

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня "Магістр"  
на тему:

**Обґрунтування технології переробки зерна в  
борошно з заданими показниками якості**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГХТ-1-20  
за спеціальністю 181 "Харчові технології"

\_\_\_\_\_ Дегтярюк М.О.  
(прізвище та ініціали)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Чурсінов Ю.О.  
(прізвище та ініціали)

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Науменко О.П.  
(прізвище та ініціали)

Дніпро 2021

# ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: «Технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції»

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 181 "Харчові технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Чурсінов Ю.О.

« 01 » грудня 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу магістра студенту

Дегтярюку Максиму Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Обґрунтування технології переробки зерна в борошно з заданими показниками якості

**керівник роботи:** д.т.н., проф. Чурсінов Юрій Олексійович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 13 » 10.2021 року № 3253

**2. Строк подання студентом роботи:** 01.12.2021 р.

**3. Вихідні дані до роботи:** Загальний опис технологічного процесу виробництва борошна на підприємстві «Дніпромлин». Результати досліджень якості борошна на підприємствах України.

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

Сучасний стан проблем виробництва борошна. Методи стабілізації якості борошна на різних заводах. Використання добавок при виробництві борошна. Програма та методика досліджень. Характеристика показників якості. Економічна частина. Охорона праці.

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

Графічні та табличні матеріали використовуються в презентації.

**6. Консультанти розділів роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Технологічна частина. д.т.н., проф. Чурсінов Ю.О.		
4	Економічна частина. к.е.н., доц. Павленко О.С.		
5	Охорона праці. к.т.н., доц. Кравець В.В.		

7. Дата видачі завдання 20.09.2021 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз сучасного стану виробництва борошна.	20.09.÷07.10.21р.	
2.	Принципи стабілізації якості борошна на заводах.	07.10.÷15.10.21р.	
3.	Розробка програми та методики.	15.10.÷25.10.21р.	
4.	Визначення показників якості пшеничного борошна.	25.10.÷05.11.21р.	
5.	Економічна частина та охорона праці.	05.11.÷17.11.21р.	
6.	Оформлення дипломної роботи.	17.11.÷29.11.21р.	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Дегтярюк М.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Чурсінов Ю.О.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Тема: « Обґрунтування технології переробки зерна в борошно з заданими показниками»

Дипломна робота магістра: 108 с., 24 рис., 20 табл., 0 додатків, 118 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: Технологія виробництва сортового пшеничного борошна

---

Метою роботи є розширення асортименту готової продукції борошномельних заводів за рахунок обґрунтування способів формування заданих показників якості на стадії виробництва борошна.

---

Методи дослідження: фізичні, органолептичні, фізико-хімічні, експериментально-статистичні.

---

В дипломній роботі досліджено взаємозв'язок хімічного складу пшеничного борошна з технологічними та хлібопекарськими властивостями.

Визначено показники якості борошна з заданими параметрами, які досягаються методами введення різних добавок, які відрізняються біохімічними характеристиками. Розроблено програму та методіку досліджень. Проведено аналіз якості борошна з різних борошномельних заводів. Дана характеристика потоків борошна з різних технологічних систем загального процесу та знайдені методи поліпшення. Проведено оцінку якості борошна потоків борошна традиційної схеми. Розроблені пропозиції до поліпшення показників якості борошна. Також проведено оцінку економічної ефективності. Запропоновані умови охорони праці.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

Технологічний процес; обладнання; якість; формування партій; борошномельне виробництво; обґрунтування; показники якості; добавки.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>Розділ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА З ВИСОКИМИ ХЛІБОПЕКАРСЬКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ</b> .....	9
1.1. Взаємозв'язок хімічного складу пшеничного борошна з технологічними властивостями.....	9
1.2. Хлібопекарські властивості пшеничного борошна.....	13
1.3. Аналіз ринку пшеничного борошна в європейських країнах.....	17
1.4. Стабілізація якості пшеничного борошна на борошномельних заводах.....	21
1.4.1. Агротехнічні прийоми.....	22
1.4.2. Борошномельні прийоми.....	23
1.4.3. Біохімічні прийоми.....	25
1.5. Використання ферментних препаратів у борошномельному виробництві.....	27
1.6. Мета та завдання досліджень.....	30
Висновки до розділу 1.....	31
<b>Розділ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	33
2.1. Об'єкт і предмет досліджень.....	33
2.2. Методика проведення досліджень.....	33
2.3. Характеристика схем технологічного процесу.....	37
2.3.1. Технологічна схема борошномельного заводу за варіантом 1.....	38
2.4. Методи досліджень та експериментальна база.....	41
2.4.1. Спеціальні методи дослідження показників якості борошна.....	42
2.4.2. Методи дослідження кількості та якості клейковини.....	46
2.4.2.1. Визначення кількості клейковини ручними способами за методиками ДСТУ ISO 21415-1 та ГОСТ 13586-68.....	46
2.4.2.2. Визначення показників клейковини автоматизованим ДСТУ ISO 21415-2 і ручним ГОСТ 13586-68 способами.....	48
2.4.2.3. Удосконалення методу для визначення кількості та якості клейковини....	52

2.4.3. Методи визначення технологічних добавок борошні.....	54
2.4.4. Методика визначення ефективності змішування борошна з технологічними добавками.....	54
2.5. Математико-статистична обробка результатів.....	56
Висновки до розділу 2.....	58
<b>Розділ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КОРИГУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА.....</b>	<b>59</b>
3.1. Показники якості українського борошна, виробленого на борошномельних підприємствах України.....	59
3.2. Показники якості потоків борошна з різних систем технологічного процесу.....	66
3.2.1. Показники якості потоків борошна підприємства з технологічною схемою за варіантом 1.....	66
3.3. Вплив технологічних добавок на хлібопекарські властивості борошна.....	72
Висновки до розділу 3.....	75
<b>Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>77</b>
4.1. Планування проведення досліджень.....	77
4.2. Витрати на проведення досліджень.....	81
4.3. Розрахунок вартості на проведення досліджень.....	84
<b>Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>86</b>
5.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	86
5.2. Організаційні та технічні заходи.....	87
5.3. Правила безпечного виконання робіт при виробництві борошна з зерна...	90
5.4. Розрахунок штучного освітлення в лабораторії.....	92
5.5. Надання першої до медичної допомоги при нещасних випадках.....	94
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99

## ВСТУП

Сьогодні борошномельна галузь, як і інші галузі харчової промисловості, проходить активну стадію розвитку. Це пов'язано з приєднанням до технології та асортименту українського ринку нових зарубіжних тенденцій. В таких умовах класичний асортимент борошна вже недостатній. Для того щоб вийти на міжнародний ринок з конкурентоздатною продукцією та задовольнити всі потреби хлібопекарських та кондитерських підприємств України, необхідно розширювати асортиментний ряд, тобто виробляти борошно із заданими показниками якості.

Висока конкуренція на ринку виробництва хлібобулочних виробів висуває жорсткі вимоги до борошна – це, по-перше, стабільні та високі хлібопекарські властивості борошна для виробництва основної групи хлібобулочних виробів; по-друге, виробництво борошна різного цільового призначення з заданими показниками якості. При відсутності сировини (зерна) відповідної якості, яка має відхилення в ферментативному комплексі та стані біополімерів через несприятливі кліматичні умови, пошкодження шкідниками хлібних запасів, несприятливі умови зберігання, це завдання може бути вирішено двома шляхами: за рахунок формування борошна з різних систем технологічного процесу або за рахунок внесення технологічних добавок безпосередньо на борошномельних підприємствах.

Виробництво борошна із заданими показниками якості може бути вирішено за рахунок використання нових сортів зерна пшениці, за рахунок удосконалення етапу формування готової продукції з окремих індивідуальних потоків борошна, які мають специфічні технологічні властивості та хімічний склад, і за рахунок додавання технологічних добавок в борошно.

Наукові діячі всебічно підходили до вивчення питання формування готової продукції на борошномельних підприємствах. Дослідженню кількісно – якісних характеристик окремих потоків борошна присвячені роботи

багатьох дослідників.

Було встановлено закономірність зміни якості борошна на драних та розмелювальних системах, показано можливість удосконалення формування показників якості готової продукції з метою формування спеціальних сортів, якість яких задовольняла б вимогам хлібопекарських підприємств.

За останнє десятиріччя, технологічні добавки набули великої популярності. Науково-обґрунтовані рішення з використання ферментних препаратів, амінокислот, вітамінів та мінералів на стадії виробництва борошна дають можливість для виробництва борошна із заданими показниками якості. В Україні використання технологічних добавок на борошномельних заводах є новим і доволі невивченим технологічним прийомом.

## Розділ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА З ВИСОКИМИ ХЛІБОПЕКАРСЬКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Хімічний склад борошна, може в значній мірі змінюватися в залежності від хімічного складу зерна, сорту та виходу борошна [1]. В свою чергу хімічний склад зерна у певній мірі залежить від особливостей виду та сорту пшениці.

### 1.1. Взаємозв'язок хімічного складу з технологічними властивостями пшеничного борошна

Хімічний склад різних сортів борошна, з однією та тією ж партії зерна, суттєво і закономірно відрізняються [2]. Високі сорти борошна одержують з центральних частин зерна – ендосперму, тому в них, міститься більше крохмалю та менше білків, цукрів, вітамінів, мінеральних речовин, вміст яких зосереджений в його периферійних частинах [3].

Таблиця 1.1

Середні значення показників хімічного складу і біохімічних властивостей борошна (за В.О. Моргун)

Зерно і його анатомічні частини	Вміст у % на суху речовину							
	кількість	білки	крохмаль	сахари	клітковина	жир	зола	інші речовини
Ціле зерно	100	11,6	65,8	2,5	2,6	2,1	1,70	13,70
Мучнисте ядро	81,4	10,2	80,8	1,5	0,2	0,5	0,46	6,30
Оболонки з алейроновим шаром	15,8	14,0	–	4,5	25,0	7,8	7,36	41,3
Зародок	2,8	36,7	–	20,1	2,4	16,5	5,82	18,5

За багаторічними дослідженнями Моргун В.О. встановлені опосереднені результати вивчення хімічного складу, фізичних і біохімічних властивостей борошна різних сортів, вироблених на різних підприємствах,

які наведені в табл.1.1. Таблиця містить важливі хімічні компоненти, вітаміни і мінеральні речовини [3].

Крохмаль – основна складова пшеничного борошна. Масова частка крохмалю коливається в межах від 58 % до 70 % і залежить від сорту борошна. Крохмаль міститься у вигляді гранул розміром від 0,002 мм до 0,150 мм [4]. Розмір, форма, здатність до набухання та клейстеризація крохмальних зерен різні для борошна різних видів. За думкою Циганової, крупність та цілість крохмальних зерен впливає на консистенцію тіста, його вологоємність, вміст в ньому цукру. Дрібні та пошкоджені зерна крохмалю швидше оцукрюються в процесі приготування хліба, ніж зерна великого розміру [5].

Крохмальне зерно пшеничного борошна складається з двох полісахаридних фракцій: лінійної (амілоза) 25...30 % та розгалуженої (амілопектину) 70...85 % (рис. 1.1) [5]. Ці речовини сильно відрізняються за своїми фізичними та хімічними властивостями. Кількісна реакція на йод забарвлює амілозу в синій колір, що пояснюється наявністю іонів полійодида в центральній частині спіралі амілози, а амілопектин – в червоно-фіолетовий [6]. Вони відрізняються та за розчинністю: амілоза легко розчиняється в теплій воді, утворює розчини невисокої в'язкості, а амілопектин розчиняється у воді лише при нагріванні під тиском, утворюючи дуже в'язкі розчини [8].

При випічці хліба крохмаль клейстеризується, пов'язуючи більшу частину вологи. Температура клейстеризації пшеничного крохмалю становить 62-65 °С [8]. В процесі приготування борошняних виробів крохмаль відповідає за: поглинання води під час замішування та приймає участь у створенні структури тіста; клейстеризацію під час випікання та приймає участь у формуванні м'якушки виробів; забезпечення дріжджів зароджуваними вуглеводами, які утворюються під час амілолізу; сприяння черствінню виробів при ретроградації під час їх зберігання [5].

В пшеничному борошні переважають прості білки – протеїни. Білки

борошна мають наступний фракційний склад: проламіни 35,6 %; глютеліни 28,2%; глобуліни 12,6 %; альбуміни 5,2 %. Середній вміст білкових речовин у пшеничному борошні 13...16 %, нерозчинного білка 8,7 %.

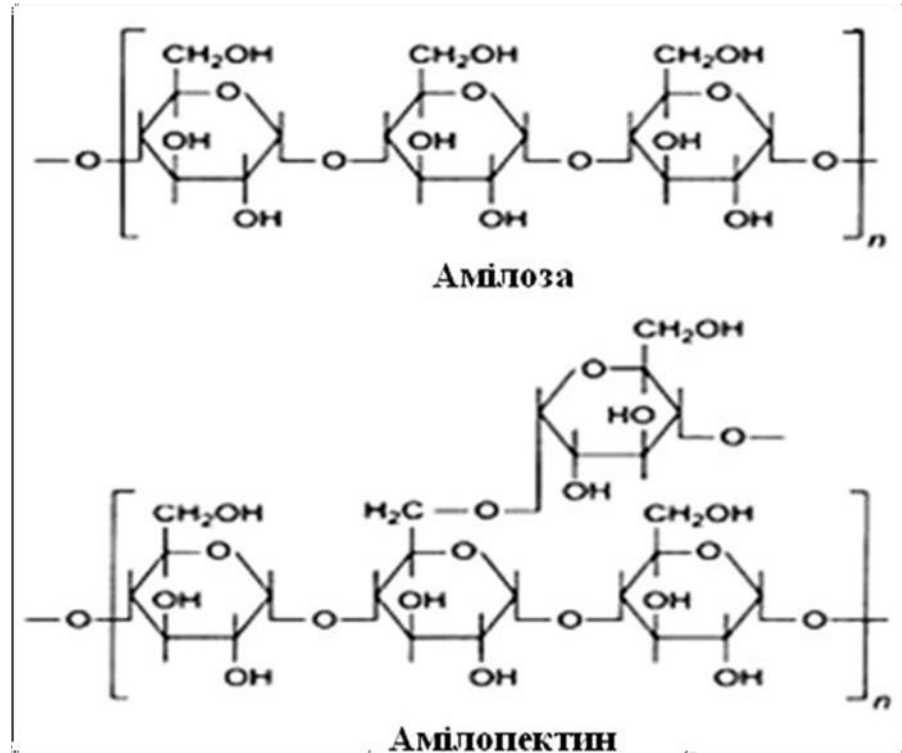


Рис. 1.1 Структурна схема крохмалю

Білкові речовини в залежності від здатності розчинятися у різних розчинниках діляться на 4 групи: водорозчинні альбуміни, солерозчинні глобуліни, спирторозчинні проламіни та лугорозчинні глютеліни. Проламіни мають меншу відносну молекулярну масу та діляться на 2 групи: S-багаті (відносна молекулярна маса 20...40 тис.), що містять внутрішньо-молекулярні зв'язки S-S, і S-бідні (відносна молекулярна маса 45...80 тис.). Глутеніни мають високу відносну молекулярну масу 94...145 тис., за допомогою зв'язків S-S утворюють гігантські асоціати, які у пшениці є основою клейковинного комплексу [7].

Білкові речовини нерівномірно розподілені за анатомічними частинами зернівки. Згідно проведених досліджень, запасні білки (гліадини і глутеніни)

зосереджені в ендоспермі, в той час як альбуміни і глобуліни – в алейроновому шарі і зародку. Співвідношення цих фракцій в зерні за даними різних авторів наступне: альбуміни – 3,4...5,2 %, глобуліни – 5,4...12,6 %, гліадини – 34,5...36,9 %, глютеніни – 28,2...40,8 %, нерозчинний залишок – 6,8...8,7 % [2, 8].

Найбільш важливе значення для пшеничного борошна мають гліадин (спирторозчинний) та глютенін (лугорозчинний), які здатні при додаванні води набухати, утворюючи клейковину, при цьому реологічні властивості тіста, водопоглинальна здатність борошна (ВПЗ), її хлібопекарські властивості більшою мірою визначаються властивостями глютенінів [8].

Встановлено, що разом з основними складовими хімічного складу пшеничного борошна є речовини, які містяться в невеликій кількості, такі як харчові волокна, ліпіди, мінеральні речовини, вітаміни [9].

Важливими складовими пшеничного борошна, що впливають на хлібопекарські властивості тіста, є харчові волокна, до яких відносять целюлозу, геміцелюлозу, пентозани, що містяться в периферійних частинах зерна, і тому велика їх кількість зосереджена в борошні низьких сортів [9, 10].

Целюлоза (клітковина) більшою мірою знаходиться в клітинних стінках оболонки, алейроновому шарі і зародку зерна, а в ендоспермі вона відсутня. Тому значна кількість целюлози міститься саме у борошні високих виходів. Целюлоза – це міцний полімер, побудований із залишків D-глюкози, що поєднані  $\beta$ -1,4-глюкозидним зв'язком [3, 10].

У борошні ліпіди знаходяться, як у вільному стані, так у вигляді комплексів з білками (ліпопротеїди) та вуглеводами (гліколіпіди). Останні дослідження показали, що пов'язані з білками клейковини ліпіди значно впливають на її фізичні властивості. Загальний вміст ліпідів в цілому зерні пшениці близько 2,7 %, а в пшеничному борошні 1,6...2,0 % [11].

Мінеральні речовини зерна зосереджені головним чином в алейроновому шарі, оболонках та зародку. Особливо багато мінеральних речовин в алейроновому шарі. Вміст мінеральних речовин в ендоспермі

невелика (0,3- 0,5%) та підвищується від центру до периферії, тому зольність служить показником сорту борошна [12, 13]. Саме хімічний склад борошно має суттєвий вплив на його технологічні властивості.

## **1.2. Хлібопекарські властивості пшеничного борошна**

Пшеничне борошно з високими хлібопекарськими властивостями при правильному веденні технологічного процесу дозволяє отримати хліб правильної форми, достатнього об'єму, нормально забарвлену скоринку без розривів та тріщин, еластичну м'якушку з мілкою, тонкостінною, рівномірною пористістю. Хліб повинен бути смачний та ароматний [14].

Хлібопекарська якість пшеничного борошна в основному визначається наступними властивостями:

- газоутворювальна здатність;
- здатність утворювати тісто, що володіє певними реологічними властивостями – сила борошна;
- водопоглинальна здатність;
- крупність помелу (гранулометричний склад);
- колір борошна та здатність його до потемніння.

Газоутворювальна здатність борошна – це спроможність приготовленого з нього дріжджового тіста утворювати диоксид вуглецю. Газоутворювальна здатність борошна пов'язана зі станом його вуглеводно-амілазного комплексу рис. 1.2.

Газоутворювальна здатність залежить від вмісту власних цукрів у борошні та від його цукроутворювальної здатності. Доведено, що вміст цукрів у борошні залежить від його виходу [15]. Чим вище вихід борошна, тим більше у ньому міститься цукрів. Власні цукри борошна (глюкоза, фруктоза, мальтоза та ін.) зброджуються на самому початку процесу дозрівання дріжджового тіста. А для одержання виробів високої якості необхідно мати інтенсивне бродіння, як під час дозрівання тіста, так остаточного вистоювання, а також у період випікання. Окрім цього, для

реакції меланоїдіноутворення необхідні моносахариди. Побічні та проміжні продукти цієї реакції беруть участь у формуванні смаку й аромату виробів. Саме тому найважливішим є не вміст власних цукрів, а здатність утворювати цукри в процесі дозрівання тіста [14, 15].



Рис. 1.2 Складові вуглеводно-амілазного комплексу

Газоутворювальна здатність борошна залежить від його цукроутворювальної здатності, яка, у свою чергу, визначається активністю амілолітичних ферментів ( $\alpha$ - та  $\beta$ -амілаз) та податливістю крохмалю борошна до амілолізу. Цукроутворювальна здатність обумовлена не тільки кількістю ферменту, а податливістю крохмалю до його дії, тобто атакованістю [14]. Ступінь механічного пошкодження крохмалю під час помелу зерна, розмір часток крохмальних зерен впливають на атакованість крохмалю, тобто, чим дрібніші частки крохмальних зерен, тим вище атакованість крохмалю. У борошні з пророслого зерна поряд з  $\beta$ -амілазою міститься активна  $\alpha$ -амілаза, наявність якої забезпечує більш повний гідроліз крохмалю, а отже, більш високу цукроутворювальну здатність, як наслідок, підвищену газоутворювальну здатність борошна. Це призводить до накопичення в тісті значної кількості низькомолекулярних декстринів та водорозчинних цукрів, що негативно впливають на якість готових виробів [14, 16].

Другий, не менш значущий показник хлібопекарських властивостей борошна, що має здатність утворювати тісто з певними структурно-механічними властивостями, називається силою борошна. Вона визначається станом білково-протеїназного комплексу (рис. 1.3).

На силу борошна також можуть впливати інші чинники: вміст ліпідів, геміцелюлоз та слизів, а також вміст, властивості й стан крохмалю, наявність ферментів. За силою борошно розподіляють на сильне, середнє та слабке [17].

Сильним вважається борошно, здатне поглинати під час замішування тіста відносно велику кількість води. Тісто з сильного борошна стійко зберігає свої властивості, повільніше досягає оптимальних реологічних характеристик, вимагає більш тривалого остаточного вистоювання [16, 17].



Рис. 1.3 Складові білково-протеїназного комплексу

Тісто зі слабого борошна під час замішування поглинає меншу кількість води. Структурно-механічні властивості тіста з такого борошна в процесі замішування і бродіння швидко погіршуються, воно до кінця бродіння дуже розріджується, стає мало еластичним, вистоювання тістових заготовок проходить досить швидко. Середнє за силою борошно займає проміжне положення [17].

Вміст у борошні білкових речовин, їх склад, стан, властивості значною мірою визначають харчову цінність виробів та технологічні характеристики борошна. Від них залежать такі реологічні показники тіста, як еластичність, в'язкість, пружність. Набухлі клейковинні білки (гліадін і глютенін) утворюють клейковину, яка в тісті формує каркас у вигляді сітки. Міцність клейковинного каркасу обумовлена щільністю упаковки поліпептидних ланцюгів у структурі білкової молекули, стабілізованої водневими,

дисульфідними та іонними зв'язками [16, 18]. Суттєве значення в формуванні структури клейковини мають і гідрофобні взаємодії, в силу яких неполярні групи бокових ланцюгів групуються у внутрішніх областях молекули, утворюючи гідрофобне ядро, що нагадує щільно упаковану, позбавлену молекул води сферу. Іонні та полярні групи амінокислотних залишків розташовуються на поверхні макромолекули, утворюючи полярну гідрофільну оболонку [19].

Білки клейковини відрізняються за своїми структурно-механічними властивостями. Гідратований гліадин є липкою, в'язкою, сильно розтяжною масою. Гідратований глютенін – це губкоподібна, пружна, слабо розтяжна маса. Реологічні властивості клейковини тіста обумовлені властивостями обох клейковинних білків, які забезпечують притаманну їй пружність, еластичність, розтяжність. Якість клейковини знаходиться в прямій залежності від співвідношення в ній гліадину і глютеніну [19, 20].

Чим більше в борошні білка, чим щільніша і міцніша його структура, тим нижча його атакованість протеїназами. Чим менше в борошні активність протеїнази і активаторів протеолізу, тим сильніше борошно та тим кращі будуть реологічні властивості тіста з нього. Сила пшеничного борошна може бути встановлена або шляхом визначення показників кількості та якості клейковини, від яких в основному залежать реологічні властивості тіста, або шляхом безпосереднього визначення реологічних властивостей самого тіста [21].

На хлібопекарські властивості борошна має достатньо великий вплив його гранулометричний склад. Доведено, що недостатньо подрібнене борошно має низьку водопоглинальну і газоутворювальну здатності, в результаті чого отримують вироби невисокого об'єму з грубою товстостінною пористістю м'якушки і часто з погано забарвленою скоринкою. Дуже подрібнене борошно має надмірну водопоглинальну та підвищену цукроутворювальну здатність. Тісто з такого борошна швидко розріджується, розпливається, а хліб має невисокий об'єм, погано розпушену

м'якушку. Це пояснюється великим вмістом у такому борошні пошкоджених крохмальних зерен, які легкопіддаються дії ферментів [24, 25].

