1,8117 \cdot 1 \cdot 49 + 0,04026 \cdot 45 \cdot 1 \cdot 49 = 124,9$$

$$K_{\text{сол6}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot 45 + 70,5308 \cdot 3 + 2,2666 \cdot 39 - 1,5951 \cdot 45 \cdot 3 - 0,05532 \cdot 45 \cdot 39 - 1,8117 \cdot 3 \cdot 39 + 0,04026 \cdot 45 \cdot 3 \cdot 39 = 124,7$$

$$K_{\text{сол7}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot 65 + 70,5308 \cdot 1 + 2,2666 \cdot 39 - 1,5951 \cdot 65 \cdot 1 - 0,05532 \cdot 65 \cdot 39 - 1,8117 \cdot 1 \cdot 39 + 0,04026 \cdot 65 \cdot 1 \cdot 39 = 127,9$$

$$K_{\text{сол8}} = 37,1568 + 2,2211 \cdot 45 + 70,5308 \cdot 1 + 2,2666 \cdot 39 - 1,5951 \cdot 45 \cdot 1 - 0,05532 \cdot 45 \cdot 39 - 1,8117 \cdot 1 \cdot 39 + 0,04026 \cdot 45 \cdot 1 \cdot 39 = 127,2$$

Розраховуємо загальну похибку експерименту:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \hat{M}_i - \bar{y}_i \right|}{N} \quad (4.13)$$

Похибка окремо взятого дослідів становить:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \frac{|135,3 - 38,3|}{38,3} = 2,53 \% ; \\ \Delta_2 &= \frac{|124,4 - 27,4|}{27,4} = 3,47 \% ; \\ \Delta_3 &= \frac{|124,7 - 25,7|}{25,7} = 3,77 \% ; \\ \Delta_4 &= \frac{|124,5 - 30,9|}{30,9} = 3,03 \% ; \\ \Delta_5 &= \frac{|124,9 - 25,5|}{25,5} = 3,89 \% ; \\ \Delta_6 &= \frac{|124,7 - 27,7|}{27,7} = 3,5 \% ; \\ \Delta_7 &= \frac{|127,9 - 28,0|}{28,0} = 3,57 \% ; \\ \Delta_8 &= \frac{|127,2 - 30,2|}{30,2} = 3,21 \% . \end{aligned}$$

Загальна похибка експерименту:

$$\Delta = 3,37 \% .$$

Таким чином, отримане рівняння регресії можна використовувати для пошуку умов отримання оптимальної кислотності солоду в процесі ферментації. Отримана математична модель дає змогу розрахувати кислотність солоду з загальною похибкою в межах 3,5 %.

5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Розглянуті технології ферментації пророщених зерен злаків дозволять отримати зернові продукти з максимальною кількістю інгредієнтів високої біологічної цінності природного походження. Ці продукти можуть бути широко застосовані в дієтично-профілактичному і цільовому харчуванні.

Зважаючи на те, що ферментовані пророщені зерна сприяють оздоровленню організму людини, продукти з ферментованих злаків можуть бути включені як обов'язкові до раціонів різних категорій населення, особливо дітей, що дозволить розширити заходи профілактики.

Розроблені технології можуть бути широко впроваджені в харчову промисловість на підприємствах, оснащення яких передбачає виробництво солоду, борошна, круп, хлібобулочних і кондитерських виробів та інших продуктів зі злакових культур.

Розроблення технічних умов, технологічних регламентів з врахуванням використання існуючого обладнання, потенціалу сировинної і переробної бази, а також актуальності проблеми, полегшить адаптацію нових технологій до виробничих умов. Вартість ферментованих злаків ненабагато вище пшеничного борошна, тому просування даної групи товарів на ринку не матиме великих труднощів, а актуальність проблеми не потребує підвищених витрат на рекламу.

Враховуючи доступність технології і її апаратного оформлення, потреби населення, наявності сировинної бази і високу цінність біохімічного складу продуктів з ферментованих злаків, очікується їх широке вживання населенням, а також використання в різних галузях харчової промисловості.

Отже, очікується, що дослідження технологій вказаних зернових культур буде мати значний соціальний ефект, оскільки вироби з зернових продуктів користуються попитом і вони є традиційним продуктом харчування населення України.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Класифікація небезпек на підприємствах бродильної галузі

У бродильній галузі існує підвищений ризик травматизму, зумовлений частим наближенням людини до обладнання, у зв'язку з необхідністю управляти потоком продукту, усувати затори і розсипання його, здійснювати очищення машин, апаратів і трубопроводів [21].

Відповідно ДСТУ EN 1672-1-2001, обладнання для харчової промисловості може мати наступні види небезпеки:

- ✓ *Технічна небезпека* – зумовлена механічною небезпекою (наявність у зоні роботи оператора обертових деталей, вузлів і продукту, що переміщуються), небезпекою раптового звільнення накопиченої енергії (раптове звільнення енергії пари, гідравлічного або пневматичного тиску, вакууму або стиснутого повітря), небезпекою ковзання (можливість ковзання підосви взуття робітників на поверхнях, покритих вологою, оліями і жирами).
- ✓ *Електрична небезпека* – ураження електричним струмом (в умовах вогкості, у вологій і/або запиленій атмосфері, внаслідок улучення води та інших речовин в обладнанні при його митті під тиском або паровому очищенні), розряд статичної електрики (електричний потенціал утворюється при переміщенні сипких продуктів, переливанні рідин-діелектриків, перемотуванні поліетиленової плівки, паперу).
- ✓ *Теплова небезпека* – створюється при наявності перегрітих або холодних поверхонь обладнання (у гарячих цехах або в охолоджуваних камерах).
- ✓ *Радіаційна небезпека* – небезпека радіоактивного забруднення як для оператора, так і для харчового продукту (може створюватися при обробці зерна на елеваторах для боротьби з комахами).
- ✓ *Небезпека від контакту з матеріалами і речовинами або від вдихання їх* – небезпека від сировини і продуктів: алергійні реакції від пилу або випарів багатьох харчових продуктів, ферментація (процеси в харчових продуктах: бродіння з виділенням діоксиду вуглецю, подих зі споживанням кисню, внаслідок чого створюється непридатна для подиху людей атмосфера), запахи (створюють небезпеку для здоров'я людини неприємні запахи від деяких харчових матеріалів), небезпека засинання та удушення (створюється при обваленні зводів у бункерах і силосах з борошном і цукром); небезпека очищення (створюється як процесом очищення, так і використовуваними при цьому речовинами); пожежна небезпека і небезпека вибуху (обумовлені обігом у технологічному процесі здрібнених харчових продуктів органічного походження, використанням схильних до запалення рідин і газів, застосуванням окислювачів для обробки харчових продуктів і процесів очищення); біологічна і мікробіологічна небезпека (зумовлена як використанням мікроорганізмів у технологічному процесі, так і перенесенням їх ззовні в харчову сировину і готову продукцію).

- ✓ *Ергономічна небезпека* (зумовлена часто повторюваними рухами, наприклад при упакуванні продукту).
- ✓ *Небезпека від накопиченого продукту* (виникає внаслідок накопичення при аварійній зупинці якого-небудь вузла технологічної лінії продукту, що може нагріватися, займатися, виділяти токсичні речовини) [21].

6.2 Вимоги безпеки до території підприємства, розміщення та влаштування будівель і приміщень

Загальні положення та вимоги до нормування і забезпечення безпеки діючих, модернізованих або споруджуваних промислових підприємств усіх типів, а також виробничих і технологічних комплексів, орієнтованих на випуск, збереження або переміщення товарів чи надання послуг, встановлюють ДСТУ 3273-95 «Безпека промислових підприємств. Загальні положення і вимоги».

Вимоги щодо безпеки підприємства формуються як у виді технічних та організаційних мір, так і у виді гранично допустимих значень показників безпеки.

