

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра Харчових технологій

Допущено до захисту

_____ 20____ р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н, доцент

_____ Андрій ЧЕРНЕГА

(підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО
ДОРОБЛЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА МАЛОПОШИРЕНИХ ВИДІВ
ПШЕНИЦЬ

Виконав – студент II курсу, групи 21 м-тз
освітньої програми Технології зерна та
зернопродуктів
спеціальності 181 «Харчові технології»
Матяш Дмитро Олександрович

Науковий керівник – к.т.н., доцент
Новіков Володимир Вікторович

УМАНЬ – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра харчових технологій
Освітня програма Технології зерна та зернопродуктів
Спеціальність 181 Харчові технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Андрій ЧЕРНЕГА

« ____ » _____ 20 ____ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студенту Матяшу Дмитру Олександровичу

1. Тема роботи Удосконалення технології післязбирального дороблення та зберігання зерна малопоширених видів пшениць

керівник роботи Новіков Володимир Вікторович

затверджено наказом по університету від « ____ » _____ 20 ____ р. № _____

2. Строк подання студентом роботи – _____ р.

3. Вихідні дані до роботи Сировина, що передбачена до перероблення - пшениця спельта сорту Зоря України. Завдання дослідження: Узагальнити придатність зерна пшениці спельти для виробництва; Встановити вплив температури носія та тривалості сушіння на якість зерна пшениці спельти; Встановити вплив тривалості зберігання зерна пшениці спельти та початкової вологості перед зберіганням на її якість; Обґрунтувати рекомендації щодо зберігання пшениці спельти. Об'єкт дослідження первинне оброблення пшениці спельти. Предмет дослідження режими сушіння та зберігання зерна пшениці спельти.

4. Перелік питань, які потрібно розробити (завдання роботи). Вступ; 1. Огляд джерел літератури; 2. Умови, схема та методика проведення дослідження; 3. результати дослідження; 4. Технологічна частина; 5. Охорона праці, 6. Економічна ефективність, Висновки, Рекомендації виробництву, Список використаних джер.

5. Перелік графічного матеріалу технологічна схема удосконаленої технології

6. Перелік матеріалів для презентації 1. титульний аркуш із зазначенням теми роботи, відомостей про автора та керівника; 2. анотація роботи (викладають та подають іноземною мовою); 3. методика дослідження; 4. результати дослідження (слід подавати у вигляді узагальнюючих таблиць або рисунків); 5. технологічна (приципова) схема удосконаленої технології та/або технологічного процесу; 6. техніко-економічні показники запропонованих технологічних рішень; 7. висновки роботи; 8. рекомендації виробництву.

7. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання – _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Кінцевий термін виконання етапів	Примітка	
			студент	керівник
1	Вибір теми кваліфікаційної роботи	10.10.2023	виконано	
2	Одержання індивідуального завдання	15.10.2023	виконано	
3	Уточнення теми кваліфікаційної роботи	До початку II семестру	виконано	
4.1	Підготовка першого розділу	До 01.11.2023	на перев.	прийн.
4.2	Підготовка другого розділу	До 01.12.2023	на перев.	прийн.
4.3	Підготовка третього розділу	До 01.06.2024	на перев.	прийн.
4.4	Підготовка четвертого розділу	До 01.07.2024	на перев.	прийн.
4.5	Підготовка п'ятого розділу	До 01.09.2024	на перев.	прийн.
4.6	Підготовка шостого розділу	До 01.10.2024	на перев.	прийн.
5	Формування і оформлення списку використаних джерел літератури; рекомендацій виробництву; висновків	До 01.11.2024	на перев.	прийн.
6	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахування зауважень наукового керівника	За 2-3 тижні до захисту	на перев.	прийн.
7	Написання та оформлення роботи в остаточному варіанті	Не менш, ніж за 10 днів до попер захисту	виконано	
8	Перевірка роботи на академічний плагіат	Не менш, ніж за 3-4 дні до відгуку	виконано	
9	Одержання відгуку наукового керівника	За 1-2 дні до попереднього захисту	виконано	
10	Попередній захист роботи на кафедрі	1-2 дні перед затвердженням	виконано	
11	Затвердження роботи завідувачем кафедри	Не менше, ніж за 4 робочих дні до захисту	виконано	
12	Одержання рецензії	Не менше, ніж за 3 робочих дні до захисту	виконано	
13	Захист кваліфікаційної роботи		виконано	

Студент _____

Керівник роботи _____

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
АНОТАЦІЯ	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Загальна характеристика зерна пшениці спельти	9
1.2 Первинне оброблення зерна	12
1.3 Сучасні способи зберігання зерна	14
1.4. Сучасні способи післязбирального оброблення зерна	16
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	17
2.1. Умови проведення дослідження.....	17
2.2. Схема проведення дослідження	17
2.3. Методика проведення досліджень	18
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	21
3.1 Властивості пшениці спельти залежно від режимів сушіння.....	21
3.2 Якість зерна пшениці спельти залежно від способів зберігання	32
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	43
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
4.1 Аналіз умов праці на робочому місці.....	45
4.2 Розроблення заходів з охорони праці	46
4.3 Моделювання небезпечних ситуацій	47
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	48

	4
ВИСНОВКИ	50
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток А.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Б.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток В.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Г	Ошибка! Закладка не определена.

ABSTRACT

Wheat is an ancient and popular crop not only in Ukraine. The average volume of wheat production is 720-760 million tons. The largest producers are the European Union (137 million tons) and China (128 million tons) [1]. In Ukraine, despite adverse weather factors, 13.9 million tons were collected in 2019. tons of winter and 5.3 million tons of spring wheat. Currently, there are more than 400 varieties of domestic and foreign selection, which differ significantly in resistance to adverse environmental conditions, morphological properties, yield and quality, but there is a common feature that unites most of these varieties – they are naked. Naked wheat is the result of more than 200 years of selective selection, which has significantly simplified the harvesting of cereals, their threshing and primary processing, but the negative consequence of the corresponding improvement is a significant decrease in the quality of the corresponding varieties [1]. The biggest difference is noticeable in the biological value of modern wheat, in particular the reduced protein content.

The interest of modern consumers in high-quality products of high biological value has led to the return of production to ancient forms of wheat, in particular spelt wheat, which has valuable economic properties and is able to qualitatively expand the range of products of processing traditional wheat [2].

Justification of the research topic

The increase in demand for spelt wheat stimulates producers to increase its production. Over the past decade, there has been an increase in the cultivation of spelt wheat by more than three times, which has led to the saturation of the grain market with a significant amount of "new" grain. Possessing the structure of surface layers, thermal and moisture conductivity and heat capacity that differ from naked wheat, the primary processing for spelt wheat grain should be modernized and adapted in accordance with the peculiarities of its properties. Currently, there is no sufficient amount of information on the properties of spelt wheat grain, which makes it impossible to develop optimal modes of drying and storage of grain, which determines the relevance of the research.

Objective. Substantiation of rational modes of drying and storage of spelt wheat grain of different varieties.

Objectives of the study:

1. To summarize the suitability of spelt wheat grain for production;
2. To determine the effect of carrier temperature and drying duration on the quality of spelt wheat grain;
3. To determine the effect of the duration of storage of spelt wheat grain and the initial moisture content before storage on its quality;
4. Substantiate recommendations for the storage of spelt wheat.

The object of the study is the primary processing of spelt wheat.

The subject of the research is the modes of drying and storage of spelt wheat grain.

Research methods: empirical and theoretical.

Scientific novelty of the results obtained. For the first time, the influence of drying modes on the baking properties of spelt wheat grain was investigated and effective drying modes were proposed. The efficiency of post-harvest ripening of spelt wheat grain has been proven, and the relationship between the initial moisture content of grain before storage, the duration of storage and the baking properties of grain has been established.

Practical significance of the results obtained.

The developed recommendations for production are relevant for small farms that implement individual entrepreneurial activity, or plan such implementation. The developed recommendations can be applied in the design of new grain storage enterprises.

Approbation of work results.

The main results of the master's thesis were discussed during the meetings of the scientific circle of the Department of Vocational Education of UNUS.

Publication. Based on the results of the work, the thesis of the report was published (Appendix A).

Structure and scope of work. The work is done on 50 sheets. Contains 5 sections. 53 sources of literature have been processed.

ВСТУП

Пшениця – давня та популярна культура не тільки на території України. Середній об'єм виробництва пшениці складає 720-760 млн. т, при цьому найбільшим виробником є Європейський союз (137 млн т) та Китай (128 млн т) [1]. В Україні, попри несприятливі погодні чинники, за 2019 рік зібрано 13,9 млн. т озимої і 5,3 млн т ярої пшениці. Нині існують понад 400 сортів вітчизняної та іноземної селекції, що істотно відрізняються за стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища, морфологічними властивостями, урожайністю та якістю, проте існує загальна ознака, що об'єднує більшість із вказаних сортів – вони є голозерними. Голозерні пшениці – результат більш як 200 річного селекційного добору, що істотно спростило збирання зернових, їх обмолот та первинне оброблення, проте негативним наслідком відповідного покращення є істотне зниження якості відповідних сортів [1]. Найбільша різниця помітна в біологічній цінності сучасних пшениць, зокрема пониженому вмісту білка.

Зацікавленість сучасних споживачів в якісних продуктах високої біологічної цінності зумовило повернення виробництв до стародавніх форм пшениць, зокрема пшениці спельти, що володіє цінними господарськими властивостями та здатна якісно розширити асортимент продуктів перероблення традиційних пшениць [2].

Обґрунтування теми дослідження

Збільшення попиту на пшеницю спельту стимулює виробників до підвищення об'ємів її виробництва. За останнє десятиліття зафіксовано збільшення обсягів вирощування пшениці спельти більш як у три рази, що зумовило насичення ринку зернових значною кількістю «нового» збіжжя. Володіючи відмінними від голозерних пшениць будовою поверхневих шарів, тепловологопровідністю та теплоємністю, проведення первинного оброблення для зерна пшениці спельти має бути модернізовано і адаптовано відповідно до особливості його властивостей. Нині відсутня достатня кількість інформації щодо властивостей зерна пшениці спельти, що унеможливорює розроблення оптимальних режимів сушіння та зберігання зерна, що зумовлює актуальність проведених досліджень.

Мета дослідження. Обґрунтування раціональних режимів сушіння та зберігання зерна пшениці спельти різних сортів.

Завдання дослідження:

- Узагальнити придатність зерна пшениці спельти для виробництва;
- Встановити вплив температури носія та тривалості сушіння на якість зерна пшениці спельти;
- Встановити вплив тривалості зберігання зерна пшениці спельти та початкової вологості перед зберіганням на її якість;
- Обґрунтувати рекомендації щодо зберігання пшениці спельти.

Об'єкт дослідження первинне оброблення пшениці спельти.

Предмет дослідження режими сушіння та зберігання зерна пшениці спельти.

Методи дослідження: емпіричні та теоретичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше досліджено вплив режимів сушіння на хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти та запропоновано ефективні режими сушіння. Доведена ефективність проведення післязбирального дозрівання зерна пшениці спельти та встановлено зв'язок між початковою вологістю зерна перед зберіганням, тривалістю зберігання та хлібопекарськими властивостями зерна.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблені рекомендації виробництву є актуальними для малих фермерських господарств, що впроваджують індивідуальну підприємницьку діяльність, або планують таке впровадження. Розроблені рекомендації можна застосовувати під час проектування нових зернозберігаючих підприємств.

Апробація результатів роботи.

Основні результати магістерської роботи були оговорені під час засідань наукового гуртка кафедри ТЗПЗ УНУС.

Публікації. За результатами роботи опублікована теза доповіді (додаток А).

Структура та обсяг роботи. Робота виконана на 81 аркушах. Містить 5 розділів. Опрацьовано 53 джерел літератури.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна характеристика зерна пшениці спельти

Пшениця є однією з перших зернових культур, яку вирощують з моменту зародження агропромислового комплексу. У період переходу первісних людей від збирання до землеробства вона відігравала ключову роль через високу поживну та біологічну цінність. Пшениця вирізнялася високим вмістом білка з збалансованим амінокислотним складом, а продукти її переробки, такі як хлібці та крупи, мали чудові кулінарні характеристики. [2-4].

З моменту перших згадок про вирощування пшениці як продовольчої культури вона зазнала суттєвих змін завдяки селекційній роботі. Основною метою було підвищення стійкості нових форм до несприятливих умов навколишнього середовища та збільшення продуктивності. Сучасні сорти пшениці є результатом цієї роботи, але зі зростанням врожайності її якість знизилась, а біологічна цінність поступається стародавнім сортам. Через низьку якість зерна та глобальний дефіцит білка в раціонах харчування, науковці переглядають попередні пріоритети та зосереджуються на підвищенні біологічної цінності продуктів харчування. [5-8].

Надлишок інформації про якість і безпечність харчових продуктів сприяє формуванню сучасних «харчових трендів». Останніми роками спостерігається розвиток течій здорового харчування, і все більшої популярності набувають органічні продукти, що відзначаються високими показниками якості та безпечності. [9-15].

З огляду на зміни, що відбуваються в галузі харчових технологій, зростає інтерес до перероблення стародавньої пшениці спельти. Вчені з усього світу багаторазово досліджували походження цієї культури, і навколо цього питання досі точаться суперечки. За даними Н. І. Вавилова, батьківщиною першої дикої пшениці є територія Палестини та Сирії, батьківщиною твердої пшениці - Ефіопія, а м'якої - передгір'я Західних Гімалаїв. Однак деякі інші джерела заперечують цю

інформацію і пропонують свої теорії, засновані на різних історичних фактах і припущеннях. [16].

Період, коли пшеницю спельту почали вирощувати для господарських цілей, залишається загадковим і дискусійним. За даними вчених, інтеграція спельти в систему сільськогосподарського виробництва тривала від 500 до 5000 років, а перше контрольоване вирощування датується 12-13 тисячами років до нашої ери. [17-18].

Перші археологічні свідчення вирощування пшениці спельти датуються 7 тисячоліттям до нашої ери. Вчені вважають її країною походження східну Азію. На території Європи спельта поширилася в період пізнього неоліту, а найбільше її вирощування зафіксовано в бронзову добу. У залізну добу пшениця спельта стала одним з найважливіших хлібних злаків центральної Європи [19].

Пшениця спельта користувалася значною популярністю серед давньогрецьких атлетів. В стародавньому Римі основним продуктом харчування була тушкована каша з подрібнених зерен спельти. Окрім круп'яних продуктів, спельту також використовували для випікання хлібобулочних виробів. За будовою рослини, колоса та зерна пшениця спельта схожа на традиційні пшениці, проте її колоскові луски щільно зрослися для захисту зерна від негативних впливів зовнішнього середовища. У традиційних пшениць захист забезпечується плодовими та насіннєвими оболонками. Вказані особливості спельти утруднюють її збір і вимагають додаткових технологічних процесів під час первинної обробки та лущення [20].

Вирощування пшениці спельти було актуальним до XVIII століття, коли обсяги виробництва залишалися незначними, а агротехнології не мали високого рівня механізації. Глобалізація і швидкий науково-технічний прогрес, а також потреба в високоврожайній сировині, відсунули спельту на задній план, надаючи перевагу голозерним формам пшениці. Голозерні сорти, на відміну від спельти, мали вищу врожайність і краще піддавалися механізованому обмолоту. Основною причиною припинення промислового виробництва спельти стала недосконалість

механізаційних засобів, які не могли здійснювати післязбиральну обробку стародавніх сортів пшениці [21].

Попри понад 200-річне припинення промислового виробництва пшениці спельти, наразі вона знову набуває популярності. Її форми залишилися у своєму природному стані, оскільки не використовувалися в селекційній роботі, яка інтенсивно розвивалася в XIX-XX століттях. [22-26].

Головними перевагами пшениці спельти є її висока біологічна цінність. Вона має підвищений вміст білка, який у високопродуктивних формах може становити 20-25%, що вдвічі більше порівняно з традиційними голозерними формами пшениці. При цьому вміст крохмалю в зерні спельти є меншим, що дозволяє використовувати її для виробництва дієтичних продуктів харчування. Спельта також характеризується високою безпечністю завдяки колосковим лускам, що мінімізують забруднення важкими металами та радіоактивними елементами. Продукти переробки пшениці спельти мають високу кулінарну якість, оскільки її плодове та насіннєві оболонки менш жорсткі, що забезпечує кращу структуру готових продуктів. Крім того, спельта придатна для органічного вирощування завдяки своїй стійкості до хвороб та несприятливих умов зовнішнього середовища. [26-31].

Проте, попри значні переваги, пшениця спельта має серйозні недоліки. Найважливішим з них є низька врожайність, яка в 2-3 рази менша порівняно з голозерними сортами пшениці. Через це, з огляду на стрімке зростання населення світу та потребу в більшій кількості продуктів харчування, спельта поступається традиційним формам пшениці. Хоча вона має підвищений вміст білка та клейковини, їхня якість є недостатньою або слабкою, що впливає на об'єм хліба з зерна спельти. Щоб вирішити цю проблему, рекомендується використовувати композиційні суміші із «сильними» сортами пшениці [32-36].