Відомо, що споживач звертає увагу на зовнішній вигляд хліба і віддає перевагу більш світлому кольору його м'якушки. Колір м'якушки виробів із дріжджового тіста – один із найважливіших органолептичних показників їх якості, на який звертає увагу споживач. Колір борошна в основному визначається кольором ендосперму зерна, з якого змелене борошно, а також кольором і кількістю в борошні периферійних часток зерна (висівок), які містять пігменти [26]. Як правило, з темного борошна виходять вироби з темною м'якушкою, однак у певних випадках та зі світлого борошна можуть бути отримані вироби з темною м'якушкою, тому для характеристики хлібопекарських властивостей має значення не тільки його колір, але й здатність до потемніння [26, 27]. Як встановлено у ряді робіт, здатність до потемніння у процесі переробки обумовлюється вмістом у борошні вільного тирозину та активністю ферменту поліфенолоксидази, який каталізує окиснення тирозину з утворенням темнозабарвлених меланінів. Від вмісту утворених меланінів та залежить потемнення як тіста, так м'якушки хліба.

Хлібопекарські властивості пшеничного борошна мають найважливіше значення у борошномельному та хлібопекарському виробництвах. Однак, в останні роки спостерігається тенденція зниження якості пшениці, що призводить до необхідності регулювання та стабілізації хлібопекарських властивостей різними методами.

### **1.3. Аналіз ринку пшеничного борошна в європейських країнах**

З кожним роком збільшується виробництво пшениці як у світі, так і в Україні. З 1992 по 2016 рр. виробництво пшениці в Україні зросло з 18 млн. до майже 25 млн.т. Збільшується експорт, що складає майже 50 % від врожаю. Зі високими показниками виробництва пшениці, збільшується виробництво борошна, з який близько 20 % йде на експорт. Так як, зі

збільшенням врожайності пшениці погіршується її якість, що призводить до зниження якості хлібопекарського борошна [28, 30,31].

На сьогоднішній день згідно нормативної документації в Україні виробляється 4 сорти борошна: вищий, перший, другий та оббивне [32]. Кожен сорт відрізняється за органолептичними показниками, за значеннями зольності, білості, кількості та якості клейковини, крупності та ін.

В країнах близького зарубіжжя, таких як, Болгарія та Білорусь виробляють більш широкий асортимент борошна. Так, наприклад, в Білорусі, у залежності від білості та кількості клейковини існують 17 сортів борошна, а в Болгарії, у залежності від зольності та кількості клейковини – 7 типів борошна [33, 34].

В багатьох розвинених європейських країнах пшеничне борошно ділиться на типи за зольністю, вмістом білка та має своє цільове призначення.

У Франції існує 7 типів пшеничного борошна: T45 – для кондитерських виробів; T55 – для хлібобулочних виробів; T65 – для пирогів, млинців та класичного хліба; T80 – для різновидів хліба, використовується в суміші з T65 для випікання хліба; T110 – борошно напівцільнозернове; T130 – борошно цільнозернове; T150 – обдирне, використовується для випікання хліба в суміші з T65.

В Італії пшеничне борошно з м'яких сортів пшениці ділиться на п'ять типів: T00 – для кондитерських виробів; T0 – для хлібобулочних виробів; T1 – для різновидів хліба та листових виробів; T2 – використовується в суміші з T1 для випікання хліба; integrale – цільнозернове борошно. В Німеччині 6 типів борошна: T405 – для випікання печива та здоби; T550 – для випікання хліба та різних дріжджових виробів; T812 – для випікання змішаного хліба; T1050 – для хлібобулочних виробів; T1600 – для випікання столових сортів хліба; T1700 – борошно грубого помелу [35, 36, 37].

З табл. 1.2 видно, що основними показниками є зольність, вміст білка, клейковини та число падіння. Вміст клейковини в європейських країнах визначають за міжнародним стандартом ISO 21415-1 або ISO 21415-2, в

Україні ж даний показник визначають за державним стандартом ГОСТ 27839-88. Методики даних стандартів відрізняються і можуть впливати на кінцевий результат [39]. В табл. 1.3 представлені основні відмінності даних стандартів.

Таблиця 1.2

**Показники якості пшеничного борошна,  
за якими проводиться розділення на сорти або типи**

Сорт/тип пшеничного борошна	Основні сорто- або типо-утворюючі показники				
	Зольність, % не більше	Білість, од не менше	Кількість клейковини, % не менше	Число падіння, с не менше	Вміст білка, % не менше
Україна					
Вищий сорт	0,55	54	24,0	160	–
Білорусь					
M58-28	0,45	58	28,0	185	–
M56-32	0,50	56	32,0	185	–
M54-28	0,55	54	28,0	185	–
M54-25	0,55	54	25,0	185	–
Болгарія					
T450	0,45	–	26,0	240...340	–
T500	0,50	–	28,0	240...350	–
T520	0,52	–	26,0	240...340	–
Франція					
T 45	0,50	–	–	–	11,0
T55	0,50...0,60	–	–	–	11,0
Італія					
00	0,55	–	25,0	270	10,5
0	0,65	–	26,0	270	11,0
Німеччина					

T 405	0,50	–	–	–	10,5
T 505	0,51...0,63	–	–	–	11,0

Таблиця 1.3

**Основні відмінності державного та міжнародного стандартів визначення кількості  
і якості клейковини**

Характеристика	Державний стандарт ГОСТ 27839-88	Міжнародний стандарт ISO 21415-1	Міжнародний стандарт ДСТУ ISO 21415-2
Спосіб відмивання	ручний	ручний	автоматизований
Рідина для замішування тіста та відмивання клейковини	водопровідна вода	сольовий розчин NaCl ( 20 г/л)	сольовий розчин NaCl ( 20 г/л)
Температура рідини, С	18±2	20±2	20±2
Маса наважки, г	25	24	10
Об'єм розчину для замішування, мл	14	12	4,8
Тривалість замісу, с	не довше 60	не довше 180	20
Термін витримання, хв.	20	30	без витримання
Умови відмивання	під слабким струменем водопровідної води над густим шовковим ситом № 38	у протоці розчину солі, який витікає з бюретки зі швидкістю 750 мл над капроновим ситом 308 мікрон	автоматичне відмивання з використання м200-270 мл розчину солі
Термін відмивання, хв.	приблизно 20...30	8	5
Закінчення відмивання	до відсутності «каламуті»	до відсутності реакції на йод	регламентована тривалість відмивання

Домивання	+ 2-3 хв. після віджимання і зважування	до зникнення реакції на йод	відсутнє
Виділення незв'язної води	ручне	механічне	на центрифугі
Допустима похибка, %	2	7	0,5
Прилад для визначення якості клейковини	прилад ВДК	немає	центрифуга 2015
Загальна тривалість відмивання, хв.	60...90	40...50	8...10

Аналіз таблиці показав, що методики стандартів є різними. Основними відмінностями, що можуть впливати на результат є:

- спосіб відмивання – ручний або автоматичний;
- рідина для замішування та відмивання – водопровідна вода чи сольовий розчин;
- маса наважки – 25 г, 24 г або 10 г, відповідно;
- об'єм розчину для замішування – 14 мл, 12 мл або 4,8 мл; наявність та тривалість витримання;
- тривалість відмивання – до прозорості розчину, йодна проба, певний час за програмою приладу;
- виділення незв'язної води – ручне (стискання між долонями), механічне – прес для витіснення води, центрифуга;
- визначення якості клейковини – за методом ISO 21415-1 визначення якості не передбачене, визначення за допомогою вимірювача деформації клейковини або за допомогою центрифугування [40, 41].

Кожна з відмінностей може суттєво впливати на результат отримання клейковини. Тому виникає необхідність в перевірці співвідношення отриманих даних за різними стандартами та гармонізації українського стандарту з міжнародними.

Для виходу України на міжнародний ринок з конкурентоздатною продукцією, необхідно розширювати асортиментний ряд, тобто виробляти борошно цільового призначення або борошна із заданими технологічними

властивостями та гармонізувати діючі стандарти в Україні з міжнародними.

#### **1.4. Стабілізація якості пшеничного борошна на борошномельних заводах**

Аналіз технології переробки зерна у борошно дозволяє сформулювати три основних напрямки виробництва борошна цільового призначення та борошна з певними технологічними властивостями: перший напрямок – отримання пшеничного борошна з заданими властивостями за рахунок агротехнічних прийомів шляхом селекції та вирощування сортів пшениці з необхідними властивостями; другий – борошномельними прийомами шляхом складання помельних партій, проведення спеціальних помелів, змішування індивідуальних потоків та т.д.; третій – формування властивостей пшеничного борошна біохімічними прийомами з використанням технологічних добавок [42, 43].

##### *1.4.1. Агротехнічні прийоми.*

В результаті численних досліджень встановлено, що технологічні властивості зерна в значній мірі залежать від виду зерна, його типу і сорту, а також від району і умов вирощування [43, 44] і обумовлюють показники якості та виходу борошна.

Численними дослідженнями показано, що особливості мікроструктури зерна пшениці обумовлюють різні борошномельні властивості. Борошно, отримане з м'якозерних сортів пшениці, характеризується підвищеною дисперсністю в порівнянні з борошном із твердозерної пшениці. Ступінь пошкодження крохмальних гранул в борошні з твердозерної пшениці в 1,5-4,4 рази вище, ніж в борошні з м'якозерної пшениці [45, 46]. З борошна, отриманого з м'якозерної пшениці, вихід проміжного білка може бути отриманий в середньому в три рази більший, ніж з борошна твердозерної

пшениці.

Таким чином, істотні відмінності в технологічних показниках якості пшениці визначають необхідність роздільного використання її для виробництва борошна різного призначення. Селекція та культивування сортів пшениці з відповідними технологічними властивостями може дозволити більш раціонально використовувати сільськогосподарські і виробничі ресурси для виробництва борошна цільового призначення [46].

В Україні вирощується пшениці цільового призначення в невеликій кількості, у зв'язку з чим відсутні технологічні рішення з її переробки.

#### *1.4.2. Борошномельні прийоми.*

Підготовка зерна до помелу на борошномельних підприємствах здійснюється згідно «Правил ведення технологічного процесу на борошномельних підприємствах» [47], в яких наведені орієнтовні режими водно-теплової обробки зерна, його очищення від домішок, видалення оболонки, зародка в залежності від типу і склоподібності. У ряді робіт [48, 49] вказується, що шляхом формування помельних партій, використання різних режимів кондиціонування при підготовці зерна до помелу, можливе регулювання його технологічних властивостей перед помелом.

Відомо, що спосіб здрібнення, геометрія робочих поверхонь технологічного обладнання, питомі навантаження і режими здрібнення впливають на результати процесу і якість одержаного борошна [49].

На борошномельних заводах основною здрібнюючою машиною є вальцевий верстат. Так, зменшення міжвальцевого зазору в вальцьовому верстаті на системах першої якості в драному та розмелювальному процесах, призводить до збільшення виходу борошна. Якість борошна при цьому не змінюється, середній розмір частинок борошна зменшується. Збільшення вилучення борошна на системах другої якості призводить до збільшення зольності та середнього розміру частинок [49]. При постійних величинах робочого зазору та кількості рифлів зі збільшенням діаметра вальців з 150 до

300 мм ступінь подрібнення продуктів зростає.

Виявлено, що пошкодження крохмальних гранул на рифлених вальцах відбувається інтенсивніше, ніж на мікрошорстких. Встановлено, що збільшення кута нахилу рифлів обумовлює підвищення інтенсивності подрібнення за інших однакових умов. При будь-якому взаєморозміщенні рифлів та зі збільшенням їх кількості на сантиметр погонний валків відбувається підвищення виходу крупнодунстових продуктів і загального вилучення [50].

Технологічні процеси розмелу зерна на сучасних борошномельних заводах за своєю структурою багатостадійні, безперервно-потоківі характеризуються поетапною побудовою, складними взаємозв'язками етапів і систем при високій швидкості протікання технологічних процесів переробки зерна [50, 51].

Структура сортових хлібопекарських помелів пшениці з розгорнутим збагаченням проміжних продуктів складається з шести етапів: первинне здрібнювання зерна (драний процес), сортування проміжних продуктів, збагачення проміжних продуктів на ситовіальних системах, збагачення проміжних продуктів на шліфувальних системах, тонке здрібнювання проміжних продуктів (розмелювальний процес), контроль борошна. Кожен із вказаних етапів ділиться на два-три підетапи за якістю продуктів, що на них обробляються.

Вивченню кількісно-якісних характеристик потоків борошна з різних систем технологічного процесу, присвячено багато праць вітчизняних [52, 53, 54] і зарубіжних вчених [55, 56].

Встановлено, що борошно з II і III драних систем має вищу якість в порівнянні з IV, V драними системами, особливо за показником зольності [52, 53].

Вміст білка в борошні збільшується, починаючи з IV драної та 8-ї і 9-ї розмелювальних систем та досягає максимального значення на вимельних системах, але якість його значно погіршується. Таким чином, потоки з драних

систем дозволяють отримувати при їх фракціонуванні більшу кількість високобілкової фракції, в порівнянні з потоками з розмелювальних систем. Масова частка білкових речовин в борошні збільшується від перших до останніх систем, як в драному, так і в розмельному процесах. В борошні драного процесу вміст білка і клейковини більший ніж на системах шліфувально-розмелювального процесів [51].

Аналіз хімічного складу та властивостей борошна, виробленого на борошномельних заводах зі схожими технологічними схемами переробки зерна, призводить до узагальнених висновків: на перших розмелювальних системах завжди отримують борошно з низьким вмістом білка, мінеральних речовин, вітамінів і високим вмістом крохмалю [55, 57]. На кінцевих системах драного і розмелювального процесів, навпаки, борошно містить більше білка і клітковини, але менше крохмалю і т. п. Ці відомості дають підставу для рекомендацій по виділенню потоків борошна зі специфічною характеристикою: високим вмістом білка, клейковини з задовільною її якістю та т.п.

При формуванні спеціальних сортів борошна у відділенні готової продукції необхідно, щоб з розмелювального відділення надходили потоки борошна, істотно різні за складом і властивостями. Подібний підхід дозволяє задовольнити запити суміжних галузей промисловості і забезпечує раціональні економічно обґрунтовані витрати зернових ресурсів.

#### *1.4.3. Біохімічні прийоми.*

Окрім агротехнічних та борошномельних прийомів для виробництва борошна цільового призначення та борошна з певними технологічними властивостями існують і біохімічні прийоми, які базуються на використанні технологічних добавок. На сьогоднішній день відомо кілька груп технологічних добавок, застосування яких призводить до зміни вихідних властивостей пшеничного борошна – поліпшувачі окисної і відновлювальної

дії, ферментні препарати, поверхнево- активні речовини, суха пшенична клейковина та ін.

Технологічні добавки представлені на ринку макро- і мікронутрієнтами, які є допоміжними речовинами при виробництві борошна з низькоякісного зерна (табл.1.4) [57, 58].

У всьому світі, включаючи європейські країни, технологічні добавки вносять безпосередньо на борошномельних заводах. Це дозволяє отримати суттєвий економічний ефект за рахунок використання низькоякісної зернової сировини для виробництва борошна високої якості. Як правило, більшість добавок і поліпшувачів не мають харчового значення, але одні з них зовсім нешкідливі, інші навіть можуть загрожувати здоров'ю людини. Всі добавки регламентуються медико-біологічними вимогами і санітарними нормами якості продовольчої сировини і харчових продуктів [59].

Таблиця 1.4

**Основні напрямлення використання технологічних добавок  
на борошномельних підприємствах**

Властивість борошна, що потребує коригування	Вид технологічної добавки
Кількість клейковини	Суха пшенична клейковина
Якість клейковини	Ферментні препарати ксиланазної, геміцелюлазної, ліпоксигеназної дії, суха пшенична клейковина
Амілолітична активність занижена	Ферментні препарати амілолітичної дії
Амілолітична активність завищена	Регулятори кислотності – солі органічних кислот
Харчова цінність занижена	Суха пшенична клейковина, БАДи, в тому числі з натрадиційної сировини, вітамінно-мінеральна суміш

Борошномельна галузь представляє свої вимоги до технологічних добавок [60]:

1. Технологічні добавки не повинні погіршувати органолептичні та технологічні властивості борошна. Відповідно до цього, добавки повинні

представляти собою сухі порошкоподібні та мілко дисперсні препарати з крупністю, зольністю, вологістю, що не погіршують відповідних показників борошна, без наявності сильних сторонніх запахів і присмаків.

2. При введенні добавки в борошно на стадії її виробництва за короткий період часу повинна бути вирішена задача високої точності дозування, змішування. При мікродозах добавок часто необхідне попереднє приготування преміксів – передумішей [61]. У зв'язку з цим важливими властивостями препаратів, що вводяться в борошно, є їх хороша сипкість і низьке розпилювання, тому як розпилення порошкоподібних добавок веде до порушення точності дозування, техніки безпеки виробництва і до погіршення умов роботи персоналу, необхідні додаткові аспіраційні заходи. Обов'язково повинна бути інформація про можливість шкідливого або алергічного впливу цих препаратів на персонал підприємства, які тривалий час контактують з добавками в процесі виробництва [60, 62].

3. Специфічність застосування технологічних добавок в борошномельному виробництві полягає в тому, що вони починають діяти в рідкій фазі, не впливаючи на борошно в сухому вигляді. Визначення стандартних показників якості можуть не показати покращення хлібопекарських властивостей, тому рекомендується проводити оцінку якості за пробною лабораторною випічкою [63].

4. Важливою вимогою до ТД є низька вологість, гігроскопічність і тривалий термін зберігання, оскільки борошно є продуктом, який піддається тривалому зберіганню [60, 61].

5. Борошномельне виробництво, в силу своєї специфіки, обумовлює обов'язкове дослідження введення технологічної добавки в борошно на різних стадіях її виробництва: в розмельному відділенні – на стадії помелу зерна і в складі безтарного зберігання [60]. Це обумовлено тим, що свіже змелене борошно проходить стадію дозрівання і може змінювати властивості [24, 25].

6. Найвагомішою вимогою до поліпшувачів є їх безпека та відсутність

негативного впливу на людський організм [64].

Виходячи з перерахованих вище вимог до ТД, встановлено, що використання ферментних препаратів грибного походження, які інактивуються в процесі випікання хліба і, таким чином не впливають на людський організм, найбільше підходять для покращення хлібопекарських властивостей на борошномельних заводах [60].

### **1.5. Використання ферментних препаратів у борошномельному виробництві**

Використання технологічних добавок при формуванні властивостей пшеничного борошна для виробництва борошняних виробів є перспективним напрямком і вимагає вивчення біохімічних основ даного процесу.

Вивченню можливості регулювання властивостей пшеничного борошна і якості борошняних виробів з поліпшувачами присвячена велика кількість робіт [60, 66, 67, 68].

Щонайменше 50 % ферментних препаратів, що представлені на світовому ринку, отримують з генетично модифікованих організмів з використанням генетичної та білкової інженерії. Харчові ферменти є найбільш широко використовуваними і, як і раніше, представляють собою основну частку на ринку ферментів.

Існує два напрями використання ферментів: ферменти, що використовуються для перетворення сировини в основний продукт; ферменти, що використовуються в якості добавок для зміни функціональних характеристик продукту [67]. У першому випадку ферментативний процес проводиться в оптимізованих і контрольованих умовах для підвищення каталітичного потенціалу ферменту, тоді як у другому більш складно забезпечити оптимальні умови і контролювати ферментативну реакцію.

Ферменти є важливим інгредієнтом, що використовується в більшості борошняних виробів. Останнім часом ферменти набули ще більшого

значення через обмеження на використання хімічних добавок, особливо у виробництві хліба [70]. Але головною потребою у використанні ферментів стала стійкостенденція до зниження якості зерна пшениці [65].

Пшеничне борошно є найважливішим інгредієнтом для виробництва хлібобулочних виробів. При замішуванні тіста починаються складні біохімічні і біофізичні процеси, які каталізуються ферментами і дріжджами. Ці процеси тривають в фазі випікання, що призводить до утворення хліба [66, 68]. Додаткові ферменти, додані в тісто, покращують контроль процесу випікання, зменшують тривалість технологічного процесу, уповільнюють черствіння, компенсують мінливість якості борошна і замінюють хімічні добавки [67].

Ферменти зазвичай додають для зміни реологічних властивостей тіста, підвищення газотворюючої здатності та покращення пористості м'якушки у виробництві хліба. Ферменти можна додавати індивідуально або в складних сумішах, які можуть діяти синергічно у виробництві борошняних виробів [71].

Для покращення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна використовують декілька типів ферментів: амілази – для перетворення крохмалю в цукор та отримання декстринів, оксидази – для збільшення міцності, відбілювання тіста, геміцелюлази та ксиланази – для збільшення еластичності клейковинного каркасу та протеази для зміцнення та розслаблення клейковини, відповідно [72]. Всі ці ферменти грають важливу роль в забезпеченні об'єму хліба, покращення стану м'якушки та скоринки.

Непошкоджені гранули крохмалю починають клейстеризуватися при 55 °С, що призводить до «витоку» амілози з гранул та початку плавлення амілопектинових кристалітів. В'язкість тіста при цьому різко зростає, підняття тіста в печі припиняється. Коли  $\alpha$ -амілази атакують клейстеризований крохмаль, то підняття тіста в печі триває довше, об'єм хліба збільшується. Кількість пошкоджених крохмальних гранул залежить від сорту борошна та особливостей його помелу [67].

До типових ферментів відносять  $\beta$ -амілазу та амілоглюкоамілази, які

розщеплюють  $\alpha$ -1,4-глікозидні зв'язки з нередукуючого кінця лінійних ланцюгів молекули крохмалю, тим самим каталізуючи подальші виділення відповідно  $\beta$ -мальтози і  $\beta$ -глюкози [72].  $\beta$ -Амілази не здатні розщеплювати  $\alpha$ -1,6-зв'язки, а кінцеві продукти складаються з мальтози і  $\beta$ -лімітного декстрину. Тому гідроліз амілопектину є неповним, що призводить лише до 50-60 % його переходу в мальтозу. У разі амілози максимальний ступінь гідролізу становить 75-90 %, через слабо розгалужену структуру цього полісахариду [73].

Солод та мікробні  $\alpha$ -амілази широко використовуються в хлібопекарській промисловості. Грибкові  $\alpha$ -амілази або солод зазвичай додають для оптимізації активності амілази борошна, спочатку спрямованої на збільшення рівнів ферментуючих і відновлюючих цукрів. З огляду на їх низьку термостабільність грибкові  $\alpha$ -амілази більш підходять, ніж солодові амілази для стабілізації борошна.  $\alpha$ -Амілази і  $\beta$ -амілази мають різні, але взаємодоповнюючі функції в процесі виробництва хліба [74]. Додані  $\alpha$ -амілази руйнують пошкоджені частки крохмалю в низькомолекулярні декстрини на стадії виробництві тіста, тоді як ендогенна  $\beta$ -амілаза перетворює ці олігосахариди в мальтозу, яка використовується в якості ферментованого цукру дріжджовими або заквасочними мікроорганізмами [73]. Підвищений вміст редукуючих цукрів призводить до утворення продуктів реакції Майяра, посилюючи смак хліба і колір скоринки. Крім того, ці ферменти можуть покращити газоутримуючу здатність дріжджового тіста та зменшити його в'язкість під час клейстеризації крохмалю, з подальшим покращенням об'єму продукту і його м'якості.

Велику роль відіграють амілази, що уповільнюють процеси черствіння хліба [75]. Грибні амілази слабо впливають на черствіння, при температурах початку клейстеризації вони вже інактивуються і з крохмалем не взаємодіють. Бактеріальні амілази набагато більш термостабільні і, отже, здатні впливати на аморфний клейстеризований крохмаль. Його модифікація істотно сповільнює черствіння, проте через свою дуже високу

термостабільність ці ферменти зберігають деяку активність і після випічки, що призводить до надмірного розщеплення крохмалю і різкого зменшення об'єму хліба при зберіганні після випічки. Бактеріальні амілази можна використовувати тільки в дуже низьких концентраціях, але і в цьому випадку зберігається ризик їх передозування [76].

### **1.6. Мета та завдання досліджень**

Виходячи з проведеного аналізу, можливо можливо зформулювати мету та завдання досліджень.

Мета дипломної роботи – це розширення асортименту готової продукції борошномельних заводів за рахунок обґрунтування способів формування заданих показників якості на стадії виробництва борошна.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

- провести аналіз асортименту та сорто- і типоутворюючих показників якості пшеничного борошна в Україні та за кордоном;
- удосконалити метод визначення кількості та якості клейковини;
- провести оцінку якості пшеничного борошна вищого сорту заводів з різних регіонів України;
- дослідити якість індивідуальних потоків борошна на заводах з розвиненим та скороченим технологічним процесом;
- вивчити вплив ферментних препаратів різного принципу дії на якість українського борошна;
- запропонувати пропозиції щодо формування борошна із заданими показниками якості на заводах шляхом формування з індивідуальних потоків та шляхом внесення технологічних добавок.

Об'єкти дослідження – технологія виробництва сортового борошна.

Предмет дослідження – пшеничне борошно з різних регіонів України, борошно з різни систем технологічного процесу, суміші борошна з технологічними добавками, режими мішування.