Дозвіл на початок виконання робіт підвищеної небезпеки або експлуатацію об'єктів, машин, механізмів, обладнання підвищеної небезпеки видаються відповідним Державним департаментом МНС та його територіальними органами згідно з Порядком видачі дозволів Державним комітетом з нагляду за охороною праці і його територіальними органами.

Територія підприємства повинна бути рівною, мати необхідні ухили та стоки для відводу атмосферних і поливних вод. Вільні ділянки території повинні бути озеленені. Територія підприємства повинна мати не менше двох в'їздів – виїздів. Допускається передбачати один в'їзд – виїзд для території підприємства, потужність якого до 10 т продукції на добу. При цьому приймається ширина воріт для автомобільного транспорту за найбільшою шириною автомобілів плюс 1,5 м, але не менше 4,5 м, а для залізничного транспорту – не менше 4,9 м. Основні проїзди, пішохідні доріжки, а також площадки перед експедиціями і складами повинні мати тверде покриття. Ширина проїзної частини автодоріг до виробничих корпусів повинна бути не менше 7 м, інших з одностороннім рухом автомобілів – 4,5 м. Територія підприємства повинна мати штучне освітлення в темний час доби, що забезпечує освітленість на поверхні основних проїздів не менше 3 лк, інших проїздів і проходів – 2 лк, у місцях навантаження готової продукції і розвантаження сировини не менше 5 лк [22].

Територія підприємства повинна бути обладнана вантажо-розвантажувальними площадками (платформами, естакадами) висотою на рівні підлоги вагона або кузова автомобіля, зливно-наливними пристроями для рідких продуктів, а також спеціальними площадками для збереження напівфабрикатів, тари, пального, допоміжних матеріалів і обладнання.

Заглиблені резервуари, колодязі, люки повинні бути закриті кришками врівень із прилягаючою територією. Газопроводи, інші підземні комунікації повинні бути позначені пізнавальними знаками на території підприємства та відзначені на генплані підприємства.

Для збору і тимчасового збереження відходів виробництва і сміття повинні бути влаштовані водонепроникні, щільно закриті кришками збірники ємністю не більше дводобового їх накопичення. Розміщення збірників відходів і сміття допускається на відстані не менше 25 м від виробничих і складських приміщень на асфальтованих або бетонованих площадках, розміри яких перевищують габарити збірників на 1 м з усіх боків.

На території підприємства передбачається протипожежне водопостачання.

Відстань між будівлями і спорудами приймається відповідно до технологічних норм, умов розміщення транспортних шляхів і інженерних мереж, але не менше встановлених санітарних і протипожежних розривів.

Відстань між будівлями і спорудами, що освітлюються через віконні прорізи, повинна бути не менше найбільшої висоти до верху карниза будівель і споруд, що протистоять один одному. Величина розриву між окремими корпусами будівель з напівзамкнутим двором (П- або Ш-образне будівництво) повинна бути не менше напівсуми висот протистоячих будівель, але не менше 15 м, а при відсутності шкідливих виділень у простір – не менше 12 м. Санітарний розрив між найближчими корпусами будівель з замкнутим двором повинний бути не менше подвійної висоти найбільш високої з оточуючих двір будівель, але не менше 20 м [22].

Розміщення основних виробництв у підвальних і напівпідвальних приміщеннях не допускається.

Виробничі приміщення, у яких виконуються технологічні процеси з виділенням шкідливих газів, пару, пилу, повинні бути відокремлені, зокрема: відділення варильні, бродильні, фільтрувальні. Відокремлені повинні бути також склади харчових продуктів, пахнучих нехарчових речовин, миючих і дезінфікуючих засобів. Кислоти повинні зберігатися на складах хімічних матеріалів у спеціальних одноповерхових, оснащених опаленням та вентиляцією, приміщеннях при температурі не нижче 3 °С. Луги зберігаються в закритих приміщеннях без опалення.

Об'єм виробничих приміщень повинен бути таким, щоб на кожного працівника приходилося не менше 15 м³ вільного простору і не менше 4,5 м² площі.

Висота виробничих приміщень визначається в залежності від їхнього призначення і виду обладнання, що в них встановлюється, але не менше 4,8 м у будинках багатоповерхових та 4,2 м у будинках одноповерхових. У приміщеннях висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій, обладнання і площадок у місцях постійного проходу людей і на шляхах евакуації – не менше 2 м, а в місцях непостійного проходу – не менше 1,8 м. Кожне виробниче приміщення повинне мати не менше одного основного проходу шириною не менше 1,5 м, з'єднаного з виходом або сходовими клітками. Зони проходу працівників і проїзду транспорту повинні бути розмежовані.

Підлоги у виробничих приміщеннях монтують водонепроникними, без вибоїв і порогів. Металеve покриття підлог повинно мати рифлення, а покриття

площадок, естакад, переходів, сходинок повинно бути виконано рифленим або з просічно-витяжної сталі [22].

6.3 Вимоги до розміщення обладнання у виробничих приміщеннях

Виробниче обладнання розміщують у приміщеннях відповідно до вимог технологічного процесу, виробничої санітарії, техніки безпеки та пожежної безпеки. При розміщенні обладнання повинні виконуватися вимоги безпеки, викладені в стандартах і технічних умовах на обладнання конкретного виду.

При розміщенні обладнання необхідно передбачати ширину проходів не менше:

- ✓ 1,5 м – основного при наявності постійних робочих місць;
- ✓ 1,0 м – біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги або площадки;
- ✓ 0,8 м – між обладнанням для обслуговування і ремонту, а також між обладнанням і стінами;
- ✓ 1,4 м – при наявності між ними постійних робочих місць;
- ✓ 0,5 м – між ємностями, збірниками, мірниками і стінами;
- ✓ 0,3 м – між насосами і стінами;
- ✓ 0,7 м – між рядами силосів, а також між силосами і стінами в складах безтарного збереження борошна;
- ✓ 0,25 м – між суміжними в ряді силосами круглого перетину. Відстань від підлоги площадки обслуговування силосів до перекриття або низу виступаючих частин конструкцій повинна бути не менше 2 м.

У машинних відділеннях аміачних і хладонових (з одиничною продуктивністю не менше 3,5 кВт) холодильних установок основний прохід між компресорами, а також проходи між виступаючими частинами машин і щитами з контрольно-вимірювальними приладами або електрощитами хладонових установок приймається шириною не менше 1,5 м, прохід між виступаючими частинами компресорів повинний бути не менше 1 м, прохід між гладкою стіною і компресором (апаратом) – не менше 0,8 м [21].

6.4 Забезпечення електробезпеки

Наслідок дії на людину електричного струму залежить від багатьох факторів, у тому числі від схеми включення його в електричну мережу. Захист людей від ураження електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин обладнання, які у нормальних умовах його експлуатації не знаходяться під напругою, але можуть виявитися під ним у результаті ушкодження ізоляції, повинні бути забезпечені захисним заземленням або зануленням. Захисне заземлення слід виконувати навмисним електричним з'єднанням металевих конструкційних частин електроустановок з «землею» або її еквівалентом, занулення – електричним з'єднанням їх з заземленою точкою джерела живлення електроенергією за допомогою нульового захисного проводу.

Захисному заземленню або зануленню підлягають металеві частини електроустановок, доступні для дотику людини, які не мають інших видів захисту, що забезпечують електробезпеку. До частин, що підлягають заземленню або зануленню, відносяться: корпуси електричних машин, трансформаторів,

світильників і т.п.; приводи електричних апаратів; вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів; каркаси розподільних щитів, а також щитів управління, щитків, шаф і т.п.; металеві конструкції розподільних пристроїв, оболонки і броня контрольних і силових кабелів, рукави і труби електропроводки і т.п.; металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів; електроустаткування, розміщене на частинах верстатів, що рухаються, машин і механізмів.

