

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології зберігання і переробки зерна

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Оксана КОЧУБЕЙ-
ЛИТВИНЕНКО

«До захисту допущено»
В. о. завідувача кафедри
Тетяна ЯНЮК
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 2024р.

«__» _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 181 «Харчові технології»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Технології зберігання і переробки зерна

на тему: «Дослідження технологічних властивостей насіння льону для використання у складі борошняної композиційної суміші»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ТЗ-2-6М

Івашина Олександр
Олександрович
(прізвище та ініціали)

Керівник СУПРУН-КРЕСТОВА Олена Юріївна
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Інна КАРПОВИЧ
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології зберігання і переробки зерна

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Технології зберігання і переробки зерна

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри
технології зберігання і
переробки зерна

Тетяна ЯНЮК

“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Івашині Олександрю Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження технологічних властивостей насіння льону для використання у складі борошняної композиційної суміші»

керівник роботи доц., к.т.н. Супрун-Крестова Олена Юріївна,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “06” 11 2023 року № 906-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 10 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: дослідження технологічних та хімічних властивостей насіння льону, дослідження хімічних та хлібопекарських властивостей композиційної суміші пшенично-лляного борошна, терміну зберігання суміші, пробна лабораторна випічка

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Аналітичний огляд літератури. 2. Об'єкти і методи досліджень. 3. Експериментальна частина. 4. Технологічна частина. 5. Економічна частина. 6. Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу технологічна схема підготовки та розмелу пшенично-лляної суміші (формат А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Супрун-Крестова Олена Юріївна		

7. Дата видачі завдання 06.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд літератури	09.11.2022	
2.	Об'єкти і методи досліджень	17.01.2023	
3.	Експериментальна частина	15.03.2023	
4.	Технологічна частина	19.09.2023	
5.	Економічна частина	30.10.2023	
6.	Список використаної літератури	04.01.2024	

Здобувач

_____ (підпис)

Олександр ІВАШИНА
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олена СУПРУН-КРЕСТОВА
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Івашина О.О. Дослідження технологічних властивостей насіння льону для використання у складі борошняної композиційної суміші – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 181 «Харчові технології», освітньо-професійної програми «Технології зберігання і переробки зерна». – Національний університет харчових технологій, Київ, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню властивостей насіння льону для можливості використання у складі борошняних композиційних сумішей. Апробована можливість спільного розмелу зерна пшениці і насіння льону. Науково доведена доцільність і можливість підвищення харчової цінності борошна пшеничного за рахунок додавання у помельну суміш насіння льону. Проведено порівняльний аналіз хімічного складу борошна пшеничного вищого сорту та борошняної композиційної суміші. Технологію апробовано в лабораторних умовах.

Робота виконувалась на кафедрі технології зберігання і переробки зерна Національного університету харчових технологій. Усі дослідження було проведено відповідно до діючої нормативної документації.

Ключові слова: насіння льону, властивості, композиційна суміш, помел, показники, технологія, хліб, економіка.

ANNOTATION

O.O. Ivashina Research of the technological properties of flax seeds for use in the composition of flour composite mixture - Manuscript.

Qualification work on specialty 181 "Food technologies", educational and professional program "Grain storage and processing technologies". - National University of Food Technologies, Kyiv, 2024.

The qualification work is dedicated to researching the properties of flax seeds for the possibility of using them as part of flour composite mixtures. The possibility of joint grinding of wheat and flax seeds has been tested. Scientifically proven expediency and the possibility of increasing the nutritional value of wheat flour due to the addition of flax seeds to the grinding mixture. A comparative analysis of the chemical composition of high grade wheat flour and flour composite mixture was carried out. The technology has been tested in laboratory conditions.

The work was carried out at the Department of Grain Storage and Processing Technology of the National University of Food Technologies. All research was conducted in accordance with current regulatory documentation.

Key words: flax seeds, properties, composite mixture, grinding, indicators, technology, bread, economy.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1	11
ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД СИРОВИНИ	11
1.1 Походження льону	12
1.2 Фізико-хімічний склад і властивості насіння льону	14
1.3 Шкідливі сполуки насіння льону.....	18
1.4 Фізико-хімічний склад та властивості лляного борошна.....	19
1.5 Використання сировини з насіння льону в харчовій промисловості.....	22
1.6 Властивості полісахаридів насіння льону як поліпшувачів структури тіста	24
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	26
РОЗДІЛ 2	27
ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1. Об'єкти досліджень.....	27
2.2. Методи досліджень	27
2.2.1. Визначення показників якості зернової сировини.....	27
2.2.2 Визначення вологості[26, 42].....	28
2.2.3 Визначення кислотності[27, 42].....	28
2.2.4 Методика визначення кількості і якості клейковини[26, 42]	29
2.2.5 Методика визначення зольності прискореним методом[26, 42]	30
2.2.6 Методика визначення білка нефелометричним методом[26].....	31
2.2.7 Визначення вмісту жиру методом настоюванням та кислотного числа жиру[25, 26, 42]	32
2.2.8. Визначення крупності помелу борошна, «числа падіння» борошна[26] ..	33
2.3. Метод повного факторного експерименту[43]	35
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	36
РОЗДІЛ 3	37
ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	37

3.1 Дослідження технологічних властивостей та хімічного складу вихідної сировини.....	37
3.2 Дослідження показників якості борошняної композиційної суміші	38
3.3 Дослідження термінів зберігання композиційної суміші	43
3.4 Пробне лабораторне випікання.....	44
3.5 Математична модель процесу дослідження	47
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	53
РОЗДІЛ 4	54
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	54
4.1. Технологічні процеси виробництва лляного та пшеничного борошна.....	54
4.2 Розрахунок і підбір обладнання	57
4.3 Організація технологічного контролю виробництва.....	66
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	69
РОЗДІЛ 5	70
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	70
5.1 Техніко-економічні розрахунки.....	70
5.1.1 Розрахунок капітальних вкладень у будівництво підприємства.....	70
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 5	84
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	87
ДОДАТКИ.....	92
ДОДАТОК А.....	93
ДОДАТОК Б	94
ДОДАТОК В	95
ДОДАТОК Г	96

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі розглядаються питання покращення харчування населення за рахунок впровадження в виробництво харчових продуктів з натуральною рослинною сировиною, дослідження насіння льону і продуктів його переробки як джерела основних нутрієнтів і біологічно активних речовин, необхідних людині; функціонально-технологічні особливості льону, його біохімічний склад, у якому пріоритетне місце займають Омега-3 та Омега-6 жирні кислоти, а також харчові волокна, що сприяють прискореному виведенню з організму різних чужорідних речовин, що містяться в харчових продуктах; висвітлюється позитивний вплив насіння льону на організм людини, обумовлений зниженням зайвої ваги і боротьбою з ожирінням, а також досліджуються анатомічні, реологічні, технологічні властивості лляногоборошна, його вплив на товарознавчі показники: структуру тіста, смакові якості та зовнішній вигляд готових хлібобулочних виробів, що виробляються для реалізації на підприємствах. Виробництво продуктів з протекторними властивостями, компенсуючими несприятливий вплив навколишнього середовища, розвивається достатньо швидкими темпами. У наукових фахових виданнях, науково-популярній літературі, статтях, журналах про здоров'я все частіше зустрічаються відомості про збагаченні продуктів живлення біологічно активними добавками, в том числі що містяться в лляному насінні. Ще з давніх часів в харчовому раціоні наші прадіди використовували його для оздоровлення і підтримки організму. Адже не випадково слово«льон» в перекладі з латинського означає «найбільш корисний».

Актуальність теми. Сучасний тренд на здорове харчування вимагає від виробників харчових продуктів враховувати збалансованість складу з метою забезпечення раціону сучасної людини не просто необхідною кількістю основних макро- та мікронутрієнтів, а й наявності в них незамінних речовин, до яких поряд з іншими слід віднести поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК). , особливо жирні кислоти сімейства омега-3 [1-4]. Інноваційний спосіб збагачення пшеничного борошна з допомогою ПНЖК насіння льону при

спільному помелі сировини є дуже цікавий підхід як у науковому, і у практичному сенсі.

Використання цілого насіння льону, що має унікальний склад білкового та ліпідного комплексів, дозволяє значною мірою збагатити та збалансувати склад одержуваних зернових продуктів. [3, 4, 5].

Ліноленова кислота є основною жирною кислотою насіння льону, її відносний вміст варіює від 47,5 до 68,1% згідно з різними джерелами [5, 6]. Таким чином, добова потреба організму в омега-3 жирних кислотах за рахунок хлібобулочних виробів може бути забезпечена при введенні насіння льону до складу бінарної помольної суміші [6, 7].

Мета і завдання дослідження.

Мета досліджень – дослідження технологічних властивостей насіння льону для використання у складі борошняної композиційної суміші.

Для виконання поставленої мети визначені такі завдання:

- виконати аналіз вітчизняної та закордонної літератури за темою досліджень щодо обґрунтування вибору насіння льону для використання у складі композиційних сумішей;
- дослідити технологічні властивості насіння льону;
- розробити технологічну схему отримання борошняної композиційної суміші;
- дослідити технологічні властивості борошняної композиційної суміші;
- дослідити терміни зберігання розробленої борошняної композиційної суміші;
- оцінити хлібопекарські властивості розробленої борошняної композиційної суміші.

Об'єкт дослідження – технологія отримання борошняної композиційної суміші.

Предмет дослідження – насіння льону, зерно пшениці, борошняна композиційна суміш.

Методи досліджень:аналітичні, статистичні, фізико-хімічні, органолептичні, технологічні, загально прийняті.

Особистий внесок здобувача. Полягає в опрацюванні літературних джерел з обраної тематики, складанні плану проведення експериментальних досліджень, виборі методів і методик досліджень пшенично-ляного борошна і готових виробів, виконанні експериментальної частини роботи, проведенні статистичної обробки отриманих даних, написанні кваліфікаційної роботи та підготовки її до захисту.

Апробація роботи. Результати досліджень опубліковувались на 89-тій науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (НУХТ, 2023р.)

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку бібліографічних джерел з 44найменувань і додатків. Робота виконана на 90 сторінках, ілюстрована 36 таблицями і 4 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД СИРОВИНИ

За останні роки тренд «здоровехарчування» як складова здорового способу життя набирає сили. У всьому світі зріс інтерес до використання льону в їжу у зв'язку з його лікувальними властивостями, обумовленими високим вмістом ліноленової кислоти. Ляна олія сприяє виведенню із організму холестерину, поліпшенню обміну білків і жирів, нормалізації артеріального тиску, зменшенню вірогідності утворення тромбів і пухлин, значно знижує ризик серцево-судинних і ракових захворювань та зменшує алергічні реакції.

Насіння льону містить вітаміни А, В1, В2, В5, В6, В9, С, Е, К, РР, холін, мікроелементи калій, кальцій, магній, натрій, залізо, фосфор, марганець, мідь, селен, цинк, а також білки, жири, вуглеводи, харчові волокна, велика кількість слизу, ферменти, глікозид лінамарин.

Настій з насіння льону застосовують при опіках, а також у разі гастритів і ентероколітів. Мазі, креми, олії, дитячі присипки (Linomad) містять ляну олію холодної екстракції з додаванням БАР. Олію включають до складу шампунів, зволожувальних кремів, аерозольних масок для обличчя, кондиціонерів для волосся, кремів для рук і нігтів. Лужним гідролізом гідроксидом калію з лянової олії отримують зелене мило, а також м'яке мило, що входить до складу лініментів і використовується для звільнення шкіри від лусок при псоріазі, для попередньої дезінфекції шкіри, при розтягненні зв'язок і лікуванні забитих місць. [4].

Збагачення хлібобулочних виробів відваром з насіння льону показує, що полісахариди впливають на структурно-механічні властивості тіста. При внесенні настою в тісто сила його буде більшою, ніж при замішуванні з водою. Внесення полісахаридів в борошняні суміші в'язкості поліпшувачів сприяє позитивному впливу на газоутримуючу здатність тіста, що в подальшому впливає на якість випеченого хліба.

Макуха льону звичайного використовується як добавка у хлібовипіканні, у продуктах дієтичного харчування, є цінним кормом для худоби (у 100 кг міститься 115 кормових одиниць і понад 28 кг білка, що засвоюється) [4].

Ляне волокно удвічі міцніше за бавовняне; з нього виготовляють одяг, технічні й декоративні тканини, шпагатно-мотузкові вироби. З олії льону звичайного одержують оліфу, фарби, лак, її використовують як пластифікатор для пластмас, добавку до асфальту, бітуму, у виробництві лінолеуму, модифікованих смол, плівкових захисних покриттів металів від корозії, мастил тощо [4].

1.1 Походження льону

Льон є давньою культурою. В Індії, Китаї, Єгипті, країнах Закавказзя його вирощували за 4-5 тис. років до н.е. Давні слов'янські племена також добре знали цю культуру і вміли виготовити з льону прядиво, а з насіння - олію. На території України культура льону відома ще до виникнення Київської Русі [1].

Льон - одне з найдавніших культурних рослин, вік якого не менше 7000 років. Встановлено, що вже в кам'яному столітті люди почали розводити льон вузьколистий. З часом з нього були відібрані форми, які і стали льоном культурним. У всякому разі, льонарство процвітало в Давньому Єгипті, Месопотамії, Ассирії, на землях теперішньої Індії, Китаю, в Закавказзі ще в V-IV тисячолітті до н.е. Слов'янські племена розводили льон у великій кількості ще задовго до виникнення Київської Русі. Достовірно встановлено, що і скіфи, що жили на території сучасної України, носили лляний одяг [2].

У Стародавньому Єгипті, Шумері і Персії вміли цінувати властивості льону. У стародавній Греції лляний одяг вважався привілеєм жерців, а в Єгипті був доступний лише аристократії [2].

Від найдавніших часів одним з найважливіших видів господарської діяльності та мистецької культури українців, невід'ємною частиною домашніх занять кожної селянської родини були вирощування й обробка рослинного волокна (льону, конопель) з метою виготовлення з них тканин для одягу та інших потреб [3].

Отже, льон – традиційна культура, яка тривалий час одягала й годуваланаселення нашого краю. За свідченням істориків у I-му тисячолітті до нашої ери південну частину Східної Європи заселяли скіфи. Як свідчать

археологічні знахідки, вони знали льон, використовували в побуті вироби з нього: з насіння били олію, а з волокна виготовляли тканини для одягу. У V ст. до н.е. грецький історик Геродот відвідав Скіфію й описав її населення. Він зазначив, що на правому березі Дніпра мешкали скіфи-орачі – землеробські племена, які були корінними мешканцями цього краю. Своїм торговим партнерам скіфи пропонували товари, що ними згодом уславиться українська земля: збіжжя, віск, мед, хутра. Серед цих товарів були і лляні тканини, щовивозилися в країни Сходу[3].

Встановлено, що в I тисячолітті в районах Пскова, Новгороду вирощували льон-довгунець, які стали родоначальниками довгунців, що поширилися згодом у Західній Європі. Залишки волокон, які відносять до VI століття до нашої ери, було знайдено в районах Придніпров'я та Придністров'я. На території України льонарство було відоме ще в II – IV століттях[3].