Пшениця спельта є перспективною для здійснення селекційної роботи щодо покращення традиційних пшениць. Отримані гібриди володітимуть високою врожайністю та підвищеною якістю.

1.2 Первинне оброблення зерна

Зернопереробна промисловість характеризується періодичністю, тому за відносно короткий термін потрібно зібрати, обробити та закласти на зберігання значну частину врожаю. Продовження строків збирання зернових може призвести до істотних втрат урожаю, але найбільші втрати часто спричиняє відсутність післязбирального оброблення зернових. Зернова маса складається з різних компонентів, включаючи основну культуру, органічні та неорганічні домішки, шкідників хлібних запасів і мікроорганізмів. Саме живі об'єкти в зерновій масі викликають найбільші фізико-хімічні перетворення протягом зберігання, впливаючи на збереженість врожаю [37-40].

Найважливішим біологічним процесом, що впливає на збереженість зерна, є дихання. Під час дихання, яке може бути аеробним (з доступом повітря) або анаеробним (без доступу повітря), виділяється значна кількість тепла. Через низьку теплопровідність зерна це тепло може накопичуватись у невеликих об'ємах зернової маси, що призводить до самозігрівання. У результаті самозігрівання зернова маса втрачає якість через високі температури, що можуть перевищувати 50°C. Несвоєчасно виявлене самозігрівання є основною причиною втрати якості зерна в Україні. [41-43].

Інтенсифікація процесу самонагрівання зернової маси відбувається за умови підвищеної вологості, що зумовлює посилення метаболічних процесів у зерні. Волога, що міститься в зерні, може бути класифікована за трьома основними типами зв'язку: фізичної адсорбції, хімічної зв'язаності та фізико-хімічної сорбції. Найбільш лабільним є перший тип зв'язку. Для зерна пшениці рівноважна вологість, за якої починається інтенсивне накопичення фізично зв'язаної води, становить близько 14%. Надлишкова волога є субстратом для розвитку мікрофлори, що призводить до біохімічних трансформацій зерна, супроводжуваних виділенням летких органічних сполук та погіршенням органолептичних властивостей. Умови недостатньої аерації сприяють розвитку анаеробних процесів, що характеризуються зниженням енергетичної ефективності

дихання та утворенням продуктів бродіння. Тривале перебування зерна в анаеробних умовах призводить до його псування та втрати товарної якості, обмежуючи використання такого зерна виключно як корм [44-46].

Підвищена вологість зерна стимулює біологічні процеси самонагрівання, які супроводжуються інтенсифікацією метаболізму. Волога в зерні існує у формі, що характеризується різним ступенем енергетичної зв'язаності з біополімерами. Фізично адсорбована вода є найбільш доступною для біологічних систем. Для зерна пшениці перехід від стану гігроскопічної рівноваги до інтенсивного поглинання води спостерігається при вологості понад 14%. Надлишок вологи створює сприятливі умови для проліферації мікроорганізмів, що призводить до мікробіологічної деградації зерна, проявляючись у виділенні летких метаболітів та погіршенні якості. Дефіцит кисню в зерновій масі ініціює анаеробні процеси дихання, які супроводжуються зниженням енергетичної ефективності та утворенням продуктів бродіння. Тривале перебування зерна в анаеробних умовах призводить до повної втрати його харчової цінності [44-46].

На початкових етапах зберігання зерна після збирання спостерігається інтенсивне погіршення його якості, що призводить до значних фінансових втрат для аграріїв та загального зниження економічної ефективності сільськогосподарського виробництва. У перші тижні після збирання зернова маса піддається активним деструктивним процесам, що суттєво знижують її якісні характеристики та, як наслідок, призводять до здешевлення продукції та зменшення прибутковості сільськогосподарських підприємств [47].

Зменшення негативного впливу біологічних процесів у зерновій масі досягається шляхом проведення попередньої підготовки зерна, яка включає очищення від домішок, зниження вологості шляхом сушіння та забезпечення оптимального температурного режиму під час зберігання. Ці заходи дозволяють істотно збільшити терміни зберігання зерна без втрати його якості [48].

Ефективність проведення первинного оброблення сприяє максимальному збереженню якості зерна під час довготривалого зберігання [49].

Зерно пшениці спельти нині закладають на зберігання після повного звільнення від колоскових плівок. Проводити процес сушення, транспортування та зберігання пшениці спельти без попереднього лушення неефективно.

1.3 Сучасні способи зберігання зерна

Вибір способу зберігання зерна є важливим рішенням, яке залежить від багатьох факторів, включаючи сорт зерна, його вологість, передбачуваний термін зберігання та ринкові умови. Для забезпечення безпечного та тривалого зберігання продовольчого зерна рекомендується використовувати спеціалізовані сховища. Проте, враховуючи значний обсяг виробництва зерна в Україні та обмежені потужності елеваторної галузі, основний акцент робиться на сховищах для тимчасового зберігання, що дозволяє швидко реалізувати продукцію та мінімізувати ризики, пов'язані з тривалим зберіганням. Вибір способу зберігання зерна визначається його фізичними та біологічними особливостями. Неправильні умови зберігання, такі як підвищена вологість, висока температура або наявність шкідників, можуть призвести до значних втрат врожаю. Зерно може самонагріватися, пліснявіти, уражатися шкідниками, що призводить до зниження його посівних і харчових якостей, а також до утворення токсичних речовин. Тому, для збереження зерна впродовж тривалого часу необхідно створити оптимальні умови, які забезпечать мінімізацію втрат і збереження його якості. Сучасні технології зберігання зерна дозволяють забезпечити оптимальні умови для збереження його якості. Системи вентиляції, кондиціонування, а також використання спеціальних покриттів для силосів дозволяють регулювати температуру і вологість повітря в сховищах, що є важливим для запобігання самонагрівання і розвитку мікроорганізмів. Крім того, сучасні системи контролю дозволяють відстежувати стан зерна в режимі реального часу і вчасно вживати необхідних заходів [50].

Формування стратегічних запасів зерна є основним завданням підприємств, які спеціалізуються на довготривалому зберіганні. Ефективність роботи сучасного елеватора визначається його пропускною спроможністю, яка характеризується

кількістю циклів повного завантаження та розвантаження основних ємностей за певний період. Оптимальним вважається п'ятикратне оновлення зерна в сховищах протягом року. З огляду на ці вимоги, сучасні елеватори будуються з розрахунком на об'єм одноразового завантаження від 100 до 300 тонн. [51].

Зернові маси зберігають в контрольованих обмежувальних умовах (в тарі, мішках тощо) або насипом. Зберігання зерна насипом – найбільш поширений спосіб, оскільки має ряд переваг [52-53].

Здатність зерна поглинати або віддавати вологу (сорбційні властивості) є ключовим фактором при зберіганні. Відмінності в структурі поверхневих шарів пшениці спелти вимагають індивідуального підходу до регулювання вологості під час зберігання. Рекомендації щодо вентиляції та сушіння, розроблені для інших сортів пшениці, можуть бути непридатними для спелти. Зерно, як губка, поглинає або віддає вологу залежно від умов навколишнього середовища. Ця здатність, яку називають сорбцією, відрізняється у різних сортів пшениці. Пшениця спелта має особливу будову, що впливає на її взаємодію з вологістю. Тому для її зберігання потрібні індивідуальні підходи, які враховують особливості сорбційних процесів. [48].

Пшениця спелта демонструє тенденцію до зростання попиту, особливо на ринках Європейського Союзу. Вищі витрати на виробництво цього виду пшениці можуть бути окуповані завдяки готовності споживачів платити премію за продукт вищої якості. [34].

Висока купівельна спроможність споживачів, зацікавлених у продуктах зі спелти, може компенсувати підвищені витрати на вирощування цієї культури, що робить її виробництво економічно доцільним, особливо на ринках ЄС. [35].

Системний підхід до розробки рекомендацій щодо первинної обробки та зберігання зерна пшениці спелти забезпечить стабільність виробництва та сприятиме розвитку агропромислового комплексу, що матиме значні соціальні наслідки.

1.4. Сучасні способи післязбирального оброблення зерна

Сучасні технології очищення та сушіння зерна орієнтовані на оптимізацію виробничих процесів, збереження якості продукції та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Використання високопродуктивного обладнання та інноваційних методів обробки, таких як інфрачервоне та вакуумне сушіння, дозволяє знизити енергоспоживання та підвищити якість зерна, зберігаючи його природні властивості. Застосування сучасних методів очищення та сушіння зерна є важливим фактором підвищення економічної ефективності виробництва та якості кінцевого продукту. Завдяки використанню високотехнологічного обладнання та енергоефективних технологій вдається знизити витрати на виробництво та зберегти високу якість зерна, що відповідає сучасним вимогам споживачів. Комплексний підхід до очищення та сушіння зерна, що включає використання сучасного обладнання та інноваційних технологій, дозволяє оптимізувати всі етапи виробничого процесу, від збирання врожаю до зберігання зерна. Це забезпечує високу якість продукції та мінімізує втрати під час зберігання та переробки. [35].

Сушарки з комбінованим принципом роботи є ефективним рішенням для сушіння зерна, що поєднує в собі переваги механічної вентиляції та теплової обробки. Завдяки використанню вітрових каналів та парових систем, забезпечується оптимальний режим сушіння, який дозволяє зберегти високу якість зерна при мінімальних енерговитратах та ризику пошкодження. Сучасні сушарки з комбінованим принципом роботи представляють собою високотехнологічне обладнання, яке дозволяє оптимізувати процес сушіння зерна. Комбінація механічної вентиляції та парової обробки забезпечує гнучкість у налаштуванні режимів сушіння, що дозволяє адаптувати процес до різних видів зерна та умов зберігання. Використання сушарок з комбінованим принципом роботи є економічно вигідним рішенням для аграрних підприємств. Завдяки енергоефективності та високій продуктивності, такі сушарки дозволяють знизити витрати на виробництво та зберегти якість зерна, що відповідає сучасним екологічним стандартам [35].

РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Умови проведення дослідження

Дослідження проведено в лабораторії кафедри харчових технологій та НВВ з використанням сировини, вирощеної в контрольованих умовах Правобережного лісостепу України.

2.2. Схема проведення дослідження

Дослідження проводили відповідно до програми (рис. 2.1).

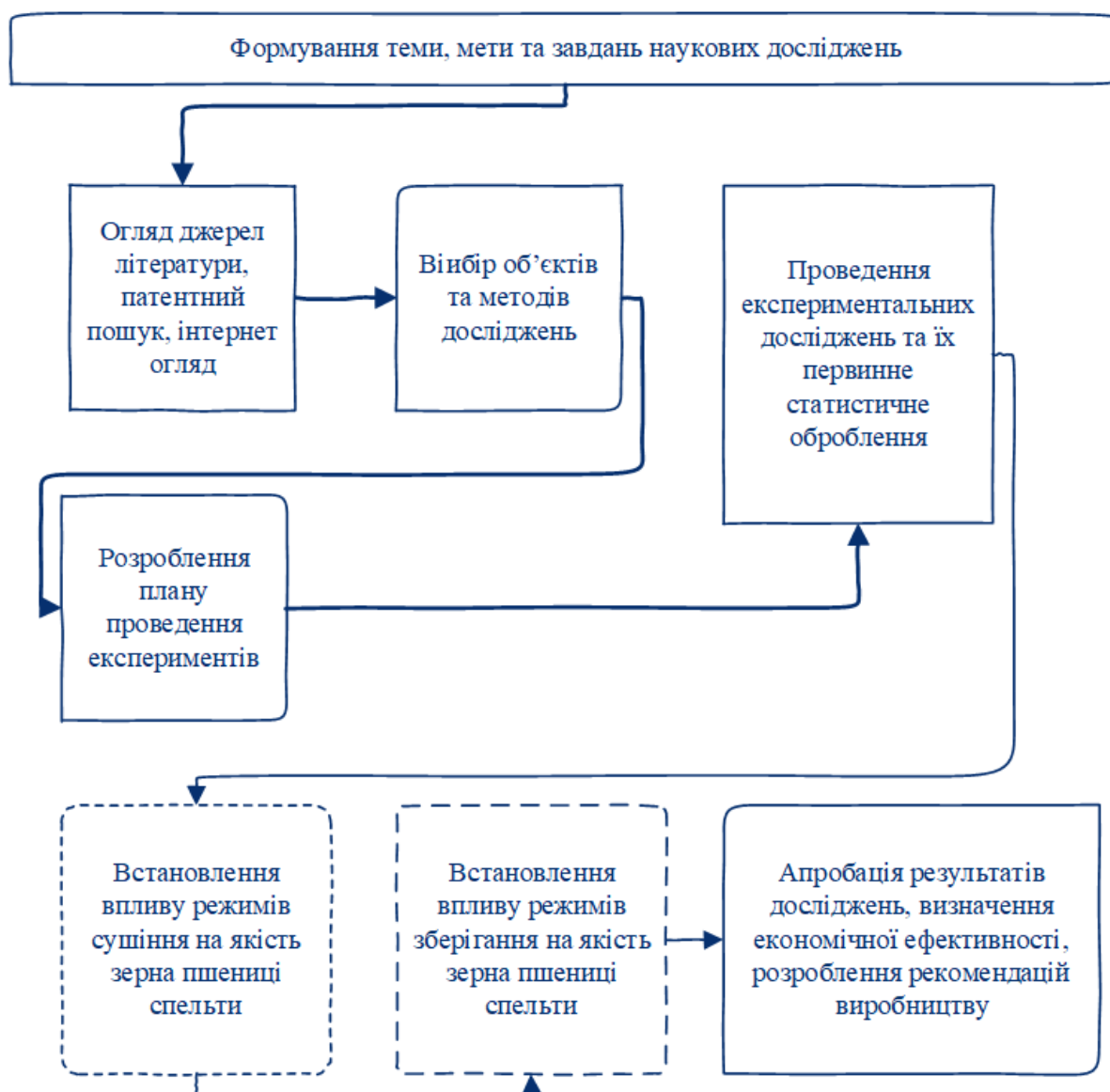


Рис. 2.1 Методика проведення досліджень

Дослідження проводили на зразках зареєстрованих сортів пшениці спельти (Зоря України, Європа), вирощених в ідентичних умовах на дослідних ділянках навчально-виробничого відділку Уманського НУС (Україна).

2.3. Методика проведення досліджень

Дослід №1.

Для вимірювання температури зерна використовували безконтактний пірометр BENETECH GM530. Цей прилад дозволив точно визначити температуру поверхні зерна без фізичного контакту, що мінімізувало ризик пошкодження зразків.

Дослід №2.

Визначення вологості зерна проводили відповідно до ДСТУ 4138-2002. З кожного зразка зерна відбирали по 50 г, які потім подрібнювали на лабораторному млинку МЛ-1 до розміру частинок, що проходять через сито з отворами діаметром 0,8 мм. Подрібнені проби зважували на аналітичних вагах ВЛР-200 з точністю до 0,01 г і поміщали в попередньо висушені та зважені бюкси. Бюкси з пробами сушили в сушильній шафі СЕШ-3М при температурі 105 ± 2 °C до постійної маси (тривалість сушіння становила не менше 4 годин). Після сушіння бюкси з пробами охолоджували в ексікаторі і знову зважували. За різницею маси до і після сушіння обчислювали вологість зерна за формулою:

$$W = (m_1 - m_2) / m_2 * 100, \quad (2.1)$$

де:

W - вологість зерна, %;

m₁ - маса бюкси з вологою пробєю, г;

m₂ - маса бюкси з сухою пробєю, г.

Для кожного зразка зерна проводили три повторні вимірювання, а результати обробляли статистичними методами.

Дослід №3.

Для визначення вмісту клейковини відбирали наважку зерна масою 60 г, яку попередньо очищали від домішок. Зерно розмелювали на лабораторному млинку

МУЛ-1 до отримання борошна, 40% якого проходило через сито №38. Отримане борошно поділяли на дві рівні частини по 25 г. Кожну частину переносили в порцелянову чашу і замішували з 14 мл дистильованої води температурою $20 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 3 хвилин на лабораторній місильній машині. Отримане тісто поміщали в механізований апарат для відмивання клейковини АВК–1 і відмивали протягом 30 хвилин. Відмиту клейковину переносили на фільтр, промивали дистильованою водою до прозорості фільтрату, а потім сушили в сушильній шафі при температурі $105 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси. Вміст клейковини обчислювали за формулою:

Вміст клейковини, % = (Маса сухої клейковини / Маса наважки борошна) * 100

Отримані результати обробляли статистичними методами.

Дослід №4

Пробну випічку проводили з використанням стандартної рецептури: 100 г борошна, 60-63 г води, 1,5 г солі та 3% пресованих дріжджів. Після випікання впродовж 15-20 хвилин за температури 200°C , хліб охолоджували та вимірювали його лінійні розміри (довжина, ширина, висота). Об'єм хліба обчислювали за формулою для об'єму прямокутного паралелепіпеда.