В якості заземлюючих і нульових захисних провідників слід використовувати спеціально призначені для цієї мети провідники, а також металеві будівельні, виробничі та електромонтажні конструкції. У приміщеннях сухих, без агресивного середовища, заземлюючі і нульові захисні провідники допускається прокладати безпосередньо по стінах. В вологих, сирих і особливо сирих приміщеннях та в приміщеннях з агресивним середовищем заземлюючі і нульові захисні провідники слід прокладати на відстані від стін не менше 10 мм. Кожна частина електроустановки, що підлягає заземленню або зануленню, повинна бути приєднана до мережі заземлення або занулення за допомогою окремого відгалуження [15].

Для захисту від ураження електричним струмом при ушкодженні ізоляції використовуються також: захисне відключення, розділяючий трансформатор, мала напруга (не більш 42 В між фазами і відносно землі), ізоляція (додаткова, посилена або подвійна), вирівнювання потенціалів. Існує також правило: на 1 В робочої напруги приймається опір ізоляції провідників не менше 1 кОм.

Захист електричних машин і апаратів від перевантажень і коротких замикань здійснюється за допомогою плавких запобіжників або реле.

Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруг 12 і 36 В за своєю конструкцією повинні відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруг 127 і 220 В. Штепсельні з'єднання та електророзетки, розраховані на напруги 12 і 36 В, повинні бути пофарбовані в колір, що візуально значно відрізняється від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напруги 127 і 220 В.

Електромережа штепсельних розеток для живлення периферійних пристроїв та обладнання для обслуговування, ремонту і налагодження при розташуванні їх вздовж стін приміщення прокладають біля них по підлозі, як правило, у металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання і його технічних характеристик.

Електромережа штепсельних розеток для живлення периферійних пристроїв та обладнання для обслуговування, ремонту і налагодження при розташуванні їх у центрі приміщення прокладається у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах, які повинні бути заземлені. При цьому не дозволяється застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інших матеріалів, що містять сірку.

Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції. Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується самим коротким шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів і меблів. Доточувати

проводи можна тільки шляхом пайки з наступним ізолюванням місць з'єднання [21].

6.5 Загальні вимоги до організації робіт підвищеної небезпеки

До виконання технологічних процесів пред'являють особливі вимоги. Характерні для підприємств бродильних виробництв роботи, зв'язані з оглядом, очищенням, ремонтом, розгерметизацією технологічного устаткування, комунікацій, у тому числі всередині ємкостей (силосів, бункерів, цистерн, резервуарів та іншого аналогічного устаткування, а також колекторів, тунелів, колодязів та ін.), при проведенні яких існує або не виключена можливість виділення в робочу зону вибухо-, пожежонебезпечних або шкідливих парів, газів та інших речовин, здатних викликати вибух, загоряння, зробити шкідливий вплив на організм людини, а також роботи при недостатньому вмісті в повітрі кисню (нижче 20 % обсягу) і на висоті повинні проводитися за наряд-допуском відповідно до вимог інструкцій, розроблених на основі діючих правил з урахуванням місцевих умов.

На підприємстві за кожним цехом (виробництвом) повинен бути розроблений перелік робіт з підвищеною небезпекою. У переліку повинні бути роздільно зазначені роботи, що проводяться з оформленням наряду-допуску за встановленою формою і без оформлення такого документа, але з обов'язковою реєстрацією виконуваних робіт перед їх початком у відповідному журналі.

Перелік робіт з підвищеною небезпекою розробляється начальниками цехів, узгоджується з виробничим (технічним) відділом, службою охорони праці і затверджується роботодавцем. Перелік робіт з підвищеною небезпекою повинен періодично, не рідше одного разу на рік, переглядатися і перезатверджуватися. У переліку повинні бути зазначені: цех, місце і характер роботи, можливі шкідливі і небезпечні виробничі фактори при її проведенні, виконавці, основні заходи, що забезпечують безпеку виконуваних робіт.

Список осіб, що можуть призначатися керівниками робіт за нарядами-допусками, встановлюється роботодавцем [21].

6.6 Вимоги до виконання робіт усередині ємностей

Для проведення робіт усередині ємності повинна призначатися бригада в складі не менше 3-х чоловік (працюючий, дублер, спостерігач). Перебування всередині ємності дозволяється одній людині. При необхідності перебування в ємності більшої кількості працівників повинні бути розроблені, внесені в наряд-допуск і додатково здійснені міри безпеки, що передбачають збільшення кількості спостерігачів (не менше одного спостерігача на одного працюючого в ємності), порядок входу та евакуації працюючих, порядок розміщення шлангів, забірних патрубків протигазів, сигнально-рятувальних мотузок, наявність засобів зв'язку і сигналізації на місці проведення робіт та ін. Роботи всередині ємності повинні виконуватися при температурі в ній не вище 30 °С. При виконанні робіт при більш високій температурі повинні бути розроблені додаткові заходи безпеки (безперервне обдування працівника свіжим повітрям,

застосування теплоізолюючих костюмів і взуття, часті перерви в роботі та ін.) [22].

Виконувати роботи всередині ємкості при температурі 50 °С і вище взагалі не допускається.

Роботи всередині ємності повинні проводитися в денний час. При проведенні робіт у нічний час повинні бути розроблені відповідні міри безпеки та отриманий дозвіл роботодавця.

Перед проведенням робіт у ємності повинні бути знеструмлені всередині її електроприлади і пристрої з живленням від електричної мережі, вивішені плакати з попереджувальним написом «Не вмикати! Працюють люди!». Вентиляція ємності і періодичний аналіз повітря в ній повинні проводитися протягом всього часу ремонтних робіт. Місцевий вентиляційний відсмоктувач ємності, в якій повинні здійснюватися роботи, необхідно відключити від вентиляційної мережі інших ємностей.

Зняття кришки люка-лазу допускається тільки після звільнення ємності від продукту.

До початку роботи в ємності її необхідно (залежно від властивостей речовин, що знаходяться в ній) промити, пропарити гострою парою, продути чистим повітрям, після чого провести аналіз повітряного середовища на вміст шкідливих речовин. Результати аналізу повинні пред'являтися письмово. Видалення виявленого горючого газу повинне проводитися за допомогою переносного або пересувного вентилятора у вибухозахищеному виконанні. Не дозволяється застосовувати для вентиляції ємності балони зі стисненим повітрям.

Видалення газу з невеликих ємностей допускається шляхом заповнення їх водою та наступного злива або відкачки її. Діоксид вуглецю повинен видалятися з ємності через нижній люк або витіснятися шляхом заповнення її водою.

Якщо вміст шкідливих і небезпечних речовин у ємності через 2...3 години після пропарювання її перевищує гранично допустиму концентрацію або вміст кисню в повітрі менше 19 %, роботи всередині ємності повинні здійснюватися в шлангових протигазах ПШ-1 і ПШ-2 або киснево-ізолюючих апаратах (використання фільтруючих протигазів не дозволяється).

Тривалість одноразового перебування працюючого в протигазі не повинна перевищувати 15 хвилин з наступним відпочинком на чистому повітрі не менше 15 хвилин.

При роботі всередині ємності повинні застосовуватися світильники і прилади, що підключаються до джерела живлення з напругою не вище 12 В. Включення і вимикання світильників здійснюється поза ємністю.

Роботи всередині резервуарів і апаратів, в яких можливе утворення вибухопожежонебезпечних сумішей, повинні виконуватися за допомогою інструмента та інвентарю, що виключають утворення іскор. Виконання робіт усередині таких резервуарів і апаратів у комбінезонах, куртках та іншому одязі з матеріалів, що електризуються, не дозволяється [21].