Методи дослідження: органолептичні, фізичні, фізико-хімічні, біохімічні, хлібопекарські, експериментально-статистичні з використанням сучасних приладів.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено залежність показників якості пшеничного борошна від регіону його виробництва та від побудови схеми технологічного процесу.

## **Висновки до розділу 1**

На основі проведеного аналізу літературних джерел встановлено, що:

1. Найбільшим попитом в Україні користується пшеничне борошно вищого сорту, яке використовують для виробництва різних видів виробів, однак в багатьох країнах виробляють більш широкий асортимент пшеничного борошна – від 6-ти типів до 18-ти сортів, які мають рекомендації щодо їх цільового призначення.
2. Основними сорто- і типоутворюючими показниками закордонного борошна є зольність, кількість (в деяких країнах і якість) клейковини та число падіння. За показниками кількості клейковини українське борошно має найнижчу границю допустимих значень, що може бути пов'язане як з якістю зерна, що переробляється, з відмінними методиками визначення показників клейковини за різними стандартами.
3. Розширення асортименту готової продукції борошномельних заводів може бути здійснено за трьома напрямками: агротехнічний – за рахунок використання спеціальних сортів зерна; борошномельний – формування помельних партій і оптимізація процесу формування сортів борошна; біохімічний – виробництво борошняних сумішей з різними макро- і мікроінгредієнтами.
4. Показники якості індивідуальних потоків борошна на різних системах та етапах технологічного процесу відрізняються за фізичними, біохімічними та хлібопекарськими властивостями.

5. Хлібопекарські властивості борошна залежать від складу та властивостей білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів, які головним чином характеризуються вмістом білка, кількістю та якістю клейковини і числом падіння.
6. Використання технологічних добавок є перспективним методом для розширення асортименту готової продукції борошномельних заводів. В якості технологічних добавок найбільше підходять ферментні препарати різного принципу дії.
7. Сформульовано систему прийняття рішень для виробництва борошна із заданими показниками якості та встановлено основні напрямки для її реалізації. Кожен з напрямків може бути використаний, як окремо так і в комплексі.

## **Розділ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Згідно поставленої мети та задач досліджень розроблено програму досліджень, наведено опис лабораторної бази, методів і методик досліджень якості зерна пшениці та пшеничного борошна та удосконалено методу з визначення кількості і якості клейковини в зерні та борошні.

### **2.1. Об'єкт і предмет досліджень**

Об'єкт дослідження: технологія виробництва сортового пшеничного борошна.

Предмет дослідження: пшеничне борошно з різних регіонів України, борошно з різних систем технологічного процесу, суміші борошна з технологічними добавками, режими змішування.

Методи дослідження: органолептичні, фізичні, фізико-хімічні,

біохімічні, хлібопекарські, експериментально-статистичні з використанням сучасних приладів.

## **2.2. Методика проведення досліджень**

Для виконання поставлених задач була сформована програма проведення досліджень (рис. 2.1), в якій відображено взаємозв'язок етапів досліджень для виробництва борошна із заданими показниками якості для заводів з розвиненою та скороченою схемами технологічного процесу.

На I етапі проведено аналіз науково-технічних, патентних, літературних та Інтернет джерел в області удосконалення системи оцінки показників якості, розширення асортименту, покращення якості пшеничного борошна на борошномельних підприємствах, які дозволили вибрати предмет, об'єкт і методи дослідження.

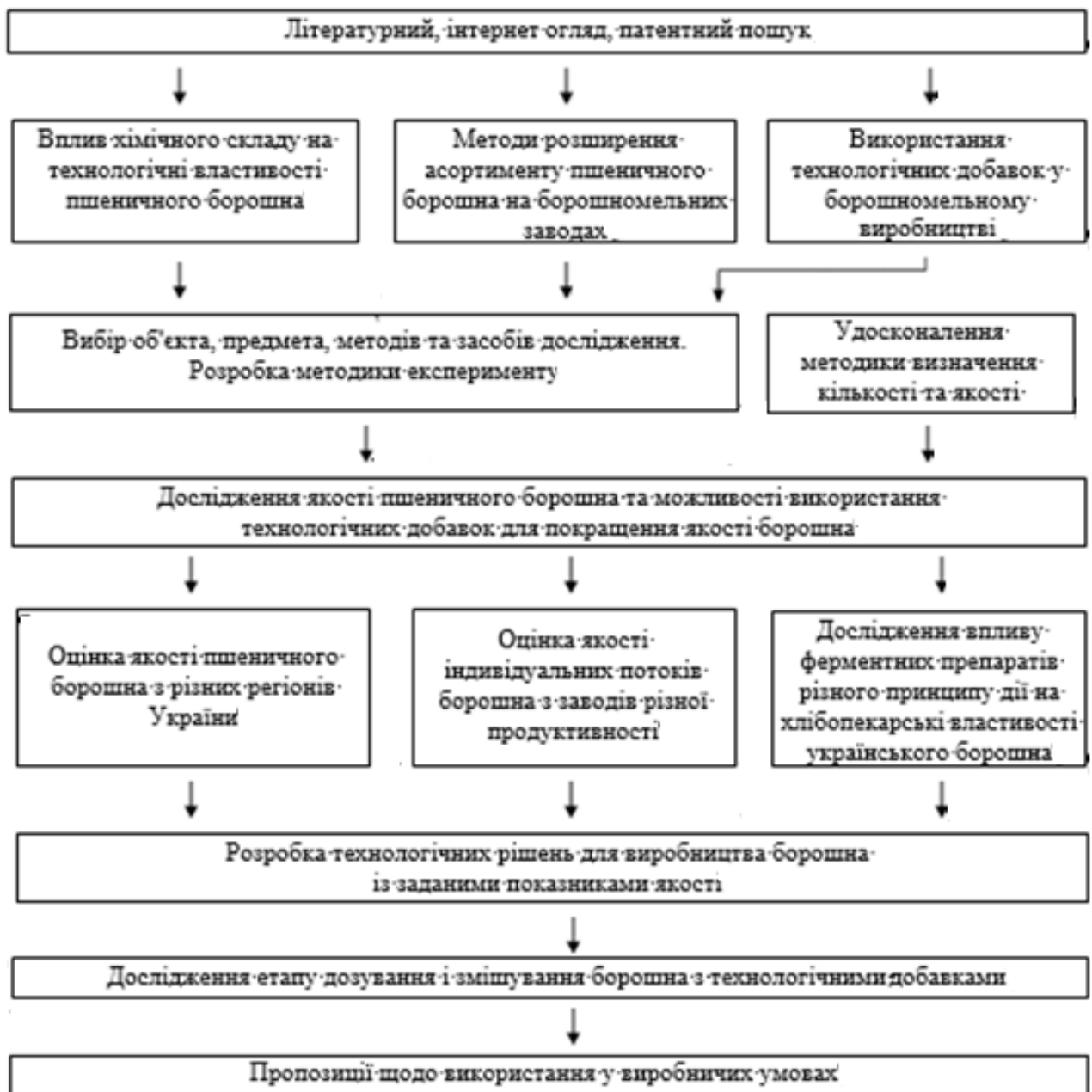


Рис. 2.1 Програма проведення досліджень

На II та III етапах розроблено методику експерименту, обрані методи дослідження, на підставі яких удосконалено метод визначення кількості та якості клейковини. Метод дозволяє зменшити витрати часу для визначення якості білково-протеїнажного комплексу.

Таблиця 2.1

## Аналіз борошномельних заводів з різних регіонів України

№	Область	Регіон	Підприємство	Планова продуктивність, т/добу	Схема технологічного процесу
1	Вінницька	Центральний	ТОВ «Вінницький КХП №2»	300	Розвинена
2	Черкаська		ТОВ «Тальне КХП»	500	Розвинена
3	Миколаївська	Південний	ТОВ «Агро-Юг-Сервіс»	100	Скорочена
4	Одеська №1		Філія ПАТ «ДПЗКУ» Одеський КХП	335	Розвинена
5	Одеська №2		ДП «Куліндорівський КХП»	500	Розвинена
6	Одеська №3		Борошномельний комплекс «СФГ КУЦАРЄВА Ф.С.»	100	Скорочена
7	Херсонська №1		ТОВ «Південь Млин»	100	Скорочена
8	Херсонська №2		ПАТ «Каланчацький КХП»	50	Скорочена
9	Київська №1	Північний	ТОВ «Васильківхлібо-продукт»	300	Розвинена
10	Київська №2		ТОВ «Столичний Млин»	500	Розвинена
11	Сумська		Філія ПАТ «ДПЗКУ» Кролевецький КХП	500	Розвинена
12	<b>Дніпропетровська</b>	Східний	<b>ТОВ "Дніпромлин"</b>	300	Розвинена
13	Запорізька		ТОВ «ЗАПОРІЖМЛИН»	150	Скорочена
14	Полтавська		ТОВ "Глобинський елеватор"	100	Скорочена
15	Івано-Франківська	Західний	ТОВ «Зерно-переробна компанія «ЮМАС»	200	Розвинена
16	Тернопільська		ДП "Чортківський КХП"	200	Розвинена

Відповідно з програмою на IV-му етапі дослідження були розділені на три серії дослідів. В першій серії дослідів був проведений аналіз якості борошна, виробленого в п'яти регіонах України: Центральний, Північний, Південний, Західний та Східний. В табл. 2.1 представлені підприємства відповідного регіону із зазначенням їх продуктивності.

Друга серія дослідів складалась з дослідження показників якості борошна на різних системах і етапах його виробництва з заводів розташованих в двох регіонах: Центральний і Південний, які працюють за різними схемами і мають різну продуктивність. В табл. 2.2 представлена характеристика заводів

В третій серії дослідів було відібрано зразок борошна з підприємства невеликої продуктивності (Варіант 3) і проведено оцінку зміни хлібопекарських властивостей при додаванні технологічних добавок. В табл. 2.3 представлені технологічні добавки та принцип їх дії різних виробників, що використовувались в роботі.

Таблиця 2.2

#### Характеристика заводів з Центрального і Південного регіонів

Регіон	Номер варіанту схеми помелу	Підприємство	Планова продуктивність, т/добу	Схема технологічного процесу
Центральний	Варіант 1	ТОВ «Васильківхлібопродукт»	300	Розвинена
Південний	Варіант 2	«ДПЗКУ» «Одеський КХП»	335	Розвинена
	Варіант 3	Борошномельний комплекс «СФГ КУЦАРЄВА Ф.С.»	100	Скорочена

Таблиця 2.3

**Характеристика технологічних добавок, що використовувались в роботі**

Технологічна добавка	Діюча речовина	Країна виробника
Фунгаміл 2500 SG	$\alpha$ -амілаза	Данія
Vitalzyme F 50	$\alpha$ -амілаза	Туреччина
Амілоризин	$\alpha$ -амілаза	Україна
Новаміл 1500 MG	бактеріальна $\alpha$ -амілаза	Данія
Alphamalt A 6003	$\alpha$ -амілаза + геміцелюлаза	Німеччина
Пентопан 500	ксилаза і геміцелюлаза	Данія
Vitalzyme K	ксилаза	Туреччина
Vitalzyme H	геміцелюлаза	Туреччина
Ксилолад	ксилаза	Україна
Нейтраз 1,5 MG	нейтральна протеаза	Данія
Протеаза	протеаза	Туреччина
Porit-L	цистеїн гідрохлорид	Німеччина
Цистеїн	цистеїн гідрохлорид	Китай
Ліполад	ліпаза	Україна

**2.3. Характеристика схем технологічного процесу**

В технології борошномельного виробництва для заводів різної продуктивності характерна різна структура технологічного процесу сортового помелу пшениці. Для заводів з продуктивністю більше 150 т/добу використовується складна структура з розвиненим етапом збагачення, а для заводів малої продуктивності (менше 150 т/добу) використовується скорочена схема технологічного процесу з можливим вилученням деяких етапів [77].

### 2.3.1. Технологічна схема борошномельного заводу за варіантом 1.

Розвинена структурна схема включає в себе наступні основні технологічні процеси: етап первинного подрібнення зерна з вимелом оболонкових продуктів (драний процес), сортування проміжних продуктів, збагачення крупок і дунстів, розмел проміжних продуктів та контроль борошна.

Технологічна схема борошномельного заводу продуктивністю 300 т/добу (рис. 2.2) розроблена з використанням надсучасних технологічних підходів.

Технологічна схема заводу вмістить в собі:

- п'ять драних систем, з яких перша та друга драні системи без проміжного просіювання (B1+B2) – встановлено восьмивальцевий верстат, третя (B3g, B3f), четверта (B4g, B4f) і п'ята (B5g, B5f) розділені на крупну і дрібну;
- три сортувальні системи (Div-1-2, Div-3 – сортування проміжних продуктів, Div-4 – пересів оболонкових продуктів);
- п'ять вимельних систем (BR1-BR5) та два віброцентрифугали (V1, V2);
- п'ять ситовіальних систем (S1-S5) для збагачення проміжних продуктів;
- п'ять шліфувальних систем (R1-R5), з яких перша ділиться на крупну (R1C) та дрібну (R1F);
- сім розмелювальних систем (C1-C7), де C1+C2 реалізовані на восьмивальцевому верстаті (без проміжного просіювання).

В технологічній схемі передбачена можливість виробництва трьох сортів борошна, з яких два контролюються. Завод може працювати за односортним 78-ти % помелом (перший сорт), 78-ти % двохсортним помелом (60 % – вищого сорту і 18 % – першого сорту) та 78-ти % трьохсортним помелом (55 % – вищого сорту, 15-20 % – першого сорту та 5-8 % другого сорту). Система формування сортів борошна передбачає можливість

направлення потоку з будь-якої системи технологічного процесу в бажаний сорт.

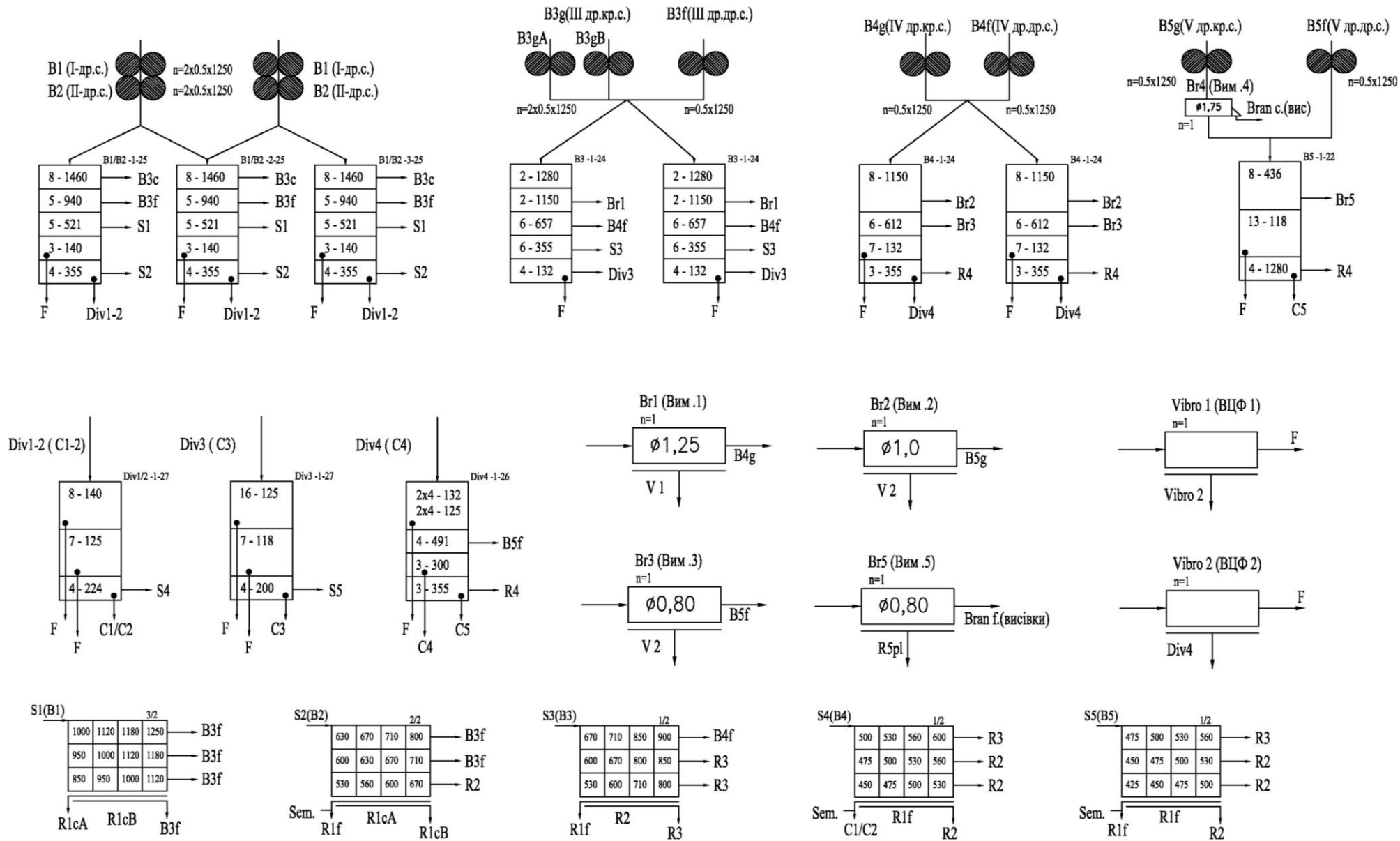


Рис.2.2 Технологічна схема борошномельного заводу продуктивністю 300 т/добу

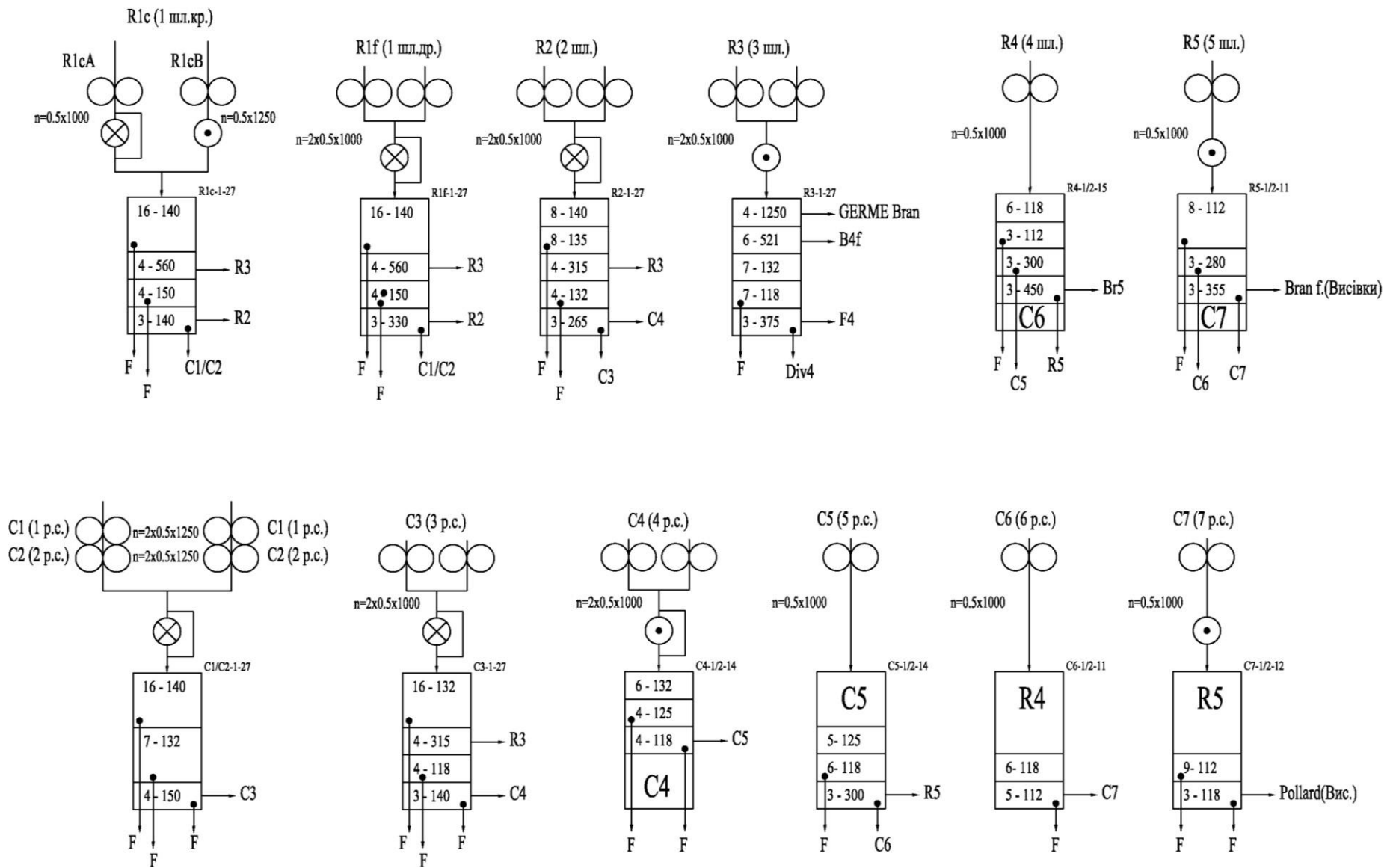


Рис.2.2 Технологічна схема борошномельного заводу продуктивністю 300 т/добу (продовження)

## 2.4. Методи досліджень та експериментальна база

Якість зерна оцінювали за технологічними властивостями, що характеризують борошномельні та хлібопекарські властивості. Якість борошна оцінювали за фізичними, фізико-хімічними та хлібопекарськими властивостями. Методи аналізу показників були як загальноприйняті, так і спеціальні (кількість пошкодження крохмальних зерен [77], водопоглинальна здатність [78], пробна лабораторна випічка [79]. Загальноприйняті методи оцінки властивостей зерна і борошна наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

### Характеристика загальноприйнятих методів дослідження, що використовуються у роботі

Показник	Метод визначення	Номер ДСТУ (ГОСТа) або посилання на книгу
Зерно		
	Відбір проб зерна і виділення середнього зразка	ДСТУ ISO 13690-2003
Вологість	Висушування протягом 40 хв в сушильній шафі при температурі 130°C	ГОСТ 13586.5-93
Склоподібність	За допомогою приладу діафаноскоп	ГОСТ 10987-76
Натура	За допомогою пурки	ГОСТ 10840-64
Зольність	Пряме згоряння наважки без підсилювачів в муфельній печі	ГОСТ 10847-74
Визначення зараженості і пошкоженості шкідниками	Просіювання набором сит і органолептична оцінка	ГОСТ 13586.4-83
Кількість і якість клейковини	Відмивання вручну і на приладі	ГОСТ 13586.1-68; ДСТУ ISO 21415-1: 2009; ДСТУ ISO 21415-2: 2009.
Борошно		
Відбір проб	Відбір проб борошна і виділення середнього зразка	ГОСТ 27668-88
Вологість	Висушування протягом 40 хв в сушильній шафі при температурі 130°C	ГОСТ 9404-88
Зольність	Пряме згоряння наважки без підсилювачів в муфельній печі	ГОСТ 27494-87
Білість	На приладі БЛІК-М	ГОСТ 26361-84

Продовження табл. 2.4

Показник	Метод визначення	Номер ДСТУ (ГОСТа) або посилання на книгу
Крупність	Набором сит	ГОСТ 27560-87
Кількість і якість клейковини	Відмивання вручну і на приладі	ГОСТ 27839-88; ДСТУ ISO 21415-1: 2009; ДСТУ ISO 21415-2: 2009.
Вміст білка	Метод ІЧ-спектроскопії	ДСТУ 4117:2007
Число падіння (ЧП)	Метод Хагберга-Пертена	ДСТУ ISO 3093:2009
Седиментація в борошні	Метод Зелені	ДСТУ ISO 5529:2014

#### 2.4.1. Спеціальні методи дослідження показників якості борошна

Відомо, що при здрібненні зерна в результаті дії робочих органів подрібнюючих машин, відбувається пошкодження поверхні крохмальних зерен, що в свою чергу призводить до підвищення газоутворюючої, газотримуючої та водопоглинальної здатності борошна.

Пошкодження крохмальних зерен можна спостерігати, якщо до суспензії борошна додати будь-яку фарбу для клітинних структур. Зерна з ушкодженою поверхнею фарбуються цієї фарбою, тоді як нативні зерна залишаються незабарвленими. При використанні такого специфічного реактиву, як розчин йоду у хлористого цинку, пошкоджені зерна забарвлюються цілком або частково, в залежності від ступеня пошкодження [80, 81].