Найстаріші писемні пам'ятки України-Руси переконують у тому, що обробка льону була добре відома найвіддаленішим нашим предкам – слов'янам ще в так званій Київській період історії, коли вся область слов'янських поселень обмежувалась басейном Дніпра. Вони ткали лляне полотно, шили з нього одяг, плели рибальське оснащення й тенета для вилову птахів, оснащували човни вітрилами[3].

Арабський учений Ібн-Фалдан, який мандрував на початку X століття відзначав надзвичайну красу білого одягу слов'ян, що був виготовлений ними з полотна місцевого походження. В літописах Нестора говориться, що печерські монахи самі вирощували льон, виробляли полотно та виготовляли для себе білизну. В жіночих монастирях було поширене рукоділля та шитво. У найдавнішому літописі “Повість временних літ” повідомляється не лише про ллянепрядиво, волокно, а й про церковну ляну олію, що використовувалася для лампад. Ляну олію широко вживали в їжу[3].

Льон і вироби з нього високо цінувалися у Київській Русі. Так, Великий князь Ярослав у свій церковний устав (1050 – 1051 рр.) вів особливий параграф про покарання за крадіжку льону. У відповідності з Уставом, злодію приписували штраф у розмір трьох гривень [3].

У 50-х роках минулого століття найбільші площі льону олійного були в Миколаївській, Кіровоградській, Донецькій, Луганській, Запорізькій та Дніпропетровській областях. Проте в 1955 році вирощування льону олійного в Україні було припинено та, у зв'язку з його скоростиглістю, перенесено до Казахстану на цілинні землі[1].

За офіційними відкритими даними Державної служби статистики України в Україні льон у 2021 році вирощували на площі 27,9 тис. га - у Одеській, Херсонській та Запорізькій областях [34].

1.2 Фізико-хімічний склад і властивості насіння льону

Інтерес до використання льону як харчового продукту пояснюється його компонентним складом. Насіння льону – це джерело нутрієнтів та біологічно активних речовин, які сприятливо впливають на організм людини. Багатий на протеїни, жири, харчові волокна, включаючи клітковину і слизі(рисунок1.1). Протеїни багаті незамінними амінокислотами. Лімітуючою кислотою є фенілаланін.

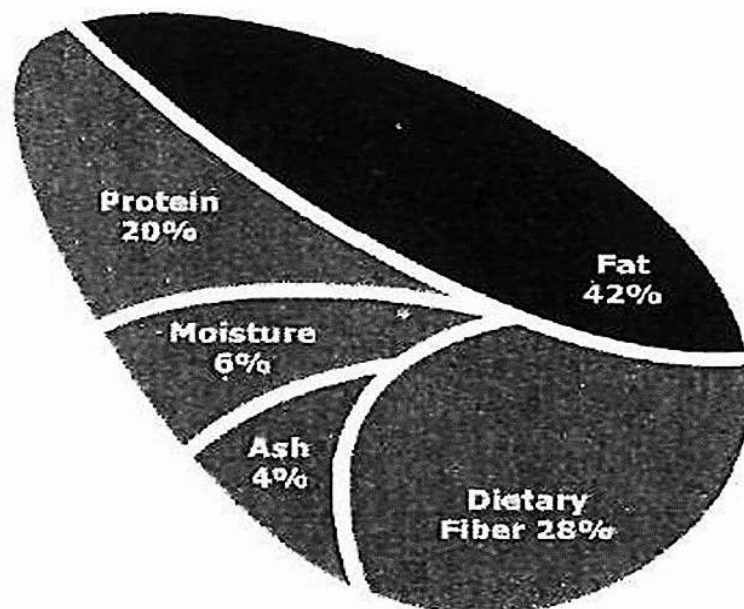


Рисунок 1.1 – Хімічний склад насіння льону

1. Білки – 20%
2. Жири – 42 %
3. Вода – 6 %
4. Зола - 4 %

5. Харчові волокна - 28 %.

Насіння льону містять насичені жирні кислоти, мононенасичені жирні кислоти та поліненасичені (Омега-6 та Омега-3) (рисунок 1.2).

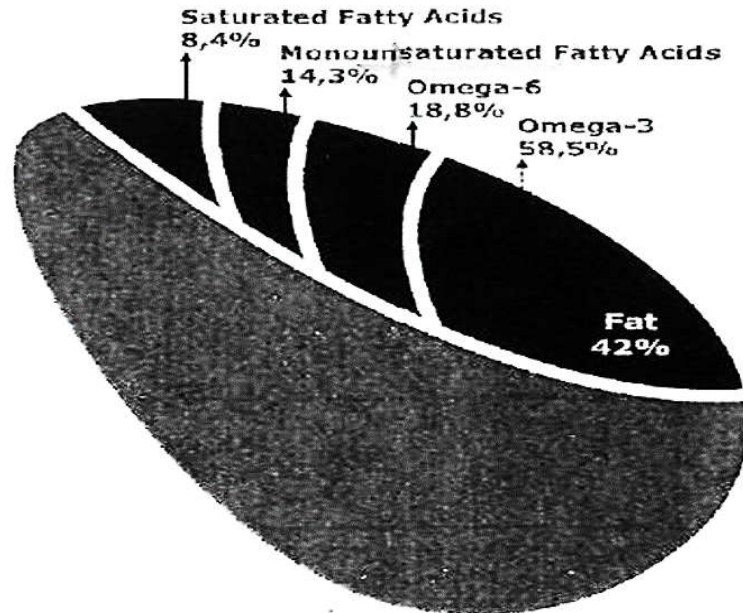


Рисунок 1.2 - склад жирів насіння льону

1. Насичені жирні кислоти – 8,4%
2. Мононенасичені жирні кислоти – 14,3%
3. Поліненасичені Омега-6 – 18,8%
4. Поліненасичені Омега-3 – 58,5%

Велика кількість олії накопичена в ядрі. Цінність її полягає в високому вмісті поліненасичених жирних кислот: лінолевої та α ліноленової, і в низькому вмісті насичених жирних кислот[11, 12, 40].

Лінолева (клас Омега-6) та α -ліноленова (клас Омега-3) кислоти – це незамінні жирні кислоти, тобто вони не синтезуються в організмі людини і надходять лише з їжею.

Омега-6 необхідні людині з кількох причин. Насамперед, за їх допомогою підтримується нормальний рівень холестерину в крові, що запобігає виникненню атеросклерозу. Жирні кислоти цього класу покращують зовнішній вигляд шкіри та волосся. Адже Омега-6 беруть участь у регенерації тканин. Крім того, вони здійснюють позитивний вплив на функціонування багатьох

внутрішніх органів.

Також одними з важливих біологічно активних компонентів у лляному насінні є токофероли (Вітамін Е)[11, 12, 40].

Ще однією невід'ємною складовою раціону харчування людини є білки. Для правильного функціонування організму необхідне щоденне споживання білків у кількості від 90 до 100 г.

Білки розрізняються за амінокислотним складом, що визначає їхню харчову і біологічну цінність.

Таблиця 1.1

**Амінокислотний склад насіння льону та продуктів його переробки,
%**

Амінокислоти	Насіння льону	Борошно крупного помелу з насіння льону	Протеїновий ізолят з насіння льону
Аланін	4,4	5,5	5,1
Аргінін	9,2	11,1	10,4
Аспарагінова кислота	9,3	12,4	11,0
Цистин	1,1	4,3	н/з
Глютамінова кислота	19,6	26,4	24,6
Гліцин	5,8	7,1	4,9
Гістидин	2,2	3,1	5,7
Ізолейцин	4,0	5,0	5,2
Лейцин	4,0	7,1	6,5
Лізін	4,0	4,3	5,3
Метіонін	1,5	2,5	3,2
Фенілаланін	4,6	5,3	7,3
Пролін	3,5	5,5	7,5
Серин	4,5	5,9	4,9
Треонін	3,6	5,1	3,6
Триптофан	н/з	1,7	н/з
Тирозин	2,3	3,1	3,0
Валін	4,6	5,6	5,6

Примітка: н/з – не знайдено

Протеїновий ізолят з насіння льону за вмістом незамінних амінокислот, таких як, ізолейцин (5,2%), лізін (5,3%), метіонін (3,2%), фенілаланін (7,3%)

перевищує насіння льону і борошно крупного помелу з насіння льону. Однак, за вмістом лейцину (6,5%), серину (4,9%), треоніна (3,6%) протеїновий ізолят з насіння льону поступається борошну крупного помелу (7,1%, 5,9%, 5,1% відповідно) і лляному насінні (4,0%, 3,6%, 3,6% відповідно)[10, 11, 12, 13, 40].

Ляний білок (лінулін) має повний склад незамінних для людського організму амінокислот. Тому що лляним насінням, уживаним у їжу, не потрібна попередня термічна обробка, їхній білок володіє високою біологічною активністю. У зв'язку з цим він — коштовна сировина для одержання фармацевтичної продукції. Через сильно розвинену хімічну структуру ляний білок виявляє гідрофільні властивості. Тому одержати його безпосередньо з лляного насіння не можливо. З цього випливає, що першою технологічною стадією при одержанні білка з насіння льону може бути виробництво лляної олії. Відходом лляного олійного виробництва холодним пресуванням насіння є макуха, що містить більш 40 % харчового білка.

Вуглеводи насіння олійних культур вивчені недостатньо. В оболонках насіння міститься в основному клітковина (до 70%), геміцелюлози, а також пектинові речовини і пентозани. У ядрі переважають більш рухливі форми вуглеводів. У ядрах більшості насіння олійних рослин зазвичай міститься 2...5% розчинних цукрів (серед яких переважає сахароза) і 2...3% клітковини, геміцелюлоз і пектинових речовин[12, 13, 14].

Слизи утворюються в рослинах у ході розвитку та виконують функцію резерву вуглеводів. А в насінні льону виконують функцію накопичення води, для захисту насіння від зневоднення.

Полісахаридні слизові клітини концентруються в основному в епідермісі (зовнішньому шарі) зовнішньої оболонки.

Полісахаридні гумі лляного насіння або рослинного слизу зумовлюють його поживну цінність, а харчові волокна грають не меншу роль у зменшенні ризику діабету і коронарних серцевих захворювань, запобіганні раку товстої і прямої кишки, ожиріння.

Водорозчинні полісахариди (гумі) насіння льону складають близько 8...10% від маси сухих речовин, однак їхній вихід залежить від режимів

вилучення і може коливатися від 3,5 до 9,4% [12, 13, 40].

1.3 Шкідливі сполуки насіння льону

У насінні льону також присутні речовини, які можуть негативно впливати на організм людини. До таких речовин відносять інгібітор трипсину, міоїнозитолфосфату, фітоестрогени, кадмій та ціаногенні глікозиди [35, 36]. Насправді, крім біологічно активних сполук, насіння льону містить 264–354 мг ціаногенних сполук на 100 г насіння, 10–11,8 мг лінамарину/100 г, 136–162 мг лінустатину/100 г та 105–183 мг неолінустатину/100 г насіння льону. Ці сполуки є токсичними для організму людини, і вважаються, що при прийомі всередину 100 мг можуть бути смертельними для дорослих людей. Ціаногенні глікозиди є азотистими вторинними рослинами метаболіти, отримані з амінокислот. Їх причиною є хронічні наслідки, які проявляються в нервовій системі і спостерігаються в популяціях, які споживають велику кількість ціанату з їжею [35].

Кадмій потенційно токсичний для людського організму. Коли він накопичується в нирках, цей метал може викликати порушення функції, а також емфізему легень, аміноацидурию, глюкозурию, фосфатурию і навіть скомпрометувати реабсорбцію мінералів, що робить організм, сприйнятливий до остеомалачії [36].

Дослідження останніх років [5, 9-13, 15, 40] виявили широку гамму властивостей лляного насіння, що багато в чому визначає сфери його застосування як нутрицевтика. Складові лляного масла чинять значний вплив на діяльність багатьох органів, належне функціонування. Основними компонентами, що визначають біологічну активність лляного насіння, є: жирне масло, білкові речовини, вітаміни, ферменти, слиз, вуглеводи, органічні кислоти, мікроелементи.

Насіння льону може добре зберігатися в складських умовах протягом тривалого часу, а харчове лляне масло не підлягає тривалому зберіганню. Його зберігають у темному приміщенні при зниженій температурі. Але навіть за цих умов зберігання через 1...3 місяці у масла може з'явитися, хоч і нешкідливий,

але, гіркуватий смак. Більше 6 місяців харчове масло не зберігають, а переводять в розряд технічного.

Інтерес до льону обумовлений в основному фізіологічно активними компонентами лляного насіння, якими є ненасичені жирні кислоти, рослинні волокна і фітоестрогени. Однак у стані функціональних властивостей насіння льону містить низку шкідливих для здоров'я сполук, таких як кадмій, ціаногенні глікозиди, інгібітори трипсину, які зазвичай видаляються за допомогою термічних і механічних процесів.

1.4 Фізико-хімічний склад та властивості лляного борошна

Хімічний склад борошна впливає на його технологічні властивості (хлібопекарські, макаронні, кондитерські) і харчову цінність. Співвідношення речовин в борошні та їх властивості залежать від: хімічного і біологічного складу зерна, виходу борошна, режимів технологічного процесу.

Білки насіння льону мають біологічну цінність, так як амінокислотний склад їх має найбільш цінні протеїни рослинного походження, а також є носієм сірковмісних амінокислот (метіонін, цистеїні).

Лляне борошно одержують з очищеного насіння льону, яке пройшло, сушіння, видалення олії й подрібнення.

Орієнтовні норми виходу лляного борошна, побічних продуктів і відходів при переробці льону наведені у табл. 1.2

Таблиця 1.2

Норми виходу лляного борошна, побічних продуктів та відходів

Продукт переробки	Вихід, %
Борошно лляне	75,0
Відходи III категорії, механічні втрати	0,5
Усушка	2,0
Всього:	100,0

Лляне борошно – тонкодисперсний продукт, що переважно складається з

ядра насіння льону.

Зовнішній вигляд: жовтого-коричневого кольору, без чорних вкраплень, не містить спресованих частинок. Смак характерний для льону.

Важливою особливістю лляного борошна є високий вміст білку, а при виробництві борошна з цілого насіння ще й високий вміст жиру. До складу білку входять незамінні амінокислоти, особливо високий вміст триптофану, фенілаланіну, треоніну та лізину, лімітуючими для насіння гірчиці, а отже і для борошна є метіонін, цистин та ізолейцин [37, 40].

Ляне борошно на 100г містить 23г білка, 13г жиру та 16г вуглеводів.

Крім того, у лляному борошні присутні: калій, кобальт, марганець та в незначних кількостях нікель.