6.7 Особливі вимоги до проведення робіт у силосах і бункерах

Спуск робітника в силос проводиться за допомогою спеціальної лебідки, призначеної для спуску і підйому людей. Виробничі силоси мають пристосування для закріплення таких лебідок. Встановлену на силосі лебідку до пуску в роботу та щорічно піддають технічному посвідченню з записом про це в її паспорті. Лебідки з ручним приводом оснащують рукоятками безпеки. Вантажний трос лебідки сталевий, діаметром не менше 7,7 мм. Швидкість опускання колиски з робітником не повинна перевищувати 20 м/хв. Колиска має огороження висотою не менше 1,2 м і пристрій, що виключає її перекидання.

До спуску в силоси та обслуговування лебідки допускаються особи, спеціально навчені безпечним методам роботи, що мають медичний висновок, який дозволяє їм за станом здоров'я працювати на висоті або спускатися в силоси, і дали письмову згоду на спуск в силос. Роботи в силосах і бункерах (для збереження солоду, несолодженої сировини) повинні проводитися тільки в денний час. Роботи в силосах під керівництвом відповідальної особи проводяться бригадою в складі не менше 4-х чоловік: один – спускається, другий – обслуговує лебідку і два спостерігача, один з яких обирає шланг протигаза, а інший – обирає канат, прикріплений до рятувального пояса робітника, що спускається.

Перед початком робіт особа, відповідальна за їх виконання, перевіряє стан лебідки, троса, колиски, інших пристосувань та пристроїв. До спуску в силос робітник повинний надягти шланговий протигаз, рятувальний пояс із сигнально-рятувальною мотузкою та захисну каску. При довжині шланга більше 12 м повітря для подиху робітника подають за допомогою повітродувки з електроприводом. Під час перебування людини в силосі відходити від лебідки і люка силосу особам, що беруть участь у його спуску, не дозволяється. Доступ робітників у силоси через нижні люки дозволяється тільки після їхнього провітрювання та одержання даних про відсутність у повітрі токсичних і вибухонебезпечних речовин. На стінках і зводах силосу не повинно бути прилиплих мас продукту; верхній лазовий люк повинен бути закритий суцільною лазовою кришкою на замок. По закінченні роботи в силосі відповідальний за її виконання повинен переконатися у відсутності в ньому людей та сторонніх предметів і тільки після цього дати дозвіл на закриття люків. При очищенні силосів не дозволяється обдув їх внутрішніх поверхонь стисненим повітрям, щоб уникнути утворення вибухонебезпечних сумішей. При руйнуванні зводів і завислих мас зернопродуктів не допускається перебування людей під силосом або бункером. Зачищати силос методом «підкопу» не дозволяється [15].

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Протягом останніх років в Україні спостерігаються тенденції зростання ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій різноманітного характеру. Такий розвиток подій, з точки зору становища з екологічної та техногенної безпеки обумовлюється наслідками антропогенного порушення і техногенної перевантаженості території держави, що становить загрозу національній безпеці України в економічній, соціальній та екологічній сферах. На даний час збільшення масштабів і наслідків аварій, катастроф і стихійних лих ставить проблему запобігання їх або створення системи раціональної і превентивної безпеки та мінімізації наслідків цих небезпечних подій, як найбільш актуальну [30].

В умовах виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру роботи об'єктів промислового комплексу у тому числі і підприємств харчової промисловості значно ускладнюються. Це обумовлено перш за все погіршенням техногенної обстановки, загостренням і порушенням економічних, соціальних та інших зв'язків, виникненням великого обсягу рятувальних та інших робіт, пов'язаних з ліквідацією наслідків надзвичайних ситуацій, появою постраждалих, які потребують медичної допомоги.

Цивільний захист – це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період [24].

ІНСТРУКЦІЯ про заходи пожежної безпеки в лабораторії (хімічних, технологічних)

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ:

1 Інструкція про заходи пожежної безпеки розроблена відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту України, Наказу №1417 від 30.12.2014 р. «Про затвердження Правил пожежної безпеки» зареєстрованого в Міністерстві юстиції України від 05.03.2015 р. №252/26697, Наказу МОН №974 від 15.08.2016 р. і встановлює правила дотримання пожежної безпеки в хімічній лабораторії.

2. Працівники лабораторій зобов'язані [29]:

- піклуватися про пожежну безпеку в приміщеннях лабораторії;
- знати й дотримуватися усіх вимог нормативних актів пожежної безпеки та цієї інструкції;
- вміти користуватися наявними первинними засобами пожежогасіння;
- виконувати вказівки керівників та відповідальних за пожежну безпеку;
- після закінчення роботи прибирати горючі відходи та знеструмувати електроспоживачі, які за умовами виробництва не повинні працювати в неробочий час;
- вміти застосовувати наявні засоби пожежогасіння, знати порядок дій у разі виникнення пожежі.

3. Відповідальність за пожежну безпеку лабораторії покладається на завідувача лабораторії і відповідального за пожежну безпеку.

Відповідальність за дотримання протипожежного режиму – на її працівників (лаборантів, технічний персонал та обслугову) [29].

4. Під час зміни відповідальний за пожежну безпеку зобов'язаний перевіряти:

- протипожежний стан усіх приміщень лабораторії;
- справність засобів зв'язку, сигналізації та засобів пожежогасіння.

5. У разі виявлення порушень вимог пожежної безпеки відповідальний за пожежну безпеку зобов'язаний повідомити керівника й ужити заходів щодо їх усунення.

6. Завідувач лабораторії зобов'язаний:

- контролювати виконання усіма працівниками вимог цієї Інструкції;
- проводити інструктажі всього персоналу лабораторії з питань пожежної безпеки;
- періодично перевіряти стан пожежної безпеки;
- забезпечити утримання у справньому стані засобів пожежогасіння та шляхів евакуації.

7. Ця Інструкція поширюється на всі приміщення лабораторій, встановлює вимоги пожежної безпеки, порядок дій у разі виникнення працівниками лабораторії [29].

Основні вимоги пожежної безпеки:

1 Відповідно до ОНТП 24-86 приміщення лабораторії за пожежною небезпекою належать до категорії В, за правилами будови електроустановок (ПБЕ) – до зони класу П-І.

2. Припливно-витяжна вентиляція в усіх приміщеннях лабораторії повинна вмикатися за 5 хвилин до початку робочого дня й вимикатися після закінчення роботи. Відповідальний за правильну експлуатацію вентиляційних систем зобов'язаний систематично (за графіком) перевіряти за допомогою спеціальних приладів ефективність їх функціонування. Роботи з високотоксичними та радіоактивними речовинами можуть проводитися лише за умови вентиляції, що працює.

3. Користуватися витяжними шафами з розбитим склом або несправною вентиляцією, а також шафами, в яких є речовини, матеріали та устаткування, що не мають відношення до виконуваних операцій забороняється.

4. Витяжні шафи, в яких проводяться такі роботи, повинні мати верхні та нижні висмоктувачі, а також бортики, що запобігають стіканню рідини на підлогу.

5. Установлення й перестановка витяжних шаф не можуть проводитися без дозволу адміністрації. Не допускається, щоб витяжна шафа встановлювалася безпосередньо біля дверей.

6. Робочі столи та витяжна шафи, призначені для роботи з відкритим вогнем і пожежо-вибухонебезпечними речовинами, повинні мати суцільне покриття з негорючого матеріалу, а також мати бортики [24].

7. Легкозаймисті й горючі рідини слід зберігати в лабораторіях чітко за асортиментом у металевих ящиках і шафах. Кожну речовину слід приймати в

кількості, не більшій за змінну потребу. Не допускається спільне зберігання речовин, хімічна взаємодія яких може призвести до пожежі або вибуху.

8. Відпрацьовані легкозаймісті й горючі рідини слід збирати у спеціальну герметичну тару, яку наприкінці зміни необхідно видалити з приміщення для регенерації або утилізації.

9. Посудини, в яких проводилися роботи з легкозаймісті й горючі рідини, після завершення досліджень повинні негайно промиватися пожежебезпечними речовинами.