На сьогоднішній день існує сучасний автоматизований метод визначення пошкодженого крохмалю на приладі SDmatic фірми Chopin Technologies, що відповідає світовим стандартам ISO 17715:2013, AFINOR V03-731, AACCS 76-33 і ICC 172 [77]. Принцип дії приладу базується на амперметричному методі аналізу пошкодженого крохмалю. Він ґрунтується на вимірюванні поглинання молекул йодиду калію в суспензії молекулами пошкодженого крохмалю. Чим сильніше пошкоджений крохмаль, тим більше молекул виробленого йодиду буде поглинено. Апарат створює і вимірює силу електричного струму в суспензії в ході хімічної реакції. Значне падіння сили струму вказує на великий вміст пошкодженого

крохмалю [80].

Вивчення хлібопекарських властивостей борошна з різних регіонів та борошна з різних систем технологічного процесу визначали за фізичним властивостями тіста на приладі Міксолаб та за показниками пробного лабораторного випікання формового хліба.

Прилад Міксолаб, французької фірми Chopin Technologies, що з'явився на світовому ринку в 2004 р. [82], дозволяє оцінювати консистенцію і реологічні властивості тіста в певному температурному режимі, створюючи умови і імітуючи процеси, що відбуваються з тістом при його випіканні. Такий підхід дозволяє розкрити технологічні властивості борошна в повній мірі.

Оцінку досліджуваних зразків борошна проводили на основі стандартного протоколу «Chopin +», згідно з яким тісто масою в 75 г, замішується в спеціальній тістомісильній камері при постійній швидкості замісу 1,33 с<sup>-1</sup> (80 об/хв.) і нормованому зусиллі на лопатці тістомісилки 1,1 ± 0,07 Нм, що відповідає 500 од.фар., і нагріванні/охолодженні тіста в процесі його замісу в програмованому температурному режимі (30, 90, 50 С). Тривалість аналізу – 45 хв.

Відомості, отримані в результаті роботи приладу, відображаються профайлером і реологічною кривою (рис. 2.5). В профайлері кожна фаза графіка оцінюється за шкалою від 0 до 9 і відображається на діаграмі з шістьма осями, кожна з яких відповідає певному параметру якості. В ході проведення аналізу досліджуються 5 стадій зміни консистенції тіста протягом 45 хв в заданому температурному режимі. На реологічній кривій показані три кути нахилу, кожен з яких відповідає за певний параметр:

$\alpha$  – представляє нахил кривої між кінцем періоду від 30°C і С2; дає вказівки про швидкість термічного ослаблення білків;

$\beta$  – представляє нахил кривої між С2 і С3; дає свідчення про швидкість желатинізації;

$\gamma$  – представляє нахил кривої між С3 і С4; дає вказівки про швидкості

ферментативного гідролізу.

Профайлери представлені у вигляді шестикутника з оцінювальною шкалою від 1 до 9. Кожний кут відповідає певному процесу і індексу [83]:

Індекс 1 (ВПЗ), вказує на здатність борошна поглинати воду. Зволоження борошна впливає на фізико-механічні властивості тіста, такі як маса тіста і якість кінцевого продукту. Достатнє зволоження борошна приводить до зниження взаємодії між протеїновими сполуками і крохмалем та більшому підняттю хліба під час випікання.

Індекс 2 (Заміс), залежить від поведінки тіста під час замісу та від його стабільності. Чим вище індекс, тим вища стабільність тіста.

Індекс 3 (Глютен+) визначається під час нагрівання тіста (від 30 °C до 60 °C). Саме в цей час гранули крохмалю починають набухати, зберігаючи молекулярну структуру незмінною. Зниження консистенції тіста відбувається за рахунок розриву водневих сполук, які з'єднують протеїнові молекулярні ланцюжки.

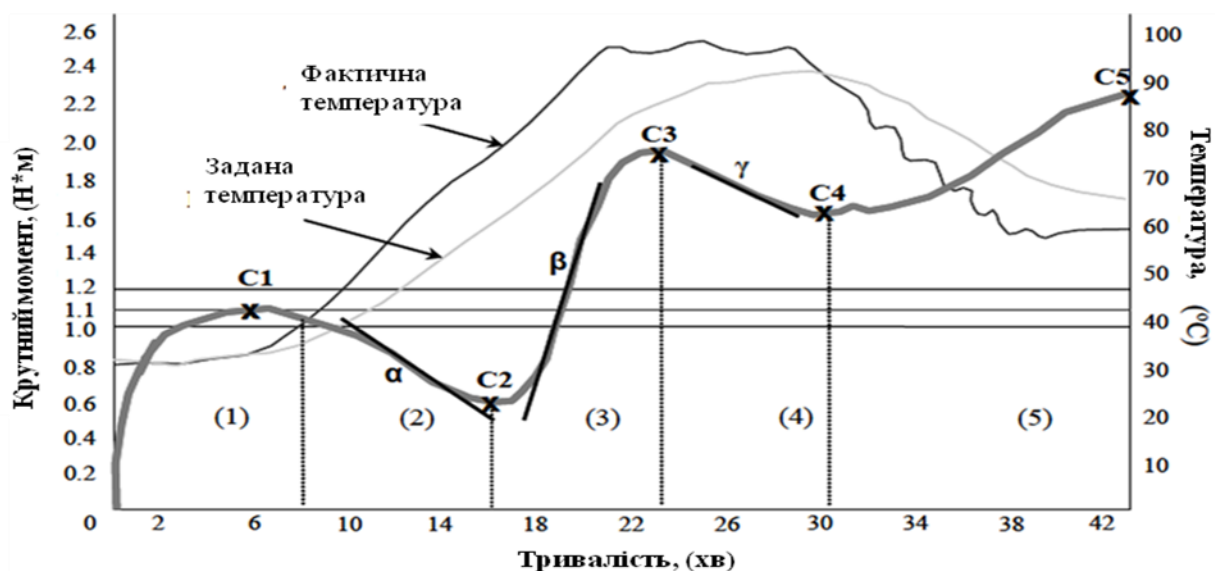


Рис. 2.5 Типова крива Міхолоб зони: зона (1) – утворення тіста (постійна температура 30°C); зона (2) – теплове ослаблення білків; зона (3) – желатинізація крохмалю; зона (4) – амілолітична активність (постійна швидкість нагрівання 90 °C); зона (5) – желефікація крохмалю.

Індекс 4 (В'язкість) описує фазу, в якій найбільшу кількість фізико-хімічних і біохімічних параметрів вступають у взаємодію. На цій стадії роль протеїнів переходить на другий план шляхом передачі води від протеїнових сполук крохмалю. Максимальна в'язкість залежить від двох взаємозалежних факторів: желатинізації крохмалю і ферментативної активності.

Індекс 5 (Амілаза) вказує на амілолітичну активність: високий індекс амілолітичної активності відповідає високому значенню числа падіння, відповідно низькій активності альфа амілази і навпаки.

Індекс 6 (Ретроградація) напряму пов'язаний із здатністю кінцевого продукту протистояти черствінню і зберігати товарний вигляд [83].

Пробну лабораторну випічку формового хліба проводили згідно з методикою стандарту в перерахунку на 100 г борошна. Виходячи з вологості борошна, визначалась кількість необхідної води для замісу тіста. В рецептурі також вказано кількість дріжджів (3 г), цукру (4 г) та солі (1,3 г). Замішування і формування тіста проводилось вручну. В процесі бродіння в термостаті при температурі  $31 \pm 1^\circ\text{C}$  тісту дають три обминання через 90, 150 і 180 хв від початку бродіння.

Після закінчення бродіння відбувається формування тістових заготовок. Остаточне вистоювання сформованих заготовок проводиться при температурі  $32 \dots 35^\circ\text{C}$  та відносній вологості повітря 70-85 %. Кінець вистоювання визначають за станом та видом тістових заготовок, не допускаючи їх опадання. Хліб випікають в лабораторних печах при температурі  $220 \dots 230^\circ\text{C}$  з обов'язковим зволоженням пекарної камери. Тривалість випікання хліба складає  $20 \dots 25^\circ\text{C}$  [79].

Оцінку якості хліба проводили на наступний день після випічки протягом 8-24 ч після випікання. При цьому визначали органолептичні показники (колір скоринки, смак, запах, колір м'якушки, розмір і рівномірність розподілу пор), масу, об'єм, пористість, питомий об'єм хліба

та проводили балову оцінку хліба.

#### *2.4.2. Методи дослідження кількості та якості клейковини.*

В нашій країні клейковина є головним показником визначення хлібопекарських властивостей зерна та борошна. Визначення показників клейковини проводять ручним способом за методикою, описаною в ГОСТ 13586-68 [84], що був регламентований ще в 1968 році. У 2009 в Україні також став чинним міжнародний стандарт, ДСТУ ISO 21415-2:2009 [85]. Наявність двох діючих стандартів за визначенням одного і того ж показника спонукає до проведення аналізів з визначення кількості і якості клейковини і порівняння отриманих результатів.

##### *2.4.2.1 Визначення кількості клейковини ручними способами за методиками ДСТУ ISO 21415-1 та ГОСТ 13586-68*

Дослідивши вимоги даних стандартів, які відрізняються розчинами відмивання клейковини, масою наважки, об'ємом розчину для замішування тіста, тривалістю витримування, можна передбачити явні розбіжності в кінцевих результатах дослідів (табл. 1.3). На основі таких даних виникає логічне запитання про співвідношення результатів визначення вмісту сирої клейковини в шроті ручним способом за міжнародним стандартом ДСТУ ISO 21415-1 та нині чинним в нашій країні ГОСТ 13586-68. Дослідження проводилися в 18-ти зразках пшениці одного року врожаю зрізних регіонів вирощування. Технологічні властивості зерна відповідали вимогам продовольчого зерна і коливались в межах: склоподібність – 45...65 %, натура – 760...800 г/л, білок – 9,5...14,0 %. Серед досліджуваних зразків

також була виявлена пошкодженість клопом-черепашкою в трьох зразках (№8; №10; №18) в кількості 2,4%; 3,0%; 15,0%, відповідно. У зразках №8 та №10 якість клейковини була найгіршою, а в зразку №18, де зараженість клопом була найбільшою, клейковина взагалі не формувалась [86]. Результати порівнянь кількості і якості клейковини наведені на табл. 2.5.

Таблиця 2.5

**Усереднені значення показників клейковини в досліджуваних зразках  
за групами в залежності від її кількості**

(N=18, n=3, P≥0,95)

Група	Діапазон	Кількість зразків	K1, %	K2, %	Δсер, % (K2-K1) сер.
1	<20,0%	0	-	-	-
2	20,0...21,9%	5	20,9	21,7	0,8
3	22,0...23,9%	3	22,9	23,9	1,0
4	24,0...25,9%	5	25,0	25,5	0,5
5	26,0...27,9%	2	26,7	27,4	0,7
6	28,0%	2	30,4	31,8	1,4
Середнє значення		17	25,2	26,1	0,9

K1, K2 – кількість клейковини, визначеної за ГОСТ 13586-68 і за ДСТУ ISO 21415-1, відповідно, N – кількість зразків.

З таблиці видно, що кількість клейковини, визначеної за ГОСТ 13586-68 в середньому на 1 % менша кількості клейковини, визначеної за ДСТУ ISO 21415-1. Це пов'язано з основними відмінностями методів, а саме більшим часом витримування кульки тіста, регламентованим часом відмивання клейковини та перевіркою кінця відмивання клейковини за йодною пробою, що дає можливість точно визначити завершення процесу відмивання в міжнародному стандарті. Кореляційний зв'язок між двома методами за вмістом клейковини достатньо високий і дорівнює 0,98 (рис. 2.6). При визначенні кількості клейковини розбіжність в результатах, що в середньому дорівнює 1,0% є допустимою, але відсутність визначень якості

клейковини в ДСТУ ISO 21415-1 унеможливило його використання для оцінки хлібопекарських властивостей зерна та борошна на внутрішньому ринку країни [86, 87].



Рис. 2.6 Кореляційний зв'язок між кількістю клейковини за ГОСТ 13586-68 та ДСТУ ISO 21415-1.

#### 2.4.2.2 Визначення показників клейковини автоматизованим ДСТУ ISO 21415-2 і ручним ГОСТ 13586-68 способами

Для аналізу було обрано 80 зразків пшениці, вирощеної в Південних регіонах України. В обраних зразках були визначені технологічні властивості, які повністю відповідали вимогам продовольчого зерна. Склоподібність коливалась в межах 40...75 %, об'ємна маса – 765...815 г/л, при цьому вміст білка склав 10,5...14,5 % та пошкодженість клопом-черепашкою – не більше 7%.

Визначення індексу деформації клейковини непередбачено міжнародним стандартом, але для порівняння результатів отриманих за двома методами, якість клейковини за ДСТУ ISO 21415-2:2009 [88] визначали на приладі ВДК. Результати порівнянь кількості та якості клейковини, визначеної за даними методами, представлені в табл. 2.6 і рис. 2.7.

Для статистичного аналізу зразки зерна були розділені на групи за кількістю клейковини. Так, найбільша кількість зразків (59 з 80-ти) знаходилась в діапазоні 20,0...25,9 % клейковини. В даному діапазоні розбіжність в визначеннях мінімальна – від 0,1 до 3,7 %, в середньому на 1,3 %.

Таблиця 2.6

**Усереднені значення показників клейковини в досліджуваних зразках  
за групами в залежності від її кількості**

(N=80, n=3, P $\geq$ 0,95)

Група	Діапазон	Кількість зразків	K1, %	K3, %	$\Delta$ min...max, % (K1-K3) min...max	$\Delta$ сер, % (K1-K3)сер.
1	<20,0%	10	18,6	16,9	0,8...2,3	1,7
2	20,0...21,9%	19	21,0	19,9	0,4...2,5	1,1
3	22,0...23,9%	20	22,9	21,6	-0,5...3,7	1,3
4	24,0...25,9%	20	24,5	22,7	0,1...3,2	1,6
5	26,0...27,9%	8	26,7	25,0	0,5...3,1	1,7
6	>28,0%	3	30,5	26,5	2,6...5,4	4,0
Середнє значення		80	24,0	22,1	0,7...3,4	2,0

K1, K3– кількість клейковини, визначеної за ГОСТ 13586-68 і за ДСТУ ISO 21415-2, відповідно, N – кількість зразків.

Максимальна розбіжність в методах зафіксована в діапазоні >28,0%. Кореляційний зв'язок між двома методами за кількістю дорівнює 0,85 (рис. 2.7).



Рис. 2.7 Кореляційний зв'язок між кількістю клейковини за ГОСТ 13586-68 та ДСТУ ISO 21415-2.

В результаті досліджень, простежується залежність, що зі збільшенням кількості клейковини, збільшується розбіжність. При порівнянні двох методів, встановлено, що кількість клейковини за ГОСТ 13586-68 в середньому більша на 2,0 % і коливається в межах від 0,7 до 3,4 % [89].

Таблиця 2.7

**Усереднені значення показників клейковини в досліджуваних зразках за групами в залежності від її якості**

(N=80, n=3, P≥0,95)

Група	Діапазон	Кількість зразків	І1, од.	І3, од.	Δmin...max, од. (І1-І3) min...max	Δсер, од. (І1-І3) сер.
1	50...69 од.	18	62	61	-1...7	1
2	70...79 од.	26	74	72	-7...10	2
3	80...89 од.	23	82	76	-5...12	6
4	90...100 од.	16	94	87	-3...19	7
5	>100 од.	3	112	101	7...13	11
Середнє значення		80	85	79	-3...12	5

І1, І2 – якість клейковини (показник ІДК), визначеної за ГОСТ 13586-68 і за ДСТУ ISO 21415-2:2009, відповідно, N – кількість зразків.

За результатами розділення на групи за якістю клейковини встановлено, що найбільша кількість досліджуваних зразків пшениці зосереджена в діапазоні 70...79 од. в кількості 26 та в діапазоні 80...89 од. в кількості 23. Найменша розбіжність при визначенні якості клейковини за двома стандартами на приладі ВДК спостерігається в першому діапазоні 50...69 од. і дорівнює в середньому 1 од. при коливанні від -1 до 7 од. Найбільша розбіжність – в четвертому діапазоні (90...100 од.) – від 3 до 19 од і дорівнює в середньому 7 од. Тобто зі збільшенням показника збільшується розбіжність в його визначеннях. Кореляційний зв'язок між двома методами за якістю також дорівнює 0,85 (рис. 2.8) [89, 90].

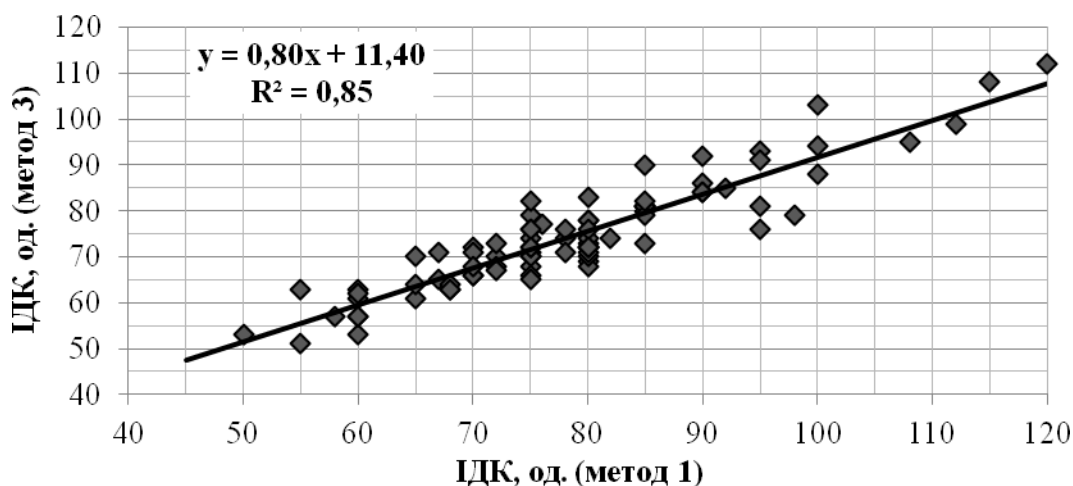


Рис. 2.8 Кореляційний зв'язок між якістю клейковини за ГОСТ 13586-68 та ДСТУ ISO 21415-2.

Такі неоднозначні результати пов'язані зі способом відмивання та різними умовами. Наявність часу ферментації сформованої кульки після замішування за ГОСТ 13586-68 дає можливість протеолітичним ферментам вступити в дію і протягом 20 хв. утворити клейковину. Проточне промивання практично ще несформованого тіста розчином солі вимиває легкорозчинні ферменти на початку відмивання клейковини. Відсутність часу ферментації тіста не дозволяє протеолітичним ферментам розщепити

білок до утворення вільних амінокислот, які беруть участь в утворенні клейковини.

Найвагомішою відмінністю між цими двома методами є сам спосіб відмивання: ручний, що проводиться операторами різної кваліфікації, і автоматизований – на системі Глютоматик, де вплив людського фактору мінімізований. Це є найголовнішою перевагою при визначенні кількості клейковини за міжнародним стандартом. До того ж прилад проводить відмивання в двох паралелях одночасно.

#### *2.4.2.3 Удосконалення методу для визначення кількості та якості клейковини*

При проведенні порівняння діючих методів визначення показників клейковини, встановлено ряд відмінностей, які суттєво впливають на кінцевий результат. Тому виникла необхідність удосконалення існуючих методів, який би врахував усі ці недоліки.

Для удосконалення методу було обрано 100 зразків пшениці, врожаю 2019...2020 рр., вирощеної в Південному регіоні. В зразках були визначені технологічні властивості зерна, які повністю відповідали вимогам продовольчого зерна.

Приготування тіста і відмивання клейковини з тіста проводиться в автоматичному режимі на приладі Глютоматик з використанням дистильованої води за температурою  $20 \pm 2$  °C та з часом відлежування 20 хв після замішування. Роботу з приладом проводять відповідно до інструкції з експлуатації. Надалі, за допомогою центрифуги видаляють надлишок води. Залишок зважують та розраховують кількість клейковини у випробуваному

зразку зерна пшениці. Якість клейковини визначають за показником Індекса деформації клейковини (ІДК) на приладі ВДК [90, 91].

Для дослідження, зразки зерна були розділені на групи в залежності від кількості та якості (табл.2.9) клейковини. Найбільша розбіжність між показниками кількості клейковини визначеними за методом і нині діючим спостерігається в діапазоні менше 20,0 % в середньому на 1,3 % в більшу сторону. В діапазонах від 20,0 % до 27,9 % розбіжність є найменшою – 0,4...0,6 %. В діапазоні більше 30,0 % клейковини ситуація складається навпаки, показники отримані за методом менші в середньому на 0,6 % в порівнянні з даними отриманими за ГОСТ 13586-68, але кількість зразків в цьому діапазоні незначна, тому це може бути недостовірним результатом.

В середньому найменша розбіжність при визначенні якості клейковини за двома методами спостерігається в третьому діапазоні 70-79 од. і дорівнює в середньому 2 од. при коливанні від -7 до 20 од. Найбільша розбіжність спостерігалась в першому діапазоні <50 од. – 12 од. при коливанні від 5 до 20 од. Зі збільшенням показника, а саме починаючи з діапазону 80-89 од. до діапазону >100 од., розбіжність набуває іншого напрямку і значення показників, визначених за розробленим методом стають меншими – від 3 од. до 7 од. Кореляційний зв'язок між кількістю клейковини за двома методами дорівнює 0,72.

Встановлено, що кількість клейковини, визначеної за ДСТУ ISO 21415-1 більша в середньому на 1,1 % в діапазоні від 0,6 до 1,7 % в порівнянні з кількістю клейковини, визначеної за ГОСТ 13586-68. В порівнянні показників, визначених за ДСТУ ISO 21415-2 (метод 3) і ГОСТ 13586-68 (метод 1), встановлено, що кількість клейковини, визначеної за методом 3 менша в середньому на 0,8 % і коливалась в межах від 0,8 до 1,6 %. При порівнянні методу 1 і удосконаленого методу (метод 4), дослідження показали, що значення кількості клейковини, визначеної за цими методами найбільш співвідносні, розходження в значеннях складають від 0 до 0,6 %, в середньому на 0,3 %.

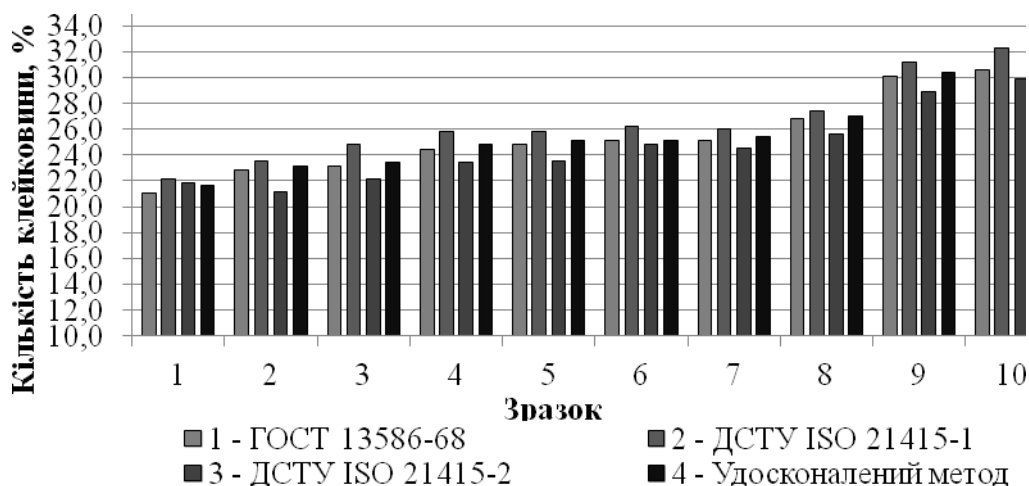


Рис. 2.9 Кількість клейковини, визначеної за чотирма методами: 1 – ГОСТ 13586-68; 2 – ДСТУ ISO 21415-1; 3 – ДСТУ ISO 21415-2; 4 – Удосконаленим метод

#### 2.4.3. Методи визначення технологічних добавок в борошні

Визначення вітаміну В2 проводять за методикою Кравчиної П.Н. [92]. В основу даної методики покладена зміна інтенсивності забарвлення вітаміну В2 (рибофлавіну) у залежності від його концентрації в розчині.

Для цього вітамін В2 масою 100 мг вносять в мірну колбу місткістю 100 см<sup>3</sup> і розчиняють спочатку в невеликому об'ємі води, а потім доводять до мітки. Один см<sup>3</sup> такого розчину містить  $10 \cdot 10^{-5}$  вітаміну В2. З цього розчину готують шкалу стандартних розчинів. У мірну колбу місткістю 100 см<sup>3</sup> вносять від одного до десяти см<sup>3</sup> стандартного розчину і доводять дистильованою водою до мітки. Колориметрування проводять при синьому світлофільтре № 4, в кюветі 5 см. За відліком будують калібрувальний графік, за яким вираховують зміст введеного вітаміну В2.

В основу колориметричного визначення вітаміну В2 належить зміна інтенсивності забарвлення розчину рибофлавіну в залежності від його концентрації.