Таблиця 1.3

Вміст нутрієнтів в 100г лляного борошна

Показники	Вміст нутрієнтів в лляному борошні, % (усереднені дані)	% від середньозваженої норми фізіологічних потреб
Білок	23	31
Жир	13	16
Вуглеводи	16	4,5
Харчові волокна	7,5	38
Вітамін Е, мкг/100г	0,5	4,85
Тіамін, мкг/100 г	1,0	64,5
Рибофлавін, мкг/100г	0,5	25,0
Піридоксин, мкг/100 г	0,1	4,85
Кальцій, мкг/100 г	290	36,5
Фосфор, мкг/100г	780	65,0
Магній, мкг/100г	660	165,0
Залізо, мкг/100г	9,6	64,0
Цинк, мкг/100г	7,5	50,0

З водорозчинних вітамінів у лляному борошні присутні: В₁, В₂, В₃, РР і

В₆. З жиророзчинних вітамінів присутні каротин і токоферолі [40].

Таблиця 1.4

Вміст незамінних амінокислот в «ідеальному» білці (ФАО/ВООЗ) та в білках лляного борошна

Незамінна амінокислота (АК)	Вміст АК ідеального білка, мг/г	Вміст АК в білках лляного борошна, мг/г (усереднені дані)	Амінокислотний скор, %
Ізолейцин	40	77,2	193
Лейцин	70	114,7	164
Лізин	55	49,4	90
Фенілаланін+тирозин	60	101,9	170
Метіонін+цистин	35	32	92
Треонін	40	54,7	137
Триптофан	12	16,2	40
Валін	50	67,9	136

В таблиці 1.4 показано, що переважаючими амінокислотами у білках лляного борошна є лейцин та фенілаланін+тирозин.

Переваги і недоліки лляного борошна

Основні переваги лляного борошна:

- лляне борошно нормалізує шлунково-кишковий тракт;
- багатий антиоксидантами;
- запобігає розвитку ряду хвороб серцево-судинної системи;
- нормалізує вагу людини.

Основні недоліки лляного борошна:

- лляна макуха і шрот слід перевіряти на наявність в них синильної кислоти, так як вони містять ціаногенний глікозид лінамарін, який при розпаду утворює синильну кислоту, а також лінатин і фітинову кислоту. Небезпека представляє макуха, в 1 кг якого утворюється більше 0,2 г синильної кислоти. Але, як відомо, на підприємстві-виробника завжди здійснюється вхідний контроль сировини, що надходить;

- має недостатню структуроутворюючу здатність, оскільки не містить клейковини. У зв'язку з цим виробництво виробів з лляного борошна не

можливе, тому необхідно комбінувати її з іншими структуроутворюючими компонентами[37, 40].

Однак хочеться відзначити, що виявлені недоліки даної сировини, коригуються правильною технологією використання і сумарна користь даного продукту, є очевидною і перспективною.

1.5 Використання сировини з насіння льону в харчовій промисловості

Серед сучасних розробок у сфері харчування вагоме місце займає створення нових продуктів з підвищеною харчовою цінністю і функціональною спрямованістю. На сьогодні все більш перспективним джерелом таких продуктів є луб'янікультури. Одним з традиційних видів рослинної сировини є льон (*Linum usitatissimum* L.), який вирощують у вигляді двох культур: льон-довгунець, щойде на волокно і льон-кудряш – для виробництваолії [5].

Існує багато продуктів з насіння льону, які споживаються людиною, у тому числі: ціле насіння, лляна олія, частково знежирене лляне борошно (зазвичай пресоване), повністю знежирене лляне борошно (в екстракції з розчинником), екстракти з ослизненим насінням льону, оболонки лляного насіння, насіння льону олеосом і спиртових екстрактів насіння льону [5].

Лляну олію за вмістом ліноленової кислоти розділяють на 4 категорії:

1. Вміст ліноленової кислоти більше 50 % – високий, олія придатна, в основному, для використання у технічнихцілях.
2. Вміст ліноленової кислоти 36–49 % – середній, олія придатна у технічних цілях, медицині, парфумерії.
3. Вміст ліноленової кислоти 10–35 % – низький, олія придатна, в основному, на харчові цілі.
4. Вміст ліноленової кислоти менше 10 % – дуже низький, олія придатна тільки на харчові цілі [5].

Саме якісний склад олії визначає його використання для виробництва продуктів дієтичного лікування, виробництва косметичних препаратів, нових

лікувальних засобів. З насіння льону одержують препарат лінетол, що використовується для лікування опіків шкіри [5, 10].

Насіння льону, як зазначалося вище, містить цінні білки, які можна використовувати у вигляді борошна, білкових ізолятів і концентратів. Насіння льону є дієтичним продуктом підвищеної біологічної цінності, що застосовується у лікувальних цілях, і у кулінарії. В багатьох країнах льон уже давно зайняв свої позиції, наприклад у Німеччині використовують десятки тисяч тон насіння для приготування страв та випічки [5, 10].

Завдяки унікальним природним якостям льон рекомендують вживати для профілактики і лікування багатьох захворювань: для підтримання імунної системи організму, серцево-судинних захворюваннях, при цукровому діабеті, при атеросклерозі, захворюваннях печінки, шлунково-кишкового тракту і щитовидної залози, для покращення стану волосся та шкіри, виведення токсинів з організму, як загально зміцнюючий та протизапальний засіб. Вживання олії льону сприятливо впливає на розвиток мозку у немовлят, знижуючи рівень ліпідів крові. Згідно висновків вчених багатьох країн, насіння льону потрібно вживати в їжу щоденно, це має стати частиною культури харчування. Додавання насіння льону в раціон забезпечує повноцінне і здорове харчування, що знижує ризики виникнення різних видів хронічних захворювань. І в Європі, і у країнах Америки льон вважають одним з найбільш корисних харчових продуктів [5].

Насіння льону використовують як смачну і корисну дієтичну добавку при приготуванні різноманітних холодних страв. Воно довго зберігається і може бути використане при додаванні в каші, фруктові і овочеві салати, супи, картопляне пюре, квашену капусту, вінегрети, в усі готові перші і другі страви. Корисно змішувати насіння з молоком, йогуртом, сиром, кефіром. Можна додавати льон у борошняні вироби, при цьому технологія виготовлення не змінюється, лише покращується харчова цінність страв [5].

Вчені багатьох країн світу досліджують насіння льону в лабораторіях і дійшли загального висновку, що насіння льону можна вважати продуктом, що оздоровлює організм. Ляне насіння містить вітаміни E, D, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆,

В₉, бета-каротин, мінеральні речовини, токофероли, такі мікроелементи, як кальцій, калій, залізо, магній, цинк, селен, алюміній, марганець, хром, нікель, мідь, бор, йод та ін. В насінні містяться: вуглеводів – 12–26 %, ефірних олій 35–45 %, слизових речовин – 12 %, білків – 20–33 %, а також органічні кислоти, ферменти і значна кількість ненасичених жирних кислот. Проростки льону містять до 1,5 % глікозиду лінамарину [5, 10].

Ляна олія необхідна всім здоровим людям при високих розумових і фізичних навантаженнях, роботі на шкідливих виробництвах, незбалансованому харчуванні, студентам і школярам для підвищення успішності і перенесення навчальних навантажень, всім працюючим з комп'ютером, а також людям, що піддаються дії різних випромінювань. Крім того, для того, щоб людський організм функціонував нормально, йому необхідні лігнано-фітохімічні речовини (одна з груп поліфенолів), що призводять до балансу процес метаболізму. В результаті тривалих досліджень вчені прийшли до висновку, що найбільш багатим джерелом рослинних лігнанів є волокно ляного насіння. Ляна олія може проявляти сильні антиканцерогенні властивості [5].

Насіння льону, як прядивної (технічної) культури, є надзвичайно цінним джерелом різноманітних продуктів. Це пояснюється, насамперед, його хімічним складом. Насіння льону багате на поліненасичені жирні кислоти, зокрема лінолеву та ліноленову, а також токофероли, вітаміни та білки. Ці особливості роблять ляне насіння цінним харчовим, кормовим та лікувальним продуктом [5].

1.6 Властивості полісахаридів насіння льону як поліпшувачів структури тіста

Ще однією відмінною особливістю вуглеводів насіння льону є вміст водорозчинних полісахаридів – пентозанів, які при замочуванні здатні утворювати слиз на поверхні насіння, її вміст становить приблизно 2-7% від загальної маси. Слизи насіння льону олійного є гетерогенною системою полісахаридів, до складу моноз яких входять рамноза – 7,9%, фруктоза – 3,0%,

арабінозу – 8,9%, ксилоза – 33,0%, галактоза – 14,1%, глюкоза – 3,7%, галактуронова кислота – 28,6%[38].

Полісахаридні слизові клітини концентруються в основному в епідерміс (зовнішній шар) зовнішньої оболонки.

Слизи – це вуглеводи, що добре диспергуються у воді, що складаються переважно з галактуронової кислоти та нередукуючих (не здатних до окислення) цукрів. Отримують полісахаридні слизи шляхом водної екстракції та шляхом обробки лляного насіння слабким сольовим розчином. В результаті одержують продукти, що містять до 80% вуглеводів. У зв'язку з цим деякі дослідники рекомендують їх використовувати як добавку, яка покращує якість хліба та збільшує термін зберігання[16, 17, 38, 39].

Полісахариди насіння льону, як і ліпіди, і білки, що входять до складу, мають практичну значимість і можуть застосовуватися у виробництві харчових продуктів як:

- структуроутворювачі;
- водоутримуючі агенти;
- стабілізатори;
- сполучні речовини.

Полісахариди слизу зменшують ризик розвитку діабету та коронарно-судинних захворювань. А харчові волокна насіння є невід'ємним фактором у зниженні ваги та боротьби з ожирінням[38]. В даний час споживачі часто вдаються до використання лляного насіння через його сприятливий вплив на здоров'я людини.

Лляне тісто формується переважно за рахунок полісахаридного комплексу лляного борошна (слизів), водні дисперсії яких мають високу в'язкість[16, 39].

Харчові продукти, що надходять на споживчий ринок, повинні бути не тільки корисними та смачними, але привабливими зовні. Таким критерієм відповідає випікання з лляного борошна, так при додаванні до тіста виріб набуває таких особливостей:

- ніжність, викликана жировою складовою;

- хрусткий характер виробу, щонадається зерною оболонкою.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Насіння льону складається з трьох основних анатомічних частин: оболонки, ендосперма та зародка, який представлений у вигляді двох сім'ядолей. Насінева оболонка містить клітковину та слизові речовини. Під оболонкою розташований ендосперм, збагачений білком та жиром. Сім'ядолі та корінець складаються з тканин, які містять олії та білки.

2. При збільшенні кількості білка в насінні спостерігається зменшення кількості жиру і навпаки, тобто вміст білків та жирів у насінні льону знаходиться в тісній кореляції.

3. Насіння льону, а також ляна олія є сировиною для нормалізації жирно-кислотного складу продуктів харчування, та хлібобулочних виробів. Є також той факт, що при дії на насіння льону температури до 200°C не руйнується α -ліноленова кислота.

4. Насіння льону містить 16-24% протеїну, багато амінокислот, альфа-ліноленову кислоту (категорії омега-3), мінеральні добавки (мікроелементи) і вітаміни, а також фітореагенти, які мають протиокисні і лікарські властивості.

5. На даному етапі розвитку харчової промисловості людство зацікавлене у швидкому отриманні необхідних організмові поживних речовин та введенні їх у повсякденний раціон кожної особи. Замінити, або взагалі витіснити деякі продукти з ринку обігу менш трудомісткими, кориснішими та більш поживними. Чимало спеціалістів працюють над створенням продукції із вмістом незамінних організму речовин. Створюють збагачені комбіновані функціональні продукти, котрі мають у своєму складі лише необхідні корисні речовини у певних визначених кількостях.

Виходячи з корисних властивостей проаналізованого насіння льону, можна зробити висновок, що їх застосування здатне позитивно впливати на здоров'я людини та сприятиме покращенню зовнішньоторговельного балансу України та зростанню зайнятості й доходів населення.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкти досліджень

Припроведенні лабораторних досліджень та випробувань нами було використано насіння льону, що відповідає вимогам ДСТУ 4967:2008 «Насіння льону олійного для переробляння. Технічні умови» та зерно пшениці що відповідає вимогам ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови». Якість насіння льону та зерна пшениці було оцінено за наступними показниками: вологість, маса 1000 зерен, масова частка білку, жиру та клітковини, натура, вміст смітної та зернової домішки, зараженість шкідниками.

Відповідно насіння льону використане для досліджень мало наступні показники якості: вологість насіння становила - 6,5 %, маса 1000 зерен – 8,4г, смітна домішка – 0,1%, олійна домішка – 2,1%, натура – 668г/л, зараженість шкідниками була відсутня. Зерно пшениці мало наступні показники якості: вологість – 12,2%, маса 1000 зерен – 44,7г, смітна домішка – 0,15%, зернова домішка – 1,4%, натура – 769г/л, зараженість шкідниками була відсутня.

2.2. Методи досліджень

Експериментальна частина магістерської роботи виконана у лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна НУХТ.

2.2.1. Визначення показників якості зернової сировини

Для проведення досліджень визначалися такі попередні показники: маса 1000 зерен, вологість, натура, вміст смітної та зернової домішки, зараженість шкідниками.

Масу 1000 зерен визначили згідно ГОСТ 10842-89 «Зерно зернових і бобових культур і насіння олійних культур. Метод визначення маси 1000 зерен або 1000 насінин (ISO 520-77)».

Вологість сировини визначали за ДСТУ 4811:2007 «Насіння олійних культур. Методи визначення вологості».

Зараженість шкідниками визначали за допомогою ГОСТ 10853–88 «Семена масличные. Метод определения зараженности вредителями».

Вміст зернової та смітної домішок визначали за допомогою ГОСТ 10854–88 «Семена масличные. Методы определения сорной, масличной и особо учитываемой примеси».

2.2.2 Визначення вологості [26, 42]

Визначення вологості проводили в сушильній шафі СЕШ. Для визначення вологості беремо наважку продукту масою 5 г, зважуємо з точністю до 0,01 г і поміщаємо у зважену бюксу. Висушування проводимо при температурі 130С° протягом 45 хвилин. Після закінчення часу бюкси закриваємо кришкою і охолоджуємо в ексікаторі. Після чого бюкси зважують і виконують розрахунок вологості за такою формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_n} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

Де m_1 – маса наважки з бюксою до висушування, г;

m_2 – маса наважки з бюксою після висушування, г;

m_n – маса наважки для висушування, г.

Прискорений метод. Пробу продукту масою 5 г зважують з точністю до 0,01 г і поміщають у попередньо заготовлені висушені таровані пакетики. Висушування проводять при температурі 160 С° протягом 5 хвилин. Необхідно стежити, щоб шар матеріалу при висушуванні не перевищував 1,5-2 мм. Далі пакетик з вмістом переносять в ексікатор для охолодження на 1-2 хвилини, зважують та обчислюють за тією самою формулою.

2.2.3 Визначення кислотності [27, 42]

З досліджуваної проби беремо наважку продукту масою 5 г з похибкою не більше 0,01 г та переносимо її в суху конічну колбу місткістю 100...150 см³ і доливаємо циліндром 50 см³ дистильованої води. Вміст колби перемішуємо до зникнення грудочок, додаємо 3 краплі 1%-го розчину фенолфталеїну. Потім бовтанку титруємо 0,1 моль/дм³ розчином гідроксиду натрію до появи рожевого забарвлення, що не зникає протягом 1 хв.