Дослід №5

Визначення числа падіння проводили за допомогою автоматизованого аналізатора [назва моделі] відповідно до стандарту [номер стандарту]. Перед аналізом прилад був відкалібрований за допомогою стандартних зразків. Зразок зерна масою 300 г подрібнювали на лабораторному млині LM 3100 до отримання борошна, яке проходило через сито 0,8 мм. $7,0 \pm 0,05$ г борошна зважували і поміщали в віскозиметричну пробірку. Додавали $25 \pm 0,2$ мл дистильованої води з температурою 100°C і енергійно струшували протягом 30 секунд. Пробірку поміщали в баню з киплячою водою (100°C) і запускали прилад. Число падіння визначали як час (в секундах) від початку перемішування до моменту падіння мішалки. Для кожного зразка проводили три повторні вимірювання.

Описова статистика дає загальне уявлення про дані, включаючи центральні тенденції (середнє, медіана, мода) та розкид даних (стандартне відхилення, дисперсія).

Методи описової статистики:

- Розрахунок основних статистичних характеристик для кожної з чотирьох аналітичних поверхонь.
- Побудова гістограм, коробкових діаграм для візуалізації розподілу даних.
- Обчислення коефіцієнтів кореляції для виявлення зв'язків між різними показниками.

Дисперсійний аналіз (ANOVA) – порівняння середніх значень для різних груп (в даному випадку, для чотирьох аналітичних поверхонь). Дозволяє визначити, чи є статистично значущі відмінності між групами.

Методи (ANOVA):

- Однофакторний дисперсійний аналіз для порівняння середніх значень за одним фактором (наприклад, аналітична поверхня).
- Багатоваріантний дисперсійний аналіз (MANOVA) для порівняння середніх значень за кількома факторами одночасно.

Побудова функції бажаності – це оптимізація процесу шляхом визначення оптимальних значень параметрів.

Методи функції бажаності:

- Вибір критерію оптимальності (наприклад, максимальний вихід продукту, мінімальні витрати).
- Побудова математичної моделі, яка описує залежність критерію оптимальності від досліджуваних параметрів.
- Візуалізація моделі у вигляді графіка (функції бажаності).

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Властивості пшениці спельти залежно від режимів сушіння

Вологість зерна – це один з найважливіших факторів, що впливають на його якість під час зберігання. Вода в зерні може бути зв'язана різними способами, але саме вільна вода створює сприятливе середовище для розвитку мікроорганізмів. Життєдіяльність мікроорганізмів призводить до біохімічних процесів, які можуть спричинити самозігрівання зерна і, як наслідок, його псування.

Щоб запобігти самозігріванню зерна, яке викликане розмноженням мікроорганізмів у вологому середовищі, застосовують метод сушіння. Сушіння дозволяє знизити вологість зерна до безпечного рівня. Однак, надмірне сушіння може призвести до погіршення якості зерна через руйнування його структури. Ефективність сушіння залежить від таких факторів, як початкова вологість зерна, температура сушильного агента і тривалість процесу.

Сушіння зерна - це необхідний процес, але він несе в собі певні ризики. Якщо сушити зерно занадто інтенсивно, це може призвести до пошкодження його структури і, як наслідок, до зниження якості. Тому важливо підбирати оптимальні режими сушіння, враховуючи початкову вологість зерна і інші фактори.

Анатомічна будова зерна спельти має свої особливості порівняно з традиційною пшеницею. Більш щільні колоскові луски і менш щільні плодові та насіннєві оболонки спельти вимагають індивідуального підходу до технологічних процесів, зокрема до сушіння. Для збереження високої якості зерна спельти необхідні детальні дослідження впливу різних режимів сушіння на його властивості.

За результатами первинного статистичного оброблення даних проведених експериментів доведено, про їх високу надійність, адекватність та відтворюваність (Додаток Б. табл. Б.1–Б.8). Варіювання вибірок аналітичних повторювань складало менше 10%.

Встановлено, що температура носія та експозиція сушіння впливали на температуру зерна та його вологість (табл. 3.1). Найбільша температура зерна (62,9 С) зафіксована за найбільшої тривалості сушіння та температури теплоносія. У результаті застосування вказаних режимів було знижено вологість на 8 %.

Таблиця 3.1

Температура та вологість зерна за різних режимів сушіння

Температура носія, С	Тривалість сушіння, хв	Початкова вологість, %	Температура зерна, с	Вологість зерна, %
80	30	18	36,4±0,7*	14,4±0,2*
100	30	18	42,4±0,4*	14,3±0,2*
120	30	18	54,3±0,5*	12,6±0,2*
80	60	18	45,8±0,7*	13,7±0,2*
100	60	18	53,2±0,6*	13,1±0,2*
120	60	18	61,2±0,7*	11,3±0,3*
80	30	21	40,5±0,5*	16,8±0,2*
100	30	21	44,4±0,4*	16±0,2*
120	30	21	54,1±0,4*	14,4±0,3*
80	60	21	48±0,6*	15,5±0,3*
100	60	21	54,3±0,5*	14,2±0,2*
120	60	21	62,9±0,5*	13,1±0,2*

Примітка: * - варіювання вибірки менше 10%; ** - варіювання від 10 до 20 %; *** - варіювання більше 20 %.

Проведені дослідження демонструють, що хоча вміст клейковини в зерні спелити, підданому різним режимам сушіння, не зазнав суттєвих змін, об'єм випічки з такого борошна демонструє значні відмінності. Зокрема, "жорсткі" режими сушіння, що передбачають високу температуру та тривалість процесу, призводять до зменшення об'єму хліба. Це свідчить про те, що хоча вміст клейковини як основного білкового компонента борошна залишається стабільним, фізичні властивості білків та крохмалю, що впливають на формування клейковини

та її взаємодію з іншими компонентами тіста, можуть зазнавати змін під впливом високих температур.

Таблиця 3.2

Температура та вологість зерна за різних режимів сушіння

Температура носія, С	Тривалість сушіння, хв	Початкова вологість, %	Вміст клейковини, %	Об'єм хліба, см ³
80	30	18	39,7±0,7*	734±5*
100	30	18	38,8±0,4*	761±6*
120	30	18	38,5±0,3*	718±8*
80	60	18	39,7±0,5*	746±10*
100	60	18	39,5±0,3*	720±11*
120	60	18	38,1±0,5*	691±4*
80	30	21	39,5±0,4*	751±11*
100	30	21	39,2±0,6*	757±9*
120	30	21	38,4±0,2*	718±10*
80	60	21	39,6±0,4*	751±5*
100	60	21	39,5±0,4*	747±9*
120	60	21	38,7±0,5*	689±3*

Примітка: * - варіювання вибірки менше 10%; ** - варіювання від 10 до 20 %; *** - варіювання більше 20 %.

Вибір методики подальшого статистичного оброблення здійснювали керуючись типом розподілення даних. Пріоритетними методами дослідження даних на тип їх розподілення були аналіз гістограми та графіку їх розподілення.

За допомогою графічного методу доведено, що вибірки даних температури зерна після сушіння, його вологості, вмісту клейковини і об'ємного виходу хліба розподілялись правильно, тобто найбільша кількість даних кожної із вибірки була наближена до середньоарифметичного значення (рис. 3.1-3.4).

Тому для подальшого статистичного оброблення було обрано методи параметричної статистики.

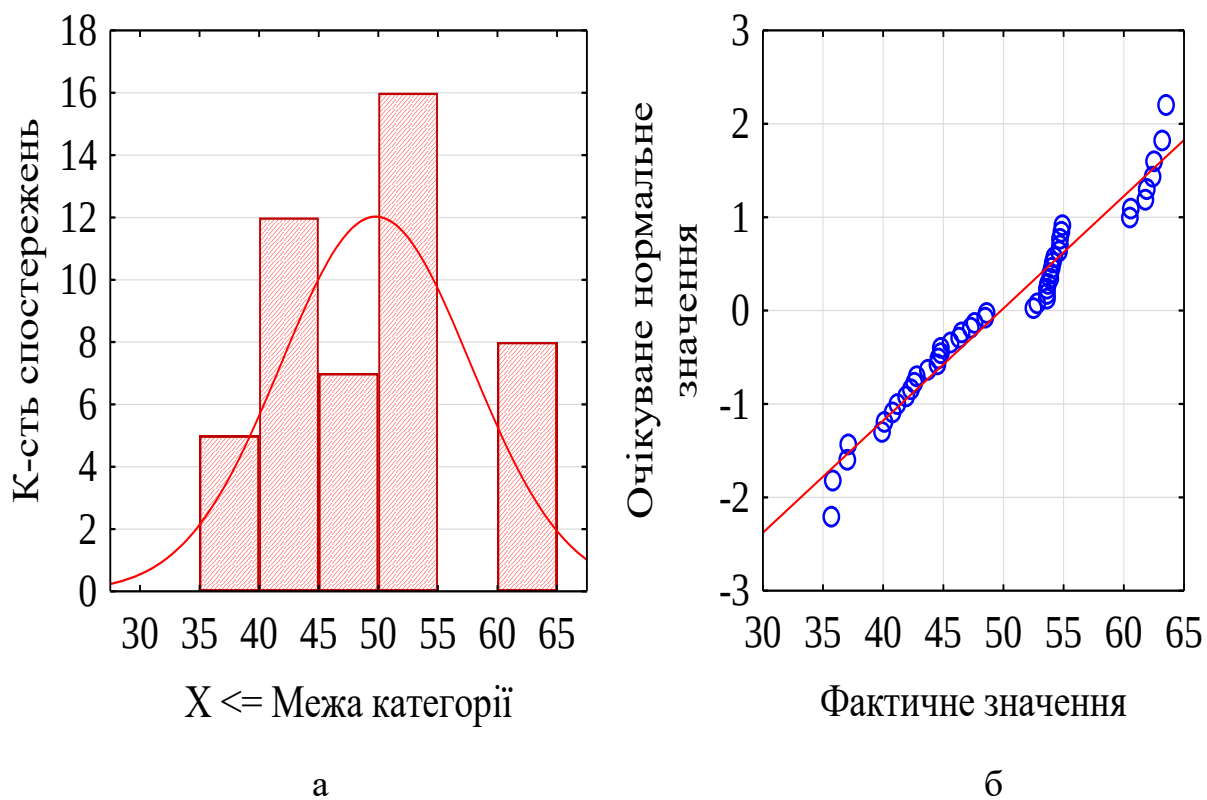


Рис. 3.1 Аналіз типу розподілення даних температури зерна після сушіння: а – гістограма розподілення даних; графік розподілення даних

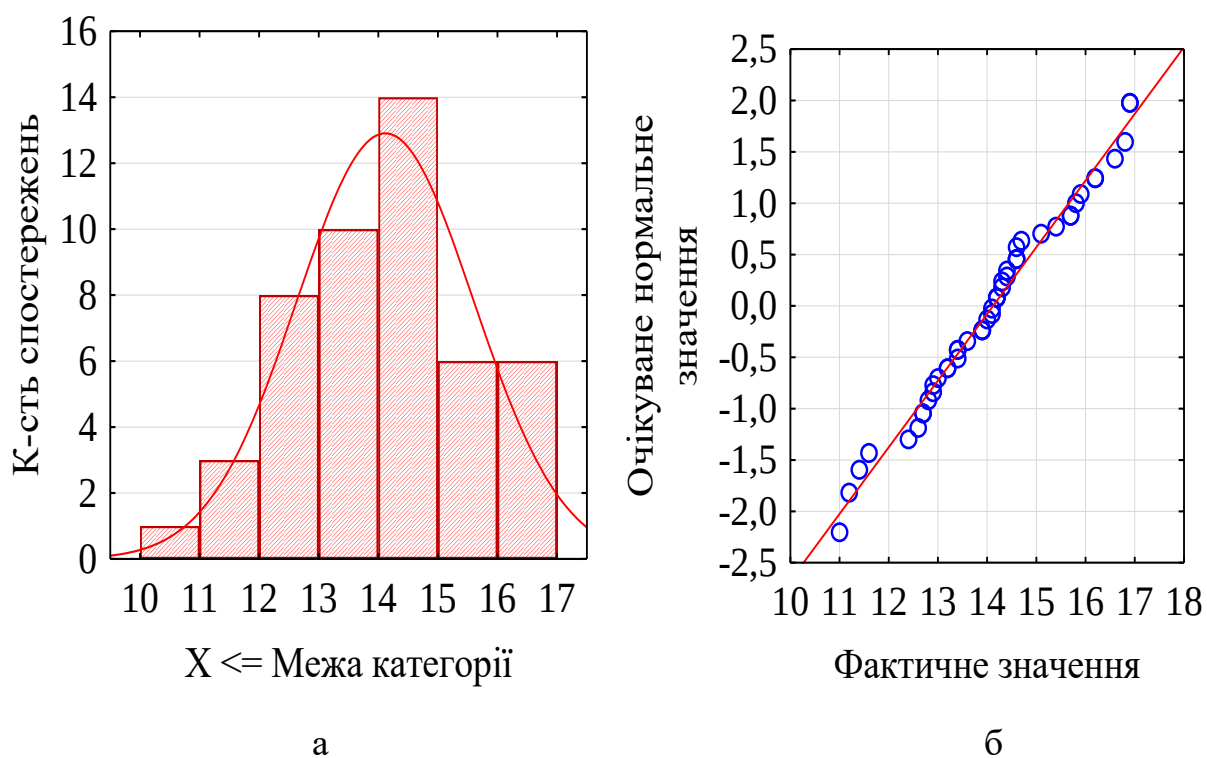
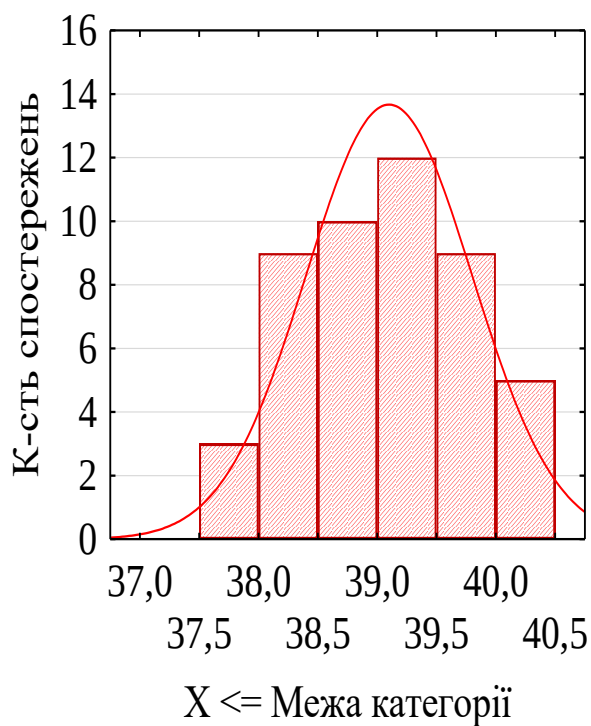
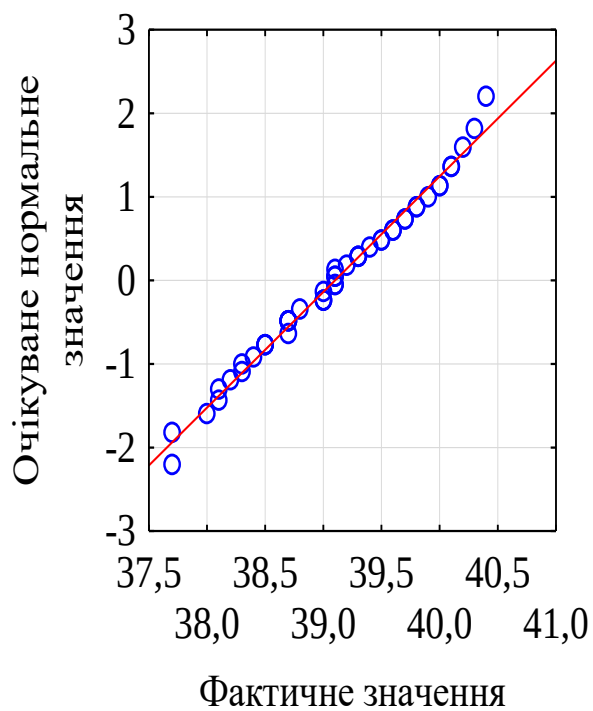


Рис. 3.2 Аналіз типу розподілення даних вологості зерна після сушіння: а – гістограма розподілення даних; графік розподілення даних