10. У разі нагрівання легкозаймістих рідин об'ємом більше 0,5 дм³ необхідно ставити під прилад кювет такої самої місткості.

11. Для запобігання розливанню рідин і в разі аварії забороняється виливати легкозаймісті й горючі рідини у каналізацію.

12. У випадку розлиття легкозаймістих рідин це місце необхідно негайно засипати піском, а забруднений пісок зібрати лопатою або совком. Застосування сталевих лопат і совків забороняється.

13. Забороняється працювати з лужними металами в приміщеннях з високою вологістю та допускати їх контакт з водою, хлоровмісними органічними сполуками й твердим діоксидом вуглецю.

14. Для запобігання накопиченню зарядів статичної електрики на обладнанні, а також на людях необхідно передбачати такі заходи захисту [24]:

- відведення зарядів статичної електрики шляхом заземлення металевих частин апаратів, установок, обладнання, комунікацій і місткостей, на яких вони можуть накопичуватися. Заземлювальні пристрої повинні відповідати вимогам ПУЕ та ПБЄ;
- загальне й місцеве зволоження повітря до 70 % відносної вологості та вище в небезпечних місцях приміщень або зволоження поверхні електролізуємого матеріалу;
- заповнення апаратів, місткостей, закритих транспортних пристроїв та іншого обладнання інертним газом, переважно азотом;
- улаштування підлоги з підвищеною електропровідністю та електропровідних заземлених зон для зняття зарядів статичної електрики, що накопичуються на людях;
- застосування лійок зі струмопровідного матеріалу і заземлювання їх під час розливання рідин - діелектриків у скляні та інші посудини з ізолювальних матеріалів;
- заземлювання мідним дротом або пластиком гумових шлангів із металевими наконечниками, призначених для наливання легкозаймістих й горючих рідин у бочки, баки, цистерни, бутлі та інші місткості. Наконечники шлангів повинні бути виготовлені з кольорового металу, що не утворює іскор.

15. У разі появи в приміщенні запаху газу необхідно [24]:

- негайно припинити користування газовими пальниками та приладами;
- не запалювати вогню;
- не вмикати електроприладів;
- не користуватись електродзвінками;

- перевірити, чи закриті всі крани в газових пальниках і газових приладах;
- негайно повідомити відповідального за газове господарство, провітрити приміщення.

16. Забороняється застосовувати вогонь для виявлення витікання газу з газопроводів і приладів; а також користуватись несправними газовими пальниками та приладами, газопроводами та арматурою.

17. Евакуаційні шляхи та виходи завжди утримувати вільними, нічим не захащеними.

18. Завідувач лабораторії наприкінці робочого дня зобов'язаний особисто пересвідчитись у пожежобезпечності приміщень хімічної лабораторії, вимкнути всі струмоприймачі та замкнути вхідні двері на замок.

Обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі:

1. У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це пожежно-рятувальну службу за телефоном «101», вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також своє прізвище;
- повідомити про пожежу адміністрацію, чергового та об'єктову пожежну охорону (за наявності);
- організувати евакуацію людей і матеріальних цінностей;
- вимкнути (за необхідності) струмоприймачі та вентиляцію.

2. Організувати зустріч підрозділів пожежно-рятувальної служби та надати їм допомогу під час гасіння пожежі.

3. Попередити керівника пожежно-рятувальної служби про наявність вибухопожежонебезпечних, отруйних та хімічноактивних речовин.

4. Якщо є потерпілі, необхідно надати першу (долікарську) допомогу, викликати лікаря або вжити заходів щодо транспортування їх у найближчий медичний заклад [29].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи було здійснено літературний пошук та проведено експериментальні дослідження, відповідно до яких можна зробити наступні висновки:

1. З метою збільшення вмісту біологічно-активних речовин при ферментації злаків тривалість їх пророщування повинна бути, діб: пшениці – 2; ячменю – 5; вівса – 5.
2. В результаті ферментації пророщених злаків максимальний приріст цукрів має місце після добової витримки при температурі 45 °С – в 2 рази. Подальша ферментація при 55 і 65 °С дає приріст цукрів лише на 10...20 % у порівнянні з паузою при 45 °С.
3. Вміст вільних цукрів у ферментованому солоді в % від його маси наступний: фруктози – 3,8...4,4, глюкози – 4,3...4,8, цукрози – 3,5...4,0, мальтози – 2,6...3,3.
4. До складу ферментованих солодів входять такі макроелементи, як калій (K), кальцій (Ca), кремній (Si), магній (Mg), натрій (Na), сірка (S), фосфор (P), хлор (Cl) і мікроелементи: алюміній (Al), залізо (Fe), йод (I), кобальт (Co), марганець (Mn), мідь (Cu), цинк (Zn).
5. Ферментація протягом 3-х діб при температурах 45...65 °С дозволяє одержувати солод, що має значну вітамінну активність. Присутні вітаміни, розчинні у жирах (A, E, D₃) і розчинні у воді (PP, B₁, B₂, B₉, B₁₂, H, пантотенова кислота).
6. В результаті 3-х добової ферментації колір солоду збільшується у 20 разів у порівнянні з кольором до ферментації. Одночасно з кольором появляється приємний хлібний смак і аромат.
7. На утворення органічних кислот при ферментації позитивно впливає вологість солоду. Кислотність ферментованого солоду в 3,5...4,5 рази вище, ніж до ферментації.
8. У процесі ферментації солоду гідроліз білків в основному закінчується протягом 3-х діб, і при подальшій ферментації амінокислотний склад значно не змінюється. Кількість вільних кислот до кінця ферментації збільшується вдвічі, при цьому кількість незамінних серед них досягає 30...35%.
9. Активність амілолітичних ферментів в процесі ферментації пророщених злаків знижується, і тому готовий ферментований солод вже після 2-х діб ферментації не оцукрюється. Такий солод необхідно переробляти в суміші з неферментованим, який має активні амілолітичні ферменти.
10. В результаті 3-х добової ферментації пророщених злаків вміст амінного азоту збільшується в 1,5...2, редукуючих цукрів в 1,2...1,7, кольору в 3...4, кислотність в 1,5...2,5 рази в залежності від злаку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Апарат для виробництва ферментованих солодів / А.І. Українець, Н.О. Ємельянова, І.М. Неретін, І.Є. Пехтерєв, С.І. Потапенко, Р.М. Мукоїд, В.І. Сташейко: Патент на корисну модель № 27356 Україна: опубл. 25.10.2007. Бюл. №17.
2. Апарат для виробництва ферментованих солодів / А.І. Українець, Н.О. Ємельянова, І.М. Неретін, І.Є. Пехтерєв, С.І. Потапенко, Р.М. Мукоїд, В.І. Сташейко: Патент на винахід №88341 Україна: опубл. 12.10.2009, Бюл. №19.
3. Бодров В.С., Зав'ялов В.Л., Мисюра Т.Г. Математико-статистичні методи досліджень: курс лекцій для магістрантів спеціальностей напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія», напряму 0902 «Інженерна механіка» та напряму 0905 «Енергетика» денної та заочної форм навчання. Київ: НУХТ, 2008. 106 с.
4. Вміст амінокислот при пророщуванні злаків / Н.О. Ємельянова, А.І. Українець, С.І. Потапенко, Р.М. Мукоїд. *Харчова і переробна промисловість*. 2007. № 8-9. С. 16-17.
5. Гречко Н.Я. Изменение оптимальных условий образования красящих веществ с целью совершенствования концентрата квасного сула: дис. кан. тех. наук: 05.18.07. Киев, 1983. 203 с.
6. Домарецкий В.А., Остапчук М.В., Українець А.І. Технологія харчових продуктів: підручник / за ред. д-ра техн. наук, проф. А.І. Українця. Київ: НУХТ. 2003. 572 с.
7. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: підруч. Київ: ІНКОС, 2004. 426 с.
8. ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технологічні вимоги. [Чинний від 1999-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. 11 с. (Національний стандарт України).
9. ДСТУ 3888:2015. Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015-11-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 16 с. (Національний стандарт України).
10. ДСТУ 4282:2018. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2018-1-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с. (Національний стандарт України).
11. ДСТУ 4658:2006 Солод пивоварний пшеничний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2007-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 38 с. (Національний стандарт України).
12. ДСТУ 4963:2008. Овес . Технічні умови. [Чинний від 2010-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 14 с. (Національний стандарт України).
13. Жемела Г.П., Олексюк О.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Полтава: Терра. 2003. 420 с.