Зразок продукту розподіляють тонким шаром на розбірній дошці і відбирають з різних місць 8-10 проб масою по 2 г. Кожну з відібраних проб зважують на технічних вагах, після чого поміщають в мірну колбу місткістю 100 см<sup>3</sup>, доводячи дистильованою водою до мітки. Після ретельного перемішування і 5-ти хвилинного відстоювання, суміш фільтрують, отриманий прозорий фільтрат поміщають в робочий орган приладу ФЕК-56М, порівнюючи зі стандартним розчином [93].

#### *2.4.4. Методика визначення ефективності змішування борошна з технологічними добавками.*

Змішування – це механічний процес, при якому піддаються обробці вихідні матеріали не змінюючи своїх хімічних властивостей або агрегатного стану. При змішуванні міняється положення частинок в просторі відносно один одного. В результаті процесу утвориться однорідна суміш [94].

Характер перебігу процесу і його результати залежать від типу змішувача і робочих органів, технологічного режиму обробки, складу компонентів. У багатьох випадках вихідні компоненти відрізняються за фізико-механічними властивостями, знаходяться в різних співвідношеннях. Тверді частинки, що становлять суміш, можуть відрізнятися від геометричних розмірів, твердості, щільності, станом поверхні, вологості [95].

При проведенні досліджень в роботі використовувалась лабораторна експериментальна установка змішувача, яка наведена в рис.2.10.

Змішувач, на якому проводили експериментальні дослідження, є горизонтальним, лопатевим, періодичної дії. Місткість ванни змішувача 5 кг, коефіцієнт заповнення робочої ванни для всіх експериментів дорівнює 70%, що є оптимальним. Частоту робочих органів змінювали в діапазоні: 1,0 с-1 (60об/хв); 1,33 с-1(80об/хв.); 1,67 с-1 (100 об/хв.)

В якості ключового компонента, за концентрацією якого судили про

ефективність змішування, був узятий вітамін В2, фізичні властивості якого близькі до властивостей ферментних препаратів. Оцінку ефективності процесу змішування проводили шляхом визначення якісного показника, за яким був обраний коефіцієнт варіації або неоднорідності, який визначали за формулою [177]:

$$V_c = \frac{100}{X_c} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_c)^2}{n-1}}, \%, \quad (2.1)$$

де  $X_c$  – середній вміст в пробі ключового компонента, г/кг, %;

$X_i$  – вміст в  $i$ - й пробі ключового компонента, г/кг, %;

$n$  – кількість проб для аналізу.

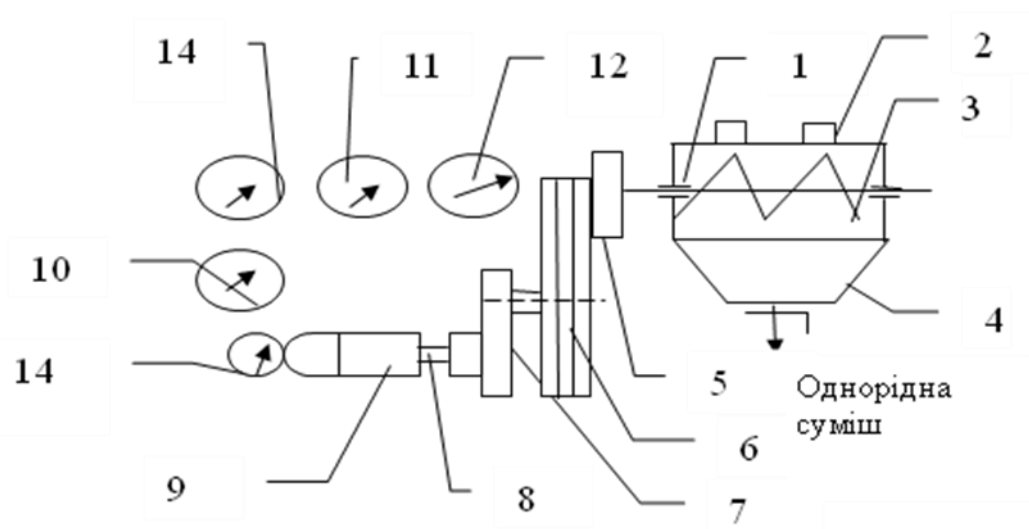


Рис. 2.13 Схема експериментальної установки для визначення ефективності змішування: 1 – ванна змішувача; 2 – завантажувальні отвори; 3 – вал змішувального приладу; 4 – бункер; 5 – шків; 6 – клинопасова передача; 7 – черв'ячний редуктор; 8 – муфта; 9 – електродвигун; 10 – вольтметр; 11 – амперметр; 12 – ЛАТР; 13 – таймер; 14 – тахометр ТЦ - 45.

## 2.5. Математико-статистична обробка результатів

Результати аналізів обробляли за допомогою методів математичної

статистики [96]. При цьому визначали такі показники вимірюваних величин:

1) Середнє арифметичне значення  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k, \quad (2.2)$$

де  $n$  – число повторностей;

$k$  – число повторностей дослідів.

2) Середньоквадратичне відхилення  $S$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.3)$$

3) Абсолютна похибка середнього арифметичного  $\Delta\bar{x}$

$$\Delta\bar{x} = \frac{S * t}{\sqrt{N}}, \quad (2.4)$$

де  $t$  – критерій Стюдента, визначали з статистичних таблиць [91] в залежності від прийнятого рівня значущості  $q=0,05$  (тобто надійності  $p=0,95$ ) і числа ступенів свободи  $f$ ;

4) Додаткову оцінку істинного значення вимірювальної величини визначали за правилом трьох сигм

$$|a - \bar{x}| < 3 \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

де  $a$  – істинне значення вимірювальної величини;

Надійність довірчої оцінки залежить від кількості вимірювань  $n$  (визначається за таблицею).

5) Середньозважене значення  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (2.6)$$

де  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – ваги відповідних вимірювань  $x_1, x_2, \dots, x_n$

6) Для встановлення статистичної лінійної залежності вхідного фактора  $x$  и

вихідного параметра у використовували кореляційний аналіз, який передбачає визначення коефіцієнта парної кореляції

$$r_{y,x} = \frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y})}{S_x \cdot S_y}, \quad (2.7)$$

де  $\bar{x}$   $\bar{y}$  – середні значення вхідного фактора и вихідного параметра;  
 $S_x$ ,  $S_y$  – середні квадратичні відхилення  $x$  і  $y$  [182, 183].

## Висновки до розділу 2

1. В якості предмета дослідження обрані: пшеничне борошно з різних регіонів країни, зразки борошна з різних систем технологічного процесу та готової продукції борошномельних заводів з розвиненою та скороченою схемами.
2. Обрано методи дослідження органолептичних, фізичних, фізико-хімічних, біохімічних, хлібопекарських властивостей пшеничного борошна з різних регіонів України та борошна з індивідуальних систем технологічного процесу зі скороченою та розвиненою схемою.
3. Розроблено методику визначення кількості та якості клейковини, як основного хлібопекарського показника, з метою скорочення часу на його визначення.
4. Розроблено методику проведення експериментів з метою виробництва борошна із заданими показниками якості та підвищення хлібопекарської якості готової продукції на борошномельних заводах.

## **Розділ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КОРИГУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА**

З кожним роком в Україні збільшуються обсяги виробництва зернових. Проблема збільшення виробництва продовольчого зерна в Україні вирішується шляхом підвищення врожайності, проте із головним завданням по збільшенню валових зборів існує не менш важлива проблема – підвищення хлібопекарської якості зерна та борошна.

### **3.1. Показники якості українського борошна, виробленого на борошномельних підприємствах України**

В останні роки складні погодні умови та економічні негаразди призвели до різкого погіршення якості зерна пшениці, в тому числі в областях степової зони, які традиційно вважаються головними районами виробництва сильного і цінного зерна. В недостатній мірі реалізується потенціал кращих сучасних сортів. Борошно, що виробляється з такого зерна, також має невисокі хлібопекарські властивості і не задовольняє потребам підприємств хлібопекарської промисловості.

Пшеничне борошно є унікальним серед зернових, через його здатність утворювати тривимірну структуру при змішуванні з водою. В даний час пшеничне борошно є найважливішим структурним компонентом для випікання хліба. Діючими підприємствами в Україні за минулий рік вироблено близько 2 млн. т борошна. Динаміка виробництва цього продукту особливо за останні 3 роки негативна, це пов'язано з низкою об'єктивних і суб'єктивних причин, зокрема зменшенням населення в Україні.

Споживання борошна виробниками хліба, макаронних і кондитерських виробів у 2017...2018 рр. склало 86 %. Відтак, можна

говорити, що внутрішній попит вітчизняними потужностями задовольняється повністю і навіть із надлишком. Разом з цим суттєво зростає тенденція збільшення поставок на ринок борошна з низькими хлібопекарними властивостями. Ця тенденція спричинена зміною клімату та хімічного складу ґрунтів, а разом з цим і зерна та вирощуванням високоврожайних сортів з невисокою якістю. Тому перед технологами постає багато задач, основною з яких є отримання борошна з високими хлібопекарськими властивостями з зерна нестабільної якості.

Найважливішим фактором, що обумовлює хлібопекарські властивості борошна і випеченого з нього хліба, є якість зерна, яке визначається хімічним складом і технологічними властивостями, і залежить, по-перше, від типу та сорту зерна, по-друге, від ґрунтово-кліматичних умов. І, якщо кожен сорт має свій генетичний потенціал і при дотриманні агротехнічних умов вирощування забезпечує стабільну якість зерна, то зміна кліматичних умов в різні роки призводить до отримання зерна нестабільної якості [99].

Для дослідження хлібопекарських властивостей було обрано 16 зразків борошна вищого сорту, виробленого з зерна врожаю 2020 року на різних підприємствах з Центрального (Вінницька, Черкаська області), Південного (Миколаївська, Одеська, Херсонська області), Північного (Київська, Сумська області), Східного (Дніпропетровська, Запорізька, Полтавська області) та Західного (Івано-Франківська, Тернопільська області) регіонів. Зразки борошна отримані на борошномельних заводах з розвиненим технологічним процесом (характерним для заводів високої продуктивності – більше 200 т/добу) та на млинах зі скороченою схемою (продуктивністю від 100 до 150 т/добу).

Система контролю якості пшеничного борошна в Україні здійснюється у відповідності із чинною нормативно-технічною документацією. Дослідження якості борошна зазвичай розпочинають зі встановлення органолептичних, фізико-хімічних показників, реологічних властивостей тіста та проведенням пробного лабораторного випікання [4].

В зразках борошна визначались основні показники якості: вологість, білість, кількість клейковини і її якість, вміст білка, число падіння, кількість пошкодженого крохмалю, водопоглинальна здатність (ВПЗ), реологічні властивості тіста та показники пробного лабораторного випікання. Результатидосліджень наведені в табл. 3.1

Таблиця 3.1

## Показники якості борошна з різних регіонів України

(N=16, n=3, P&gt;0,95)

Регіон	Область	№	Б, од	Z, %	К, %	ІДК, од	Р, %	Сед., мл	ЧП, с	ПК, UCD	ВПЗ, %
Центральний	Вінницька	1	62	0,50	24,0	82	10,6	34	420	23,4	55
	Черкаська	2	63	0,50	24,8	79	10,0	30	350	19,4	55
Південний	Миколаївська	3	58	0,52	24,5	52	13,1	46	355	25,6	58
	Одеська №1	4	60	0,52	24,0	49	11,2	40	480	24,3	58
	Одеська №2	5	62	0,51	24,5	57	11,1	42	380	20,6	57
	Одеська №3	6	58	0,54	24,9	50	10,5	34	426	24,6	60
	Херсонська №1	7	59	0,53	24,6	58	12,9	44	400	20,4	58
	Херсонська №2	8	57	0,54	25,2	63	12,0	38	465	24,6	60
Північний	Київська №1	9	64	0,48	26,3	73	10,9	33	300	18,1	54
	Київська №2	10	62	0,51	28,0	75	11,8	37	285	23,2	57
	Сумська	11	57	0,54	26,7	74	10,9	34	340	22,5	59
Східний	<b>Дніпро-петровська</b>	12	58	0,53	25,5	60	11,2	37	320	23,2	59
	Запорізька	13	60	0,52	25,0	63	11,0	37	400	25,0	57
	Полтавська	14	58	0,54	25,8	68	12,0	39	370	21,0	58
Західний	Івано-Франківська	15	58	0,53	25,7	85	12,0	38	360	20,2	60
	Тернопільська	16	58	0,54	25,2	80	11,8	38	380	22,4	58

Примітка: Б, од. – білість; Z, % – зольність; К, % – кількість клейковини; ІДК, од. – якість клейковини; Р, % – вміст білка; Сед., мл – седиментація; ЧП, с – число падіння; ВПЗ, % – водопоглинальна здатність; ПК, UCD. – кількість пошкодженого крохмалю, N – кількість зразків.

Одним з основних показників якості борошна, що визначає його сорт, є білість. В досліджуваних зразках значення показника білості коливаються в межах від 56 од. до 64 од. і відповідають вимогам стандарту ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови» – не менше 54 од., що залежить від побудови схеми та розвиненості технологічного процесу.

Основними показниками якості борошна, що оцінюють білково-протеїназний комплекс та характеризують хлібопекарські властивості, є кількість і якість клейковини. Відомо, що з кількістю клейковини нижче 23,0 % борошно володіє низькими хлібопекарськими властивостями, від 23,0 % до 26,0 % – середніми, більше 26,0 % – високими.

Зразки борошна з Південного регіону мали невисоку кількість клейковини – від 24,0 % до 25,2 %, що знаходиться на межі вимог (не менше 24,0 %), тобто таке борошно характеризується середніми хлібопекарськими властивостями. Високими хлібопекарськими властивостями володіють зразки борошна з Північного регіону, де спостерігається найвищий вміст клейковини – від 26,3 % до 28,0 % [99].

Якість клейковини (ІДК) в борошні з різних регіонів помітно різниться. В нормативних документах встановлене стандартне значення показника ІДК, не нижче II-ї групи, тобто від 40 од. до 100 од., однак такий великий діапазон приводить до нестабільності технологічного процесу хлібопекарських підприємств. Тому багаторічним досвідом технологів борошномельної і хлібопекарської галузей, встановлено, що оптимальні значення ІДК для виготовлення високоякісного хліба є 65...80 од. Так в борошні з Південних і Східних регіонів клейковина має більш пружні властивості – від 47 од. до 63 од., а для зразків з Центральних, Північних і Західних регіонів характерні високі значення показника ІДК – від 75 од. до 85 од., тобто клейковина є більш розтяжною і еластичною. Різні значення показників кількості та якості клейковини пояснюються агро-кліматичними умовами, які в кожному регіоні є різними, а так як майже кожний регіон забезпечує себе зерном для переробки, то і борошно на виході має

відповідні показники якості. Наприклад, в Південному регіоні при вирощуванні зерна спостерігається більш висока температура навколишнього середовища, більша кількість сонячних днів, внаслідок чого при достатньому вмісту білка в зерні, а потім і в борошні, утворюється менше клейковини з більш пружними властивостями.

Важливим показником, що також оцінює білково-протеїназний комплекс, є вміст білка. Найбільший вміст білка мають зразки борошна з Миколаївської та Херсонської областей – від 12,9 % до 13,1 %, найнижчий вміст білка у борошні з Черкаської області – 10,0 %. Показник седиментації змінюється разом зі зміненням кількісно-якісного співвідношення білкових фракцій. За багаторічними даними дослідників [99, 100, 101] можна вважати борошно з високими хлібопекарськими властивостями, якщо величина показника седиментації більше 40 мл, і середньою за силою при показнику седиментації нижче 40 мл.

За показником седиментації можна судити про хлібопекарські властивості пшеничного борошна, так при седиментації менше 40 мл – середні хлібопекарські властивості, а більше 40 мл – високі. Отримані дані вказують на те, що в зразках борошна з високим вмістом білка, високі значення седиментації – від 44 мл до 46 мл. Найгіршим показником седиментації характеризується зразок борошна з найнижчим вмістом білка – 30 мл, що вказує на його низькі хлібопекарські властивості. Існує високий кореляційний зв'язок між вмістом білка і показником седиментації, який дорівнює 0,85.

Майже для всіх зразків борошна характерна занижена амілолітична активність – число падіння (окрім зразків з Київської № 2 (285 с) і Дніпропетровської областей (320 с)) значно вище рекомендованих значень – 270-330 с [102]. Відомо, що між амілазною активністю, тобто числом падіння і якістю випеченого хліба, а саме об'ємом, існує тісний зворотний кореляційний зв'язок, для досліджених зразків він дорівнює 0,92 [82].

Існує ряд факторів, що впливають на кількість пошкодженого

крохмалю: сорт пшениці; режими водно-теплової обробки; режими роботи вальцових станків; крупність помелу.

Пошкоджений крохмаль здатен поглинати в 10 разів більше води, ніж нативний крохмаль. ПК більше піддається дії ферментів, особливо дії амілаз. Тому ПК впливає на весь технологічний процес виробництва хліба. Збільшення кількості ПК відповідно збільшує водопоглинальну здатність борошна. Проте, надмірно високий рівень ПК веде до формування надто липкого тіста, великого періоду попереднього вистоювання і небажаного потемніння скоринки. Оптимальне значення ПК варіюється в залежності від сфери використання борошна, і в значній мірі залежить від вмісту білка в борошні, активності альфа-амілази і типу хліба, який випікають з даного борошна, для хлібопекарського борошна значення пошкодженого крохмалю коливається в межах 19...23 UCD [103].

В досліджуваних зразках значення кількості пошкодженого крохмалю коливається в широких межах – від 18,1 UCD (Київська №1) до 25,6 UCD (Одеська №1), що виходить за межі рекомендованих значень. Такі великі розбіжності в значеннях даного показника для борошна вищого сорту пов'язані з різною побудовою технологічного процесу борошномельних підприємств та з особливостями структури зерна пшениці, яка вирощується в різних регіонах.

Відомо, що для пшеничного борошна вищого сорту з високими хлібопекарськими властивостями рекомендовані значення ВПЗ від 58 % до 60 %, з середніми – 56...58 %, з низьким – менше 56 %. Водопоглинальна здатність борошна залежить, по-перше, від наявності в борошні пентозанів, які містяться в алейроновому шарі і в оболонкових частинах, по-друге, від вмісту білка, чим вище вміст білка, тим вище значення ВПЗ, по-третє, від кількості пошкоджених крохмальних зерен, яка, в свою чергу залежить від режимів роботи вальцових станків. В досліджуваних зразках водопоглинальна здатність має достатньо високі значення – від 57 % до 60 %, окрім зразків з Київської області (№ 1), Вінницької і Черкаської областей

ВПЗ – 54...55 %. Такі низькі значення водопоглинальної здатності безпосередньо залежать від побудови схеми технологічного процесу та використання деяких технологічних прийомів. Наприклад, борошно з Черкаської і Вінницької області мали низькі значення ВПЗ через використання процесу лушення зерна при його підготовці до помелу, а для зразка № 1 Київської області низькі значення ВПЗ обумовлені тим, що борошно даного зразка вироблене на дуже розвинутій схемі технологічного процесу сортового помелу. Такі прийоми мінімізують потрапляння оболонкових частинок в борошно.

Індекс Замісу залежить від поведінки тіста під час замісу та від його стабільності. Для всіх зразків українського борошна властивий низький індекс – 1...3, окрім зразка з Миколаївської області – 5, в якому найвищий вміст білка, тобто даний Індекс на пряму залежить від вмісту білка в пшеничному борошні і може прогнозувати об'ємний вихід хліба.

Індекси В'язкості для борошна з Центрального, Північного і Південного регіонів мають високі значення – 7...8, а для Західного і Східного менші значення – 4...6. Для зразків борошна з Західного, Центрального і Південного регіонів характерні високі значення індексу Амілази – 5...7, а для Східного і Північного регіонів значення цього індексу нижче – 2...3, що пов'язано з амілолітичною активністю цих зразків.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найкращі хлібопекарські властивості мали зразки борошна з Київської (№ 2) і Дніпропетровської областей, для яких властиві високі значення кількості клейковини – від 26,0 % до 28,0 %, високий вміст білка – від 11,8 % до 13,1 %, оптимальні значення якості клейковини (показник ІДК) значення показника седиментації – від 40 мл до 44 мл, висока протеолітична активність – показник ІДК вище 70 од., оптимальна амілолітична активність – число падіння – від 285 с до 320 с, високий об'єм хліба – 470...485 см<sup>3</sup>.

Найгірші хлібопекарські властивості мали зразки з Одеської (№ 3) і Херсонської (№ 2) областей, а саме невисокі значення кількості клейковини

– від 24,0 % до 25,2 % з надмірно міцними властивостями клейковини – від 47 од. до 60 од., низький вміст білка – від 10,5 % до 11,6 %, невисокі значення показника седиментації – від 34 мл до 38 мл, а також занижена амілолітична активність – число падіння вище 460...480 с.

Низькі хлібопекарські властивості борошна для зразків переважно з Півдня України, пов'язані не тільки з невисокою якістю зерна, що переробляється, але і з веденням технологічного процесу за скороченою схемою на борошномельних заводах, з яких отримані зразки з Одеської (№ 3) і Херсонської (№ 2) областей.

### **3.2. Показники якості потоків борошна з різних систем технологічного процесу**

З розмелювального відділення до відділення готової продукції з кожної секції борошномельного заводу направляють два-три потоки борошна, що представляють собою суміші індивідуальних потоків. Система самопливних трубопроводів, по яких надходять потоки борошна з-під розсійників, влаштована так, що борошно може бути направлене у будь-який шнек для збору, перемішування і транспортування його для подальшого контролю. Формування сортів борошна полягає в змішуванні індивідуальних потоків борошна з різних систем подрібнення в готові товарні сорти. При формуванні враховують зольність, білість, вміст клейковини і крупність помелу борошна. Для виявлення конкретних потоків борошна з заданими показниками якості та формування нових сортів борошна необхідне детальне дослідження технологічних властивостей окремих потоків борошна, отриманих на різних системах здрібнення.

#### *3.2.1. Показники якості потоків борошна підприємства з технологічною схемою за варіантом 1*

Зразки борошна були згруповані за якістю на різних етапах технологічного процесу: драні системи першої якості (B1/B2, B3), драні системи вимелу (B4, B5, V1, V2), сортувальні системи першої якості (Div 1/2, Div3), сортувальні системи вимелу (Div 4), шліфувальні системи першої якості (R1C, R1F, R2, R3), шліфувальні системи вимелу (R4, R5), розмелювальні системи першої якості (C1/C2, C3, C4), розмелювальні системи вимелу (C5, C6, C7).

Якість борошна оцінювали за фізико-хімічними та хлібопекарськими показниками. Кількість і якість клейковини визначалась за стандартною методикою ГОСТ 27839-88 та за удосконаленим методом. В основному тексті наведені дані отримані за стандартною методикою.

На момент відбору зразків борошна завод працював за схемою односортового помелу з виходом борошна першого сорту – 78 % і перероблялась помельна партія зерна пшениці II і III класів у співвідношенні 45 % та 55 % з наступними показниками: вологість – 12,8 %; склоподібність – 41 %; натура – 780 г/л; кількість клейковини – 22,2 %; якість клейковини, ІДК – 75 од.

Основними фізико-технологічними показниками, за якими визначають сорт борошна на борошномельних заводах, є білість та зольність. Згідно галузевого стандарту ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови» зольність борошна вищого сорту повинна бути не більше 0,55 %, а білість – не менше 54 од.

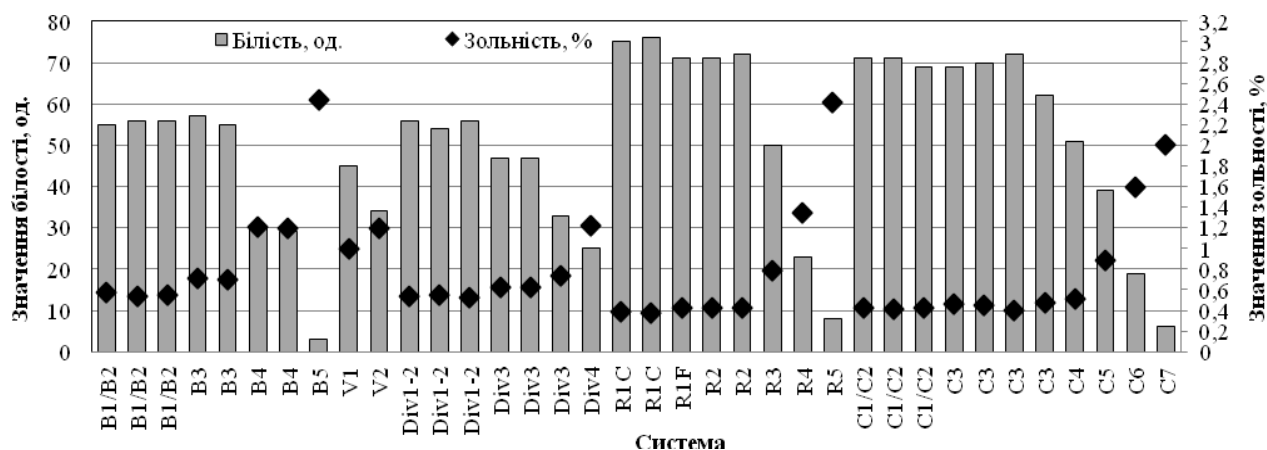


Рис. 3.1 Зольність і білість борошна на різних системах сортового помелу

На системах першої якості драного і шліфувально-розмелювального процесів білість борошна вище на 15-20 од., відповідно зольність на цих системах є найменшою (0,38...0,55 %) в порівнянні з системами вимелу (рис. 3.1). Зменшення білості та відповідно збільшення зольності борошна (кореляція дорівнює – 0,92), отриманого на системах вимелу, вказує на значний вміст периферичних частин зерна, які містять пентозани і неклеиковинні білки, що суттєво впливають на хлібопекарські властивості даних потоків [104].