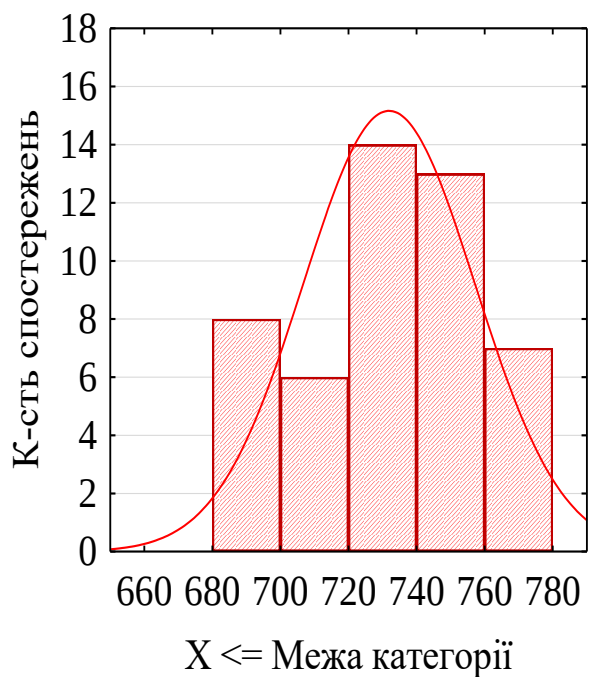


а

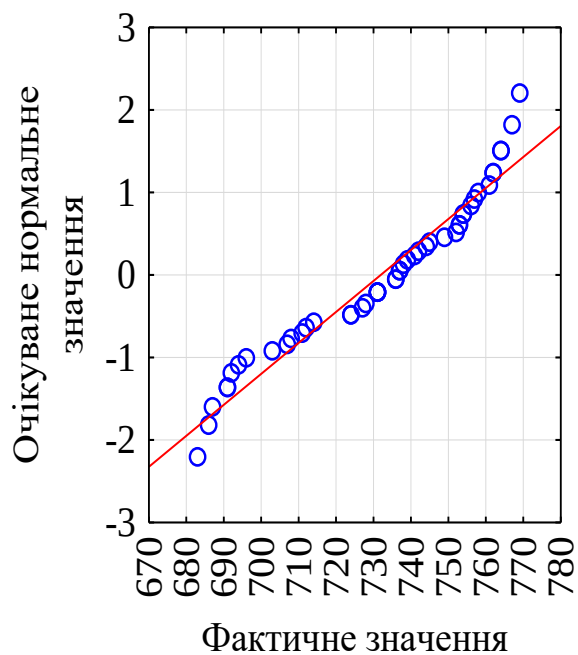


б

Рис. 3.3 Аналіз типу розподілення даних вмісту клейковини в зерні пшениці спельти після сушіння: а – гістограма розподілення даних; графік розподілення даних



а



б

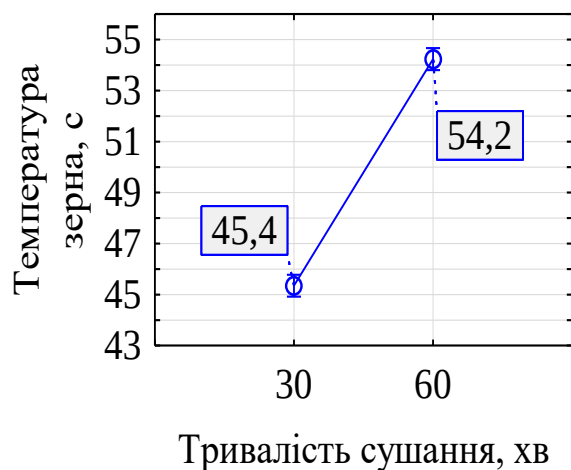
Рис. 3.4 Аналіз типу розподілення даних об'єму хліба після сушіння: а – гістограма розподілення даних; графік розподілення даних

Оскільки дані мали правильний розподіл, ми вирішили використовувати статистичні методи, які підходять для таких даних.

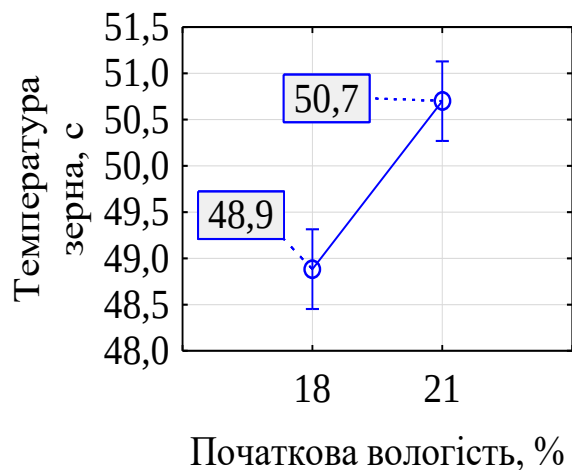
Коли ми сушили зерно 60 хвилин замість 30, його температура зросла на 10 градусів. Крім того, зерно з більшою вологістю нагрівалося сильніше, ніж сухе зерно. Це пояснюється тим, що вологе зерно довше утримує тепло. Також ми помітили, що чим гарячіше було повітря, яким ми сушили зерно, тим гарячішим ставало саме зерно.

Аналіз даних показав, що вони відповідають нормальному розподілу, що дозволило застосувати параметричні статистичні методи. Збільшення тривалості сушіння на 30 хвилин призвело до підвищення температури зерна на 10°C. Зерно з більшою початковою вологістю демонструвало вищу кінцеву температуру, що підтверджує вплив теплоємності на процес нагрівання. Існує пряма кореляція між температурою теплоносія та температурою зерна.

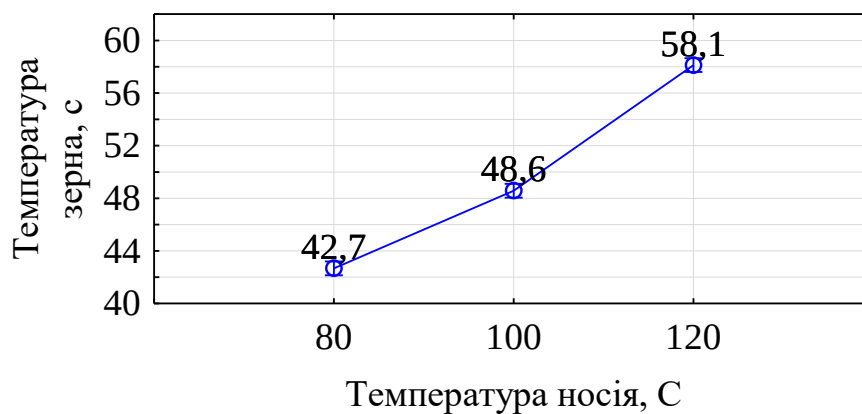
Результати дослідження показали, що тривалість сушіння, початкова вологість зерна та температура теплоносія мають значний вплив на кінцеву температуру зерна. Збільшення будь-якого з цих параметрів призводило до підвищення температури зерна. Отримані дані свідчать про необхідність оптимізації режимів сушіння для збереження якості зерна.



а



б



в

Рис. 3.5 Вплив параметрів сушіння на температуру зерна: а – тривалість сушіння;
б – початкова вологість; в – температура носія

Температура носія та тривалість сушіння мали подібний та високий вплив на температуру зерна (рис. 3.6).

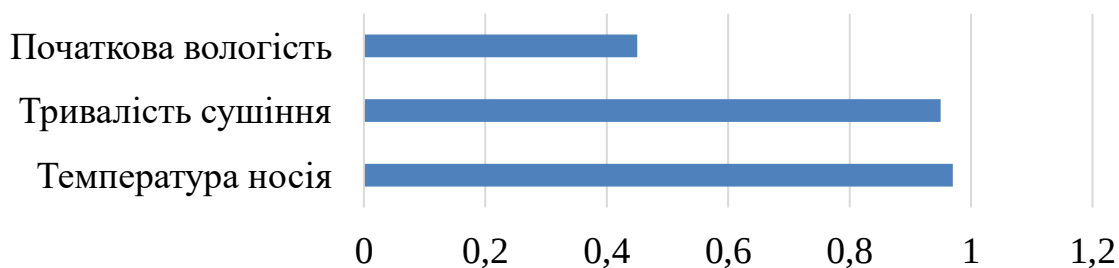
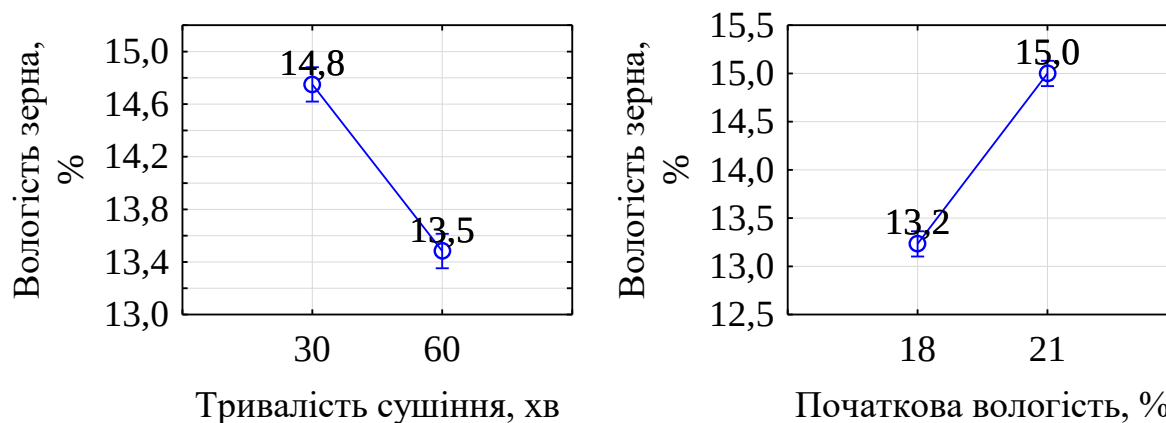


Рис. 3.6 Ступінь впливу параметрів сушіння на температуру зерна

Вологість зерна, що сушили впродовж тривалого періоду (60 хв) була меншою на 1,3 % порівняно із короткотривалим підсушуванням (рис. 3.7, а)



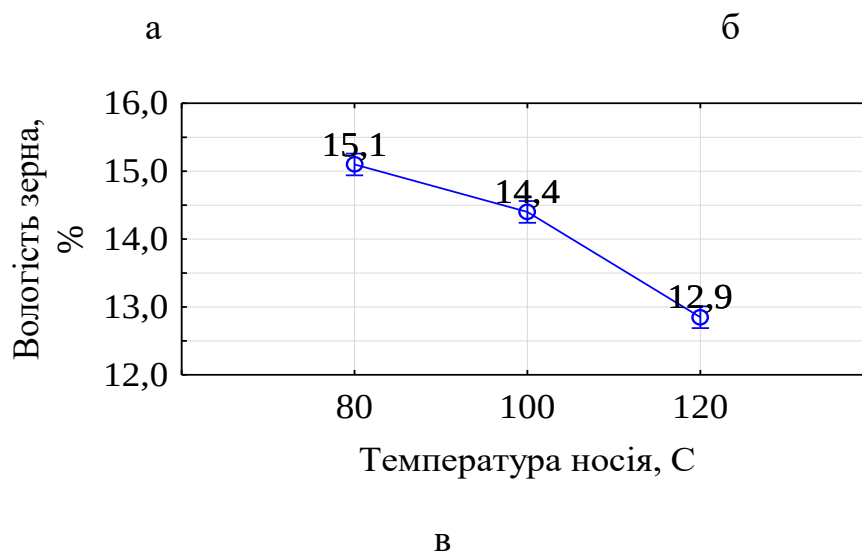


Рис. 3.7 Вплив параметрів сушіння на вологість зерна: а – тривалість сушіння; б – початкова вологість; в – температура носія

Зразки зерна з початковою вологістю 18% досягли рівня вологості 13,2% після сушіння, тоді як зразки з початковою вологістю 21% – лише 15%. Це свідчить про те, що збільшення початкової вологості ускладнює процес видалення вологи з зерна. Збільшення температури теплоносія призвело до інтенсифікації процесу сушіння, причому мінімальна вологість (12,9%) була досягнута при максимальній температурі 120°C. Результати дослідження підтверджують, що початкова вологість зерна та температура теплоносія є найбільш впливовими факторами на кінцеву вологість зерна після сушіння.

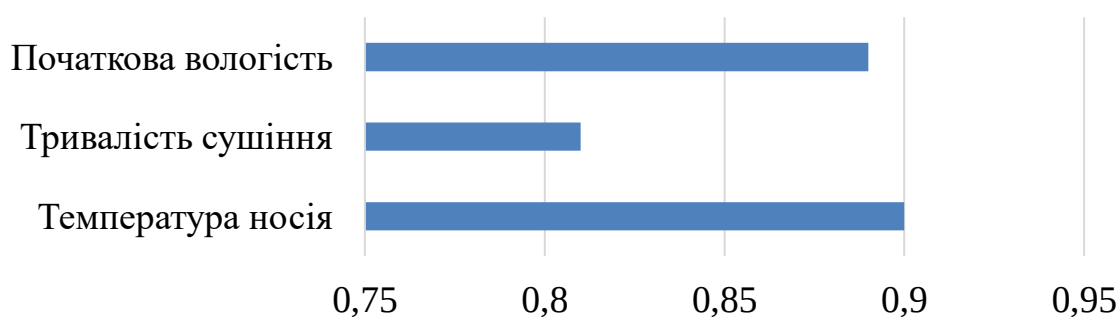


Рис. 3.8 Ступінь впливу параметрів сушіння на вологість зерна

Результати експерименту показали, що для ефективного сушіння зерна важливо враховувати початкову вологість. Зерно з більшою початковою вологістю вимагає більш тривалого або інтенсивного сушіння. Підвищення температури

сушіння дозволяє прискорити процес і досягти бажаної вологості. Однак, слід пам'ятати, що надмірно висока температура може негативно вплинути на якість зерна.

На вміст клейковини достовірний вплив мала тільки температура носія. Впливу інших факторів не виявлено. Збільшення температури теплоносія зменшувало вміст клейковини (рис. 3.9).

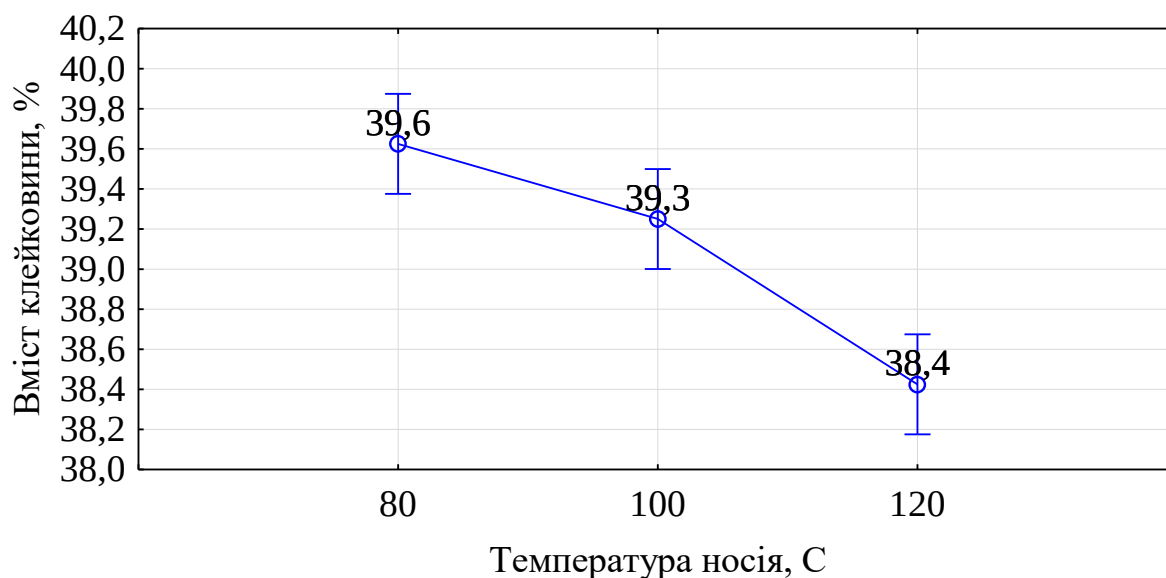


Рис. 3.9 Вміст клейковини залежно від температури носія при сушінні зерна пшениці спельти

Дослідження показало, що тривалість сушіння та температура теплоносія є статистично значущими факторами, які впливають на об'ємний вихід хліба. Вплив початкової вологості на цей показник був незначним (рівень значущості 94%). Збільшення температури теплоносія від 80°C до 100°C не призвело до суттєвих змін об'єму хліба, проте подальше підвищення температури спричинило його істотне зменшення (див. рис. 3.10, а). Довготривале сушіння також негативно вплинуло на об'єм хліба, знизивши його на 20 см³ порівняно з контрольною групою. Результати дослідження свідчать про те, що для отримання хліба з максимальним об'ємом необхідно ретельно підбирати режим сушіння. Оптимальна температура сушіння знаходиться в діапазоні 80-100°C. Занадто висока температура або

тривалий час сушіння можуть призвести до зменшення об'єму хліба. Початкова вологість зерна має менший вплив на цей показник.