14. Камінський В.Д., Бабич М.Б. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції: навчальний посібник для вузів. Одеса: Аспект. 2000. 460 с.
15. Крюковська О.А., Левчук К.О. Охорона праці в галузі (для хімічних спеціальностей) / під редакцією к.т.н., доцента Толока А.О.: Навч. посібник. 2011. 230 с.
16. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
17. Мелетьев А.Е., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технологічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв. Вінниця: Нова книга, 2007. 385 с.
18. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів бродіння і виноробства» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс]: / уклад. А.М. Куц, В.Л. Прибильський, М.В. Білько. Київ: НУХТ, 2022. 66 с.
19. Нарцис Л. Пивоварение. В 2 т. Т. 1. Технология солодоращения: пер. з нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. 584 с.
20. Нарцис Л. Краткий курс пивоварения: пер. з нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. 640 с.
21. Основи охорони праці: підручник. / М.П. Купчик та ін. // за ред. М.П. Купчика, М.П. Гандзюка. Київ: Основа, 2000. 416 с.
22. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях [електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту, магістерської роботи для здобувачів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання / уклад. В.С. Гуць, О.А. Коваль. Київ: НУХТ, 2014. 67 с. (№ 5517)
23. Солод пшеничний, вівсяний, кукурудзяний. Технічні умови: ТУ У 25400 261.002-2000. [Чинний від 2008-08-22]. Київ: Держспоживстандарт України, 2000. 10 с. (Національний стандарт України).
24. Стеблюк М.І. Цивільна оборона: підручник. Київ: Знання, 2006. 487с.
25. Технология солодовых экстрактов, концентратов квасного сусла і квасу. Ємельянова Н.О. та ін. / за ред. Н.О. Ємельянової. Київ: ІСДО, 1994. 152 с.
26. Технология солоду, пива і безалкогольних напоїв [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивчення дисципліни та виконання лабораторного практикуму для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» денної і заочної форм навчання / уклад. В.М. Кошова, А.М. Куц, Р.М. Мукоїд. Київ: НУХТ, 2016. 108 с. (№ 64.31)

27. Універсальний апарат для виробництва солоду / Р.М. Мукоїд та ін. *Харчова і переробна промисловість*. 2008. №10. С. 18-19.
28. Хіврич Б.І., Роздобудько Б.В. Вплив заміників солоду на концентрацію основних смакових і ароматичних компонентів пива. *Харчова наука і технологія*. 2013. №3(24). С. 31-34.
29. Хіврич О.В., Халмурадов Б.Д., Слободян О.П. та ін. Цивільний захист на підприємствах харчової промисловості [Текст] : навч. посіб. Київ: ЦУЛ. 2015. 192 с.
30. Шоботов В. М. Цивільна оборона: навч. посібник. Вид. 2-ге, перероб. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.
31. Annemüller G. *Gärung und Reifung des Bieres*. Berlin: VLB-Fachbücher, 2013. S. 872.
32. Bamforth C. *Beer. Tap into the art and science brewing*. 2 ed. Oxford: University press. 2003. P. 246.
33. Bamforth C. W. *Beer. A quality perspective*. Cambridge: Elsevier. 2007. P. 287.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. Робоча програма кваліфікаційної роботи
Затверджено на засіданні
кафедри біотехнології продуктів
бродіння і виноробства НУХТ,
протокол № 1
від 29 серпня 2023 р.
Зав. кафедри _____ А.М. Куц

РОБОЧА ПРОГРАМА
кваліфікаційної роботи на тему
«ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ ЗЛАКІВ»

ВСТУП

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ ЗЛАКІВ
(аналітична частина)

1.1 Зміни біохімічного і хімічного складу пророщених злаків при їх ферментації

1.1.1 Біохімічні зміни

1.1.2 Утворення меланоїдинів

1.2 Огляд експериментальних установок для виготовлення пророщених ферментованих злаків

1.2.1 Обладнання і проведення технологічного процесу на солодових заводах

1.2.1.1 Токова солодовня

1.2.1.2 Пневматичні солодовні

1.2.2 Експериментальна установка для пророщування солоду

1.2.3 Експериментальна установка для ферментації пророщених злаків

1.3 Висновки до розділу 1

1.4 Мета і задачі дослідження

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

2.2 Методи досліджень

2.2.1 Визначення вологості методом Чижової за температури 160 °С

2.2.2 Визначення енергії проростання і здатності до пророщування

2.2.3 Визначення екстрактивності сухого солоду стандартним (конгресним)

методом

2.2.4 Визначення білкових речовин за методом Кьельдаля

2.2.5 Визначення тривалості оцукрювання солоду візуальним методом з

використанням розчину йоду

2.2.6 Визначення титрованої кислотності з виносною краплею

2.2.7 Визначення екстрактивності

2.2.8 Визначення кольоровості

2.2.9 Визначення вмісту «сирої» мальтози йодометричним методом

2.3 Методика досліджень

2.3.1 Методика проведення ферментації злаків

2.4 Висновки до розділу 2

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ ЗЛАКІВ (теоретична частина)

3.1 Розробка оптимальних умов для утворення у солоді попередників меланоїдинів

3.1.1 Вплив температури і режимів замочування

3.1.2 Вплив вологості солоду, а також тривалості солодорушення і ферментації на ферментативний гідроліз

3.1.3 Вплив температури і тривалості ферментації на зміни хімічного складу солоду або пророщеного зерна

3.2 Біологічно-активні речовини в готових ферментованих солодах

3.2.1 Вміст цукрів

3.2.2 Мінеральні речовини

3.2.3 Вміст вітамінів

3.2.4 Колір солоду

3.2.5 Кислотність солоду

3.2.6 Білкові речовини

3.3 Отримання зразків ферментованих злаків на експериментальній установці

3.3.1 Визначення хімічного складу ферментованих злаків

3.4 Висновки до розділу 3

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ФЕРМЕНТАЦІЇ ЗЛАКІВ

5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Класифікація небезпек на підприємствах бродильної галузі

6.2 Вимоги безпеки до території підприємства, розміщення та влаштування будівель і приміщень

6.3 Вимоги до розміщення обладнання у виробничих приміщеннях

6.4 Забезпечення електробезпеки

6.5 Загальні вимоги до організації робіт підвищеної небезпеки

6.6 Вимоги до виконання робіт усередині ємностей

6.7 Особливі вимоги до проведення робіт у силосах і бункерах

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

ДОДАТОК Б. Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». Київ: НУХТ, 2023 р.

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 XXI
столітті"

3-7 квітня 2023 р.

Частина 1

Київ НУХТ 2023

89 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April, 3-7, 2023. Book of abstract. Part 1. NUFT, Kyiv.

The publication contains materials of 89 International scientific conference of young scientists and students "Youth scientific achievements to the 21st century Nutrition problem solution".

It was considered the problems of improving existing and creating new energy and resource saving technologies for food production based on modern physical and chemical methods, the use of unconventional raw materials, modern technological and energy saving equipment, improve of efficiency of the enterprises, and also the students research work results for improve quality training of future professionals of the food industry.

The publication is intended for young scientists and researchers who are engaged in definite problems in the food science and industry.