Борошно, отримане на різних системах технологічного процесу, має неоднаковий хімічний склад і тому помітно різниться за кількістю клейковини (рис. 3.2). В індивідуальних потоках борошна, отриманих на драних, сортувальних і вимельних системах кількість клейковини мала високі значення. Це пояснюється тим, що в борошно на цих системах потрапляє проміжний білок, який утворюється на етапі первинного здрібнення зерна і здатен легко формувати клейковину [105]. На перших трьох шліфувальних системах кількість клейковини змінюється від 25,8 % (R1F) до 28,0 % (R3), на розмелювальних системах – від 23,9 % (C5) до 27,2 % (C3), а на останніх шліфувально-розмелювальних системах клейковина не відмивається, що пов'язано зі збільшенням вмісту неклеиковинного білку та водорозчинних фракцій за рахунок потрапляння в борошно часток зародку, оболонки, алейронового шару, що містять в своєму складі велику кількість альбумінів, нуклеопротейдів і високу активність протеолітичних ферментів.

Суттєво змінювались структурно-механічні властивості клейковини в потоках борошна в залежності від групи систем технологічного процесу за якістю (рис. 3.2). На драних і сортувальних системах першої якості кількість клейковини (ІДК) змінювалась від 48 од. (Div3) до 70 од. (B3). На

шліфувальних і розмелювальних системах першої якості клейковина мала більш пружні властивості (62...67 од.) за рахунок отримання борошна з центральних частин ендосперму. Для систем вимелу характерні високі значення якості клейковини (78...80 од.), тобто за фізичними властивостями клейковина має більш еластичні властивості. Якість клейковини (ІДК) пшеничного борошна залежить від багатьох умов і є показником, набагато більш мінливим, ніж кількісний вміст клейковини, хоча між обома цими показниками існує тісний зв'язок [188]. Рекомендованими значеннями якості клейковини для отримання хліба високої якості є 60...80 од. приладу ВДК.

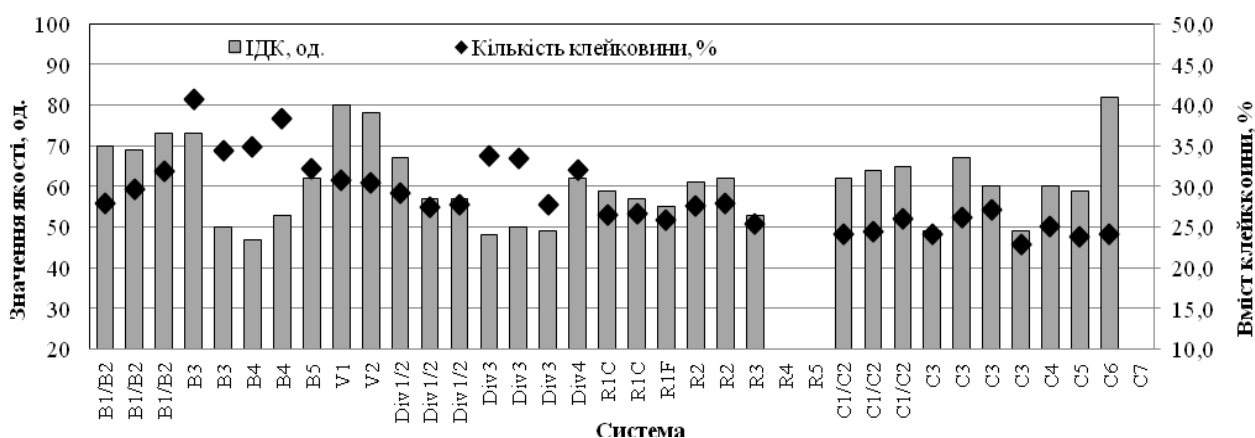


Рис. 3.2 Кількість і якість клейковини в борошні на різних системах сортового помелу

Вміст білка в індивідуальних потоках борошна збільшувався від перших систем подрібнення до останніх як в драному, так і в шліфувальному та розмелювальному процесах (рис.3.3). Як правило, борошно з перших систем розмелювального і шліфувального процесів характеризувалось найменшим вмістом білка (10,4...11,0 %), а борошно з останніх систем розмелювального, шліфувального і драного процесів — найбільшим (11,7...17,8 %).

Слід зазначити, що вміст білка в борошні з драних систем на 1-2 % вище, ніж в борошні з розмелювальних систем такої ж якості. Значну

зацікавленість представляють показники якості борошна з драних систем вимелу В4, В5 та шліфувальних і розмелювальних систем вимелу R4, R5, С7, в яких найбільший вміст білка (13,9...17,8 %). Оптимальним значенням вмісту білка для борошна високої хлібопекарської якості є 11...12,5 %.

Седиментація борошна характеризується як кількістю, так і якістю клейковини. Показник седиментації змінювався в широких межах – від 15 мл до 46 мл. За показником седиментації, найгіршими хлібопекарськими властивостями володіли потоки борошна з останніх драних систем (15...26 мл) і останніх систем шліфувально-розмелювального процесів (18...26 мл), що пов'язано з наявністю оболонкових продуктів, які мають високу протеолітичну активність.

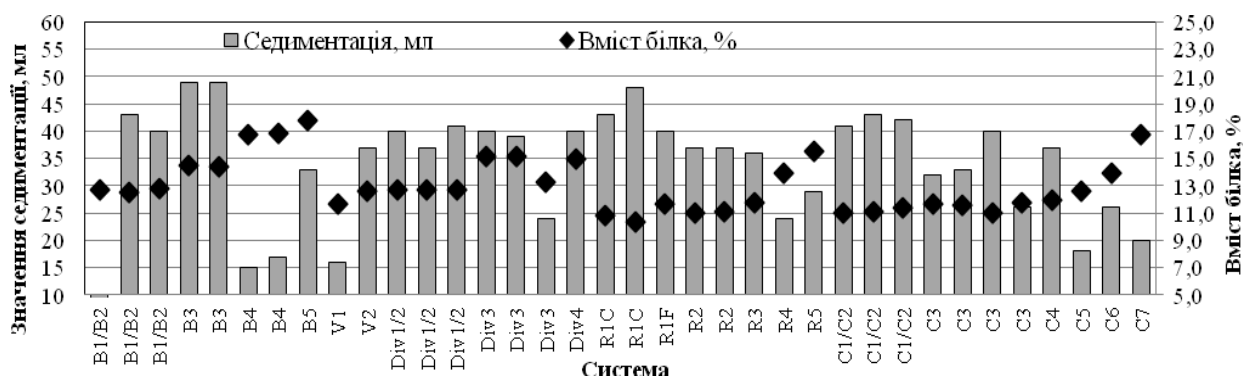


Рис. 3.3 Показники седиментації та вмісту білка борошна на різних системах сортового помелу

Число падіння, що характеризує амілолітичну активність борошна, зменшувалось від перших систем до останніх, як в драному, так і в розмелювальному процесі. На системах першої якості в драному і сортувальному процесі мінімальне число падіння спостерігалось на 4-й драній системі (В4) – 290 с, в шліфувально-розмелювальному процесі на всіх системах першої якості значення числа падіння (325...360 с) близькі до оптимальних з точки зору хлібопекарських властивостей (270...330 с). Значно вищою амілолітичною активністю характеризувались потоки

борошна з розмелювальних і шліфувальних систем вимелу, що пов'язано з наявністю оболонкових частин (рис.3.4).

При контролі роботи режимів здрібнювання на борошномельних заводах необхідно слідкувати за значенням пошкодженого крохмалю і оптимізувати його, оскільки він має як позитивний, так і негативний вплив на хлібопекарські властивості борошна.

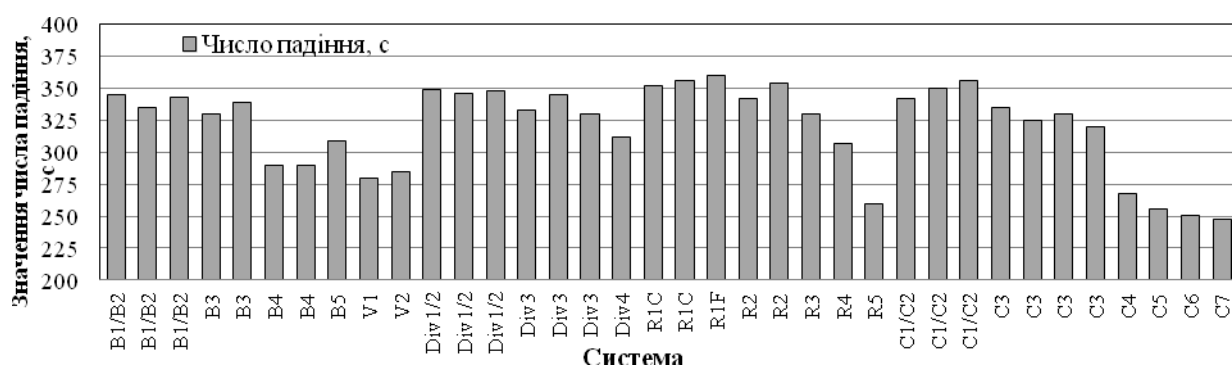


Рис. 3.4 Показник числа падіння борошна на різних системах сортового помелу

За органолептичними показниками хліб з драних, сортувальних, розмелювальних і шліфувальних систем першої якості, характеризувався гладкою поверхнею скоринки куполоподібної форми, з білим або білим з жовтуватим відтінком, еластичним м'якушем з дрібною рівномірною пористістю (рис. 3, 5). Хліб з борошна драних, сортувальних, розмелювально-шліфуваних систем вимелу мав напівовальну або овальну форму, слабо-горбисту поверхню, світло-коричневу скоринку, сіруватий або темно-сірий, менш еластичний м'якуш з більш нерівномірною пористістю.

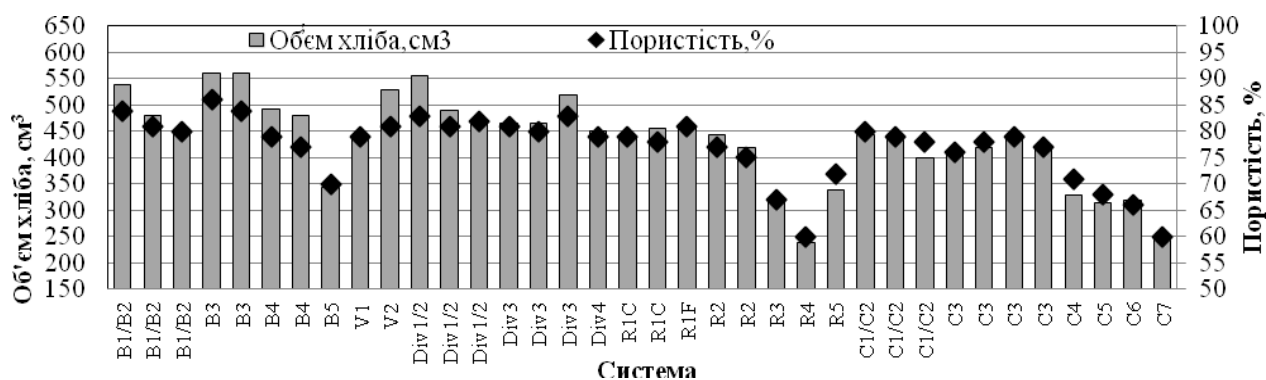


Рис. 3.5 Значення об'єму і пористості хліба з борошна на різних системах сортового помелу

Для виробництва борошна з високими хлібопекарськими властивостями необхідно забезпечити баланс між водопоглинальною здатністю, вмістом білка і клейковини в борошні, кількістю пошкодженого крохмалю і активністю альфа-амілази.

Отримане на заводі борошно першого сорту мало наступні показники якості: вологість – 14,3 %; білість – 53 од.; кількість клейковини – 27,2 %; якість клейковини (ІДК) – 75 од.; ЧП – 360 с; ВПЗ – 56 %. За показниками пробної випічки, хліб мав рівномірну, забарвлену скоринку з еластичною м'якушкою. Об'єм хліба дорівнював – 420 см<sup>3</sup> з пористістю – 77 %.

В результаті дослідження встановлено, що технологічні показники індивідуальних потоків борошна є різними на кожному етапі технологічного процесу і залежать від груп якості.

Тому для формування нових сортів борошна із заданими технологічними властивостями слід вибирати певні потоки з необхідним набором показників якості.

### **3.3. Вплив технологічних добавок на хлібопекарські властивості борошна**

Підбір дозувань ферментних препаратів для направленої зміни якості борошна може здійснюватися за показниками реологічної кривої або за результатами пробного лабораторного випікання хліба. Для розробки технології формування борошна із заданими показниками якості з використанням ферментних препаратів було проведено ряд досліджень для встановлення зміни показників якості на прикладі борошна з Південного регіону, виробленого на заводі зі скороченої схемою технологічного процесу (табл.3.1). Приготовлено суміші борошна з ФП амілолітичної,

протеолітичної, ксиланазної дії та з сірковмісною амінокислотою цистеїн, дозування технологічних добавок наведені в табл.3.2. Застосування ФП у борошномельному виробництві дозволяє стабілізувати та формувати певні властивості борошна, поліпшувати його якість та використовувати зерно для переробки різної якості.

Таблиця 3.2

### Характеристика технологічних добавок

Діючий фермент	Принцип дії	Активність	Дозування г/100кг борошна		
			min	mid	max
$\alpha$ -амілаза	Компенсує нестачу $\alpha$ -амілази в борошні, збільшує накоплення декстринів і покращує газоутворювальну здатність	2500 FAU/г	0,2	0,5	1,0
Мальтогенна $\alpha$ -амілаза	Впливає на крохмаль борошна, сповільнюючи його ретроградацію, виробляє цукри з низькою молекулярною масою і декстрини, які покращують водопоглинальну здатність	1500 MANU/г	1,0	2,0	5,0
$\alpha$ -амілаза з геміцелюлазною активністю	Фермент оптимізує структуру клейковини тіста та забезпечує тривалу свіжість випечених виробів	2,500 SKB/г	8,0	12,0	15,0
Нейтральна протеаза	Розслаблення клейковини. Рекомендується при виробництві хліба, печива.	1,5 AU/г	2,0	6,0	10,0
L-цистиїн (амінокислота E 920)	Покращує реологічні властивості тіста, особливо з тіста з короткою структурою клейковини	–	5,0	10,0	20,0

Ксиланаза і геміцелюлаза	Сприяє розкладанню і модифікації фракцій некрохмальних поліцукрів в пшеничному борошні.	2700 FXU/г	2,0	6,0	10,0
-----------------------------	--	------------	-----	-----	------

На об'єм хліба суттєвого впливу не було здійснено, однак, збільшення дозування ФП призвело до зменшення пористості хліба з 72 % до 70 % (рис. 3.6). Мальтогенна амілаза позиціонується як препарат, який зменшує черствіння хліба, що підтверджується зменшенням індексу П6 (Ретроградації), збільшення його дозування вище мінімального і використання для покращення хлібопекарських властивостей є не доцільним.

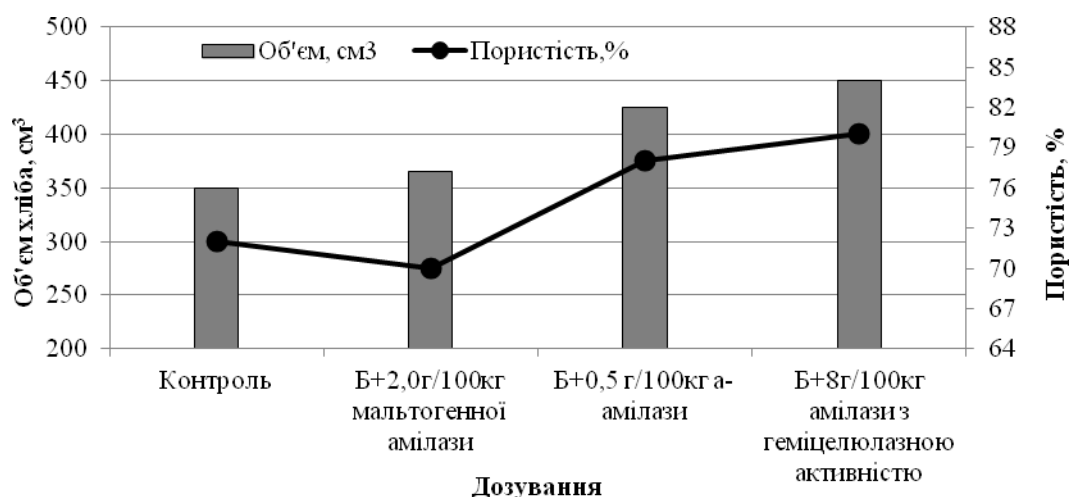


Рис. 3.6 Показники якості хліба з ФП різного принципу дії

При внесенні в борошно мінімального дозування α-амілази з геміцелюлазною активністю покращився зовнішній вигляд і збільшився об'єм хліба з 350 см<sup>3</sup> до 450 см<sup>3</sup>. Це свідчить про те, що навіть в такій невеликій кількості ферментний препарат збільшив амілолітичну активність борошна і покращив якість хліба.

Для розслаблення структурно-механічних властивостей клейковини в

разі неможливості використання нейтральної протеази необхідно використання сірковмісної амінокислоти цистеїн, яка дозволяє регулювати реологічні властивості тіста з занадто міцною коротко рваною клейковиною.

### **Висновки до розділу 3**

В результаті проведених досліджень отримано наступні висновки:

1. Борошно неоднорідне за показниками якості в залежності від регіону вирощування зерна та його переробки. При проведенні досліджень, найкращими хлібопекарськими властивостями володіли зразки з Північного і Центрального регіонів, для яких властиві висока кількість клейковини – від 26,0 % до 28,0 %, при оптимальних значеннях ІДК – вище 70 од. і ЧП – від 285 с до 320 с, високий об'єм хліба – 470...485 см<sup>3</sup>.
2. Зразки борошна з Південного регіону у зв'язку з агро-кліматичними умовами володіли найгіршими хлібопекарськими властивостями, а саме невисокою кількістю клейковини – від 24,0 % до 25,2 % з надмірно міцними властивостями клейковини (ІДК) – від 47 од. до 60 од., а також занижена амілолітична активність – ЧП вище 360...480 с, що підтверджуються невисоким об'ємом хліба – 320...420 см<sup>3</sup>.
3. Показники якості борошна індивідуальних потоків є неоднорідними, навіть, в межах однієї групи якості та залежать від схеми технологічного процесу. На заводах з розвиненою схемою за варіантом 1 та 2 на системах першої якості кількість клейковини більша в 1,2...1,5 рази, значення якості клейковини (ІДК) вищі на 5...30 од., вміст білка більший на в 1,2...1,4 рази, значення числа падіння нижчі в 1,1...1,3 рази від даних показників на тих же системах заводу зі скороченою схемою за варіантом 3.
4. На заводах з розвиненою схемою технологічного процесу тенденція зміна показників якості індивідуальних потоків майже однакова. Однак, в залежності від якості зерна, що переробляється, показники можуть суттєво відрізнятись. Так, на драних системах першої якості на заводі за

варіантом 1 показники вищі за кількістю клейковини в 1,1 рази, якістю клейковини (ІДК) в 1,2 рази, ЧП в 1,1 рази, об'єм хліба на 80...110 см<sup>3</sup>. Велика кількість індивідуальних потоків з різноманітним набором показників і це дає можливість на даних заводах формувати борошно із заданими показниками якості.

5. Найбільший вплив на об'єм хліба і балову оцінку показали ферментні препарати амілолітичної та ксиланазної (геміцелюлазної) дії, що підтверджується збільшенням об'єму хліба в 1,3...1,4 рази і в 1,6 разів, відповідно, з покращенням балової оцінки з «хорошої» на «відмінну». При низьких значеннях кількості клейковини (24,0...24,5 %), саме внесення технологічних добавок відновлювальної дії (L-цистеїн) мали негативний вплив на якість хліба.
6. При невисоких значеннях кількості клейковини (24,0...25,0 %) з пружними її властивостями (ІДК – менше 55 од.) рекомендоване дозування ферментних препаратів для покращення хлібопекарських властивостей борошна повинні бути наступними:  $\alpha$ -амілаза – 0,5 г/100кг;  $\alpha$ -амілаза з геміцелюлазної активністю – 8 г/кг; ксиланаза (геміцелюлаза) – 6 г/100 кг.

## Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Проведено економічні розрахунки по обґрунтуванню ефективності проведених досліджень з отриманням оцінки результатів і визачення доцільності проекту. В ході наукових досліджень вивчалоя виробництво борошна з заданими показниками якістю. Це має велике значення для хлібозаводів, які взмозі замовляти їм потрібне по якості борошно.

### 4.1. Організація проведення дослідження

В організацію досліджень включено: складено перелік робіт, визначено їх взаємозв'язок та тривалість, побудовано мережеву схему, визначено критичний шлях, розраховано кошторис витрат на проведення експеримента [106]. У переліку робіт, що передбачено ходом досліджень з метою процесу виробництва печива з використанням солоду, наведений у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

План досліджень

Шифр, i-j	Назва етапів	Тривалість (t <sub>ij</sub> ), дні
1-2	Обґрунтування теми науково – дослідної роботи	1
2-3	Літературний огляд	4
3-4	Обробка зібраних даних	8
4-5	Розробка плану науково-дослідної роботи	1
5-6	Підготовка проб і сировини	4
5-7	Проведення помелу	20
5-8	Визначення якісних показників зразків борошна	22
5-9	Обробка отриманих результатів дослідження	5
5-10	Аналіз зібраного матеріалу	6
6-11	Оформлення результатів	1
7-11		1
8-11		1
9-11		1
10-11		1
11-12	Підготовка зібраних матеріалів до публікацій	7
12-13	Формування графічного матеріалу	1

Відповідно до плану проведення дослідження будується мережева схема – графічна модель, на якій відображено науково-дослідну роботу у вигляді окремих етапів, що дозволяє шляхом розрахунку визначити оптимальний варіант виконання. На етапі реалізації, на мережевій схемі показано можливість оперативного керування шляхом виконання роботи (рис. 4.1).

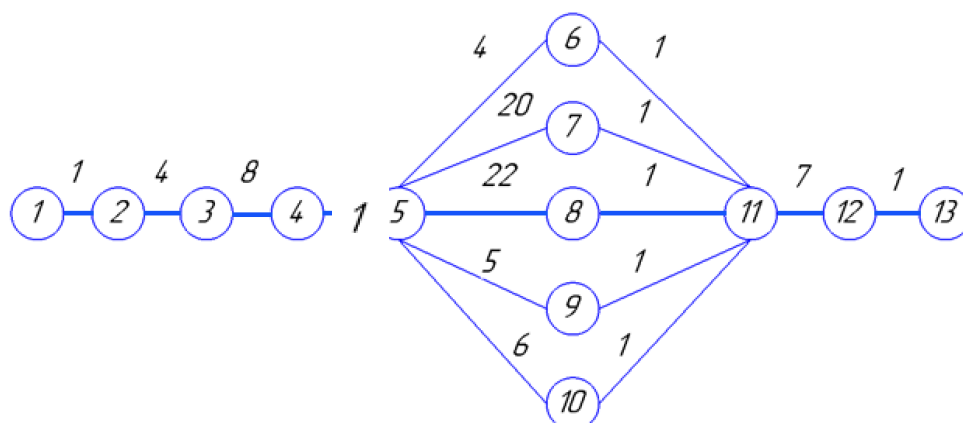


Рисунок 4.1 – Мережева схема проведення науково-дослідної роботи

Використовуючи мережеву схему, знайдено повний шлях – тривалість послідовних робіт від початку до закінчення.

$$L_{1-2-3-4-5-6-11-12-13}^1 = 1+4+8+1+4+1+7+1=27;$$

$$L_{1-2-3-4-5-7-11-12-13}^2 = 1+4+8+1+20+1+7+1=43;$$

$$L_{1-2-3-4-5-8-11-12-13}^3 = 1+4+8+1+22+1+7+1=45;$$

$$L_{1-2-3-4-5-9-11-12-13}^4 = 1+4+8+1+5+1+7+1=28;$$

$$L_{1-2-3-4-5-10-11-12-13}^5 = 1+4+8+1+6+1+7+1=29.$$

Шлях, який має максимальну тривалість називають критичним. В даній ситуації, критично є третій шлях, тривалістю у 45 діб.