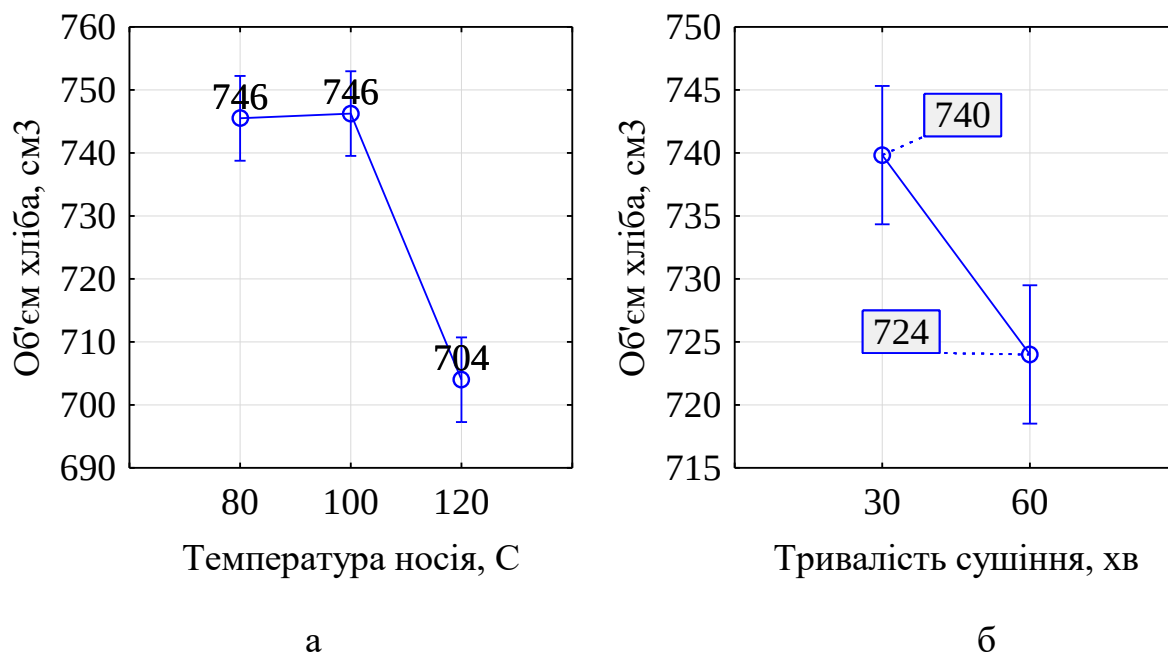


Рис. 3.10 Об'єм хліба залежно від параметрів сушіння: а – температура носія; б – тривалість сушіння

Більш вагомим на показник об'єму хліба був вплив температури теплоносія (рис. 3.11).

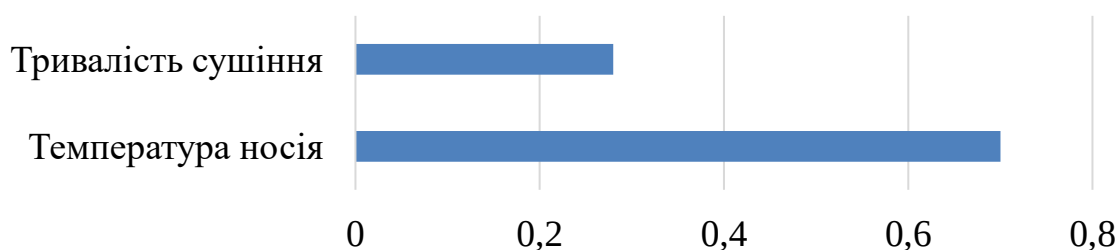


Рис. 3.11 Ступінь впливу параметрів сушіння на об'ємний вихід хліба

Дослідження показало, що зразки зерна з мінімальною початковою вологістю 18% продемонстрували найкращі показники після сушіння. Аналіз сучасних агрономічних практик вказує на тенденцію до зменшення вологості зерна під час збирання врожаю, що дозволяє припустити, що зерно з вологістю вище 18% зустрічатиметься все рідше. Для досягнення оптимальних результатів сушіння

Використання запропонованого режиму сушіння (початкова вологість 18%, температура теплоносія 80°C, тривалість 60 хвилин) дозволяє досягти наступних показників якості зерна: вологість 13,5%, температура після сушіння 46,2°C, вміст клейковини 39,6% та об'єм хліба 734 см³. Варто зазначити, що отримані результати можуть варіюватися залежно від сортових особливостей пшениці спельти, проте загальна тенденція впливу температури та експозиції на якість зерна залишається незмінною.

Запропонований режим сушіння є ефективним для отримання зерна високої якості. Після сушіння зерно має оптимальну вологість, температуру та вміст клейковини, що дозволяє випікати хліб з хорошими показниками об'єму. Хоча конкретні результати можуть дещо відрізнятися для різних сортів пшениці, загальні принципи підбору режиму сушіння залишаються актуальними.

3.2 Якість зерна пшениці спельти залежно від способів зберігання

Висока собівартість виробництва пшениці спельти, обумовлена низькою врожайністю (в 3-4 рази меншою порівняно з м'якою пшеницею) та обмеженою пропозицією на ринку, не зменшує попит на цей вид зерна. Якість зерна під час зберігання значною мірою залежить від таких факторів, як сортові особливості, тривалість зберігання та початкова вологість. Зберігання зерна при підвищеній вологості є небажаним через високий ризик самозігрівання, спричиненого низькою теплопровідністю та теплоємністю зернової маси. Для запобігання самозігріванню необхідне активне вентилування.

Спельта є цінною культурою, але її виробництво обходиться дорожче через низьку врожайність. Правильне зберігання спельти є важливим для збереження її якості. Вологість зерна є одним з ключових факторів, що впливають на процес зберігання. Щоб уникнути псування зерна через самозігрівання, необхідно забезпечити активне вентилування сховищ.

За результатами аналізу аналітичних повторювань методами описової статистики доведено їх відтворюваність та високу надійність (Додаток Б., табл. Б.9-

Б.12), що зумовлює доцільність проведення подальшого статистичного оброблення.

Аналіз змін активності амілолітичних ферментів у зерні сортів пшениці спельти "Зоря України" та "Європа" протягом 12 місяців зберігання виявив немонотонну залежність. Спостерігалось початкове зниження активності ферментів, а потім її зростання.

Вивчення динаміки активності ферментів у спельті сортів "Зоря України" та "Європа" показало, що їх активність змінюється протягом року зберігання. Це важливо враховувати при визначенні оптимальних термінів використання зерна.

Таблиця 3.3

Якість зерна спельти за різного терміну зберігання

Сорт	Тривалість зберігання, міс	Вологість зерна, %	Число падіння, с	Вміст клейковини, %	Об'ємний вихід хліба, см ³
Зоря України	1	14	174±3*	39,2±0,4*	734±7*
Зоря України	3	14	179±3*	39,3±0,4*	736±7*
Зоря України	6	14	176±3*	39,3±0,5*	738±4*
Зоря України	9	14	175±4*	39,4±0,6*	740±3*
Зоря України	12	14	171±2*	39,5±0,3*	744±4*
Зоря України	1	16	182±3*	38,8±0,5*	738±3*
Зоря України	3	16	188±4*	38,7±0,9*	739±4*
Зоря України	6	16	194±3*	38,5±0,6*	741±4*
Зоря України	9	16	167±3*	38,6±0,5*	742±8*
Зоря України	12	16	160±5*	39,3±0,4*	749±3*
Європа	1	14	171±3*	38,9±0,4*	730±3*
Європа	3	14	176±4*	38,9±0,6*	734±4*
Європа	6	14	173±2*	39±0,6*	735±3*
Європа	9	14	172±3*	39,1±0,5*	737±4*
Європа	12	14	168±3*	39,3±0,5*	741±5*

Європа	1	16	178±4*	38,6±0,6*	736±6*
Європа	3	16	184±4*	38,3±0,5*	736±7*
Європа	6	16	190±3*	38,2±0,5*	737±5*
Європа	9	16	165±4*	38,4±0,5*	738±8*
Європа	12	16	157±3*	38,9±0,7*	747±4*

Примітка: * - варіювання вибірки менше 10%; ** - варіювання від 10 до 20 %; *** - варіювання більше 20 %.

Подібну тенденцію відмічено для всіх досліджуваних сортів. Збільшення тривалості зберігання зумовлювало зменшення кількості клейковини, проте об'єм хліба підвищувався. За результатами описової статистики доведено вплив режимів зберігання на якість пшениці, що було необхідно підтвердити методами дисперсійного аналізу.

Вибірки даних числа падіння, вмісту клейковини та об'ємного виходу хліба були розподілені правильно (рис. 3.13-3.15) тому подальше статистичне оброблення здійснювали методами параметричної статистики.

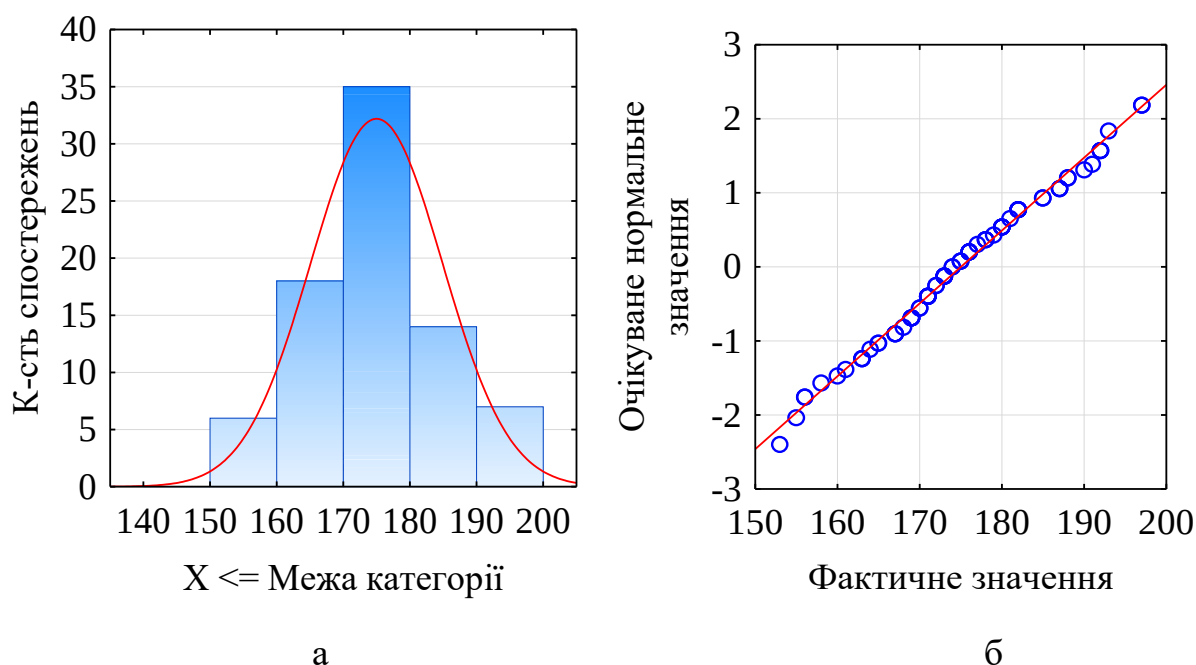


Рис. 3.13 Аналіз типу розподілення даних числа падіння: а – гістограма розподілення даних; графік розподілення даних

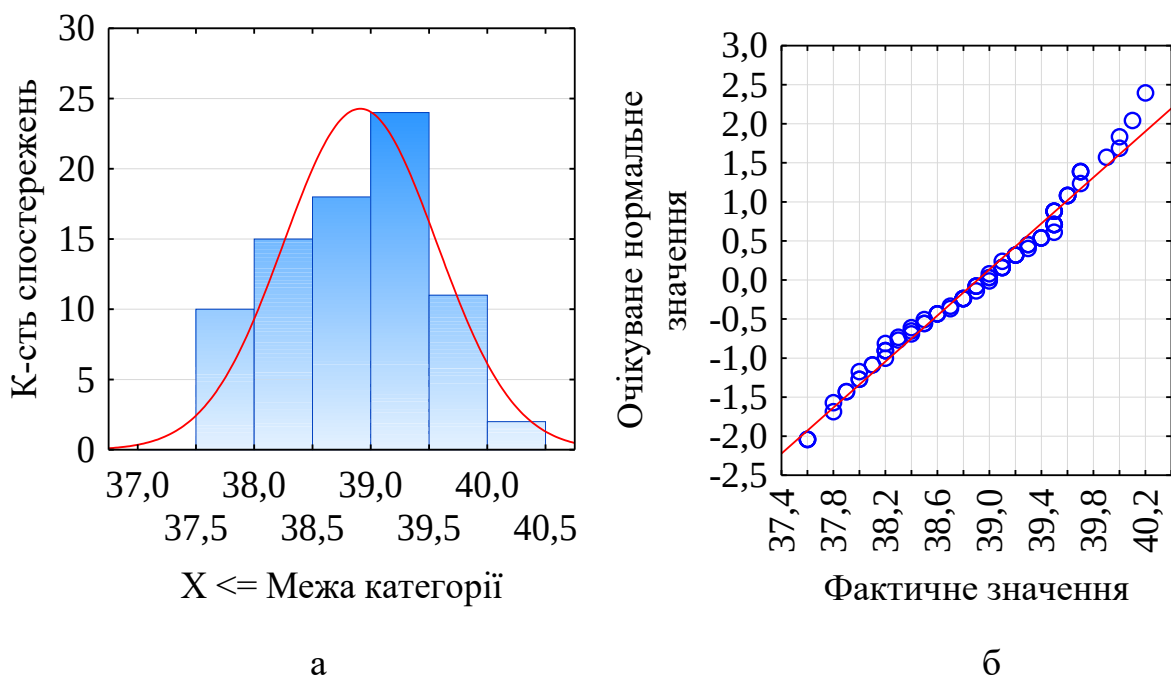


Рис. 3.14 Аналіз типу розподілення даних вмісту клейковини: а – гістограма розподілення даних; графік розподілення даних

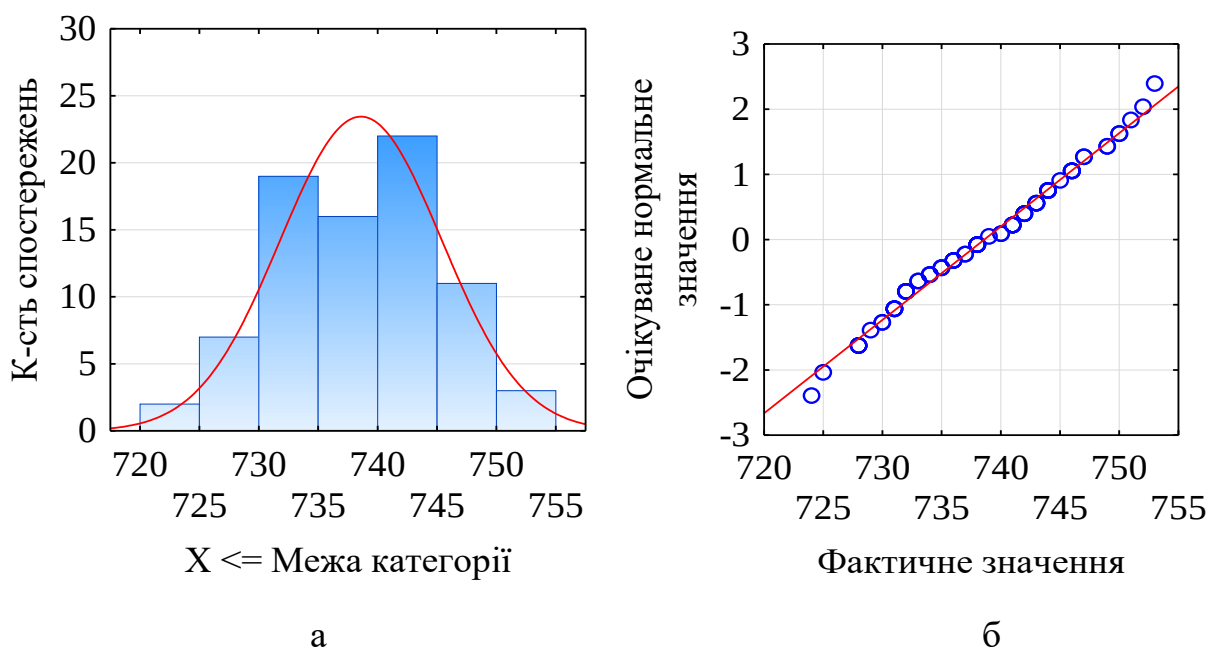


Рис. 3.15 Аналіз типу розподілення даних об'ємного виходу хліба: а – гістограма розподілення даних; графік розподілення даних

Дослідження показало, що число падіння є сортозалежним показником і значною мірою залежить від тривалості зберігання та початкової вологості зерна. Найвище середнє значення числа падіння (177 секунд) було зафіксовано для сорту "Зоря України", тоді як для сорту "Європа" цей показник був приблизно на 4 секунди

нижчим. Крім того, було встановлено, що число падіння змінюється залежно від початкової вологості зерна, що закладалося на зберігання. Результати дослідження свідчать про те, що число падіння зерна спельти залежить від багатьох факторів, зокрема від сорту, умов зберігання та початкової вологості. Отримані дані можуть бути використані для прогнозування якості борошна та підбору оптимальних сортів для різних технологічних процесів.