Якщо вихідна суспензія інтенсивно забарвлена, то для порівняння готуємо іншу суспензію з досліджуваної проби продукту та під час титрування постійно порівнюємо одержаний відтінок з початковим кольором.

Кислотність борошна K , град, розраховуємо за формулою:

$$K = \frac{V \cdot 100 \cdot k}{G \cdot 10} \quad (2.2)$$

де V - кількість 0,1 моль/дм³ розчину гідроксиду натрію, що пішла на титрування, см³;

G - маса наважки борошна, г;

k - поправочний коефіцієнт до 0,1 моль/дм³ розчину гідроксиду натрію (приймається $k=1$);

100 - перерахунок на 100 г продукту;

1/10 - коефіцієнт перерахунку 0,1 моль/дм³ розчину гідроксиду натрію на 1 моль/дм³.

Розрахунки проводять з точністю до другого десяткового знака з подальшим округленням до першого десяткового знака. За кінцевий результат дослідження приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, допустиме відхилення між якими не повинно перевищувати 0,2 град.

2.2.4 Методика визначення кількості і якості клейковини [26, 42]

Якість клейковини оцінюють за її кольором, розтяжністю та еластичністю. Колір клейковини визначають перед зважуванням і характеризують термінами "світла", "сіра" і "темна". Розтяжність (властивість клейковини розтягуватися в довжину) і еластичність (властивість клейковини відновлювати початкову форму після зняття розтягувального зусилля) клейковини визначають після установаження кольору і кількості.

Від остаточно відмитої і зваженої клейковини відділяють і зважують клейковину масою 4 г, якщо відмито менше за 4 г, то якість визначають у фактично відмитій масі. Зважений шматочок клейковини зминають пальцями 3-4 рази, роблять кульку і вміщують у чашку з водою, температура якої становить $18 \pm 2^\circ\text{C}$, на 15 хв.

Розтяжність клейковини визначають через 15 хв. Для цього її захоплюють трьома пальцями обох рук і розтягують над лінійкою рівномірно протягом 10 с. Залежно від розтяжності відрізняють клейковину: коротку (при розтягненні до 10 см включно), середню (від 10 до 20 см включно), довгу (понад 20 см). Еластичність клейковини визначають одночасно з розтяжністю. Крім того, її контролюють на окремих шматочках, які залишилися після визначення розтяжності. При цьому шматочок клейковини трьома пальцями обох рук розтягують над лінійкою приблизно на 2 см і відпускають, або шматочок клейковини стискають великим і вказівними пальцями. Клейковина хорошої еластичності розтягується при обов'язковому, майже повному, поступовому відновленні початкової довжини або форми після зняття розтягувального зусилля або після стискання пальцями. Клейковина незадовільної еластичності після зняття розтягувального зусилля або після стискання пальцями зовсім не відновлює своєї початкової форми або розтягується мало з частковими розривами окремих шарів. Після зняття розтягувального зусилля така клейковина швидко стискається, тому її відносять до пружної, нееластичної.

Залежно від еластичності і розтяжності клейковину поділяють:

I група – “хороша” – клейковина хорошої еластичності, за розтяжністю – довга або середня;

II група – “задовільна” – клейковина задовільної еластичності, за розтяжністю – коротка, середня або довга;

III група – “незадовільна” – клейковина малої еластичності, дуже тягуча, яка провисає при розтягуванні, розривається у підвішеному стані під власною вагою, пливуча, а також нееластична, крихка.

2.2.5 Методика визначення зольності прискореним методом [26, 42]

Зольність – вміст у відсотках незгораючого залишку, який утворюється з мінеральних домішок при його повному згоранні.

Прискорювач повинен бути перевірений. Для цього в два чистих і прокалених до постійної маси тигля наливають піпеткою 3 см³ прискорювача і

запалюють його. Після згорання прискорювача тиглі ставлять у муфельну піч і прожарюють 20 хв, потім тиглі охолоджують у ексикаторі і зважують. За різницею між масою тиглів після прожарювання з прискорювачем і масою пустих тиглів встановлюють масу золи прискорювача. У кожен зважений тигель з наважкою додають піпеткою 3 см³ спиртового розчину оцтовокислого магнію, і залишити на 1-3 хв для намокання наважки.

Після того як вся наважка промочена прискорювачем, тиглі ставлять на металеву або порцелянову підставку безпосередньо у витяжній шафі і підпалюють вміст тиглів.

Після вигорання прискорювача тиглі переносять до муфеля, нагрітого до 600 - 900 °С (яскраво-червоне каління) і ставлять спочатку їх біля відкритих дверцят. Щоб вигорання відбувалося поступово і бурхливе виділення газоподібної фракції не призвело до втрат після виділення теплообміну, засовують тиглі в муфель. Прожарювання ведуть приблизно 1 год до повного зникнення чорних частинок.

Після закінчення озолення тиглі охолоджують до кімнатної температури в ексикаторі і зважують.

Результати обчислюють за формулою 2.3

$$X = \frac{(m_z - m_y) \cdot 100 \cdot 100}{m_n \cdot (100 - W)} \quad (2.3)$$

де m_z – маса золи, г;

m_y – маса золи прискорювача, г;

m_n – маса наважки, г;

W – вологість продукту, %

2.2.6 Методика визначення білка нефелометричним методом[26]

Наважку середньої проби масою 0,5 г зважують на аналітичних вагах з точністю до 0,001 г і поміщають в конічну колбу місткістю 250-300 мл з притертою пробкою. В колбу додають 50 мл 0,05 н. розчину гідроксиду натрію.

Закриту пробкою колбу струшують на механічному струшувачі протягом 1 хв. Потім витяжку центрифугують 10 хв при частоті обертання 600 об/хв. Далі 5 мл прозорого центрифугата переносять до мірної колби місткістю 50 мл і вміст колби доводять до мітки сульфосаліциловою кислотою. При нефелометричному визначенні отримання правильних результатів в значній мірі залежить від методики одержання суспензії, особливо від порядку змішування розчинів, швидкості змішування. Тому після додавання сульфосаліцилової кислоти колбу швидко перевертають 2-3 рази (не більше), розчин наливають в п'ятиміліметрову кювету та вимірюють оптичну густину розчину при довжині хвилі 550 нм, оскільки частини білка швидко агрегатують. Вміст білка визначають за калібрувальною кривою.

2.2.7 Визначення вмісту жиру методом настоюванням та кислотного числа жиру[25, 26, 42]

Вміст жиру визначали методом настоювання[26, 42]. Даний метод не є ГОСТованим. Такий метод визначення вмісту жиру полягає в настоюванні патрону з досліджуваними зразками в розчинні діетилового ефіру протягом 24 годин і подальшому встановленню масової частки жиру за допомогою висушування до постійної маси.

Техніка визначення. Досліджувані зразки зернової сировини поміщають в попередньо підготовлені патрони. Патрони переносять в конічні колби (в одну колбу один патрон) і додають розчин діетилового ефіру. Після цього колбу щільно закривають пробкою і залишають настоятися не менше 24 годин.

Потім з кожної колби відбирають певну кількість продукту, випаровують діетиловий ефір на водяній бані, а залишок сушать в сушильній шафі протягом 1 години при температурі 100-105°C.

Вміст жиру розраховують за формулою

$$X = \frac{100 \cdot 100 \cdot 50 \cdot (m_1 - m_2)}{10 \cdot m \cdot (100 - W)} \quad (2.4)$$

50 – об'єм діетилового ефіру, см³;

m₁ – маса чашки з жиром після сушіння, г;

m_2 – маса пустої чашки, г;

m – маса наважки продукту, г;

W – вологість наважки продукту, %;

10 – кількість розчину, взятого з колби після настоювання, см³.

Визначення кислотного числа жиру. Кислотне число характеризує межі збільшення цих вільних кислот і виражається в міліграмах їдкого калію, необхідного для нейтралізації вільних кислот, що входять до складу 1 г досліджуваної речовини. Кислотним числом називають кількість міліграмів гідроокису калію, необхідної для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в 1 г жиру. При недотриманні режимів та термінів зберігання кислотне число збільшується, що зумовлено переважно, гідролізом тригліцеридів. Кислотне число може підвищуватись і у результаті біологічного окислення ненасичених жирних кислот гліцеридів під дією ліпоксигеназ.

Визначення кислотного числа жиру за методикою наведеною в [25].

2.2.8. Визначення крупності помелу борошна, «числа падіння» борошна [26]

Крупність помелу. Є важливим показником технологічних властивостей борошна. Розмір окремих частинок коливається від 3 до 190 мкм. Окремі хімічні компоненти в дрібніших частинках схильні до дії гідролітичних та окисних ферментів самого борошна, а також ферментів бродильної мікрофлори. Розміри частинок борошна залежать не тільки від способу помелу, але і від вихідних властивостей самого зерна, насамперед склоподібності та твердозерності. Розміри частинок борошна зазвичай визначають шляхом просіювання через сита з осередками певного розміру [26].

Визначення числа падіння за методом Хагбергом-Пертеном. Метод базується на швидкій клейстеризації водяної суспензії борошна на киплячій водяній бані з подальшим вимірюванням ступеня розрідження крохмального гелю піддією альфа-амілази. Число падіння – це час у секундах, необхідний для змішування і падіння на певну відстань віскозиметра-мішалки в гарячій суспензії з борошна та води, яка розріджується. Число падіння визначають у наважці шроту або борошна 7 г за вологості 15 %. У разі відхилення вологості

від 15 % наважку беруть з урахуванням волого стіпроби (табл. 1, [26]). Кількість води, що додається в ході аналізу, незмінна. Число падіння визначають як середнє між паралельними вимірюваннями.

2.2.9. Визначення хлібопекарських властивостей

Лабораторне випікання хліба з дослідних зразків борошняної композиційної суміші проводять за методикою наведеною в [18].

Об'ємний вихід хліба. Середній об'ємний вихід хліба визначають зануренням хліба в посуд, який заповнює просом. Для початку порожній посуд, без хліба, заповнюємо просом і лінійкою вирівнюємо верхню частину, так що вона була б на одному рівні з верхнім краєм судини. Потім туди занурюють хліб та ще раз вирівнюємо лінійкою. Висипане просо, що залишилося, завадять у мірний циліндр і визначають об'єм [18].

Формостійкість дослідних зразків проводили за методикою в [18].

Визначення вологості хліба. Зразок розрізають поперек на дві приблизно рівні частини і від однієї частини відрізають скибку товщиною 1-8 см, відокремлюють м'якушку від шкоринки на відстані близько 1 см. Маса виділеної проби не повинна бути меншою, ніж 20 г. Підготовлену пробу швидко і ретельно подрібнюють ґножем, перемішують і негайно зважують у заздалегідь просушених і тарованих металевих бюксах із кришками дві наважки, по 5 г кожна, з похибкою 0,05 г. Наважки у відкритих бюксах з підкладеними під дно кришками поміщають у сушильну шафу і висушують при температурі 130 °С протягом 45 хв. Висушування проводять при повному завантаженні шафи. У процесі сушіння в сушильних шафах усіх марок допускається відхилення від сталої температури не більш ± 2 °С. Після висушування бюксівий мають, негайно закривають кришками і переносять у ексікатор для охолодження. Час охолодження не повинен перевищувати 2 год., але й не повинен бути меншим, ніж 20 хв. Після охолодження бюкси зважують і проводять розрахунок вологості [18].

Визначення пористості хліба. Пористість хліба є важливим показником його якості. Пористість визначається за формулою:

$$P = (1-m/(\rho V)), \quad (2.5)$$

де m та V – маса та об'єм виїмок, ρ – густина.

Дослідження пористості проводиться за допомогою приладу Журавльова. З хліба зрізують скоринку. Далі гострим боком циліндра приладу проводять відбір м'якушки на відстані не менше, ніж 1 см від скоринки. Заповнений м'якушкою циліндр розміщують на лотку так, щоб його обідок щільно входив у розріз останнього. Дерев'яною втулкою витискають м'якушку з циліндра на 1 см, нерівні краї зрізують гострим ножом. М'якушку, що залишилась у циліндрі, витискають втулкою так, щоб вона торкалася стінки лотка та зрізують біля краю циліндра [18].

Серед найважливіших органолептичних характеристик пористості слід визначити величину і рівномірність розташування пор та товщину їх стінок. За величиною пор хліб може бути дрібно-, середньо- та крупнопористим, за рівномірністю їх розташування – рівномірно та нерівномірно пористим, за товщиною стінок – з тонкостінними або товстостінними порами [18].

2.3. Метод повного факторного експерименту [43]

Метод повного факторного експерименту дозволяє розрахувати план експерименту 2^n . На основі апріорної інформації про процес вибраних значення нульового рівня та інтервали варіювання для всіх факторів.

План експерименту в натуральних та кодованих одиницях для 3-факторного експерименту наведено в таблиці 2.1 та в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1

Рівні факторів та інтервал варіювання параметрів процесу для 3-факторного експерименту

Рівні факторів	Позначення	Значення факторів		
		x_1 (G, %)	x_2 (G, %)	x_3 (W, %)
Нульовий рівень	x_0	C_1^0	C_2^0	C_3^0
Інтервал варіювання	λ	λ_1	λ_2	λ_3
Верхній рівень	x_i^+	C_1^+	C_2^+	C_3^+
Нижній рівень	x_i^-	C_1^-	C_2^-	C_3^-

Таблиця 2.2

План експерименту в натуральних змінних

№	Рівні факторів			Середнє значення критерію оптимальності (\bar{y})
	C_1 (G, %)	C_2 (G, %)	C_3 (W, %)	
1	C_1^1	C_2^1	C_3^1	\bar{y}_1
2	C_1^2	C_2^2	C_3^2	\bar{y}_2
3	C_1^3	C_2^3	C_3^3	\bar{y}_3
4	C_1^4	C_2^4	C_3^4	\bar{y}_4
5	C_1^5	C_2^5	C_3^5	\bar{y}_5
6	C_1^6	C_2^6	C_3^6	\bar{y}_6
7	C_1^7	C_2^7	C_3^7	\bar{y}_7
8	C_1^8	C_2^8	C_3^8	\bar{y}_8

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. За результатами аналізу літературних джерел встановлено необхідність проведення експериментальних досліджень, для яких обґрунтовано та розроблено методи і методики визначень.
2. Для реалізації наміченого плану експериментальних досліджень обрано діючі стандарти на території України та загальноприйняті методики.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження технологічних властивостей та хімічного складу вихідної сировини

В даний час при виробництві різних продуктів харчування на зерновій основі підвищеної харчової та біологічної цінності використовується в основному лляне борошно з макухи або шроту. Аналіз представлених у розрізі 1 відомостей показав, що область використання борошняних сумішей з продуктами переробки льону при виготовленні хлібобулочних та кондитерських виробів обмежена, не завжди застосування борошна з насіння льону або продуктів його переробки позитивно відбивається на кінцевому продукті з погляду показників його якості.