© NUFT, 2023

Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3-7 квітня 2023 р. – К.: НУХТ, 2023 р. – Ч.1. – 433 с.

Видання містить матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті".

Розглянуто проблеми удосконалення існуючих та створення нових енерго- та ресурсощадних технологій для виробництва харчових продуктів на основі сучасних фізико-хімічних методів, використання нетрадиційної сировини, новітнього технологічного та енергозберігаючого обладнання, підвищення ефективності діяльності підприємств, а також результати науково-дослідних робіт студентів з метою підвищення якості підготовки майбутніх фахівців харчової промисловості.

Розраховано на молодих науковців і дослідників, які займаються означеними проблемами у харчовій науці та промисловості.

© НУХТ, 2023

Зміст

Ukrainian science: challenges of war	7
1. Technology of functional ingredients and new food.....	51
2. Foodstuff expertise	97
3. Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates	139
4. Grain processing technology	169
5. Technology of sugars, polysaccharides and water treatment.....	182
6. Technology of fermentation and wine.....	196
7. Technology of preservation	227
8. Technology of meat and meat products.....	261
9. Technology of milk and dairy products.....	316
10. Technology of fats and perfumery-cosmetic products	337
11. Ecology and sustainable development	353
12. Biotechnologies and bioengineering.....	382

Content

Українська наука: виклики війни.....	7
1. Технологія функціональних інгредієнтів та нових харчових продуктів.....	51
2. Експертизи харчових продуктів.....	97
3. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів.....	139
4. Технологія переробки зерна.....	169
5. Технології цукру, полісахаридів і підготовки води.....	182
6. Технологія продуктів бродіння і виноробства.....	196
7. Технологія консервування.....	227
8. Технологія м'яса і м'ясних продуктів.....	261
9. Технологія молока і молочних продуктів	316
10. Технологія жирів та парфумерно-косметичних виробів.....	337
11. Екологія і сталій розвиток	353
12. Біотехнології та біоінженерія.....	382

Section 6

Technology of fermentation and wine

Chairperson – professor Vitalii Prybyl'skyi

Secretary – Anastasiya Parhomenko

Секція 6

Технології продуктів бродіння і виноробства

Голова – професор Віталій Прибильський

Секретар – Анастасія Пархоменко

29. Зміни кольоровості солоду в процесі ферментації

Віталій Цюкало, Анастасія Пархоменко, Роман Мукоїд

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. При ферментації солоду протікають специфічні біохімічні процеси, які приводять до фізико-хімічних та хімічних змін. Актуальним дослідження процесів, які відбуваються при ферментації солоду.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є технологія ферментації пророщених злаків. Було проведено аналітичний пошук літератури, дослідження проводили загальноприйнятими фізико-хімічними та органолептичними методами.

Результати. При ферментації пророщених злаків продовжуються процеси гідролізу крохмалю і білків, а також інших речовин зерна. Одночасно з гідролізом проходять і процеси синтезу. Амінокислоти і цукри утворюють нові продукти – меланоїдини, які надають готовому солоду темний колір та приємний хлібний смак і аромат.

Зразки пророщених злаків ферментували на дослідній установці за температурним режимом. Ферментацію проводили протягом 3-х діб при температурах 45, 55, 65°C, при цьому температуру підвищували кожного наступного дня. Результати ферментації солоду представлені в табл. 1.

З таблиці видно, що протягом всіх 3-х днів ферментації проходить процес утворення барвних речовин. При цьому після однієї доби ферментації при 45°C колір стає інтенсивнішим у 3 рази. В результаті ферментації протягом 2-х днів (при 45 і 55°C) колір стає інтенсивнішим в 20 разів у порівнянні з кольором до ферментації і майже в 4 рази у порівнянні з кольором солоду після однієї доби ферментації.

Таблиця 1 – Зміни кольору вівсяного солоду при його ферментації

Тривалість ферментації, дів	Колір солоду, см ³ розчину йоду концентр. 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ води	
	На 100 см ³ суслу	На 100 г сухого солоду
До ферментації	0,4	1,6
1	1,4	6,6
2	5,0	23,3
3	8,5	40,5

Одночасно з кольором появляється приємний хлібний смак і аромат. Безумовно, додавання ферментованого солоду до сировини при виготовленні різних харчових продуктів (наприклад, квасу, екстракту, печива, хліба, різноманітних соусів та ін.) буде позитивно впливати на їх смакових якостях. При цьому такий зерновий барвник і ароматизатор, завдяки своєму хімічному складу, буде підвищувати не тільки органолептику, але й лікувально-дієтичні якості.

Висновок. В результаті 3-х добової ферментації колір солоду збільшується у 20 разів у порівнянні з кольором до ферментації. Одночасно з кольором появляється приємний хлібний смак і аромат.

**89 International scientific conference of young scientist and students
"Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution",
April, 3–7, 2023. Book of abstract. Part 1. NUFT, Kyiv.**

Наукове видання

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

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

3-7 квітня 2023 р.

Частина 1

Відповідальна за випуск Н.В. Акутіна

Підп. до друку 31.03.23 р. Обл.-вид. арк. 62.03.
Наклад 40 пр. Вид. № 04н/18 Зам. № 06-22
НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.

**ДОДАТОК В. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції
«Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови:
виклики для України та світу» Київ: РВВ НУБіП України, 2023.**



Організатор конференції:

Національний університет біоресурсів і
природокористування України

Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повосінної відбудови: виклики для України та світу: мат. Міжн. наук.-практ. конф., секція 3: Роль тваринництва, ветеринарної медицини та харчових технологій в умовах війни та вирішенні завдань плану відродження України (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С. 698.

Матеріали конференції подано в авторській редакції.

У збірнику подано результати обговорення актуальних проблем, перспектив і шляхів забезпечення продовольчої та екологічної безпеки в умовах війни, плану відновлення України, сталого розвитку світу в контексті глобальних і регіональних викликів, трансформації суспільства та формування нової парадигми розвитку.

Редакційна колегія:

Ніколаєнко С. М. (відповідальний редактор), Кваша С. М., Кондратюк В. М., Ткачук В. А., Шинкарук В. Д., Барановська О. Д., Баль-Прилишко Л. В., Братішко В. В., Глазунова О. Г., Гриценко І. С., Діброва А. Д., Євсюков Т. О., Каплуєв В. В., Коломієць Ю. В., Кононенко Р. В., Василюшин Р. Д., Мельник В. І., Остапчук А. Д., Отченашко В. В., Рудик Я. М., Ружило З. В., Савицька І. М., Тонха О. Л., Цвіліховський М. І., Яра О. С.

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції

**ПРОДОВОЛЬЧА ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПОВОСІННОЇ
ВІДБУДОВИ: ВИКЛИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ ТА СВІТУ**

*присвяченої 125-річчю Національного університету біоресурсів
і природокористування України*

**Секція 3. Роль тваринництва, ветеринарної медицини та харчових технологій в умовах
війни та вирішенні завдань плану відродження України**

Відповідальний за випуск: Отченашко В. В.

© НУБіП України, 2023.