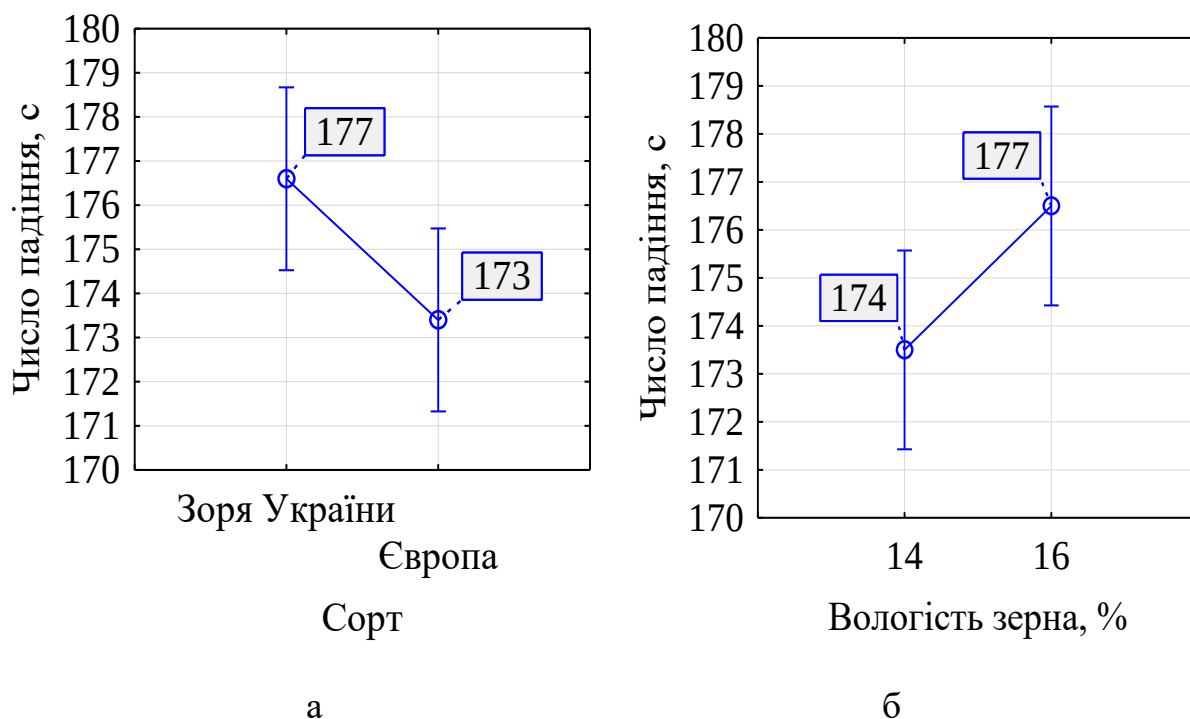


Рис. 3.15 Число падіння залежно від сорту та початкової вологості зерна: а – сорт;
б – вологість зерна

Збільшення тривалості зберігання зерна до 6 місяців зумовлювало підвищення показника числа падіння на 7 с, проте за подальшого збільшення тривалості зберігання від вбулось істотне зменшення відповідного показника, що за тривалості зберігання 12 місяців становив 164 с (рис. 3.16). Низький показник числа падіння є характерною особливістю зерна пшениці спельти. Тому для вироблення хлібобулочних виробів рекомендовано використовувати сировину з короткотривалим періодом зберігання. В інших випадках необхідним є застосування засобів покращення тіста.

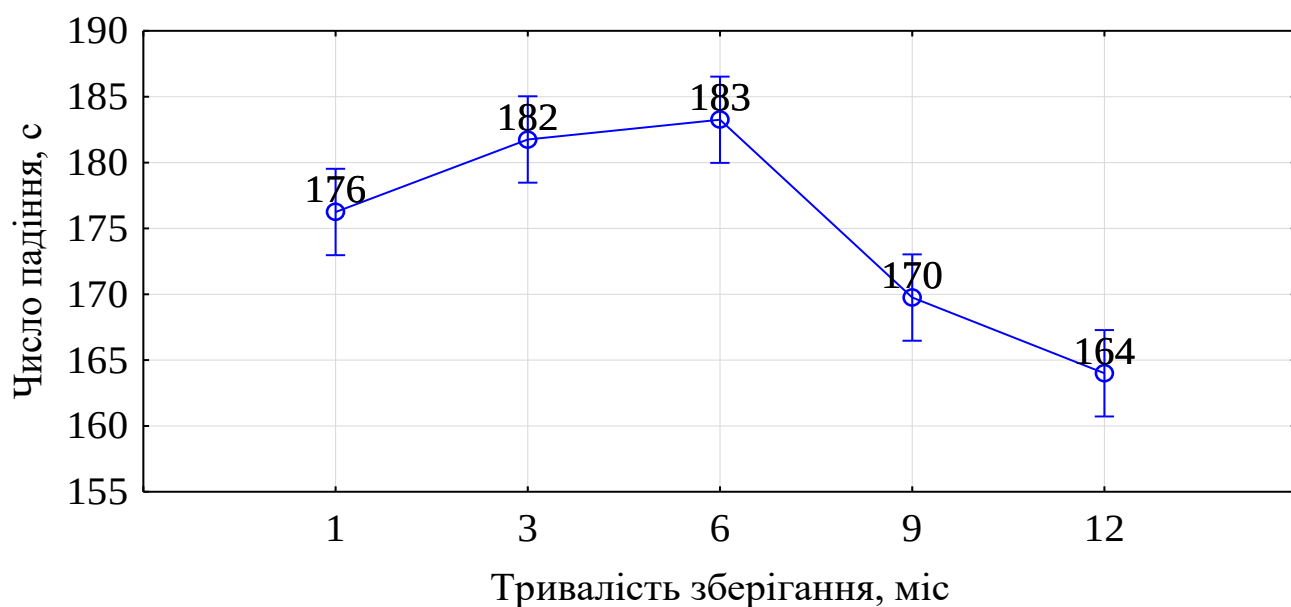


Рис. 3.16 Число падіння залежно від тривалості зберігання зерна

Найбільший вплив на показник число падіння зумовлювала тривалість зберігання (рис. 3.17).

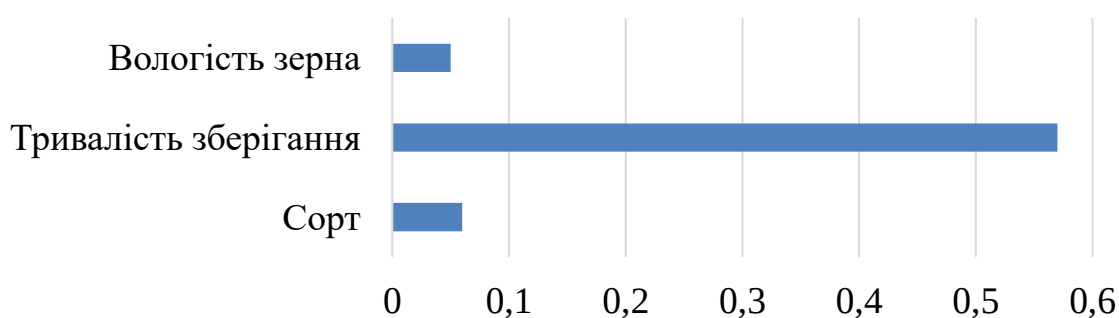


Рис. 3.17 Ступінь впливу параметрів зберігання на число падіння

Дослідження показало, що вміст клейковини в зерні пшениці спельти значною мірою залежить від сортових особливостей. Зокрема, вміст клейковини у зерні сорту "Зоря України" був на 0,3% вищим порівняно зі сортом "Європа". Крім того, було встановлено, що зразки зерна, закладені на зберігання з меншою початковою вологістю, характеризувалися вищим вмістом клейковини.

Вміст клейковини в зерні спельти залежить як від сорту, так і від умов зберігання. Отримані дані можуть бути використані для прогнозування якості борошна та підбору оптимальних сортів для різних технологічних процесів.

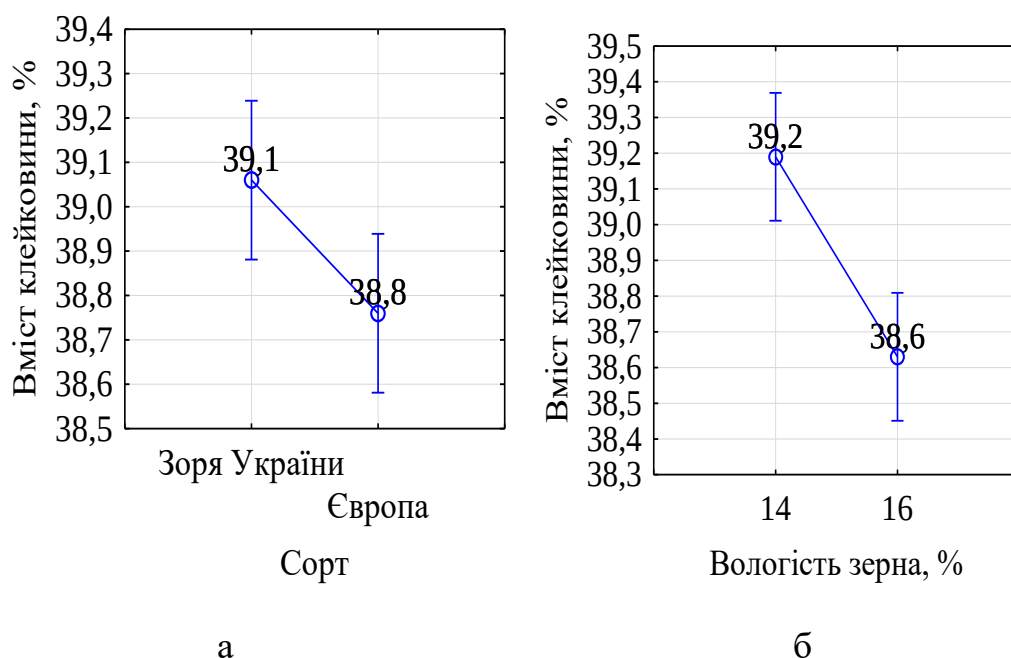


Рис. 3.18 Вміст клейковини залежно від сорту та початкової вологості зерна: а – сорт; б – вологість зерна

Ймовірність зміни показнику вмісту клейковини залежно від тривалості зберігання зерна була низькою та становила 89 %. В перші місяці зберігання показник кількості клейковини був стабільним (39,8 %). За подальшого збільшення тривалості зберігання зерна до 12 місяців показник вмісту клейковини підвищувався на 0,4 %.

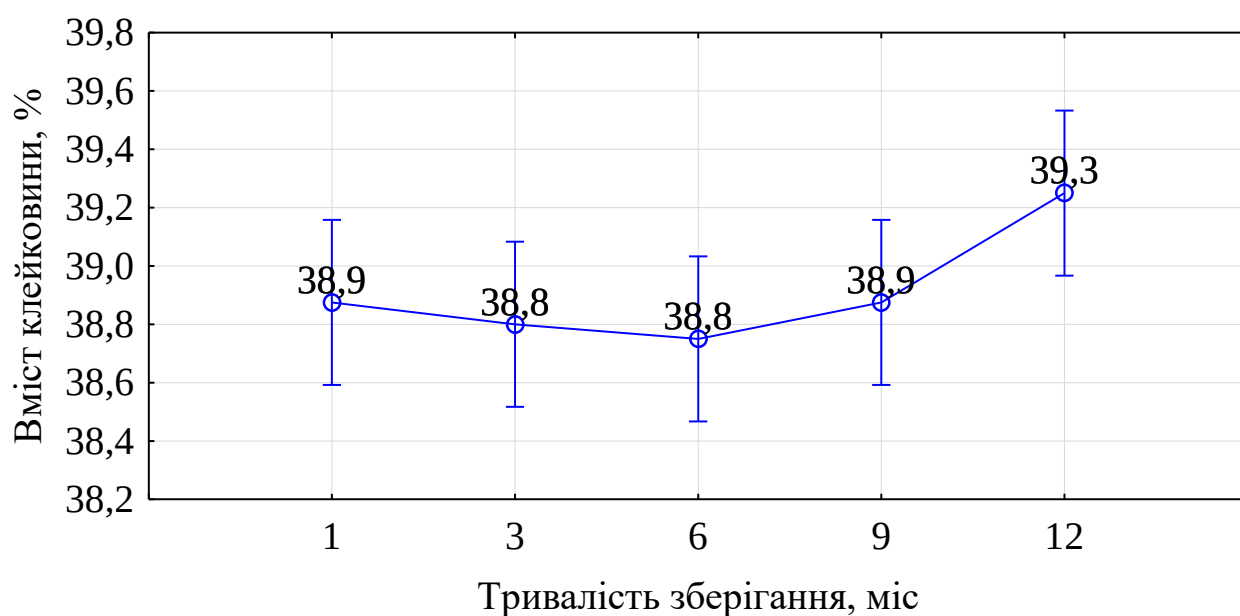


Рис. 3.19 Вміст клейковини залежно від тривалості зберігання зерна

Така реакція може бути пояснена фізико-хімічними змінами в зерновій масі впродовж терміну зберігання. Ступінь впливу вказаних факторів на вміст клейковини були низькими. Найбільший вплив зумовлювала вологість зерна перед зберіганням (рис. 3.20).

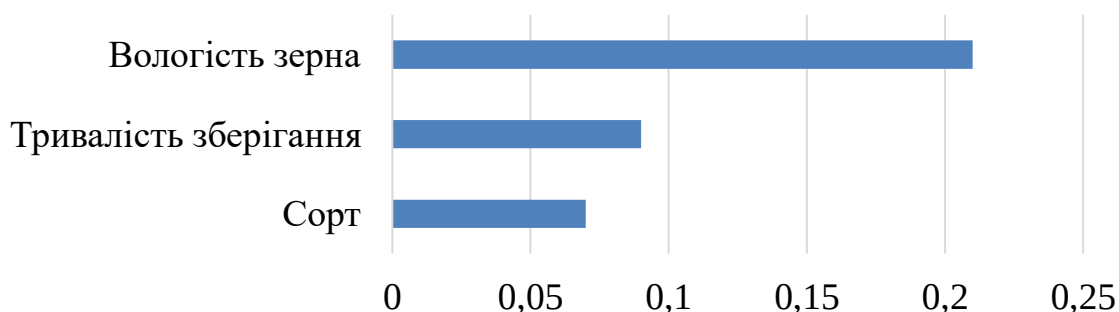


Рис. 3.20 Ступінь впливу параметрів зберігання на вміст клейковини

Об'ємний вихід хліба – один із основних показників для хлібопекарського виробництва, а тому його контролювання впродовж терміну зберігання – необхідний процес.

Об'ємний вихід хліба істотно залежав від сортових особливостей зерна пшениці спельти, зокрема більший об'єм мали зразки, що було вироблено із сорту Зоря України (740 cm^3) (рис. 3.21. а).

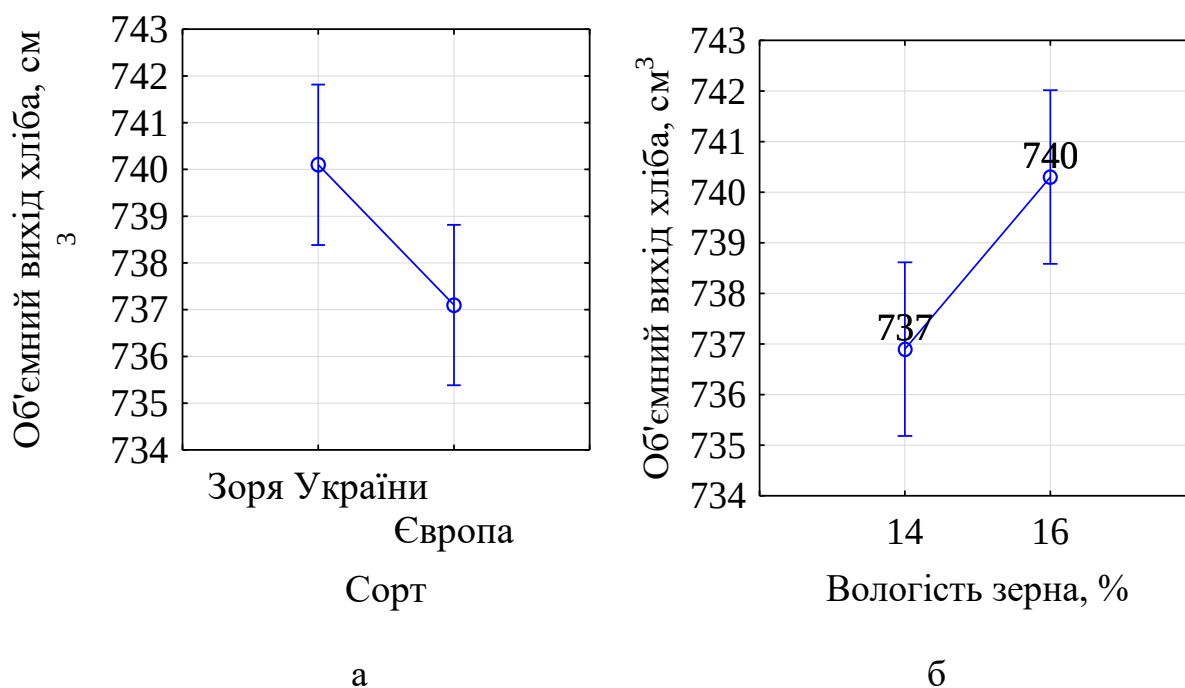


Рис. 3.21 Об'ємний вихід хліба: а – залежно від сорту; б – залежно від вологості зерна перед зберіганням

Кращими показниками виходу хліба володіли зразки, що були закладені на зберігання із вологістю 16 % (рис. 3.21, б).