Принципово іншим підходом до одержання продуктів борошномельного виробництва є використання полікомпонентних зернових сумішей, що забезпечує одержання продуктів збалансованого складу, що можуть володіти профілактичними та лікувальними властивостями. Використання цілого насіння льону у складі полікомпонентних зернових сумішей виправдане з позиції того, що в цьому випадку використовується весь фітопотенціал насіння льону, оскільки відомо, що головним джерелом поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) є зародок і ендосперм насіння льону, білку – ендосперм, харчових волокон - насіннева оболонка.

Технологічні показники якості та хімічного складу вихідного зерна пшениці та насіння льону, а також продуктів переробки двокомпонентних зернових сумішей на їх основі оцінювали відповідно до діючих ДСТУ та норм, прийнятих у галузі.

Показники якості вихідного зерна пшениці та насіння льону – об'єкту наших досліджень – представлені у таблиці 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1

Технологічні властивості вихідних компонентів зерноsumіші

Культура	Вологість, %	Маса 100 зерен, г	Натура, г/л	Смітна домішка, %	Зернова, оліїста домішка, %	Середні геометричні розміри зернівки, мм a – ширина, b – товщина, l – довжина
Пшениця	12,2	44,66	769	0,15	1,4	a = 3,6; b = 2,9; l = 6,5
Насіння льону	6,5	8,40	668	0,1	2,1	a = 2,5; b = 1,2; l = 5,2

Таблиця 3.2

Хімічний склад вихідних компонентів зерноsumіші

Культура	Масова частка білка, %	Масова частка жиру, %	Вміст крохмалю, %	Вміст клітковини, %	Клейковина, %
Пшениця	13,43	1,83	66,8	2,2	24,7
Насіння льону	24,42	37,33	5,2	15,06	-

3.2 Дослідження показників якості борошняної композиційної суміші

Схема підготовки полікомпонентної суміші передбачає роздільне очищення сировини та подальше змішування компонентів безпосередньо перед подрібненням. Підготовка насіння льону передбачає контрольне сепарування (ситове, повітряне та магнітне). Для проведення лабораторного помелу використовували вже очищене та підготовлене насіння льону та зерна пшениці.

Для проведення досліджень було обрано наступні співвідношення компонентів у суміші:

Зразок №1 – композиційна суміш зі складом- 95% пшениці + 5% льону;

Зразок №2 – композиційна суміш зі складом - 92.5% пшениці + 7.5% льону;

Зразок №3 – композиційна суміш зі складом- 90% пшениці + 10% льону;

Зразок №4 – контроль – вихідне пшеничне борошно.

Основною структурною схемою помелу полікомпонентної суміші слугувала схема скороченого сортового помелу пшениці. Моделювання процесу розмелювання проводилина установках РСА. У драному процесі використовували рифленівальці (Р-10/см), для розмельних та шліфувальних систем використовували вальці з мікрошорсткою поверхнею.

Технологічна схема розмелу двокомпонентної зернової суміші включає І-ІІІ драні системи (д. с.), одну шліфувальну систему (шл. с.), п'ять розмельних (р. с.) та вимольну (вим. с.). Технологічну схему лабораторного помелу наведено нарисунку 3.1.

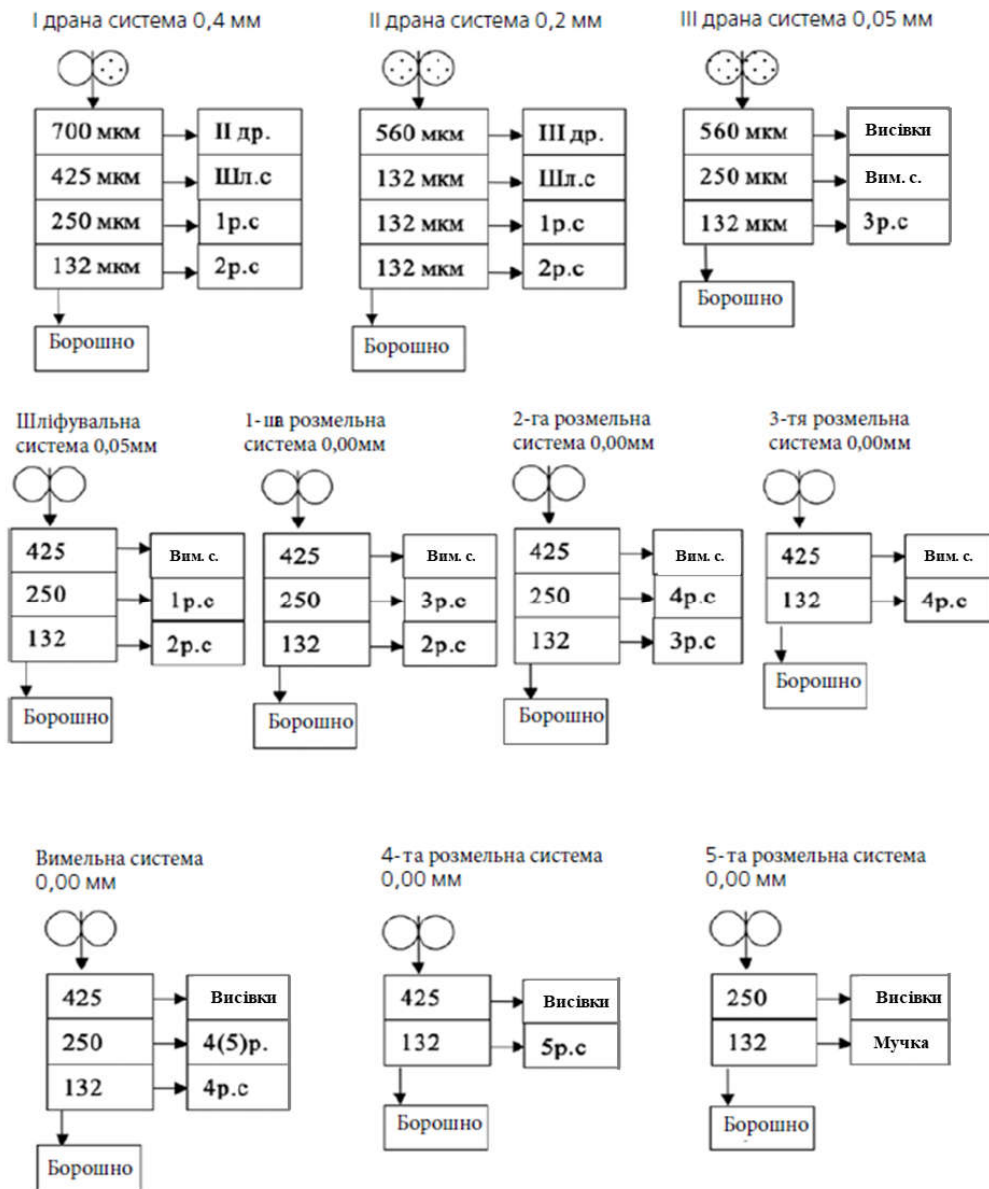


Рис. 3.1. Технологічна схема лабораторного помелу двокомпонентної суміші

Досліджено хімічний склад отриманих зразків борошняних композиційних сумішей визначеного складу у порівнянні з контрольним зразком пшеничного борошна. Показники якості представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Хімічний склад отриманих зразків борошняних композиційних сумішей

Зразок композиційної суміші	Вологість, %	Масова частка жиру, %	Масова частка білка, %
Зразок №1 – композиційна суміш зі складом- 95% пшениці + 5% льону	10,0	3,68	13,55

Зразок №2 – композиційна суміш зі складом- 92.5% пшениці + 7.5% льону	10,3	4,55	13,88
Зразок №3 – композиційна суміш зі складом- 90% пшениці + 10% льону	10,2	5,31	14,60
Зразок №4 – контроль – вихідне пшеничне борошно	10,9	1,15	12,65

За результатами досліджень побудовані графіки залежностей зображені на рисунках 3.2, 3.3. Загальний вміст білка в отриманих зразках збільшується і становить 13,55-14,6% у сумішах з додаванням насіння льону у кількості від 5 до 10%.

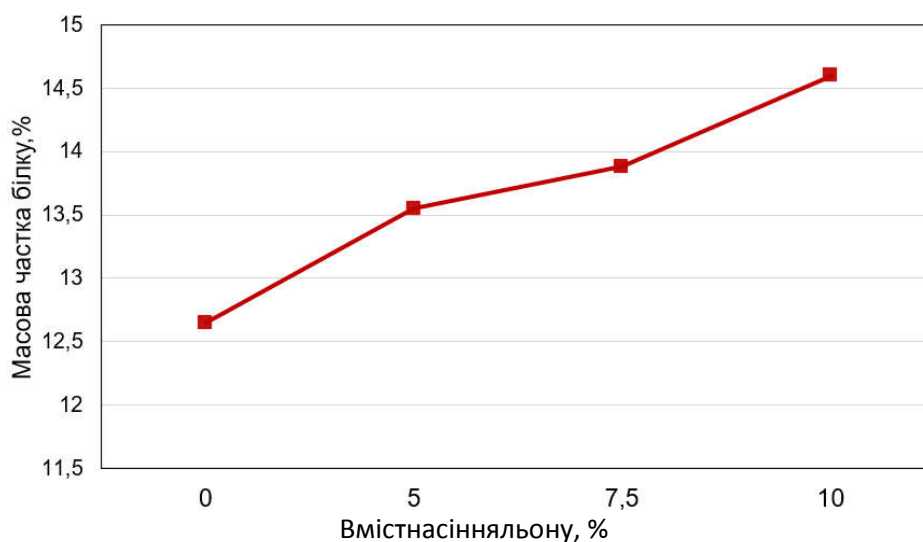


Рис 3.2. Залежність вмісту масової частки білка від складу композиційної суміші

При дослідженні дисперсного складу борошняних композиційних сумішей було відзначено зниження сівкості сит, що обумовлено збільшенням вмісту жиру у зразках.

В таблиці 3.3 надано хімічний склад отриманих зразків борошняних композиційних сумішей і вихідного пшеничного борошна. Як ми бачимо, загальний вміст жиру в композиційних сумішах зростає, в середньому, в 3-4 рази за рахунок додавання насіння льону. Таким чином, проведені дослідження підтвердили нашу гіпотезу і показали, що додання насіння льону в кількості 5-10% сприяє підвищенню біологічної цінності сумішей.

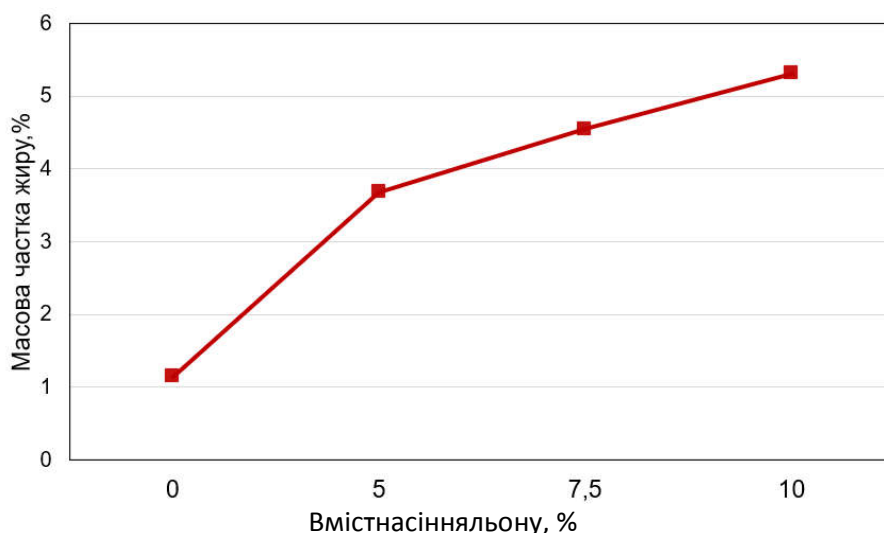


Рис 3.3. Залежність вмісту масової частки жиру від складу композиційної суміші

У таблиці 3.4 показано зміну хлібопекарських властивостей борошняних композиційних сумішей залежно від вмісту насіння льону. Оцінка впливу насіння льону дозволяє певним чином прогнозувати нормативні значення відповідних показників якості.

Введення до складу суміші насіння льону призвело до зниження показника білизни борошна. Дисперсність борошна мало змінилася, як і якість клейковини, пружні властивості клейковини практично не змінилися. Наявність насіння льону в суміші практично не вплинуло на показники «числа падіння» (ЧП) та ІДК. Відповідно до нормативних документів нижня межа значень ЧП повинна становити 200 с.

Таблиця 3.4

Вплив насіння льону на технологічні властивості борошняних композиційних сумішей

Зразок композиційної суміші	Вміст насіння льону, %	Білизна, од.пр	Клейковина, %	ІДК, од.пр.	Зольність, %	Число падіння, с
Зразок №1	5,0	47,4	26,0	53	0,60	473
Зразок №2	7,5	43,6	26,0	50	0,64	441
Зразок №3	10,0	40,2	25,0	50	0,71	463
Зразок №4	0,0	52,4	27,0	43	0,56	485

Додавання до складу суміші насіння льону призводить до збільшення зольності зразків.

3.3 Дослідження термінів зберігання композиційної суміші

Для оцінки термінів безпечного зберігання композиційної суміші у лабораторних умовах було закладено проби з наступними показниками (табл. 3.5). Зберігання зразків проводили літньо-осінній період за температури 20 ± 2 °С. Оцінку проводили за зміною кислотного числа жиру (КЧЖ), що пов'язано з наявністю в дослідному зразку есенціальних жирних кислот ω -3 і ω -6.

Таблиця 3.5

Показники якості зразків, закладених на зберігання

Зразок	Масова частка білка, %	Масова частка жиру, %	КЧЖ, мг КОН/г
Зразок №2	13,88	4,55	8,3 \pm 0,8
Зразок №4	12,65	1,15	14,2 \pm 1,5

Вихідне значення КЧЖ зразка №4, закладеного на зберігання, становило 14,7 мг КОН на 1 г жиру, що свідчить про високі органолептичні показники. Зразок №2 має нижчі значення КЧЖ, що пов'язано з низькими значеннями КЧЖ олійних культур порівняно із зерновими [8-10]. Для насіння льону значення КЧЖ змінюються у діапазоні 0,55-3,5 мг КОН на 1 г жиру; для харчового льону значення КЧЖ має перевищувати 2,0 мг КОН на 1 г жиру.