237.	Філоненко М.І., Кулик В.К., Голембовська Н.В. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РИБНИХ СІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ.....	601
238.	Харченко А.С., Іванюта А.О. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ ГАРЯЧОГО КОПЧЕННЯ.....	602
239.	Хомічак Л.М. ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	603
240.	Худя Д.П., Гудзенко М.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДТИСКАННЯ ОЛІЇ ОДНОГВИНТОВИМ ПРЕСОМ.....	606
241.	Цюкало В.В., Мукоїд Р.М., Василів В.П. ЗМІНИ КИСЛОТНОСТІ СОЛОДУ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТАЦІЇ.....	608
242.	Червінський В., Науменко О.В. МОЛОЧНОКИСЛІ БАКТЕРІЇ З ПРОТИГРИБКОВОЮ АКТИВНІСТЮ – БІОЛОГІЧНІ КОНСЕРВАНТИ ХЛІБА.....	610
243.	Чех О., Мигович В., Бабич І.М. АЛЬТЕРНАТИВА SO ₂ ПРИ ЗАХИСТІ М'ЯЗГИ І СУСЛА ПЕРЕД БРОДІННЯМ.....	613
244.	Чечітко В.І., Слива Ю.В. СУЧАСНІ МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ПИВА.....	616
245.	Чорна М.Б., Швець О.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДІЄТИ F.O.D.M.A.P НА ХАРЧОВУ ПОВЕДІНКУ, ФІЗИЧНЕ ТА ПСИХІЧНЕ ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ ТА РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ.....	618
246.	Швець О.В. СУЧАСНИЙ СТАН ХАРЧУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ ТА ЗАХОДИ ДО ПОЗИТИВНИХ ЗМІН.....	620
247.	Шевченко Д.М., Розбицька Т.В., Постой Р.В. ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ НАССР НА РИБОПЕРЕРОБНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ.....	622
248.	Шпакович В., Філоненко О., Самойліченко О. ОПТИМІЗАЦІЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПЕРСОНАЛУ ПРОМИСЛОВИХ ВИРОБНИЦТВ.....	625

2. Ionescu, M., Voicu, G., Biris, S., Matache, M., & Stefan, M. (2015). Mathematical Models for Expressing the Oil Extraction at Screw Presses. *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, Vol. 77, Iss. 3. pp. 249-260

УДК 663.43

ЗМІНИ КИСЛОТНОСТІ СОЛОДУ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТАЦІЇ

Цюкало В.В., магістр, **Мукоїд Р.М.**, к.т.н., доцент (*mukoid_roman@ukr.net*)

Національний університет харчових технологій України, м. Київ

Василів В.П., к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

При ферментації солоду протікають специфічні біохімічні процеси, які приводять до фізико-хімічних та хімічних змін. Залежно від перетворень, що відбуваються у зерні при ферментації процеси можна розділити на три фази: фізіологічну, ферментативну і хімічну. У дійсності ферментативні і хімічні процеси у більшій чи меншій мірі відбуваються протягом усіх фаз. Але таке розділення процесу зручно для розгляду окремих процесів. Кислотність помітно збільшується при солододороженні злаків і ферментації солоду головним чином в результаті розчинення кислих (первісних) фосфатів, а також в результаті гідролізу білкових речовин і утворення органічних кислот (молочної, янтарної, яблучної та ін.). Органічні кислоти утворюються як проміжні продукти при окисленні вуглеводів і утворюються при гідролізі білкових речовин (амінокислоти). Крім того, кислотність підвищується також при дезамінуванні амінокислот. При відщепленні лужної аміногрупи амінокислоти переходять у оксикислоти і кислотність середовища зростає. Таким чином, при солододороженні злаків і ферментації солоду кислотність у зерні зростає, що необхідно для утворення і активної діяльності ферментів.

У табл. 1 та табл. 2 показані зміни кислотності при ферментації ячмінного і вівсяного солоду. Режим ферментації цих солодів був однаковим. У табл. 2 показані результати ферментації при різній вологості: 39,0, 44,0 і 49,0 %.

З табл. 1 видно, що за першу добу ферментації вівсяного солоду кислотність зросла в 2,5 рази, за другу – на 30 %, а за третю – тільки на 7 %.

Таблиця 1

Зміни кислотності вівсяного солоду при його ферментації

Тривалість ферментації, дів	Кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1,0 моль/дм ³	
	На 100 см ³ суслу	На 100 г сухого солоду
До ферментації	2,2	9,6
1	5,5	25,2
2	7,0	32,3
3	7,5	37,5

Таблиця 2

Зміни кислотності ячмінного солоду при його ферментації

Тривалість ферментації, дів	Кислотність, см ³ розчину NaOH концентрацією 1,0 моль/дм ³					
	Вологість солоду при солодоращенні, %					
	39,0		44,0		49,0	
	на 100 см ³ суслу	на 100 г сухого солоду	на 100 см ³ суслу	на 100 г сухого солоду	на 100 см ³ суслу	на 100 г сухого солоду
До ферментації	2,0	8,8	2,0	8,8	2,0	8,8
1	3,1	13,2	5,0	22,6	5,1	23,4
2	6,6	20,9	7,2	32,8	8,5	39,3
3	7,4	33,4	8,7	41,3	9,5	44,2

При ферментації ячмінного солоду (табл. 2) помітно вплив вологості. Якщо ферментація була при вологості 39,0 %, то за першу добу кислотність збільшилась на 50 %, за другу – в два рази, за третю – на 12 %. При більш високій вологості ферментації процес утворення кислот був більш активним. Якщо ферментація проходила при вологості 44,0 %, то за першу добу кислотність зростала в 2,5 рази, за другу – на 45 %, а за третю – на 17 %. Аналогічні зміни були і при вологості 49,0 %, але до певної міри ще більш значні. Якщо порівнювати кислотність ферментованого зерна з тим, що подається на ферментацію, то вона вище майже в 3,5...4,5 рази. Присутність в ферментованому солоді органічних кислот (молочної, яблучної, янтарної та ін.) робить його цінною добавкою при виготовленні дієтичних харчових продуктів.

Отже, на утворення органічних кислот при ферментації позитивно впливає вологість солоду. Кислотність ферментованого солоду в 3,5...4,5 рази вище, ніж до ферментації.

УДК 664.641.1

**МОЛОЧНОКИСЛІ БАКТЕРІЇ З ПРОТИГРИБКОВОЮ
АКТИВНІСТЮ – БІОЛОГІЧНІ КОНСЕРВАНТИ ХЛІБА.**

Червінський В., аспірант; **Науменко О.В.,** д.т.н., с.н.с., зав.відділу
технологій хліба та біотрансформації зернових продуктів

[\(ovnaumenko1@gmail.com\)](mailto:ovnaumenko1@gmail.com)

Інститут продовольчих ресурсів НААН України, Київ

Хлібобулочні вироби є одними з найпопулярніших продуктів харчування, які щодня споживають люди в усьому світі. Однак, хлібобулочні вироби дуже вразливі до грибкового забруднення, що значно скорочує термін їхнього зберігання, призводячи до харчових відходів та економічних втрат. Поява грибів становить небезпеку для здоров'я людини через потенційну здатність деяких штамів продукувати мікотоксини [1].

Для пригнічення росту грибів у хлібобулочних виробках традиційно застосовують фізичні методи: сушіння, обробка мікрохвильовим та інфрачервоним випромінюванням, додавання хімічних консервантів (пропіонат кальцію, сорбат, бензоати, ЕДТА, нітрити та сульфіти [2]. Однак, за такої обробки хлібобулочні вироби значно втрачають свою поживну цінність. Наприклад, пропіонат кальцію та інші хімічні консерванти дозволено додавати безпосередньо в хлібобулочні вироби у певній кількості, проте тривале споживання цих консервантів значно збільшує ризики появи та/або протікання хронічних захворювань [3]. Харчові компанії зацікавлені в скороченні використання хімічних консервантів також через їх вартість та потребу споживачів у продуктах без консервантів.

Натомість біологічні консерванти є більш прийнятними для споживачів, екологічно стійкими та мають перспективу широкого застосування для боротьби

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції

**ПРОДОВОЛЬЧА ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПОВОСННОЇ
ВІДБУДОВИ: ВИКЛИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ ТА СВІТУ**

*присвяченої 125-річчю Національного університету біоресурсів
і природокористування України*

**Секція 3. Роль тваринництва, ветеринарної медицини та харчових технологій в умовах
війни та вирішенні завдань плану відродження України**

Відповідальний за випуск: **Отченашко В. В.**

Видавець: Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15. Тел.: 527-87-20

© НУБІП України, 2023.