Крім цього достовірне збільшення об'єму хліба спостерігали за довготривалого періоду зберігання зерна (9 і більше місяців) (рис. 3.22).

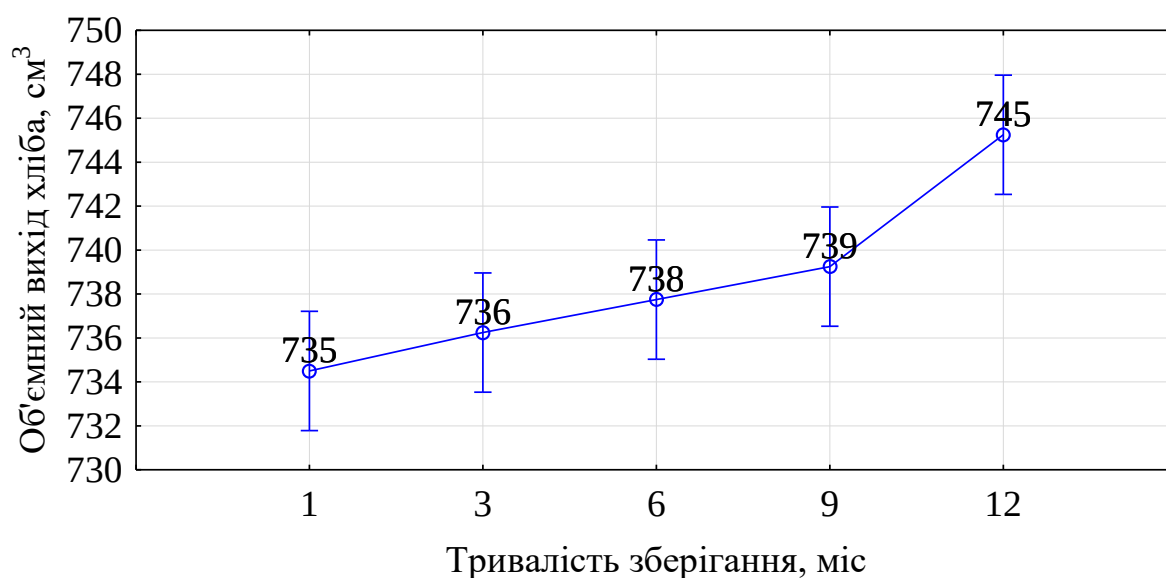


Рис. 3.22 Об'ємний вихід хліба залежно від тривалості зберігання зерна

Об'єм хліба – це один з ключових показників його якості, який безпосередньо впливає на споживчі властивості готового продукту. Він залежить від багатьох факторів, серед яких: сорт пшениці, технологія виробництва, кількість та якість доданих інгредієнтів, а також умови випікання. Більший об'єм хліба свідчить про його добре розвинену пористу структуру, що забезпечує м'якушну текстуру і приємний смак. Для визначення об'єму хліба використовуються спеціальні прилади, які дозволяють з високою точністю виміряти цей показник. Контроль об'єму хліба є важливим етапом у процесі виробництва хлібобулочних виробів, оскільки дозволяє забезпечити стабільну якість продукції та задовольнити потреби споживачів.

зерна пшениці спельти різних сортів відрізняються залежно від строків та режимів їх зберігання.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Згідно із проведеними дослідженнями, найкращі результати збереженості були виявлені за зберігання зерна вологістю не більше 14 %. В період від 1 до 6 місяців загальна якість борошна, виробленого із зерна пшениці спелти суттєво підвищувалась, що зумовлено післязбиральним дозріванням зерна. Подальше зберігання зерна негативно впливало на його якість, оскільки відбувались процеси окислення. Вказана тенденція є гіпотезою та потребує подальшого наукового обґрунтування. Однак отримані результати доцільно використовувати під час формування маркетингової стратегії на підприємствах різної продуктивності. За основу рекомендовано обирати традиційну схему зберігання зерна (рис. 4.1).

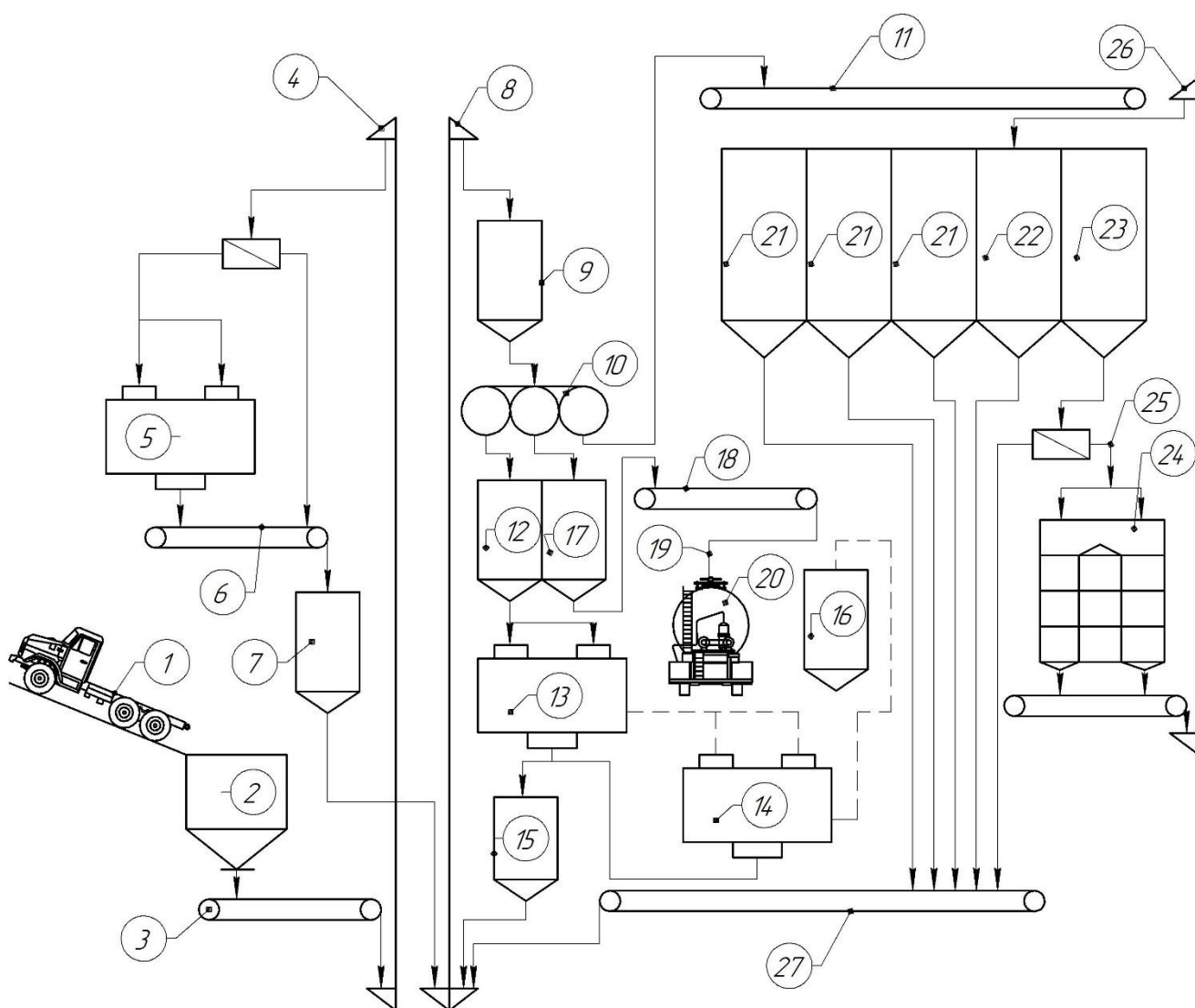


Рис. 4.1 Технологічна схема

Суть запропонованої технології полягає у використанні зерна пшениці сорту Зоря України. Транспортування, очищення проводити за типових режимів, що використовують під час дороблення зерна пшениці м'якої. Сушіння проводити згідно із регламентом сушіння злакових культур. Закладати на зберігання за вологості 14 %. Допускається зберігати зерно за вологості більше 14 % за систематичного контролю показників температури та використанні активного вентилявання. Якість борошна та продуктів подрібнення із зерна, що зберігають за підвищеної вологості гірша. Собівартість зберігання зразків із підвищеною вологістю потрібно обчислювати додатково. Під час зберігання необхідно враховувати, що якість продуктів підвищується в період від 1 місяця до 6 місяців зберігання в контрольованих умовах. При цьому збільшення терміну зберігання більш як на 6 місяців зумовлює поступове зменшення показників якості борошна, виробленого із такого продукту.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Нині важливим завданням науковців є автоматизація та роботизація технологічних процесів, проте залишається значна частина операцій, які сучасні технології не здатні автоматизувати. Тому значна кількість технологічних процесів вимагає залучення працівників. Працездатність персоналу залежить від умов праці. Недотримання вимог чинних стандартів щодо охорони праці є причиною збільшення рівня виробничого травматизму, зменшення ефективності виконання операцій із залученням людського ресурсу.

4.1 Аналіз умов праці на робочому місці

Дослідження умов праці проводили в лабораторії ТОВ СП Нібулон Тернівська філія. Філія займається прийманням, первинним обробленням та відвантажуванням на автомобільний або залізничний транспорт зерна злакових та олійних культур. Контролювання якості збіжжя проводить спеціалізована лабораторія, що знаходиться на другому поверсі адміністративної будівлі. Розташування лабораторії дозволяє автоматизувати забір проб та їх переміщення до місця аналізу. Основним завданням лабораторії є визначення засміченості, зараженості зерна, його фізико-хімічних та технологічних властивостей. Для провадження дослідницької діяльності лабораторія облаштована спеціалізованим устаткуванням, лабораторними меблями, хімічним посудом та реактивами.

Загальна площа лабораторії – 58,3 м². Освітлення здійснюється природнім та штучним способами. Лабораторія має систему вентилявання повітря та системи опалення. В лабораторії постійно працюють чотири техніки-лаборанти та головний лаборант.

Під час дослідження умов праці в лабораторії істотних порушень чинного законодавства стосовно охорони праці виявлено не було (Додаток Б), проте зафіксовано неістотні порушення, що стосуються температурного режиму в теплий період часу та рівня шуму. Так, в теплий період року температура в середині

приміщення перевищувала норми на 4-5 С. Відомо, що організм людини досить важко попереносить перебування в зоні дії високих температур, а працездатність у відповідних умовах істотно знижується. Фіксування надлишкового шуму відбувалось у теплий період року. Наявність перевищення рівня шуму пояснюється близьким розміщенням лабораторії до проїзної частини та відкриттям вікон в теплий період року для додаткового вентилявання приміщення.

Окрім негативної дії на організм людини, виявлені недоліки можуть бути причиною отримання недостовірних даних, а тому вимагають розроблення заходів щодо їх вирішення.

4.2 Розроблення заходів з охорони праці

Для вирішення виявлених недоліків необхідно модернізувати систему вентилявання повітря. Нині перспективними способами модернізації вказаних систем є інтегрування в них системи рециркуляції повітря, що здатні якісно змінювати стан повітря. Встановлення простої системи кондиціювання в випадку, що розглядається є недоцільним, оскільки необхідна кількість повітря, що має бути залучена до робочого простору лабораторії ззовні не проходить належного очищення та може бути причиною надмірного запилення внутрішнього простору. На відміну від простих система кондиціювання повітря, перевагою систем вентилявання з рециркуляцією є наявність спеціальних фільтрів для очищення атмосферного повітря. Важливою властивістю систем рециркуляції є більш точне регулювання параметрів виробничого середовища.

Отже, модернізація системи вентиляції дозволить якісно покращити умови праці в теплий період року, нормалізувати температурний режим та мінімізувати рівень шуму, оскільки за її функціонування потреба в додатковому вентиляванні приміщення відпадає.

4.3 Моделювання небезпечних ситуацій

Під час проведення досліджень були виявлені недоліки, що можуть бути причиною підвищення виробничого травматизму. Модель небезпечної ситуації наведено на рис. 4.1.

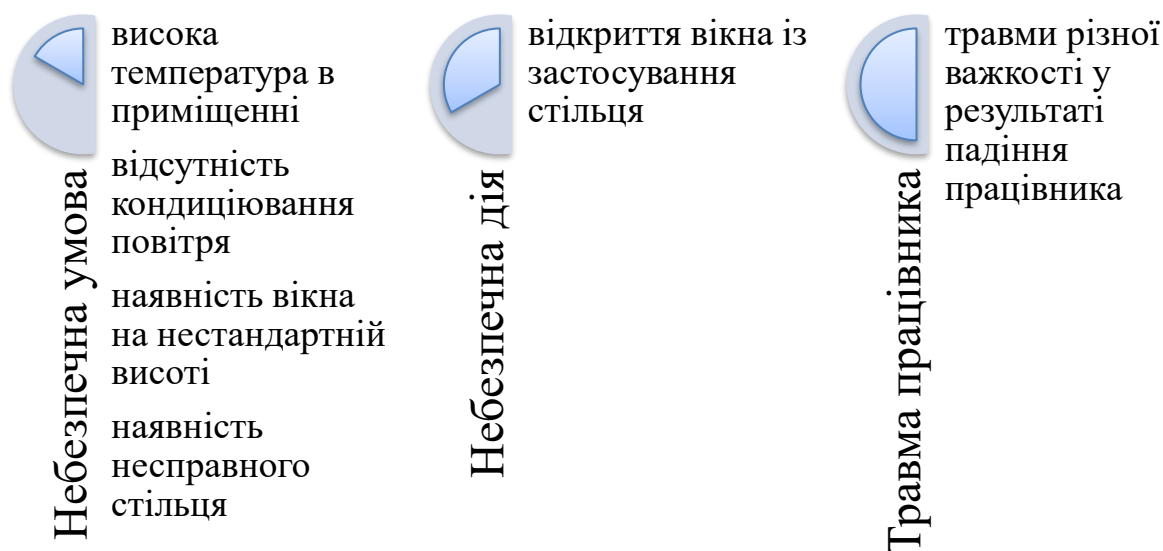


Рис. 4.1 Моделювання небезпечної ситуації

Отже, навіть незначні порушення вимог щодо охорони праці можуть бути причиною втрати працездатності працівників. Після дослідження умов праці та доведення запропонованих способів їх вирішення, керівництво філії модернізувало систему вентилявання повітря. Після виконання рекомендацій було проведено повторне дослідження умов праці. Порушень не виявлено.

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Визначення економічної ефективності виробництва пшениці спельти сорту Зоря України оцінювали за допомогою розрахунку техніко-економічних показників на базі приватного підприємства «Каховка-Агро» (Херсонська область, м. Нова Каховка). Підприємство проводить сільськогосподарську діяльність із вирощування пшениць на загальній площі 47,2 га та відноситься до малих фермерських господарств. Власникам було запропоновано розрахунку показників виробництва пшениці спельти на площі 10 га у порівнянні із традиційною сировиною.

Результати наведені у Додатку Г (табл. Г.1–Г.3). Підтверджено, що виробництво пшениці спельти має економічну ефективність. Виробництво пшениці спельти має більшу рентабельність порівняно із виробленням пшениці озимої на 8,11 %.