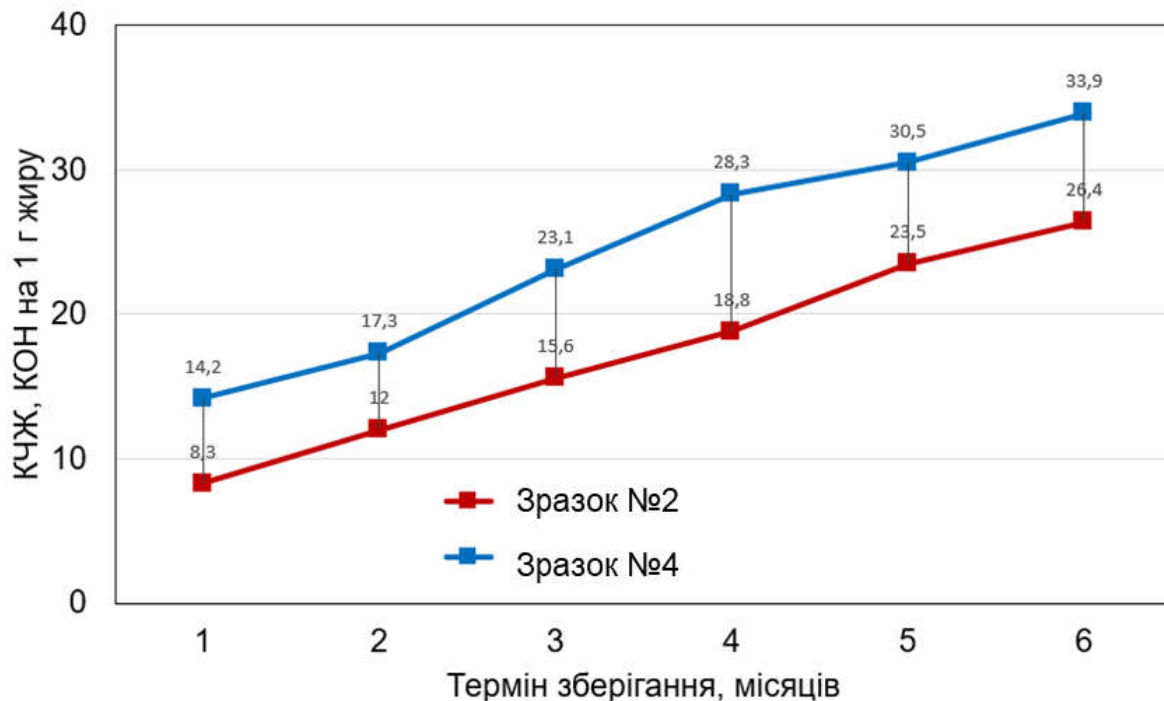


Рис.3.4. Діаграма зміни кислотного числа жиру у зразках

Отримані дані свідчать про практично лінійну залежність наростання значень КЧЖ протягом 6 місяців; при цьому за 6 міс зберігання значення КЧЖ зразка №4 збільшилося в 2,3 рази, а для зразка №2 - в 3,1 рази, при цьому відносний приріст значень КЧЖ склав 129%, і 214 % відповідно.

Базовий тренд для пшеничного борошна вищого сорту представляє лінійну залежність зміни КЧЖ від терміну зберігання у цьому діапазоні. Тому прогнозування досягнення норми безпечного зберігання (50 мг КОН на 1 г жиру) для зразка №4 за тих самих умов зберігання становить ~11 міс. Характер зміни КЧЖ за часом зберігання для зразка №2 практично не відрізняється від пшеничного борошна.

Передбачуваний прогнозований термін безпечного зберігання зразка №2 дорівнює $11 \text{ міс} \times 0,85 = 9,4 \text{ міс}$, за умови відповідності органолептичних показників стандартним вимогам.

3.4 Пробне лабораторне випікання

З метою оцінювання хлібопекарських властивостей розроблених борошняних композиційних сумішей провели пробне лабораторне випікання

хліба. Були розроблені рецептури хліба з урахуванням технологічного процесу приготування тіста на основі отриманих зразків борошняних композиційних суміші №1, №2 та №3.

Зразок №1 – композиційна суміш зі складом- 95% пшениці + 5% льону;

Зразок №2 – композиційна суміш зі складом- 92.5% пшениці + 7.5% льону;

Зразок №3 – композиційна суміш зі складом- 90% пшениці + 10% льону;

Зразок №4 – контроль – вихідне пшеничне борошно.

Показники якості хліба представлено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Показники якості зразків хліба

Показник	Контрольний зразок, зразок №4	Зразок №1 (95%+5%)	Зразок №2 (92,5%+7,5%)	Зразок №3 (90%+10%)
Об'ємний вихід, мл	520	535	500	470
Загальна хлібопекарська оцінка, бал	4,7	4,8	4,5	4,0
Формостійкість (Н, мм/d,мм)	6,3	6,6	5,3	5,0

Слід зазначити, що характер впливу на показники залежить від кількості внесених компонентів в рецептуру виробу. Форма контрольного зразка правильна, округла, з достатнім підйомом, поверхня злегка шорстка, без тріщин, колір шкоринки світло-жовтий. М'якуш світлий, пружний, проміс рівномірний, пори дрібні, тонко-стінні. Смак відповідає хлібу із пшеничного борошна. Об'ємний вихід – 520 мл. Загальна хлібопекарська оцінка – 4,7 бали. Формостійкість – 6,3 мм.

За результатами дослідження можна помітити, що зразок №1 (композиційна суміш борошна зі складом 95% пшениці + 5% льону), покращив якість тіста та готового виробу. У цього варіанта спостерігався найбільший об'ємний вихід хліба – 535 мл, що перевищує контроль на 2,9 %, відповідно його хлібопекарська оцінка збільшилася (4,8 бала). Формостійкість у такого хліба висока – 6,6 мм, що вище за контроль на 4,8 %. Форма правильна,

округла, з достатнім підйомом, поверхня злегка шорстка, без тріщин, колір шкоринки жовто-коричневий. М'якуш світло-коричневого кольору, еластичний, але трохи заминається. Пористість рівномірною, пори дрібні, тонкостінні. Відчувається масляний присмак. Загальна хлібопекарська оцінка у даного варіанта досвіду склала 4,8 бала і перевищила контроль на 6,7%.

Зразок №2 (композиційна суміш борошна зі складом 92.5% пшениці + 7.5% льону) об'ємний вихід хліба зменшився і становив 500 мл, відповідно не сильно поступаючись контрольному зразку – на 3,8%. Загальна хлібопекарська оцінка – 4,5 бала – стала значно меншою порівняно з контрольним зразком. Формостійкість також значно знизилася, що склало 5,3 мм, це нижче контролю на 15,9%. Підйом хліба хороший, з невеликою деформацією, поверхня шорстка, без тріщин, колір шкоринки жовто-коричневий. Колір м'якуша інтенсивно коричневий. Погіршилася його еластичність та збільшилася щільність. Пори стали набагато тоншими і меншими, а пов'язано це з тим, що в додавання 7,5% насіння льону призводить до попадання у композиційну суміш більшої кількості оболонок, в яких містяться харчові волокна, які здатні ущільнювати структуру м'якішу. Смак лляний, маслянистий, дуже ніжний, м'який.

За даними таблиці 3.6 можна помітити, що зразок №3 (композиційна суміш борошна зі складом 90% пшениці + 10% льону), відрізняється низькими хлібопекарськими показниками.

Визначають якість хлібної продукції також і за її фізико-хімічними властивостями – вологістю, кислотністю, пористістю, набуханням, вмістом жиру й цукру.

У таблиці 3.7 відображено фізико-хімічні показники експериментальних зразків.

Оцінюючи фізико-хімічних показників встановлено, що в зразках №1 та №2 спостерігалось зниження пористості м'якушу від 2,5 до 3,7 %, порівняно з контролем.

**Фізико-хімічні показники якості хліба на основі розроблених
борошняних композиційних сумішей**

Показник	Контрольний зразок, зразок №4	Борошняна композиційна суміш		
		Зразок №1 (95%+5%)	Зразок №2 (92,5%+7,5%)	Зразок №3 (90%+10%)
Пористість, %	80	78	78	77
Вологість, %	46	47	48	49
Кислотність, град	3,0	3,4	3,6	3,8

Відбувається деяке ущільнення структури м'якушу через невелику кількість частинок оболонки насіння льону, а також зміни структури білкової молекули під дією ненасичених жирних кислот. З даних таблиці 3.7 видно, що зі збільшенням дозування льону у суміші вологість м'якуша хліба збільшувалася від 2,2 до 6,5%, а саме: 5% - 47%; 7% - 48%; 10% - 49%, що говорить про збільшення водоутримуючої здатності зразків. При цьому його еластичність не змінилася.

Кислотність дослідних зразків збільшилася порівняно з контролем (табл. 3.7), що пов'язано наявністю в зразках №1, №2 та №3 підвищеного вмісту поліненасичених жирних кислот, що в свою чергу призводить до збільшення кислотності готових виробів.

3.5 Математична модель процесу дослідження

Алгоритм статистичної обробки результатів факторного експерименту передбачає оцінку дисперсії відтворюваності за критерієм Кохрена, обрахунок коефіцієнтів рівняння регресії, оцінку суттєвості рівняння регресії, перевірку адекватності рівняння регресії.

Адекватне рівняння придатне для пошуку оптимуму функції відгуку.

Відповідно до цього алгоритму і проведена статистична обробка результатів експерименту.

Результати експерименту з визначення математичної моделі процесу створення композиційної суміші за планом повного факторного експерименту ПФЕ = 2^3 наведена в таблиці 3.8. Критерієм оптимальності вибрано значення модуля крупності.

Таблиця 3.8

Матриця експерименту та розрахунок полінійних дисперсій дослідів

№	Значення критерію оптимальності			Середнє значення критерію оптимальності (\bar{y})
	y_1	y_2	y_3	
1	102,5	97,5	105	101,7
2	90	95	100	95,0
3	95	100	100	98,3
4	90	105	115	103,3
5	110	115	115	114,7
6	112,5	110	115	112,5
7	110	110	107,5	109,2
8	105	110	107,5	107,5

Продовження таблиці 3.8

№	$a_i = \bar{y} - y_i$			a_1^2	a_2^2	a_3^2	Σa^2	$S_{одн}^2$
	a_1	a_2	a_3					
1	-0,8	4,2	-3,3	0,64	17,64	10,89	29,17	14,56
2	5,0	0	-5,0	25,0	0	25,0	50,0	25,0
3	3,3	-1,7	-1,7	10,89	2,89	2,89	16,67	8,34
4	13,3	-1,7	-11,7	176,89	2,89	136,89	316,67	158,34
5	3,3	-1,7	-1,7	10,89	2,89	2,89	16,67	8,34
6	0	2,5	-2,5	0	6,25	6,25	12,5	6,25
7	-0,8	-0,8	1,7	0,64	0,64	2,89	4,17	2,09
8	2,5	-2,5	0	6,25	6,25	0	12,5	6,25

Алгоритм статистичної обробки експериментальних даних

Визначення однорідності дисперсії результатів дослід

Перевірку однорідності дисперсії робимо за критерієм Кохрена, якщо виконується умова:

$$G_p < G_T$$

Значення критерію Кохрена розраховано за формулою:

$$G_p = \frac{S_{u \max}^2}{\sum S_u^2} (3.1)$$

$S_{u \max}^2$ – максимальне значення із лінійних дисперсій;

$\sum S_u^2$ – сума всіх дисперсій за лініями матриці планування.

$$G_p = \frac{158,34}{229,17} = 0,69$$

$$G_T = 0,8159, \text{ при } f_1=(m-1)=2 \text{ та } f_2=(N)=8$$

де m – число повторень варіанта експерименту;

N – кількість дослідів в експерименті.

$$0,69 < 0,8159 \text{ – дисперсія однорідна}$$

Розрахунок коефіцієнтів рівняння

$$b_i = \frac{\sum x_u \bar{y}_u}{N} (3.2)$$

$$b_0 = \frac{101,7+95,0+98,3+103,3+114,7+112,5+109,2+107,5}{8} = 105,1$$

$$b_1 = \frac{-101,7+95,0-98,3+103,3-114,7+112,5-109,2+107,5}{8} = -0,53$$

$$b_2 = \frac{-101,7-95,0+98,3+103,3-114,7-112,5+109,2+107,5}{8} = -0,53$$

$$b_3 = \frac{-101,7-95,0-98,3-103,3+114,7+112,5+109,2+107,5}{8} = 5,53$$

$$b_{12} = \frac{101,7-95,0-98,3+103,3+114,7-112,5-109,2+107,5}{8} = 1,35$$

$$b_{13} = \frac{101,7-95,0+98,3-103,3-114,7+112,5-109,2+107,5}{8} = -0,1$$

$$b_{23} = \frac{101,7+95,0-98,3-103,3-114,7-112,5+109,2+107,5}{8} = -1,75$$

$$b_{123} = \frac{-101,7+95,0+98,3-103,3+114,7-112,5-109,2+107,5}{8} = -1,58$$

Отримали рівняння регресії в кодованій формі:

$$y = 105,1 - 0,53x_1 - 0,53x_2 + 5,53x_3 + 1,35x_1x_2 - 0,1x_1x_3 - 1,75x_2x_3 - 1,58x_1x_2x_3$$

Оцінка суттєвості коефіцієнтів за критерієм Стьюдента

Коефіцієнт буде суттєвим, якщо витримується умова:

$$t_p > t_T$$

Табличне значення критерію Стьюдента $t_T = 2,12$, при $\alpha = 0,05$ та $f_1 = N \cdot (n - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16$

Оцінка суттєвості коефіцієнтів рівняння проведена за критерієм Стьюдента за формулою (3.3):

$$t_p = \frac{|b_i|}{S_{b_i}} \quad (3.3)$$

Спочатку розрахували середньоквадратичне відхилення коефіцієнтів за формулою 3.4.

$$S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2} \quad (3.4)$$

Для цього знайшли середню полінійну дисперсію:

$$S_0^2 = \frac{\sum s_{ii}^2}{N} = \frac{229,17}{8} = 28,65$$

Середню дисперсію відтворення середнього значення виходу процесу:

$$S_y^2 = \frac{S_0^2}{n} = \frac{28,65}{3} = 9,55$$

Звідси, дисперсію коефіцієнтів рівняння регресії: $S_{b_i}^2 = \frac{S_y^2}{N} = \frac{9,55}{8} = 1,19$

та похибку коефіцієнтів рівняння регресії: $S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2} = 1,09$

Коефіцієнт буде суттєвим, якщо справджується умова:

$$t_p > t_T$$

Табличне значення критерію Стьюдента $t_T = 2,12$, при $\alpha = 0,05$ та $f_1 = N \cdot (n - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16$

$$t_{p0} = \frac{105,1}{1,09} = 96,42 > 2,12$$

$$t_{p1} = \frac{0,53}{1,09} = 0,48 < 2,12$$

$$t_{p2} = \frac{0,53}{1,09} = 0,48 < 2,12$$

$$t_{p3} = \frac{5,53}{1,09} = 5,07 > 2,12$$

$$t_{p12} = \frac{1,35}{1,09} = 1,24 < 2,12$$

$$t_{p13} = \frac{0,1}{1,09} = 0,09 < 2,12$$

$$t_{p23} = \frac{1,75}{1,09} = 1,61 < 2,12$$

$$t_{p123} = \frac{1,58}{1,09} = 1,45 < 2,12$$

Умова не виконується для коефіцієнтів $b_1, b_2, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$. Це означає, що дані коефіцієнти є не суттєвими. Якщо взяти до уваги, що дослід виконувався ретельно, то фактор не впливає на процес тоді, коли «0» рівень співпадає із зоною оптимуму.