Наступний етап – розрахунок терміну проведення робіт [43]:

– крайній термін здійснення події ( $T_i^n$ ) – різниця між критичним та максимальним шляхом від даної події до закінчення;

– початковий термін здійснення події ( $T_i^p$ ) – найбільший шлях від початку до  $i$ -тої події; ранній термін здійснення кінцевої події дорівнює тривалості критичного шляху  $L_{KP} = 45$  днів.

Резерв шляху розраховують за формулою [107]:

$$R_1 = T_1^n - T_1^p, \quad (4.1)$$

де  $R_1$  – резерв шляху, днів;

$T_1^n$  – крайній термін здійснення події, днів;

$T_1^p$  – початковий термін здійснення події, днів.

Результати розрахунку представлені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

**Терміни здійснення подій (ранній та пізній) і резерв шляху**

Номер події	Початковий термін здійснення події $T_1^p$ , дні	Крайній термін здійснення події $T_1^n$ , дні	Резерв шляху $R_1$ , дні
1	0	0	0
2	1	1	0
3	5	5	0
4	12	12	0
5	14	14	0
6	18	36	18
7	34	36	2
8	36	36	0
9	19	36	17
10	20	36	16
11	37	37	0
12	44	44	0
13	45	45	0

Загальний резерв часу роботи – максимальний термін, на який збільшено тривалість даної роботи, але не змінюючи при цьому тривалість критичного шляху. Загальний резерв часу роботи розраховано за формулою:

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ij}, \quad (4.2)$$

де  $R_{ij}^n$  – загальний резерв часу роботи, днів;

$t_{ij}$  – загальна тривалість роботи, днів.

Вільний резерв часу – максимальний термін, на який збільшено тривалість робіт або відстрочено їх початок, але не змінено при цьому початкових термінів початку наступних робіт. Визначення показника за формулою:

$$R_{ij}^e = T_j^p - T_i^p - t_{ij}, \quad (4.3)$$

де  $R_{ij}^e$  – вільний резерв часу роботи, днів;

$T_1^n$  – крайній термін здійснення події, днів;

$T_1^p$  – початковий термін здійснення події, днів.

Коефіцієнт навантаження робіт дозволяє визначити наскільки вільно можливо мати у своєму розпорядженні наявні резерви.

Коефіцієнт навантаження робіт розраховують за формулою [108]:

$$K_{ij}^H = \frac{L_{maxij} - t_{ij}}{L_{кр} - t_{ij}}, \quad (4.4)$$

де  $L_{maxij}$  – довжина максимального шляху, яку пройдено через роботу;

$L_{кр}$  – довжина критичного шляху ( $L_{кр} = 46$  днів).

Розрахунки наведено у табл. 4.3.

Отже, застосування мережевого планування допомагає правильній організації досліджень, моделюванню, проведенню аналізу, а також, при необхідності, складанню його плану з метою економії часу та коштів.

При побудові мережевої схеми, необхідно прагнути до рівнобіжного виконання окремих робіт, що надає можливість скоротити загальний термін проведення експериментів.

Проведено аналіз отриманих розрахункових даних, за якими зроблено висновок, що на виконання повного комплексу робіт, передбаченого етапами досліджень, належно витратити 45 днів.

Виконані роботи, які знаходяться на критичному шляху, необхідно закінчувати вчасно, адже вони не мають резервного часу, а коефіцієнт їх навантаження дорівнює найбільшому значенню.

Таблиця 4.3

**Результати розрахунку вільного та повного резервного часу**

Шифр $i-j$	Вільний резерв часу $R_{ij}^e$ , дні	Повний резерв часу $R_{ij}^n$ , дні	Коефіцієнт навантаження
1-2	0	0	0,00
2-3	0	0	0,02
3-4	0	0	0,14
4-5	0	0	0,30
5-6	0	18	0,34
5-7	0	2	0,56
5-8	0	0	0,61
5-9	0	17	0,12
5-10	0	16	0,35
6-11	0	0	0,41
7-11	0	0	0,55
8-11	0	0	0,59
9-11	0	0	0,43
10-11	0	0	0,45
11-12	0	0	0,71
12-13	0	0	0,84

Однак, дані у табл. 4.3 засвідчено, що календарні терміни окремих етапів робіт можна змінювати у часі в разі виникнення необхідності.

## 4.2. Витрати на проведення досліджень

Витрати на проведення досліджень, визначено за допомогою кошторису, до яких належать: витрати на матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію, накладні витрати [57].

Витрати на основні та побічні матеріали розрахован за формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (4.5)$$

де  $m_1$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_1$  – – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

**Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість на 1 кг готової продукції.**

Найменування, од.	Кількість, г	Ціна, грн.	Сума, грн.
Зерно пшениці	162	45,20	7,32
Борошно	402	19,20	7,72
Добавки	187	34,22	6,40
Меланж яєчний	59	39,25	2,32
Ванільна пудра	2	500,00	1,00
Сухе молоко	375	152,00	57,00
Всього			81,76

Згідно з розрахунків, на 1 кг готової продукції було втрачено 81,76 грн.

Заробітна плата людей, що приймали участь у дослідженнях, визначено помноженням середньочасового заробітку працівника на кількість використаного часу. Результати розрахунку наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5

**Розрахунок витрат на заробітну плату**

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Кількість днів	Сума, грн
Виконавець	7600	45	11 400
Всього			11 400

Нарахування заробітної плати здійснено у розмірі 22 % від єдиного податку. Витрати від загальної суми заробітної платні складають:

$$H = 11400 \cdot 0,22 = 2\,508 \text{ грн}$$

Сума фонд сплати праці:  $11\,400 + 2\,508 = 13\,908$  грн

Затрати на використану електроенергію визначено за формулою [109]:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (4.6)$$

де  $M$  – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

$K$  – коефіцієнт використання потужності ( $K = 0,9$ );

$T$  – термін роботи на установці, год;

$a$  – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Затрати енергії на використання сушильної шафи визначено:

$$E_1 = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 1,68 = 36,3 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на електронні ваги складають:

$$E_2 = 0,006 \cdot 0,9 \cdot 15 \cdot 1,68 = 0,14 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на витяжну шафу складають:

$$E_3 = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 10 \cdot 1,68 = 13,6 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на духову шафу складають:

$$E_4 = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 4 \cdot 1,68 = 15,12 \text{ грн}$$

Затрати енергії на використання комп'ютера розраховано:

$$E_5 = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 150 \cdot 1,68 = 68,04 \text{ грн.}$$

Загальні затрати електроенергії визначено за рівнянням:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 = 36,3 + 0,14 + 13,6 + 15,12 + 68,04 = \\ = 133,20 \text{ грн.}$$

Загальні затрати на витрачену електроенергію складають: 133,20 грн

Витрати на амортизацію устаткування, що було використано у процесі проведення досліджень, розраховано за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (4.7)$$

де  $A$  – відраування на амортизацію, грн;

$\Phi$  – вартість устаткування, грн;

$H$  – річна норма на амортизацію, %;

$t$  – термін проведення досліджень на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено у табл. 4.6.

Таблиця 4.6

#### Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Сушильна шафа	9600,0	16	3	9,99
Електронні ваги	1800,0	20	2	1,97
Тістомесильна	24000,0	10	2	8,77

машина				
Піч для випікання проб	4000,0	14	2	3,06
Комп'ютер	8000,0	24	20	105,21
Всього				129

Витрати на амортизацію устаткування (використовано у процесі досліджень) складають: 129 грн.

Накладні витрати, що включені до витрат, пов'язані з обслуговуванням установки, прийнято рівними 80 % від розрахунку заробітної плати виконавців досліджень та становлять:

$$11\,400 \cdot 0,80 = 9\,120 \text{ грн}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведено у табл. 4.7.

Таблиця 4.7

#### Кошторис витрат на проведення досліджень

Витрати	Сума, грн.	%
Основні матеріали	81,76	0,5
Заробітна плата	11 400	48,8
Нарахування на заробітну плату	2 508	10,3
Електроенергія	133,20	0,7
Амортизація	129	0,5
Накладні витрати	9 120	39,2
Всього	23 371, 96	100

У кошторисі витрат показано, що на першому місці заходяться витрати на заробітну плату (48,8 %) та на накладні витрати (39,2 %).

### 4.3. Розрахунок вартості на проведення досліджень

Дана науково-дослідна робота відноситься до фундаментальних досліджень, тому ціну визначено на основі витрат на дослідження та рентабельність:

$$C = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (4.8)$$

де  $C$  – вартість досліджень, грн;

$C$  – витрати на проведення досліджень, грн;

$P$  – нормативна рентабельність досліджень ( $P = 30$ ), %.

$$Ц = 23\,371,96 + \frac{30 \cdot 23\,371,96}{100} = 30\,383,54 \text{ грн}$$

Висновки до розділу: було проведено економічні розрахунки по обґрунтуванню ефективності запроваджених досліджень. А також побудовано мережевий графік, визначено тривалість критичного шляху, який складає 45 днів. Такий термін критичного шляху, може не перевищувати визначену тривалість виконання науково-дослідної роботи, а отже, складано мережеву схему, яка є оптимальною.

Була розрахована необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість, витрати на заробітну плату, витрати на амортизацію, накладні витрати. Найбільшими витратами під час проведення дослідження, були витрати на заробітну платню та накладні сплати, сума яких становить 11400 грн. і 9120 грн. відповідно. Загалом, витрати на проведені дослідження становлять 23371,96 грн. Вартість дослідження, при рівні рентабельності 30 % складає: 30383,54грн.

## **Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процес трудової діяльності.

Згідно із Законом України «Про охорону праці» служба охорони праці забезпечує організацію виконання правових, організаційно-технічних, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних, і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням і аваріям у процесі праці. Експериментальна частина дипломної роботи присвячена дослідженню заводів в галузі виробництва борошна з заданими показниками якості.

Згідно із Законом України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»: об'єкт підвищеної небезпеки – об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

### **5.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів**

У виробничій лабораторії ТОВ «Дніпромлин» виконують дослідження за показниками: засміченість, зараженість, скловидність, натурна маса, вологість, маса 1000 зерен, вміст білку, число падіння, якість і кількість клейковини, зольність, білизна борошна тощо. Для проведення аналізів застосовують сушильну електричну шафу СЕШ-ЗМ, діафаноскоп ДСЗ-2, лабораторну електропіч СНОЛ 2,42/11 И2, дистилятор, вологомір

ВМЦЛ-12, вимірювач деформації клейковини ВДК-3М, розсійник ЛМТ-1, рефрактометр ИРФ-454Б2М, спектрофотометр СПЕКТРАН-ИТ, ваги лабораторні АД-1000, тестер білизни борошна РЗ-ТБМС-М, плиту МІКА-2.

В результаті наявності струмопровідної підлоги та виділення в повітря приміщення горючого пилу лабораторія характеризується підвищеною електронезбезпекою. З метою попередження і усунення виникнення нещасних випадків, які пов'язані з ураженням працівників електричним струмом, відповідно до вимог законодавства вищезгадане обладнання оснащено захисним заземленням, а підлога біля робочих місць вкрита гумовими килимами.

## **5.2. Організаційні та технічні заходи**

### Загальні положення

1. У відповідності [110], термін "Електробезпека" визначається як система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля і статичної електрики.

2. Система організаційно-технічних заходів щодо електробезпеки, в основному, регламентується двома міжвідомчими нормативними документами, обов'язковими для виконання на будь-якому підприємстві, незалежно від форми власності й галузевої приналежності: «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» (ПТЕ) та «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (ПБЕЕ) [110, 111]. Обидва ці документи відповідальність за організацію безпечної експлуатації електроустановок покладають на роботодавця.

На основі ПТЕ та ПБЕЕ міністерствами і відомствами розробляються галузеві нормативні акти; на кожному підприємстві, незалежно від форми власності, розробляються нормативні акти підприємства (інструкції з експлуатації, інструкції з техніки безпеки на робочому місці і таке інше).

Галузеві документи і документи на підприємствах спираються на ПТЕ і ПБЕЕ і не можуть їм суперечити.

3. Система технічних засобів і заходів з електробезпеки регламентується "Правилами устрою електроустановок" (ПУЕ) та вітчизняним нормативним документом НПАОП 40.1-1.32-01 "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок" (цим нормативним актом замінено розділи 5.4, 5.5, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.6 ПУЕ) ця система є частиною загальної системи технічних засобів і заходів.

Правила поширюються на діючі електроустановки напругою до 150 кВ включно, які належать споживачам електричної енергії, незалежно від форм власності та відомчої належності, а також на електроустановки населення напругою понад 1000 В. Правила поширюються також на електроустановки до 1000 В, які перебувають на правах власності в населення, у частині застосування норм випробувань та вимірювання параметрів електрообладнання.

4. Система електрозахисних засобів виділяється із загальної системи технічних заходів, означених до Правил експлуатації електрозахисних засобів [112], оскільки електрозахисні засоби не є частиною електроустановки і регламентується окремим нормативним документом.

До основних способів захисту від ураження людини електричним струмом при дотику до струмо провідних частин електрообладнання відносять:

Застосування ізоляції. Електроізоляція – це шар діелектрика або виріб з діелектрика, яким вкрита поверхня, що проводить струм. Розрізняють такі види ізоляції [112]:

- робоча;
- додаткова – забезпечує захист від ураження на випадок пошкодження робочої;
- подвійна – складається з робочої та додаткової;

– підсилена – це поліпшена робоча ізоляція, що забезпечує такий рівень захисту, як і подвійна.

При розроблянні електроустановок опір ізоляції береться в межах 1 кОм/В, якщо технічними умовами не передбачені більш жорсткі вимоги відповідно до чинних актів.

Застосування малих напруг. Використання малих напруг різко знижує небезпеку ураження, особливо коли роботи проводяться в умовах підвищеної небезпеки, особливої небезпеки або назовні приміщення. До малих напруг відносять напруги менші, ніж 42 В [112]. При напрузі до 42 В струм, який проходить через тіло людини, є безпечним. При роботах в особливо небезпечних умовах використовують переносні електричні світильники з напругою не вище 12 В.

Забезпечення недоступності струмопровідних частин. Основними заходами забезпечення недоступності є застосування захисних огорожень, закритих комунікаційних апаратів, розміщення неізольованих струмопровідних частин на висоті, недосяжній для ненавмисного торкання, обмеження доступу сторонніх осіб в електротехнічні приміщення.

Застосування блокувань безпеки. Блокування безпеки застосовуються в установках, експлуатація яких пов'язана з періодичним доступом до огорожених струмопровідних частин електрообладнання, в комунікаційних апаратах, помилки в оперативних переключеннях яких можуть призвести до аварії; в рубильниках, пусковій апаратурі, автоматичних вимикачах, а також в умовах підвищеної небезпеки. Призначення блокувань безпеки – у неможливити доступ до неізольованих струмопровідних частин без попереднього зняття з них напруги, не допустити порушення рівня електробезпеки без попереднього відключення електрообладнання від джерела живлення. Основними видами блокувань є механічні, електричні та електромагнітні блокування.

Засоби орієнтації в електроустановках. До засобів орієнтації належать: маркування частин електрообладнання, проводів і

струмопроводів, бирки на проводах, забарвлення неізолюваних струмопровідних частин, ізоляції, попереджувальні написи, таблички, схеми комутації, знаки високої напруги і т.ін.

Виконання електричних мереж, ізолюваних від землі.

Захисне розділення електричних мереж.

Вирівнювання потенціалів.

Для запобігання виникненню пожеж і їх локалізації у випадку займання дипломною роботою передбачене вживання наступних заходів: систематичне проведення інструктажів з охорони праці; щоденна перевірка загального стану електромережі та справності приладів завідувачем лабораторії; оснащення поверхонь робочих місць шаром вогнетривких матеріалів; забезпечення приміщення засобами ліквідації джерел загоряння – вуглекислотним вогнегасником ВВК-5, хімічним пінним вогнегасником ОХП-10, протипожежною ковдрою, ємністю з піском і роздільним водопровідним краном; встановлення систем сповіщення –димової сигналізації і лінії зв'язку з пожежною охороною [113].

### **5.3 Правила безпечного виконання робіт при виробництві борошна з зерна.**

Відповідальність за стан безпеки і протипожежної безпеки в лабораторіях, а також за розробку і здійснення профілактичних заходів з охорони праці несе завідувач лабораторією, який повинен забезпечити:

- безпечний стан приміщень, робочих місць, обладнання, приладів, інструментів, запобіжних пристроїв;
- інструктаж працівників з безпеки праці [114];
- забезпечити працівників кафедри спец одягом і запобіжними пристроями [115].

Працівники повинні знати:

- правила безпеки при роботі з плитами, пароконвектоматами, дробилками, духовими шафами, розмельними станками, електричного та механічного обладнання та устаткування, які є в виробничій лабораторії;
- небезпечні моменти при проведенні робіт в лабораторії і способи їх попередження;
- засоби першої (долікарської) допомоги при отруєннях, опіках, ураженнях електричним струмом і інших нещасних випадках;
- інструкції з протипожежних заходів, освоїти проти пожежний інвентар і правила користування ним. Вимоги до приміщень лабораторії. Приміщення лабораторії повинно мати припливно-витяжну вентиляцію і бути забезпеченим первинними засобами пожежо гасіння; зокрема вуглекислотними вогнегасниками, ковдрою із негорючих матеріалів, ящиком або відром з піском і совком.

Весь інвентар та обладнання повинні зберігатись відповідно до правил пожежної безпеки. Лабораторія повинна бути забезпечена аптечкою з набором медикаментів і перев'язувальних засобів. Вимоги безпеки перед початком виконання робіт.

Необхідно:

1. Включити припливно-витяжну вентиляцію за 10 - 15 хв. до початку роботи.
2. Перевірити справність приладів, обладнання.
3. При виявленні несправностей обладнання, сповістити викладача та не приступати до роботи до усунення виявлених несправностей.

Вимоги безпеки під час виконання досліджень. Дослідник повинен:

- не залишати ввімкнене електроустаткування без нагляду;
- бути уважним та обережним при користуванні механічним обладнанням та інвентарем.

Вимоги безпеки після закінчення роботи. Вимкнути обладнання, електроприлади, закрити воду, вимкнути електроенергію. Прибрати робоче

місце. Доповісти керівнику дослідних робіт про всі недоліки, які мали під час роботи.

#### 5.4. Розрахунок штучного освітлення в лабораторії

Відповідно до вимог ДБН В 2.5-28-2006 будь-який промисловий, виробничий або сільськогосподарський об'єкт має бути забезпечений належним рівнем освітлення, яке задовольняло б зоровому розряду виконуваних робіт.

Приміщення виробничої лабораторії у ТОВ «Дніпромлин» містить 2 вікна загальною площею 11 м<sup>2</sup>, які дають змогу працювати без перенапруження органів чуття в денний час, однак застосування виключно бічного типу освітлення має значний недолік – нерівномірність розподілення світлового потоку по глибочіні кімнати, тому разом з природними джерелами випромінювання доцільно використовувати штучні. Передбачені ходом дослідження операції з переробкою зернового матеріалу, вимагають чітку уважність у роботі, а саме, велику увагу було приділено вибору світильників необхідної потужності.

Даний метод дозволяє використання коефіцієнту світлового потоку [116]. На початку розрахунку, необхідно визначити відстань, що проходить потік світла від випромінювального елемента до робочої поверхні за формулою:

$$h_p = H - h_N - h_c, \quad (5.1)$$

де  $H$  – висота приміщення, м ( $H = 3,2$  м);

$h_N$  – відстань до розрахункової поверхні від підлоги, м ( $h_N = 1$  м);

$h_c$  – відстань до світильників від стелі, м ( $h_c = 0,15$  м).

$$h_p = H - h_N - h_c = 3,2 - 1 - 0,15 = 2,05 \text{ м.}$$

Індекс приміщення знаходять з виразу:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (5.2)$$

де  $A$  – довжина кімнати, м ( $A = 6$  м);

$B$  – ширина кімнати, м ( $B = 10$  м).

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)} = \frac{6 \cdot 10}{2,05 \cdot (6 + 10)} = \frac{60}{32,8} = 1,83.$$

Далі, є розрахунок коефіцієнтів висвітлення стелі, стін та підлоги, що залежать від характеру поверхні становлено 70, 50 і 10 % відповідно [117]. Коефіцієнт світлового потоку для лінійних LED світильників OEM 18W, що розташовано в кімнаті з покриттям білого кольору, становлено 54 % [118].

Величину світлового потоку ряду ламп розраховано за формулою:

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot z}{\eta \cdot N_p}, \quad (5.3)$$

де  $E_n$  – нормативний рівень освітлення, лк ( $E_n = 300$  лк);

$S$  – загальна площа приміщення лабораторії, м<sup>2</sup> ( $S = 60$  м<sup>2</sup>);

$z$  – корегуючий коефіцієнт для люмінесцентних ламп ( $z = 1,1$ );

$N_p$  – кількість рядів для світильників заданого типу ( $N_p = 2$ );

$K$  – коефіцієнт запасу для газорозрядних ламп ( $K = 1,5$ );

$\eta$  – коефіцієнт світлового потоку світильника.

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot z}{\eta \cdot N_p} = \frac{300 \cdot 60 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,54 \cdot 2} = \frac{29700}{1,08} = 27500 \text{ лм.}$$

Кількість ліхтарів, які необхідно для освітлення належного рівня у науково-виробничій лабораторії, встановлено за формулою:

$$n_p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{л}}}, \quad (5.4)$$

де  $\Phi_p$  – світловий потік одного ряду ліхтарів заданого типу, лм;

$\Phi_{\text{л}}$  – світловий потік люмінесцентної лампи, лм ( $\Phi_{\text{л}} = 5220$  лм).

$$n_p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{27500}{5220} = 5,2 \approx 6.$$

Для підтримки належного рівня освітлення, яке відповідає IV розряду зорової роботи, лабораторія загальною площею  $60 \text{ м}^2$ , має бути обладнана 6 лінійними LED світильниками OEM 18W для люмінесцентних ламп.

Технічні характеристики обраної марки газорозрядних білих ламп [70]:

- потужність, Вт.....18;
- напруга, В.....176-265;
- сила струму, А.....0,82;
- довжина лампи, мм.....600;
- діаметр лампи, мм.....75.

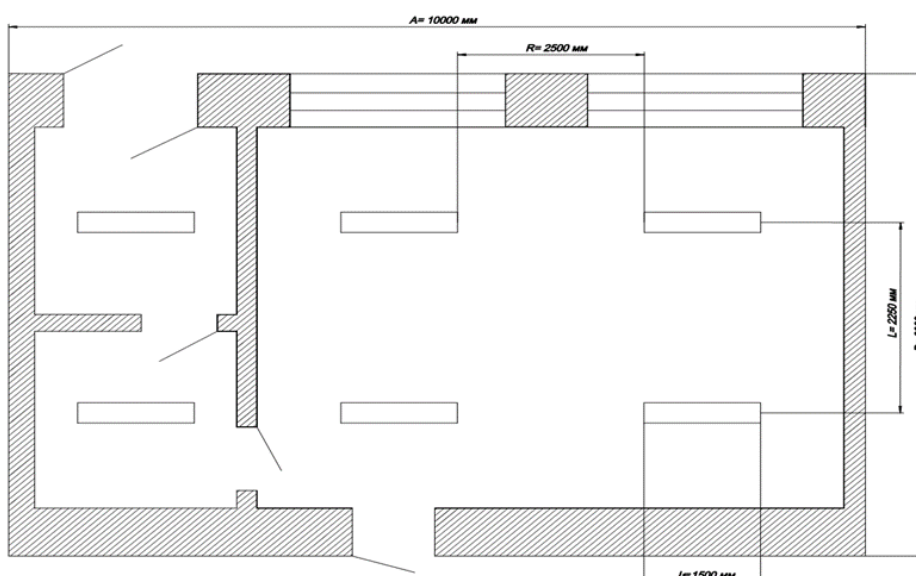


Рис. 5.1 Схема розташування світильників у виробничій лабораторії ТОВ «Дніпромлин»

### 5.5. Надання першої до медичної допомоги при нещасних випадках

Широкого розповсюдження при роботі у виробничій лабораторії отримали ушкодження, пов'язані з ураженням електричним струмом, порізами, термічними опіками.