Таблиця 6.1

Зведена відомість економічної ефективності

№ пп	Показник	Розмірність показника	Значення
1	Валовий збір (контроль)	т	65
2	Валовий збір (аналог)	т	32
3	Додатковий прибуток	тис. грн/т	7,84
4	Додатковий прибуток	тис. грн/га	15,089
5	Отримано додаткового прибутку всього	тис. грн	150,89
6	Отримано додаткового прибутку на 1 грн додаткових затрат	грн	6,47
7	Рентабельність (контроль)	%	39,38
8	Рентабельність (аналог)	%	47,46
9	Приріст рентабельності	%	8,14

Отримані низькі показники загальної рентабельності для малих фермерських господарств, що спеціалізуються на вирощуванні пшениці спельти, є наслідком високої собівартості виробництва на невеликих площах. Збільшення масштабів виробництва дозволить ефективніше використовувати техніку та робочу силу, знизити питомі витрати на обробку полів та, як наслідок, зменшити загальну собівартість продукції. Незважаючи на високу собівартість виробництва, пшениця спельта користується стабільним попитом на ринку та має високу відпускну ціну, що робить її вирощування економічно вигідним для фермерських господарств при збільшенні посівних площ.

Для підвищення рентабельності виробництва пшениці спельти фермерським господарствам рекомендується збільшувати посівні площі. Це дозволить знизити витрати на одиницю продукції за рахунок ефективнішого використання техніки та робочої сили. Висока ринкова ціна на спельту компенсує вищі початкові інвестиції та забезпечує стабільний дохід.

ВИСНОВКИ

Отримані результати дослідження дозволяють зробити такі висновки:

Пшениця спельта є перспективною культурою для вирощування. Її високий вміст білка та стабільний попит на ринку роблять її привабливою для виробників.

Якість зерна спельти значною мірою залежить від технології сушіння. Використання високих температур прискорює процес сушіння, але негативно впливає на якісні показники зерна, такі як вміст клейковини та об'ємний вихід хліба. Оптимальним режимом сушіння є тривалий процес при низькій температурі.

Умови зберігання також впливають на якість зерна. Сортіві особливості, початкова вологість та тривалість зберігання є ключовими факторами, що впливають на якісні показники зерна. Збільшення тривалості зберігання, як правило, призводить до зниження числа падіння, але може збільшити вміст клейковини.

Сорт "Зоря України" продемонстрував найкращі показники якості під час зберігання. Це свідчить про його високу адаптивність до умов вирощування та зберігання.

Для отримання зерна високої якості необхідно дотримуватися певних технологічних прийомів. Оптимальний режим сушіння та доведення вологості зерна до 14% перед зберіганням є важливими умовами для збереження його якості.

Можливі напрямки для подальших досліджень:

- дослідження впливу різних систем удобрення на якість зерна спельти.
- вивчення генетичного потенціалу різних сортів спельти для селекції на підвищення вмісту білка та поліпшення хлібопекарських властивостей.
- розробка нових технологій переробки зерна спельти для отримання продуктів з високою доданою вартістю.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами досліджень, сорт пшениці спельти "Зоря України" демонструє найкращі показники якості. Оптимальний режим сушіння зерна передбачає використання мінімальних температур агента сушіння та тривалу експозицію для досягнення вологості 14%. Максимальне збереження товарних якостей зерна спостерігається протягом перших 3-6 місяців зберігання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стан пшениці у 2019 році. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://kurkul.com/agro-ekspeditsiyi/581-stan-pshenitsi-v-ukrayini-v-2019-rotsi--agroekspeditsiya>
2. Aborus, N. E., Saponjac, V. T., Canadanovic-Brunet, J., Cetkovic, G., Hidalgo, A., Vulic, J., & Seregelj, V. (2018). Sprouted and Freeze-Dried Wheat and Oat Seeds - Phytochemical Profile and in Vitro Biological Activities. *Chem Biodivers*, 15(8), e1800119. doi: 10.1002/cbdv.201800119
3. Taibi, Z., Saoudi, B., Boudelaa, M., Trigui, H., Belghith, H., Gargouri, A., & Ladjama, A. (2012). Purification and biochemical characterization of a highly thermostable xylanase from *Actinomadura* sp. strain Cpt20 isolated from poultry compost. *Appl Biochem Biotechnol*, 166(3), 663-679. doi: 10.1007/s12010-011-9457-y
4. Moreno, A., Lelli, D., De Sabato, L., Zaccaria, G., Boni, A., Sozzi, E., Vaccari, G. (2018). Correction to: Detection and full genome characterization of two beta CoV viruses related to Middle East respiratory syndrome from bats in Italy. *Virol J*, 15(1), 10. doi: 10.1186/s12985-018-0921-y
5. Tsochatzis, E., Papageorgiou, M., & Kalogiannis, S. (2019). Validation of a HILIC UHPLC-MS/MS Method for Amino Acid Profiling in Triticum Species Wheat Flours. *Foods*, 8(10). doi: 10.3390/foods8100514
6. Zabodalova, L. A., Belozerova, M. S., & Evstigneeva, T. N. (2018). Manufacturing of curd products of increased biological value for the elderly from dried components. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, 17(2), 177-184. doi: 10.17306/J.AFS.0545
7. Boucherba, N., Gagaoua, M., Copinet, E., Bettache, A., Duchiron, F., & Benallaoua, S. (2014). Purification and characterization of the xylanase produced by *Jonesia denitrificans* BN-13. *Appl Biochem Biotechnol*, 172(5), 2694-2705. doi: 10.1007/s12010-013-0709-x
8. Weckx, S., Van der Meulen, R., Allemeersch, J., Huys, G., Vandamme, P., Van Hummelen, P., & De Vuyst, L. (2010). Community dynamics of bacteria in sourdough fermentations as revealed by their metatranscriptome. *Appl Environ Microbiol*, 76(16), 5402-5408. doi: 10.1128/AEM.00570-10

9. Li, Q., Sun, B., Li, X., Xiong, K., Xu, Y., Yang, R., Teng, C. (2018). Improvement of the catalytic characteristics of a salt-tolerant GH10 xylanase from *Streptomyces rochei* L10904. *Int J Biol Macromol*, 107(Pt B), 1447-1455. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.10.013
10. Afzal, M., Pfannstiel, J., Zimmermann, J., Bischoff, S. C., Wurschum, T., & Longin, C. F. H. (2020). High-resolution proteomics reveals differences in the proteome of spelt and bread wheat flour representing targets for research on wheat sensitivities. *Sci Rep*, 10(1), 14677. doi: 10.1038/s41598-020-71712-5
11. Hammann, S., Korf, A., Bull, I. D., Hayen, H., & Cramp, L. J. E. (2019). Lipid profiling and analytical discrimination of seven cereals using high temperature gas chromatography coupled to high resolution quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Food Chem*, 282, 27-35. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.12.109
12. Gornas, P., Rudzinska, M., Raczyk, M., & Soliven, A. (2016). Lipophilic bioactive compounds in the oils recovered from cereal by-products. *J Sci Food Agric*, 96(9), 3256-3265. doi: 10.1002/jsfa.7511
13. Spencer, C., & Weber-Fox, C. (2014). Preschool speech articulation and nonword repetition abilities may help predict eventual recovery or persistence of stuttering. *J Fluency Disord*, 41, 32-46. doi: 10.1016/j.jfludis.2014.06.001
14. Jeong, W. S., Seo, D. H., Jung, J. H., Jung, D. H., Lee, D. W., Park, Y. S., & Park, C. (2017). Enzymatic Characteristics of a Highly Thermostable beta-(1-4)-Glucanase from *Fervidobacterium islandicum* AW-1 (KCTC 4680). *J Microbiol Biotechnol*, 27(2), 271-276. doi: 10.4014/jmb.1609.09022
15. Buerstmayr, M., Lemmens, M., Steiner, B., & Buerstmayr, H. (2011). Advanced backcross QTL mapping of resistance to *Fusarium* head blight and plant morphological traits in a *Triticum macha* x *T. aestivum* population. *Theor Appl Genet*, 123(2), 293-306. doi: 10.1007/s00122-011-1584-x
16. Wang, J., Hasanalieva, G., Wood, L., Anagnostopoulos, C., Ampadogiannis, G., Bempelou, E., Rempelos, L. (2020). Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white)

on composition of wheat flour - Results of a retail survey in the UK and Germany - 3. Pesticide residue content. *Food Chem X*, 7, 100089. doi: 10.1016/j.fochx.2020.100089

17. La Fortezza, M., Grigolon, G., Cosolo, A., Pindyurin, A., Breimann, L., Blum, H., Classen, A. K. (2018). Correction to: DamID profiling of dynamic Polycomb-binding sites in *Drosophila* imaginal disc development and tumorigenesis. *Epigenetics Chromatin*, 11(1), 38. doi: 10.1186/s13072-018-0206-0

18. Kuramochi, K., Uchimura, K., Kurata, A., Kobayashi, T., Hirose, Y., Miura, T., Horikoshi, K. (2016). A high-molecular-weight, alkaline, and thermostable beta-1,4-xylanase of a subseafloor *Microcella alkaliphila*. *Extremophiles*, 20(4), 471-478. doi: 10.1007/s00792-016-0837-7

19. Wojtowicz, A., Oniszczyk, A., Kasprzak, K., Olech, M., Mitrus, M., & Oniszczyk, T. (2020). Chemical composition and selected quality characteristics of new types of precooked wheat and spelt pasta products. *Food Chem*, 309, 125673. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125673

20. Kumari, P., Lavania, S., Tyagi, S., Dhiman, A., Rath, D., Anthwal, D., Tyagi, J. S. (2019). A novel aptamer-based test for the rapid and accurate diagnosis of pleural tuberculosis. *Anal Biochem*, 564-565, 80-87. doi: 10.1016/j.ab.2018.10.019

21. Irfan, M., Guler, H. I., Belduz, A. O., Shah, A. A., & Canakci, S. (2016). Cloning, purification and characterization of a cellulase-free xylanase from *Geobacillus thermodenitrificans* AK53. *Prikl Biokhim Mikrobiol*, 52(3), 296-305.

22. Hashimoto, K., Yoshida, M., & Hasumi, K. (2011). Isolation and characterization of CcAbf62A, a GH62 alpha-L-arabinofuranosidase, from the basidiomycete *Coprinopsis cinerea*. *Biosci Biotechnol Biochem*, 75(2), 342-345. doi: 10.1271/bbb.100434

23. Khalili Ghadikolaei, K., Akbari Noghabi, K., & Shahbani Zahiri, H. (2017). Development of a bifunctional xylanase-cellulase chimera with enhanced activity on rice and barley straws using a modular xylanase and an endoglucanase procured from camel rumen metagenome. *Appl Microbiol Biotechnol*, 101(18), 6929-6939. doi: 10.1007/s00253-017-8430-2

24. Pastell, H., Virkki, L., Harju, E., Tuomainen, P., & Tenkanen, M. (2009). Presence of 1-->3-linked 2-O-beta-d-xylopyranosyl-alpha-l-arabinofuranosyl side chains in cereal arabinoxylans. *Carbohydr Res*, 344(18), 2480-2488. doi: 10.1016/j.carres.2009.09.035
25. Guadalajara, H., Garcia-Arranz, M., Herreros, M. D., Borycka-Kiciak, K., Lightner, A. L., & Garcia-Olmo, D. (2020). Mesenchymal stem cells in perianal Crohn's disease. *Tech Coloproctol*, 24(8), 883-889. doi: 10.1007/s10151-020-02250-5
26. Liang, H., Liu, H., Chai, Z., & Shi, B. (2019). Lattice Boltzmann method for contact-line motion of binary fluids with high density ratio. *Phys Rev E*, 99(6-1), 063306. doi: 10.1103/PhysRevE.99.063306
27. Kiewlicz, J., & Rybicka, I. (2020). Minerals and their bioavailability in relation to dietary fiber, phytates and tannins from gluten and gluten-free flakes. *Food Chem*, 305, 125452. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125452
28. Kumar, A. (2019). Some considerable issues concerning malaria elimination in India. *J Vector Borne Dis*, 56(1), 25-31. doi: 10.4103/0972-9062.257770
29. Chi, W. J., Park, D. Y., Chang, Y. K., & Hong, S. K. (2012). A novel alkaliphilic xylanase from the newly isolated mesophilic *Bacillus* sp. MX47: production, purification, and characterization. *Appl Biochem Biotechnol*, 168(4), 899-909. doi: 10.1007/s12010-012-9828-z
30. Wakiyama, M., Yoshihara, K., Hayashi, S., & Ohta, K. (2010). An extracellular endo-1,4-beta-xylanase from *Aspergillus japonicus*: Purification, properties, and characterization of the encoding gene. *J Biosci Bioeng*, 109(3), 227-229. doi: 10.1016/j.jbiosc.2009.09.005
31. Goriewa-Duba, K., Duba, A., Kwiatek, M., Wisniewska, H., Wachowska, U., & Wiwart, M. (2018b). Correction: Chromosomal distribution of pTa-535, pTa-86, pTa-713, 35S rDNA repetitive sequences in interspecific hexaploid hybrids of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.). *PLoS One*, 13(8), e0203162. doi: 10.1371/journal.pone.0203162

32. Fan, G., Wu, Q., Li, Q., Sun, B., Ma, Y., Wu, K., Li, X. (2020). Impact of the disulfide bond on hydrolytic characteristics of a xylanase from *Talaromyces thermophiles* F1208. *Int J Biol Macromol*. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.270
33. Gebruers, K., Dornez, E., Bedo, Z., Rakszegi, M., Courtin, C. M., & Delcour, J. A. (2010). Variability in xylanase and xylanase inhibition activities in different cereals in the HEALTHGRAIN diversity screen and contribution of environment and genotype to this variability in common wheat. *J Agric Food Chem*, 58(17), 9362-9371. doi: 10.1021/jf100474m
34. Serrano, A. B., Font, G., Ruiz, M. J., & Ferrer, E. (2012). Co-occurrence and risk assessment of mycotoxins in food and diet from Mediterranean area. *Food Chem*, 135(2), 423-429. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.03.064
35. Thorup, A. C., Gregersen, S., & Jeppesen, P. B. (2014). Ancient Wheat Diet Delays Diabetes Development in a Type 2 Diabetes Animal Model. *Rev Diabet Stud*, 11(3-4), 245-257. doi: 10.1900/RDS.2014.11.245
36. Bodroza-Solarov, M., Vujic, E., Acanski, M., Pezo, L., Filipcev, B., & Mladenov, N. (2014). Characterization of the liposoluble fraction of common wheat (*Triticum aestivum*) and spelt (*T. aestivum* ssp. *spelta*) flours using multivariate analysis. *J Sci Food Agric*, 94(13), 2613-2617. doi: 10.1002/jsfa.6655
37. Saleem, M., Aslam, F., Akhtar, M. S., Tariq, M., & Rajoka, M. I. (2012). Characterization of a thermostable and alkaline xylanase from *Bacillus* sp. and its bleaching impact on wheat straw pulp. *World J Microbiol Biotechnol*, 28(2), 513-522. doi: 10.1007/s11274-011-0842-z
38. Зберігання і переробка продукції рослинництва / Г.І. Подпрятков, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич. – К.: Мета, 2002. – 495 с.
39. Справочник по качеству зерна / под ред. Г.П. Жемелы. – К.: Урожай, 1983. – 176 с.
40. Трисвятский Л.А. Хранение зерна / Л.А. Трисвятский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 351 с.

41. Трисвятский Л.А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л.А. Трисвятский, Б.В. Лесик, В.Н. Курдина. – М.: Агропромиздат, 1991. – 412 с.
42. Антаназевич В.И. Сушка зерна / В.И. Антаназевич. – М.: Агропромиздат, 1989. – 240 с.
43. Борковский В.А. Технологии зерноперерабатывающих производств / В.А. Борковский, М.И. Мерко, Е.М. Мельников. – М.: Интерграф Сервис, 1999. – 472 с.
44. Братерский Ф.Д. Послеуборочная обработка зерна / Ф.Д. Братерский, С.А. Карабанов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 172 с.
45. Жемела Г.П. Справочник по качеству зерна. / Г.П. Жемела, Л.П. Кучумова, З.Ф. Аниканова. – К.: Урожай, 1988. – 216 с.
46. Жемела Г.П. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва / Г.П. Жемела, В.І. Шемавньов, О.М. Олексик. – Полтава, 2003. – 420 с.
47. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. – М.: Колос, 1982. – 238 с.
48. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карепенко, В.М. Халанский. – М.: Колос, 1983. – 494 с.
49. Кузьмина Н.П. Зерно / Н.П. Кузьмина. – М.: Колос, 1969. – 367 с.
50. Зберігання і технологія сільськогосподарських продуктів / Б.В. Лесик, Л.О. Трисвятський, М.В. Сабуров, В.Л. Сніжко. – К.: Вища шк. 1973. – 401 с.
51. Мельник Б.Е. Активное вентилирование / Б.Е. Мельник. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.
52. Мельник Б.Е. Технология приемки, хранения и переработки зерна / Б.Е. Мельник, Б.В. Лебедев, Г.А. Вишняков. – М.: Агропромиздат, 1990. – 366 с.
53. Подпряттов Г.І. Технологія виробництва борошна, крупів та олії / Г.І. Подпряттов, Л.Ф. Скалецька. – К.: НАУ, 2000. – 200 с.