Адекватне рівняння має вигляд:

$$y = 105,1 + 5,53x_3$$

Перевірка на адекватність рівняння регресії

Перевірка проводиться за критерієм Фішера. Розрахункові значення критерію оптимальності (y_i) отримані за рівнянням регресії:

$$y = 105,1 + 5,53x_3$$

$$y_1 = 105,1 + 5,53x_3 (-1) = 99,57$$

$$y_2 = 105,1 + 5,53x_3 (-1) = 99,57$$

$$y_3 = 105,1 + 5,53x_3 (-1) = 99,57$$

$$y_4 = 105,1 + 5,53x_3 (-1) = 99,57$$

$$y_5 = 105,1 + 5,53x_3 (+1) = 110,63$$

$$y_6 = 105,1 + 5,53x_3 (+1) = 110,63$$

$$y_7 = 105,1 + 5,53x_3 (+1) = 110,63$$

$$y_8 = 105,1 + 5,53x_3 (+1) = 110,63$$

Необхідні розрахунки для визначення дисперсії адекватності подані в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Розрахунок відхилень середнього значення модуля крупності, отриманого в експерименті (\bar{y}_u) та його розрахункового значення (\hat{y}_u).

№	x ₁	x ₂	x ₃	\bar{y}_u	\hat{y}_u	$ \bar{y}_u - \hat{y}_u $	$(\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2$
1	-	-	-	101,7	99,57	2,13	4,54
2	-	+	-	95,0	99,57	4,57	20,89
3	+	+	-	98,3	99,57	1,27	1,61
4	+	-	-	103,3	99,57	3,73	13,91
5	-	-	+	114,7	110,63	2,67	7,13
6	-	+	+	112,5	110,63	1,87	3,5
7	+	+	+	109,2	110,63	1,43	2,04
8	+	-	+	107,5	110,63	3,13	9,8
Σ							63,42

Рівняння буде адекватним, якщо виконується умова:

$$F_p < F_T$$

$S_{ад}^2$ – дисперсія адекватності - розраховується за формулою:

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum(\bar{y} - \hat{y})^2}{N - N'} \quad (3.5)$$

N – кількість коефіцієнтів рівняння;

N' – кількість членів рівняння, що залишились після визначення суттєвості коефіцієнту рівняння.

$$S_{ад}^2 = 10,42$$

Розрахунковий критерій Фішера згідно з формулою 3.6 дорівнює:

$$F_p = \frac{S_a^2}{S_y^2} \quad (3.6)$$

$$F_p = \frac{10,42}{9,55} = 1,09$$

Табличне значення критерію Фішера отримано при значенні рівня суттєвості $q = 0,05$ та ступенів волі $f_2 = 8 - 2 = 6$, $f_1 = 8 * (3 - 1) = 16$ дорівнює $F_T = 3,93$

Умова $F_p < F_T$ ($1,09 < 3,93$) виконується, рівняння адекватне.

Отже, рівняння $y = 105,1 + 5,53x_3$ може бути основою для пошуку оптимальних умов ведення процесу.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. За результатами проведених досліджень розроблено технологічну схему отримання борошняної композиційної суміші, що дозволяє розширити асортимент борошна та підвищити біологічну цінність продуктів за рахунок збагачення борошна пшеничного насінням льону, яке містить в своєму складі значну кількість біологічно активних сполук, наприклад ω -3 і ω -6 жирні кислоти.

2. Вивчення динаміки зміни значень показника КЧЖ дало можливість спрогнозувати термін безпечного зберігання розроблених зразків борошняної композиційної суміші.

3. Борошняна композиційна суміш, отримана шляхом спільного розмелювання бінарної зернової суміші, що складається з 92,5 % зерна пшениці та 7,5 % насіння льону, може бути використана для виробництва хлібопродуктів збалансованого складу.

4. Отримані результати пробного випікання хліба та аналіз їх якісних показників однозначно підтверджують можливість використання борошняної композиційної суміші в рецептурі хлібобулочних виробів. Встановлено, що внесення 5 % льону у бінарну суміш позитивно впливає на якість хліба і є оптимальним зразком, який відповідає основним показникам якості. Формостійкість у такого хліба висока, вище за контроль на 4,8 %. Форма правильна, округла, з достатнім підйомом, поверхня злегка шорстка, без тріщин, колір шкоринки жовто-коричневий. М'якуш світло-коричневого кольору, еластичний, але трохи заминається. Пористість рівномірна, пори дрібні, тонкостінні. Відчувається масляний присмак. Загальна хлібопекарська оцінка у даного варіанта перевищила контроль на 6,7%.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Технологічні процеси виробництва борошна на основі композиційної суміші

Технологічну схему виробництва борошна на основі композиційної суміші можна умовно поділити на дві частини: підготовка зернової сировини до помелу та помел.

Підготовка до помелу являється відповідальною операцією, від якої залежить якість одержуваного продукту та його харчова цінність. Тому до виконання цієї операції слід ставитись особливо уважно.

Очищення насіння льону від домішок відбувається у підготовчому відділенні (рис. 4.1). Для очищення використовують наступні машини: скальператор, сепаратор, кам'яне відбірнику та пневмосепаратор. Сепаратор повинен забезпечувати повне відділення крупних домішок, виділення дрібних і легких домішок на 95 %. Очищення насіння льону від каміння та інших домішок проводять на каменевідбірнику. Дана схема має забезпечувати отримання продукту (насіння льону) без сторонніх домішок, особливо смітної яка погіршує якість насіння.

Очищення насіння льону від грубих домішок проводять одноразово пропускаючи крізь скальператор (1). На скальператорі застосовують сита діаметром 8-10 мм. Після попереднього очищення насіння льону на скальператорі продукт направляється на очищення від дрібних і крупних домішок у сепаратор (4), над яким встановлено оперативний бункер для забезпечення рівномірної, безперебійної роботи. У сепараторі використовуються сита із діаметром отворів 2,5 мм та 1,0 мм. Сходом сита Ø 2,5 мм відбираються крупні домішки, а проходом сита Ø 1,0 мм дрібні домішки. Основний потік насіння – прохід сита Ø 2,5 мм та схід сита Ø 1,0 мм. Очищене насіння на сепараторі (4) поступає до пневмосепаратора (5), в якому за рахунок різниці аеродинамічних властивостей відбираються важко відокремлювані домішки.

Готове насіння до переробки зберігається вбункері(6).

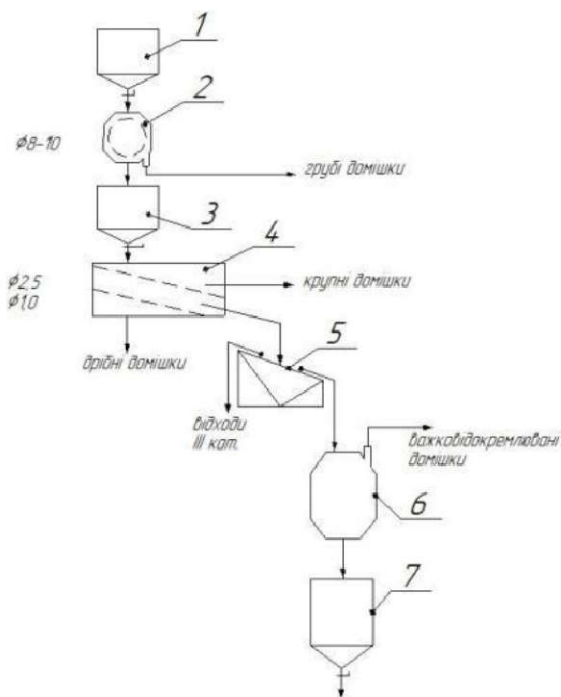


Рис. 4.1 – Схема підготовки насіння льону

1 – бункер; 2 – скальператор; 3 – бункер; 4 – сепаратор; 5 – кам'яне відбірник; 6 – пневмосепаратор; 7 – бункер.

У виробництві борошна процес подрібнення зерна і проміжних продуктів є одним із головних, оскільки він впливає на вихід і якість готової продукції. Подрібнення зерна - одна з найбільш енергомістких операцій. Вона полягає у руйнуванні твердих тіл під дією ударних або стираючих зовнішніх сил. Розрізняють два види подрібнення: просте, за якого всі складові частини зерна подрібнюються рівномірно для одержання однорідної суміші, і вибіркоче, коли тверді тіла, неоднорідні за складом, руйнуються для одержання часточок певних розмірів. Вибіркове подрібнення при цьому спрямоване на більш повне виділення твердих часточок[20, 21].

Основні вимоги до процесу подрібнення зерна при сортових помелах зводяться до одержання максимальної кількості проміжних продуктів у вигляді крупок і дунстів високої якості, їх шліфування та повного подрібнення на борошно. Тому цей процес складається з трьох етапів: крупоутворення з вилученням оболонок (драний процес), збагачення проміжних продуктів (шліфувальний процес); тонке подрібнення збагачених проміжних продуктів з вилученням оболонок, що залишилися (розмельювальний процес)[29].

Кожний етап, у свою чергу, складається із систем, кількість яких визначається видом помелу і технічним оснащенням заводу. Системи, на яких подрібнюють зерно і його часточки, називаються драними, або

крупноутворювальними, і позначаються римськими цифрами (I, II, III і т.д.). Системи, на яких подрібнюють проміжні продукти (крупки і дунсти), мають назву розмельних і позначаються арабськими цифрами (1, 2, 3 і т.д.)[21, 29].

Драний процес спрямований на вилучення ендосперму на перших драних системах максимальної кількості проміжних продуктів у вигляді крупок з часточками різних розмірів і дунстів (це середня фракція продукту між дрібною крупою і борошном) з мінімальною зольністю та невеликою кількістю борошна, а на наступних системах - відокремити від оболонок часточки, які залишились. Драний процес здійснюють на вальцьових верстатах.

Крупні, середні і дрібні крупки, а також дунсти значно відрізняються між собою не тільки за розмірами (розмір часточок від 0,35 до 3,25 мм, а дунстів від 0,2 до 0,35 мм), а й за добротністю, тобто відносним вмістом ендосперму та оболонок. Якщо ці суміші подрібнити у вальцьових станках, то якість виробленого борошна буде низькою через потрапляння в нього оболонок. Тому основне призначення процесу сортування крупок і дунстів за добротністю - розділення їх за якістю. Відділення часточок, якість яких близька до якості ендосперму, необхідне для того, щоб одержати максимальну кількість високоякісного борошна з мінімальним вмістом у ньому подрібнених часточок оболонок зерна. Процес сортування крупок і дунстів за добротністю називається процесом збагачення[21, 29].

Продукти переробки збагачуються на ситовійних машинах, які розділяють суміш на фракції, що різняться аеродинамічними властивостями, розмірами, густиною та формою часточок. За структурою технологічний процес поділяється на системи, які збагачують окремо крупні, середні і дрібні крупки та дунсти[21, 29].

На ситовійних машинах здійснюється просіювання суміші на плоских решетах в умовах висхідного потоку повітря. За сильної дії повітря та прямолінійно-зворотного руху ситового корпусу різні компоненти суміші розшаровуються. Повітря, що засмоктується з підрешітного простору, пронизує всі три яруси решіт і надходить в аспіраційну систему. У міру розпушування шару продукту повітрям часточки з найбільшою густиною переміщуються вниз

до решіт, а часточки з найменшою густиною та найбільш шорсткі - вгору. Часточки, що мають більшу густину і багаті на ендосперм (низькозольні), швидко опускаються на поверхню решіт і просіюються.

У результаті збагачення з кожної ситовійної системи можна одержати 5 - 6 продуктів, різних за крупністю та якістю (один-три сходи і один-чотири проходи).

Збагачені в ситовійних машинах крупки залежно від якості надходять на верстати шліфувальних і розмельних систем для подальшого подрібнення.

Шліфуванням у борошномельному виробництві називається звільнення крупок (крупних, середніх, дрібних) від оболонок, що зрослися з ними, пропусканням через вальцьові верстати. При сортових помелах пшениці залежно від продуктивності заводу використовують 5 шліфувальних систем. Після шліфування великі крупинки стають середніми, середні - дрібними, а дрібні - дунстами. Режим роботи шліфувальних систем має забезпечувати як найповніше відокремлення оболонок від крупок з найменшим подрібненням останніх та мінімальним утворенням борошна (не більше 12 - 15 %).

Завершальним етапом у технологічному процесі виробництва борошна є розмельний процес - подрібнення на борошно крупок та дунстів, одержаних у драному і шліфувальному процесах і звільнених від оболонок при збагаченні. З кожної розмельної системи намагаються одержати максимальну кількість борошна з мінімальним вмістом золи. Вибір кількості розмельних систем залежить від продуктивності борошномельного заводу, виду помелу, міцності подрібнених продуктів, стану розвитку драного, ситовійного і шліфувального процесів. При сортових помелах пшениці необхідно 8-14 розмельних систем.

4.2 Розрахунок і підбір обладнання

Для розрахунку технологічної частини обчислюють продуктивність кожної одиниці обладнання підприємства. При розрахунку і підборі технологічного обладнання потрібно дотримуватися технологічних операцій що відбуваються на лінії. Технологічне обладнання та зберігання сировини розраховуються згідно з розробленою схемою технологічного процесу.

4.2.1 Розрахунок і підбір обладнання зерноочисного відділення

Розрахункова продуктивність зерноочисного відділення, т/добу, з урахуванням 20 % запасу продуктивності, визначається за формулою:

$$Q_{з.б} = (1.1 \dots 1.2) \cdot Q_{з.р.в}, \quad (4.1)$$

де $Q_{з.р.в}$ – продуктивність розмелювального відділення, т/добу

$$Q_{з.б} = 1,2 \cdot 220 = 264 \text{ т/добу}$$

Місткість засіків для неочищеного зерна розраховують на 50 год продуктивності зерноочисного відділення. Під час розрахунку засіків для відволожування зерна враховують продуктивність зерноочисного відділення, метод підготовки зерна до помелу (послідовний або паралельний).

Місткість засіків, м^3 , розраховують за формулою:

$$E = \frac{Q_{з.б} \cdot T}{24 \cdot j \cdot k}, \quad (4.2)$$

де T – тривалість зберігання або відволожування зерна, год;

j – об'ємна маса (натура) зерна, $\text{т}/\text{м}^3$ ($j = 0,76 \text{ т}/\text{м}^3$);

k – коефіцієнт використання місткості ($k = 0,86 \dots 0,90$).

Місткість засік для неочищеного зерна, м^3 , розраховують за формулою :

$$E_1 = \frac{264 \cdot 50}{24 \cdot 0,76 \cdot 0,9} = 804,1 \text{ м}^3$$

Місткість засіків для основного відволожування зерна, м^3 , з такими вихідними даними: скловидність – 55%; Тип пшениці – IV; W – 13,9%; T_1 – 8 год; T_2 – 0,5 год; розраховують за формулою:

$$E_2 = \frac{264 \cdot 8}{24 \cdot 0,76 \cdot 0,9} = 128,7 \text{ м}^3$$

$$E_3 = \frac{264 \cdot 0,5}{24 \cdot 0,76 \cdot 0,86} = 8,4 \text{ м}^3$$

Необхідну кількість засіків ,шт., розраховують за формулою:

$$n = \frac{E}{a \cdot b \cdot h}, \quad (4.3)$$

де a , b , h – відповідно довжина, ширина і висота одного засіка, м.