Механізм надання першої допомоги постраждалим при ураженні електричним струмом передбачає виконання наступних операцій: потрібно

переконалися у відсутності небезпеки і звільнити особу, що зазнала ураження, від впливу струму; здійснити огляд, визначити стан потерпілого; викликати бригаду екстреної медичної допомоги; у разі відсутності у постраждалого ознак життя (дихання, серцебиття, реакції на біль), необхідно розпочати проведення серцево-легеневої реанімації, а у разі непритомності – надати стабільного просторового положення; накласти на місця опіків чисті і стерильні пов'язки; забезпечити постійний нагляд за постраждалим до приїзду медичних працівників; при погіршенні його стану повторно зателефонувати диспетчеру.

При наданні першої допомоги постраждалим від термічних опіків треба враховувати ступінь ураження тканин: при ушкодженнях першої і другої стадії слід охолодити місце опіку проточною водою, накрити пошкоджену ділянку шкіри чистою вологою серветкою, а у разі порушення цілісності утворених пухирів – накласти пов'язку; при ушкодженнях третьої та четвертої стадії необхідно ізолювати уражену зону стерильною серветкою, забороняється застосовувати мазі, гелі та інші засоби до прибуття медперсоналу.

При наданні першої допомоги особам із пораненням кінцівок, ускладнених кровотечею, потрібно звертати увагу на вид пошкодження: при артеріальному крововиливі варто притиснути артерію пальцями або долонею вище місця ураження, тримати кінцівку у піднятому положенні, завести джгут, підклавши під нього серветку чи хустинку, і розтягнути з максимальним зусиллям зробити перший виток і перевірити наявність пульсу, завершити накладання турнікету, додавши записку із зазначенням часу закінчення процедури; при венозному крововиливі на уражену ділянку треба накласти пов'язку. При капілярній кровотечі слід обробити шкіру навколо рани розчином йоду.

На випадок виникнення небезпечної ситуації у виробничій лабораторії ТОВ «Дніпромлин» присутня аптечка, до складу якої входить стандартний перелік лікарських засобів, затверджених МОЗ України, а також

рекомендований 5 % розчин гідрокарбонату натрію, необхідний для нейтралізації дії органічних кислот, що застосовуються в ході дослідження.

Для захисту працівників від потрапляння шкідливих речовин на шкіру і слизові оболонки лабораторія оснащена такими засобами індивідуального захисту як гумові рукавички, бавовняні халати, фартухи та захисні окуляри.

Висновки до розділу: у ТОВ «Дніпромлин» виробнича лабораторія має стан охорони праці достатній та для його покращення запропоновано було деякі певні зміни щодо покращення освітлення. Після проведення розрахунків було виявлено, що лабораторія потребує шість лінійних LED світильників OEM 18W.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі узагальнення теоретичного матеріалу та експериментальних досліджень обґрунтовано доцільність виробництва борошна із заданими показниками якості та розроблено 2 технологічних рішення: шляхом формування індивідуальних потоків та шляхом внесення технологічних добавок.

1. Проведено моніторинг асортименту та показників якості пшеничного борошна в Україні та за її кордоном. Визначено основні сорто- і типоутворюючі показники: зольність, кількість клейковини, вміст білка та число падіння. Встановлено, що українське борошно характеризується порівняно низькими значеннями кількості клейковини – 24...26 %, що пов'язано з низькою якістю зерна, що переробляється на борошномельних заводах, а також відмінністю у стандартах для її (клейковини) визначення.

2. Удосконалено методику визначення кількості та якості клейковини. Встановлено, що удосконалений метод співвідносний з діючим національним стандартом: кореляція за кількістю клейковини дорівнює 0,95, а за якістю – 0,85.

3. Виявлено, що зразки з Північних та Центральних регіонів України володіли кращими хлібопекарськими властивостями порівняно зі зразками з Південного регіону у зв'язку з агрокліматичними умовами: кількість клейковини – 26,0... 28,0 % і 24,0...25,2%; ІДК – 63...82 од. і 47...60 од., ЧП – 285...320 с і 360...480 с, об'єм хліба – 470...485 см<sup>3</sup> та 320...420 см<sup>3</sup>, відповідно.

4. Встановлено, що на заводах з розвиненою схемою на системах першої якості кількість клейковини більша в 1,2...1,5 рази, значення якості клейковини (ІДК) вищі на 5...30 од., вміст білка більший в 1,2...1,4 рази, значення числа падіння нижчі в 1,1...1,3 рази від даних показників на тих же системах стандартних підприємств.

5. Встановлено, що найбільший вплив на об'єм і балову оцінку хліба з українського борошна мають ферментні препарати амілолітичної та

ксиланазної (геміцелюлазної) дії, що підтверджується збільшенням об'єму хліба в 1,3...1,4 рази і в 1,5...1,6 разів, відповідно, з покращенням бальної оцінки з «хорошої» на «відмінну». При невисоких значеннях кількості клейковини (24,0...25,0 %) з пружними її властивостями (ІДК – менше 55 од.) рекомендовані дозування ферментних препаратів для покращення хлібопекарських властивостей борошна повинні бути наступними:  $\alpha$ -амілаза – 0,2-0,5 г/100кг; ксиланаза (геміцелюлаза) – 2,0...6,0 г/100 кг.

6. Запропоновано, що для виробництва борошна із заданими показниками якості необхідно внесення комплексних технологічних добавок. Для зразків борошна з невисоким вмістом клейковини (24,0...25,0 %), пружними її властивостями (ІДК – нижче 55 од) та заниженим значенням амیلолітичної активності (ЧП вище 330 с), запропоновано вносити наступні рецептури комплексних технологічних добавок: Рецепт 1 і 2 – 0,2+2,0+5,0 г/100кг борошна та 0,5+6,0+10,0 г/100кг борошна, відповідно  $\alpha$ -амілаза, ксиланаза та цистеїн; Рецепт 3 та 4 – 8,0+5,0 г/100кг борошна та 12,0+10,0 г/100кг борошна, відповідно  $\alpha$ -амілаза з геміцелюлазної активністю і цистеїн.

7. Проведено виробничу апробацію з формування борошна із заданими показниками якості на борошномельних заводах ТОВ «Васильківхлібопродукт» та СФГ «КУЦАРЄВА Ф.С.», отримано економічну ефективність в розмірі 11 тис.грн/добу і 8 тис.грн/добу, відповідно. Розроблено патент на корисну модель з використання технологічних добавок на борошномельних заводах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наливайко Н.П. Проанализируем химический состав пшеничной и ржаной муки // Хлібопекарська і кондитерська промисловість. 2013. Т. 100, вип. 3. С. 37-40.
2. Мерко І.Т. Технологія мукомельного і круп'яного виробництв. Одеса: Друкарський дім, 2010. 472 с.
3. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна. Одеса: Друк, 2001. 348 с.
4. Ang J. Powdered cellulose and the development of new generation healthier foods // Cereal Foods World. 2001. № 46. P. 107-111.
5. Cai I., Choi I., Hyun J. Influence of bran particle size on bread-baking quality of whole grain wheat flour and starch retro gradation // Cereal Chemistry. 2014. Т. 91. P. 65-61.
6. Goesaert H, Brijs K, Veraverbeke WS, Courtin CM. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. Trends in Food Science and Technology. 2005. №16(1-3). P. 12–30.
7. Abang – Zaidel D., Chin N., Abdul Rahman R. Rheological characterization of gluten from extensibility measurement // Journal of Food Engineering. 2008. № 86. P. 549-556.
8. Созинов, А.А. Связь компонентов глиаина с качеством зерна озимой пшеницы // Селекция и семеноводство. 1985. №4. С.34-35.
9. Ang J. Powdered cellulose and the development of new generation healthier foods // Cereal Foods World. 2001. № 46. P. 107-111.
10. Anjum F., Khan M., Butt M. Functional properties of soy hulls supplemented wheat flour // Nutrition and Food Science. 2006. № 36. P. 82-89.
11. Courtin C., Delcour J. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour breadmaking // Journal of Cereal Science. 2002. Vol 35. №3. P. 225–243.
12. Wang J., Rosell C., Benedito Barber C. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality // Food Chemistry. 2002. Т.79. P. 221 -226

13. Almeida E., Chang Y., Steel C.. Effect of adding different dietary fiber sources on farinographic parameters of wheat flour // *Cereal Chemistry*. 2010. T.87. P. 566-573.
14. Лебеде́нко Т.Є., Пшенишнюк Г.Ф., Соколова Н.Ю. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум : навчальний посібник. Одеса: Освіта України, 2014. 392 с.
15. Бегеулов М. Хлебопекарные свойства пшеничной муки // *Хлебопродукты*. 2003. № 4. С. 22-23.
16. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. Київ: ЛОГОС, 2002. 320 с.
17. Дробот В.И., Сачук Н.И., Чагаров А.М. Улучшение качества муки со слабой клейковиной на мукомольных заводах // *Хранение и переработка зерна*. 2001. № 3(21). С. 49-51.
18. Караджов, Г., Василева Р., Николова М.. Технология на хляба, хлебните и сладкарските изделия. София: Земиздат, 1998. 352 с.
19. Veraverbke W., Delcour J. Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2002. №42. P. 179-208.
20. Anderssen R., Bekes F., Gras P. Wood. Wheat flour dough extensibility as a discriminator for wheat varieties // *Journal of Cereal Science*. 2004. № 39. P. 195-203.
21. Landi A. Garatteristiche ottimali del grano duro e tenero per I prodotti destinati aii'alimentazione umana // *Informatore agrario*. 1987. T.43. №36. S. 29-31.
22. Бегеулов М. Хлебопекарные свойства пшеничной муки // *Хлебопродукты*. 2003. №4. С.22-23.
23. Волошенко, О. С. Визначення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна // *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 5. С. 51-54.
24. Dr. Mahmoud Riad. The effect of damaged starch on the quality of baked

- good // Miller Vagazine. №11(89). С. 94-96.
25. Medcalf D. G., and GILLES K. A. Determination of starch damage by rate of iodine absorption. Cereal Chem. 1965. №42. P. 546-557.
  26. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І. Технологія харчових продуктів: підручник. Київ: НУХТ, 2003. 569 с.
  27. Панкратов Г.Н., Иванов В.А. Гранулометрический состав // Хлебопродукты. 1999. №4. С. 16.
  28. Украинский рынок пшеничной муки: кто помогает, а кто усложняет // Хранение и переработка зерна. 2013. № 3 (168). С. 15-16.
  29. Украинский рынок пшеничной муки в 2016/17 МГ: ренессанс отрасли // Хранение и переработка зерна. 2017. № 6. С. 11-14.
  30. Экспорт рынка пшеничной муки // Хранение и переработка зерна. 2017. № 12. С. 11-12.
  31. Экспортный рынок пшеничной муки // Хранение и переработка зерна. 2018. № 9. С. 10-11.
  32. ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»
  33. СТБ 1666-2006 Мука пшеничная. Технические условия
  34. УС № 01 2011 Брашно. «Бяло», «Добруджа», «Типово».
  35. ISO 17715:2013 - Farine de blé tendre
  36. UNI EN ISO 6579:2008 – Farina di grano tenero
  37. DIN EN ISO 21415-2:2016 DE - Weizen und Weizenmehl
  38. Переваги і недоліки різних методів відмивання клейковини / Попереля Ф.О. та ін. // Хранение и переработка зерна. 2002. № 8 (38). С. 40-43.
  39. Оносова,І.А. Особливості визначення показників клейковини зерна пшениці різними методами // Товарознавство та інновації. 2012. №4. С. 258-262.
  40. Переваги і недоліки різних методів відмивання клейковини / Попереля Ф.О. та ін. // Хранение и переработка зерна. 2002. № 8 (38). С. 40-43.
  41. Оносова,І.А. Особливості визначення показників клейковини зерна пшениці різними методами // Товарознавство та інновації. 2012. №4. С.

258-262.

42. Брославцева І. В. Удосконалення процесу формування готової продукції в технології сортового помелу пшениці: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.02: захист 25.10.2013 / наук. кер. Жигунов Д.О. Одеса: ОНАХТ, 2013. 22 с.
43. Крутовий Ж. А., Захаренко Г. В., Захаренко В. О. Три принципи створення борошняних виробів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / ХДУХТ. Харків, 2014. №2. С. 222-230.
44. Pizzuti D., Buda A., D'Odorico A. Lack of intestinal mucosal toxicity of *Triticum monococcum* in celiac disease patients // *Scandinavian Journal of Gastroenterology*. 2006. vol.41, № 11. P. 1305-1311.
45. Топораш, І.Г. Хлібопекарські властивості сумішей твердозерної та м'язозерної пшениці // *Хранение и переработка зерна*. 2009. № 6. С. 59-61.
46. Чеботарь, С.В. Аллельная характеристика генов короткостебельности в генетическом пуле сортов озимой мягкой пшеницы Украины // *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 6. С. 96-103.
47. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. Київ: КІХ Мінагропрому України, 1998.
48. Егоров, Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. – Воронеж: Наука, 2000. 510 с.
49. Моргун, В.А. Влияние удельных нагрузок и режимов измельчения на качество муки по системам // *Пищевая технология*. 1976. № 4. С. 96-98.
50. Нетребский А.А. Интенсификация измельчения зерна. Одесса: Друк, 2006. 247 с.
51. Мерко, И.Т., Моргун В.А. Изменение химического состава муки на различных этапах ее производства // *Пищевая технология*. 1970. № 4. С. 42-45.
52. Жигунов Д.А., Чумаченко Ю.Д. Качественные показатели муки с различных систем технологического процесса // *Материалы III*

- Международной научно-практической конференции «Инновационные направления в пищевых технологиях». Пятигорск. 2009. С. 22-24.
53. Жигунов Д.А. Хлебопекарные показатели потоков муки при сортовом помоле пшеницы // Харчова наука і технологія. 2015. №4. С. 50-55.
54. Бутко В. П., Бороноева Г. С, Козлова Т. С. Количественно-качественная характеристика потоков муки при сортовом помоле пшеницы // Изв. вузов. Пищ. технология. 1986. № 3. С. 39-41.
55. Amylase, falling number, polysaccharide, protein and ash relationships in wheat millstreams Every D. et al. // Euphytica. 2002. vol.126, № 1. P. 135-142.
56. Wang M., Sapirstein H.D., Machet S., Dexter J.E. Composition and distribution of pentosans in mill streams of different Hard Spring Wheats // Cereal Chemistry. 2006. vol.83, № 2. P. 161-168.
57. Distribution of protein composition in bread wheat flour mill streams and relationship to bread making quality / Y.G. Wang et al. // Cereal Chemistry. 2007. vol.84, № 3. P. 271-275.
58. Prabhasankar P., Sudha M.L., Rao P.H. Quality characteristics of wheat flour milled streams // Food research international. 2000. vol.33, № 5. P. 381-386.
59. Матвеева, И.В. Корректировка качества муки на основе ферментных препаратов // Хлебопродукты. 2007. № 3. С. 55-57.
60. Мелешкина Е. Применение пищевых добавок на мельниках // Хлебопродукты. 2005. № 11. С. 40-42.
61. Lutz Popper, Mühlenchemie Ahrensburg. Enzymes : les meilleurs amis des farines. // Sciencedes Aliments. 2010. №2. P. 34-46.
62. Сірохман І.В., Лозова Т.М. Якість і безпечність зерно- борошняних продуктів: навчальний посібник. – Київ: Центр навч. Літератури. 2006. 384 с.
63. Плахотін В.Я., Тюрікова І.С., Хомич Г.П. Теоретичні основи технологій харчових виробництв: навчальний посібник. Київ: ЦНЛ, 2006. 640 с.
64. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів: Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР // Відомості

- Верховної Ради України. Київ: Кабінет Міністрів, 1997. 42 с.
65. Капрельянц Л.В. Ферменты в пищевых технологиях. Одесса, 2009. 498с.
  66. Матвеева И., Белибова Ю., Попов М. Концепция корректировки качества муки на основе ферментных препаратов // Хлебопродукты. 2006. №2. С. 43-44.
  67. Колупаева, Т., М. Клевец Амилолитические ферменты в производстве пшеничного хлеба // Хлебопродукты. 2010. N 5. С. 39-41.
  68. Коршенко Л. С. Стабилизация качества хлеба из пшеничной муки с низкими хлебопекарными свойствами // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. выпуск 6 (25). С. 1-11.
  69. Косован А.П., Дремучева Г.Ф. Применение хлебопекарных улучшителей для регулирования качества муки // Пищевая промышленность. 2003. № 12. С. 44-45.
  70. Осипова Г. Улучшители пшеничной хлебопекарной муки для макаронных изделий // Хлібопекарська і кондитерська промисловість. 2013. № 4 (101). С. 38.
  71. Дробот В.І. Поговоримо ще раз про харчові добавки та їх функціональну роль в технологічному процесі // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2011. № 5. С. 8–10
  72. Jean-Philippe Ral, Alex Whan, Oscar Larroque. Engineering high  $\alpha$ -amylase levels in wheat grain lowers Falling Number but improves baking properties. Plant Biotechnology Journal. 2016. №14. P. 364–376.
  73. Synowiecki J. The Use of Starch Processing Enzymes in the Food Industry. Industrial Enzymes. Sctructure, Function and Applications. Dordrecht: Springer,2007. P. 19-34.
  74. Martin ML, Hosenev RC. A mechanism of bread firming. II role of starch hydrolyzing enzymes // Cereal Chemistry. 1991. Vol.68. №5. P. 503–509.
  75. Poutanen K. Enzymes: An important tool in the improvement of the quality of cereal foods. Trends in Food Science and Technology. 1997. Vol.8. №9. P. 300-306.

76. Билык Е.А., Халикова Е.Ф., Малиновский В.В. Способы сохранения свежести хлебобулочных изделий из пшеничной муки // Хранение и переработка зерна. 2013. № 3 (168). С. 52-54.
77. ISO 17715:2013 Flour from wheat (*Triticum aestivum* L.) Amperometric method for starch damage measurement.
78. Mixolab Applications Handbook: Rheological and Enzymatic Analysis. 2006. Chopin Applications Laboratory. Villeneuve La Garenne. France.
79. ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки»
80. Cenkowski S., Dexter J., Scanlon M. Mechanical Compaction of Flour: The Effect of Storage Temperature on Dough Rheological Properties. Canadian Agriculture Engineering. 2000. № 42. P. 33-41.
81. Gabriela N. Gabriela T. Pablo D. Ribotta Alberto E. Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality. Eur Food Res Technol. 2007. № 225. P. 1–7.
82. Dhaka V., Gulia N., and Khatkar B. S. Application of mixolab to assess the bread making quality of wheat varieties. Sci. Report. 2012. № 1. P. 183.
83. Chiotelli E., Rolee A., Le Meste M. Rheological properties of soft wheat flour doughs: effect of salt and triglycerides // Cereal Chemistry. 2004. № 81. P. 459–468.
84. ДСТУ ISO 21415-1:2009 «Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1. Визначання сирі клейковини ручним способом».
85. ГОСТ 13586.1-68 «Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице»
86. Жигунов Д.О., Стоянова В.П. Порівняння досліджень різних методів відмивання клейковини // Зб. тез. доп. 75-ї наук. конф. викл. акад., Одеса, 21-25 квіт. 2015 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2015. С.35-37.
87. Жигунов Д.О., Ковальова В.П., Ковальов М.О. Сравнительный анализ различных методов отмывания клейковины // «Инновационные развитие

- пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства»: сб. мат. Междунар. научно-практ. конф., Алматы, 29-30 октября 2015 г. / АТУ, 2015. С.11-13
88. ДСТУ ISO 21415-2:2009 «Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 2. Визначання сирої клейковини механічним способом».
89. Жигунов Д.О., Ковальов М.О., Ковальова В.П. Дослідження переваг і недоліків при визначенні клейковини автоматизованим і ручним способом // Зернові продукти і комбікорми. 2017. № 3. С. 21-26.
90. Жигунов Д.О., Ковальова В.П. Визначення кількості клейковини різними методами // «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства»: зб. праць за підс. VI Міжнар. наук.-практ. конф. вчених, аспірантів і студентів, Київ, 28-29 квітня 2016 р. / НУБІП, 2016. С.215-217. Попереля,Ф.О. Моргун В.О., Топораш І.Г. Клоп-черепашка проти клейковини. // Зерно і хліб. 2001. № 2. С. 26.
91. Петльована В.В., Ковальова В.П. Вплив різних факторів на кількість та якість клейковини в зерні // Зб. Наук. праць молодих вчених, аспірантів та студентів ОНАХТ, 2018. С. 56-58
92. Єгоров Б.В., Шаповаленко О.І., Макаринська А.В. Технологія виробництва преміксів. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 288 с.
93. Єгоров Б.В. Технологія виробництва комбікормів. Одеса: Друк. дім, 2011. 448 с.
94. Линия весового непрерывного дозирования и смешивания для витаминизации муки / Зелинский Г.С.и др. //Хлебопродукты.1989. №.1. С.24-29.
95. Монтгомери, Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных. Л.: Судостроение, 1980. 384с.
96. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. М.: Пищевая промышленность, 1979. 199с.

97. Поперечний А. М., Потапов В. О., Корнійчук В. Г. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв. Київ: «Центр учбової літератури», 2012. 300 с.
98. Жигунов, Д.А., Топораш І.Г. Качество зерна пшеницы, перерабатываемой на мукомольных заводах юга Украины // Хлебопродукты. 2013. №1. С. 22-25.
99. Жигунов Д.О., Ковальова В.П. Хлібопекарські властивості борошна південного регіону // Хранение и переработка зерна. 2017. №11. С. 35-38.
100. Жигунов, Д.А. Влияние протеолитической и амилолитической активности на хлебопекарные свойства муки // Хлебопродукты. – 2013. – №12. – С. 48-51.
101. Жигунов Д.О., Ковальова В.П., Жиронкіна Д.С. Аналіз якості борошна з різних регіонів України // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2017. Т.81, вип.2. С. 35-43.
102. Жигунов Д.О., Ковальова В.П., Ковальов М.О. Сравнительный анализ показателей качества муки пшеничной для разных видов изделий // «Техника и технология пищевых производств» / Сб. тезисов XI Международной научно-технической конференции, Могилев, 20-21 апреля 2017г. / МГУП, 2017. С. 83.
103. Волошенко О.С., Хоренжий Н.В., Ковальова В.П. Порівняльна оцінка якості пшеничного борошна вищого сорту // Зб. тез. доп. 77-ї наук. конф. викл. акад. Одеса, 18–21 квітня 2017 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій. 2017. С.40-42.
104. Analysis of the quality of flour from different systems of the technological process of a flour mill / Zhygunov D. et. al. // Зернові продукти і комбікорми. 2019. № 1. С. 23-28.
105. Жигунов Д.О., Ковальова В.П., Мороз А.І. Визначення вмісту пошкодженого крохмалю в борошні на автоматизованому приладі SDmatic // Зб. тез доп. 78-ї наук. конф. наук.-викл. акад. , Одеса, 23–27 квітня 2018р. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, С.35-37

106. Жигунов Д.О., Ковальова В.П., Мороз А.І. Реконструктивний тип адаптування реального сектору економіки та галузевої науки України до умов постіндустріального суспільства // Хлібопекарські властивості пшеничного борошна / за заг. ред. Савенка І.І., Станкевича Г.М., Седікової І.О. Одеса, 2017. С. 211-224.
107. Жигунов Д.О., Ковальова В.П., Ковальов М.О. Визначення показників якості індивідуальних потоків борошна з заводу зі скороченою схемою технологічного процесу // Технічні науки та технології. 2019. № 1. С. 195-204.
108. Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия / Н.Л. Зайцев. – М.: Инфра, 1996. – 284 с.
109. Економіка підприємства: Підручник / За заг. ред. С.Ф. Покропивного. – Вид. 2-ге, перероб. та доп. – К.: КНЕУ, 2000. – 528 с.
110. НПАОП 40.1-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів" [Текст] – Введ. с 1998–02–10. – К. : Бизнес и безопасность, 1998. – 180 с.
111. НПАОП 40.1-1.21-18 "Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів" [Текст] – Введ. с 2018–01–11. – К. : Індустрія, 2018. – 320 с.
112. НПАОП 40.1-1.32-01 "Правила експлуатації електрозахисних засобів" [Текст] – Введ. с 2001–06–21. – К. : Індустрія, 2001. – 118 с.
113. Нисис М. И., Гинкруг Г. Н. Справочник по технике безопасности. – К.: Будівельник, 1973. – 172 с.
114. НПАОП 0.00-4.12-05 ТИПОВЕ ПОЛОЖЕННЯ про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці
115. НПАОП 0.00-4.01-08. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту
116. Вінокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Підручник. – К. 2001. – 189 с.
117. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі. – К.2011. – 551 с.

118. Ткачук А.В., Запашний Р.В. та ін. Навчальний посібник. Охорона праці та промислова безпека. – К. 2009. – 151 с.