Кількість засіків для неочищеного зерна , шт.:

$$n_1 = \frac{804,1}{3 \cdot 3 \cdot (4,8 \cdot 3)} = 6,2 \approx 7 \text{ шт.}$$

Кількість засіків для відволоженого зерна, шт.

$$n_2 = \frac{128,7}{1,5 \cdot 1,5 \cdot (4,8 \cdot 3)} = 4 \text{ шт.}$$

$$n_3 = \frac{8,4}{1,5 \cdot 1,5 \cdot 4,8} = 0,8 \approx 1 \text{ шт}$$

Як правило, засіки для неочищеного зерна та відволожування виготовляють із збірного залізобетону. Для неочищеного зерна використовують засіки розміром 3,0x3,0 м, для відволожування зерна – відповідно 1,5x1,5 м. За висотою засіки можуть займати 2 – 3 поверхи при висоті одного поверху 4,8м [28].

Розрахунок машин ведуть виходячи з продуктивності зерноочисного відділення та галузевих технічних норм.

Необхідну кількість машин для одного приходу, шт., визначають за формулою:

$$N = \frac{Q_{з.в}}{24 \cdot q_M} \quad (4.4)$$

де $Q_{з.в}$ – продуктивність зерноочисного (поток зерна) відділення, т/добу;

24 – кількість годин у добі;

q_M – паспортна продуктивність машини, т/год.

Для перевірки правильності вибору кількості машин проводять розрахунок зазначених коефіцієнтів за формулою:

$$K_{в.о} = \frac{Q_{з.в}}{24 \cdot N \cdot q_M}, \quad (4.5)$$

де 24 – кількість годин у добі;

N – кількість прийнятих машин, шт.;

q_M – продуктивність встановленої машини, т/год;

1. Зерночисний сепаратор БМС-6 ($q_M = 6$ т/год):

$$n_M = \frac{264}{24 \cdot 6} = 1,83 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 6 \cdot 2} = 0,92$$

2. Каменевідбірна машина РЗ-БКТ-100 ($q_M = 9$ т/год):

$$n_M = \frac{264}{24 \cdot 9} = 1,2 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 9 \cdot 2} = 0,61$$

3. Трієр – вівсюговідбірник А9-УТО-6 ($q_M = 6$ т/год):

$$n_M = \frac{264}{24 \cdot 6} = 1,83 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 6 \cdot 2} = 0,92$$

4. Трієр – кукілевідбірник А9-УТК-6 ($q_M = 6$ т/год):

$$n_M = \frac{264}{24 \cdot 6} = 1,83 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 6 \cdot 2} = 0,92$$

5. Оббивальна машина РЗ-БГО-6 ($q_M = 6$ т/год):

$$n_M = \frac{264}{24 \cdot 6} = 1,83 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 6 \cdot 2} = 0,92$$

6. Аспіратор зерновий РЗ-БАБ ($q_M = 10,5$ т/год):

$$n_M = \frac{264}{24 \cdot 10,5} = 1,1 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 10,5 \cdot 2} = 0,52$$

7. Машина мокрого лушення А1-БМШ ($q_M = 5,65$ т/год):

$$n_M = \frac{264}{24 \cdot 5,65} = 1,9 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 5,65 \cdot 2} = 0,95$$

8. Апарат для зволоження А1-БШУ-2 ($q_m = 6$ т/год):

$$n_m = \frac{264}{24 \cdot 6} = 1,8 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 6 \cdot 2} = 0,92$$

9. Оббивальна машина РЗ-БМО-12 ($q_m = 12$ т/год):

$$n_m = \frac{264}{24 \cdot 12} = 0,91 \approx 1 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 12 \cdot 1} = 0,91$$

10. Ентолейтор-стерилізатор РЗ-БЕЗ ($q_m = 9$ т/год):

$$n_m = \frac{264}{24 \cdot 9} = 1 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 9 \cdot 1} = 1$$

11. Аспіратор зерновий РЗ-БАБ ($q_m = 10,5$ т/год):

$$n_m = \frac{264}{24 \cdot 10,5} = 1,04 \approx 1 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 10,5 \cdot 1} = 0,87$$

12. Апарат для додаткового зволоження А1-БШУ-1 ($q_m = 12$ т/год):

$$n_m = \frac{264}{24 \cdot 12} = 0,91 \approx 1 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264}{24 \cdot 12 \cdot 1} = 0,91$$

13. Магнітний сепаратор.

Розрахунок числа магнітних сепараторів (колонок) ведуть виходячи норм довжини фронту магнітного поля. Визначають число магнітних сепараторів:

$$n = \frac{l_{\text{МП}}}{l_m} \quad (4.6)$$

де $l_{\text{МП}}$ – загальна довжина магнітного поля за нормою, м; l_m – довжина магнітного поля в одному магнітному сепараторі, т/год.

$$n = \frac{800}{750} = 1,06 \approx 1 \text{ шт}$$

Приймаємо магнітний сепаратор БКМ-2-7,5, і встановлюємо:

Перед оббивальними машинами : 4шт;

Перед трієрами-кукілевідбірниками : 2шт;

Перед трієрами-вівсюговідбірниками : 2шт;

Перед машинами мокрому луццю: 2шт;

Перед ентолейторами-стерилізаторами: 1шт;

Перед 1 драпою системою: 1шт.

Необхідну кількість автоматичних вагів, шт., визначають за формулою:

$$N_g = \frac{Q_{з.в} \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot V \cdot K} \quad (4.7)$$

де 60 – кількість хвилин у годині;

V – місткість ковша, кг;

K – кількість зважувань за 1 хвилину.

Розрахунок вагів до очищення:

$$N_g = \frac{264 \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 3} = 1,2 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264 \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 2} = 0,6$$

Розрахунок вагів після очищення:

$$N_g = \frac{264 \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 3} = 1,2 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$K = \frac{264 \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 2} = 0,6$$

Результати розрахунку обладнання зерноочисного відділення необхідно завести в таблицю 4.1

Таблиця 4.1– Обладнання зерноочисного відділення борошномельного заводу

Обладнання	Марка	Кількість, шт	Продуктивність, т/год	K _{в.о}
Сепаратор	БМС-6	2	6,0	0,92
Каменевідбірна машина	РЗ-БКТ-100	2	9,0	0,61

Трієр-кукілевідбірник	А9-УТК-6	2	6,0	0,92
Трієр-вівсюговідбірник	А9-УТО-6	2	6,0	0,92
Оббивальна машина	РЗ-БГО-6	2	6,0	0,92
Аспіратор зерновий	РЗ-БАБ	2	10,5	0,52
Машина мокрого лущення	А1-БМШ	2	5,65	0,95
Апарат для зволожування	А1-БШУ-2	2	6,0	0,92
Оббивальна машина	РЗ-БМО-12	1	12,0	0,91
Ентолейтор- стерилізатор	РЗ-БЕЗ	1	9,0	1
Машина для додаткового зволожування	А1-БШУ-1	1	12,0	0,76
Аспіратор зерновий	РЗ-БАБ	1	10,5	0,87
Магнітні сепаратори	БКМ-2-7,5	12	7,5	-
Ваги до очищення	АД-50	2	-	0,6
Ваги після очищення	АД-50	2	-	0,6

4.2.2 Розрахунок і підбір обладнання розмелювального відділення

У розмельному відділенні визначають кількість вальцевих верстатів, розсійників, ентолейторів, деташерів, ситовійних і вимельних машин [28].

Довжину вальцевої лінії та площу просіюючої поверхні за окремими системами визначають, виходячи з даних кількісного балансу (навантаження на систему) та орієнтовних питомих навантажень на вальцеві верстати, розсійники ситовійні машини [28].

Для розрахунку питомого навантаження на розсійник, кг/(м²·добу), використовують формулу:

$$T = \frac{q_c \cdot k}{S_p}, \quad (4.8)$$

де q_c – продуктивність 1-ї секції розсійника, кг/добу;

k – кількість секцій розсійника, шт.;

S_p – площа розсійника, м².

Кількість ситовійних машин для збагачення проміжних продуктів визначають, використовуючи нормативні навантаження на 1 см ширини приймального сита.

Середнє питоме навантаження на вальцьову лінію розраховують на 1 см її довжини, кг/(см·добу) q_1 та середнє питоме навантаження на 1 м² просіюючої поверхні, кг/(м²·добу) q_p розраховують за формулами 4.9-4.10.

$$q_1 = \frac{Q_{p.v.} \cdot 1000}{L_{заг}} \quad (4.9)$$

де $Q_{p.v.}$ – продуктивність розмелювального відділення, т / добу;

$L_{заг}$ – загальна довжина вальцьової лінії, см.

де $S_{заг}$ – загальна просіююча поверхня, м²

$$q_p = \frac{Q_{p.v.} \cdot 1000}{S_{заг}} \quad (4.10)$$

Отже, згідно розрахунків встановлюємо 14 вальцьових верстатів марки А1-БЗН.

Середнє питоме навантаження на 1 см довжини вальцьової лінії, кг/(см·добу):

$$q_1 = \frac{220 \cdot 1000}{2700} = 82 \text{ кг / см} \cdot \text{добу}$$

Отже, згідно розрахунків встановлюємо 7 розсійників марки РЗ-БРБ (6-ти секційні) та 1 розсійник марки РЗ-БРВ(4-х секційний, на контролі борошна).
Середнє питоме навантаження на 1 м² просіюючої поверхні, кг/(м²·добу) :

$$q_p = \frac{220 \cdot 1000}{202,1} = 1089 \text{ кг / (м}^2 \cdot \text{добу)}$$

Встановлюємо 1 ситовійну машину марки А1-БСО.

Вимельні машини, ентолейтори, деташери, розраховуються за формулою:

$$N = \frac{Q_{p.v.} \cdot a_б}{100 \cdot q_m \cdot 24} \quad (4.11)$$

де $a_б$ - навантаження на систему за балансом, %

q_m – продуктивність машини, т/добу.

Вимельні машини А1-БВГ ($q_M = 0,9 - 1,6$ т/год):

$$\text{БМ-1:} \quad N = \frac{220 \cdot 7,8}{100 \cdot 1,6 \cdot 24} = 0,45 \approx 1 \text{ шт}$$

$$\text{БМ-2:} \quad N = \frac{220 \cdot 13,9}{100 \cdot 1,6 \cdot 24} = 0,8 \approx 1 \text{ шт}$$

$$\text{БМ-3:} \quad N = \frac{220 \cdot 4,8}{100 \cdot 1,6 \cdot 24} = 0,28 \approx 1 \text{ шт}$$

Загальна кількість вимельних машин становить : 3 шт.

Ентолейтор РЗ-БЭРМ ($q_M = 1,5 - 2,3$ т/год):

$$1 \text{ р.с.кр.:} \quad N = \frac{220 \cdot 14,0}{100 \cdot 1,5 \cdot 24} = 0,86 \approx 1 \text{ шт}$$

$$1 \text{ р.с.др.:} \quad N = \frac{220 \cdot 13,5}{100 \cdot 1,5 \cdot 24} = 0,88 \approx 1 \text{ шт}$$

$$2 \text{ р.с.:} \quad N = \frac{220 \cdot 12,1}{100 \cdot 1,5 \cdot 24} = 0,74 \approx 1 \text{ шт}$$

$$3 \text{ р.с.:} \quad N = \frac{220 \cdot 17,1}{100 \cdot 1,5 \cdot 24} = 1 \text{ шт}$$

Загальна кількість ентолейторів : 4 шт.

Деташери А1-БДГ ($q_M = 0,4 - 0,6$ т/год):

$$1 \text{ шл.:} \quad N = \frac{220 \cdot 17,8}{100 \cdot 0,6 \cdot 24} = 2,72 \approx 3 \text{ шт}$$

$$2 \text{ шл.:} \quad N = \frac{220 \cdot 17,2}{100 \cdot 0,6 \cdot 24} = 2,63 \approx 3 \text{ шт}$$

$$4 \text{ р.с.:} \quad N = \frac{220 \cdot 10,0}{100 \cdot 0,6 \cdot 24} = 1,53 \approx 2 \text{ шт}$$

Загальна кількість деташерів: 8 шт.

Віброцентрифугал РЗ-БЦА ($q_M = 0,6$ т/год):

$$N = \frac{220 \cdot 3,0}{100 \cdot 0,6 \cdot 24} = 0,45 \approx 1 \text{ шт}$$

4.3 Організація технологічного контролю виробництва

Для встановлення суворої технологічної дисципліни при виробництві борошна високої якості необхідно проводити лабораторний і оперативний контроль технологічного процесу.

Лабораторний контроль здійснюється виробничою лабораторією заводу шляхом відбору і аналізу зразків у контрольних точках технологічного процесу.

Оперативний контроль здійснюється виробничим персоналом [19].

Виробничо-технічна лабораторія визначає якість зерна, що надходить, проводить розрахунок і формує помельну партію оптимальної якості, розраховує вихід борошна по сортам, висівок і відходів.

Для того, щоб здійснити контроль на виробництві, весь персонал ВТЛ повинен знати ДСТУ, методики визначення якісних показників зерна і продуктів його переробки ; технологічні і хлібопекарські властивості зерна; розрахункові норми виходу; ведення документації; технологію виробництва [19].

Заводську лабораторію розміщують в окремому приміщенні, цехову – у виробничих корпусах підприємства чи неподалік від них. Приймальну лабораторію розміщують біля в'їзду на територію підприємства у місцях, зручних для під'їзду автомобільного транспорту.

Кімнати лабораторій мають бути світлими і сухими. Для цього стелю і верхні частини стін штукатурять і білять, а нижню фарбують на висоті близько 2 м від підлоги.

Лабораторію забезпечують опаленням, водопроводом, електрикою та вентиляцією.

У склад штату ВТЛ входять начальник ВТЛ, його замісник, інженер-технолог, інженер-хімік, техніки-лаборанти, лаборанти і лаборанти-візирівщики.

Начальник ВТЛ керує всією роботою лабораторії. Він несе персональну відповідальність за виконання задач і функцій, покладених на лабораторію. Його діяльність на виробництві багатогранна і відповідальна. Він виконує наступні обов'язки:

- стежить за застосуванням і дотриманням державних стандартів на всі види сировини, готової продукції і на методи визначення їх якості, за правильним зберіганням лабораторних проб сировини і продукції і своєчасній здачі їх у відповідності з діючими правилами;

- розробляє схему і графік контролю технологічних процесів на виробництві з вказанням місць, способів відбору проб, показників і методів аналізу;

- складає план роботи лабораторії, в якому розраховує об'єм роботи на основі плану операцій підприємства по прийманню, розміщенню, зберіганню, переробці і відпуску, розраховує число аналізів на місяць і квартал;

- складає графік контролю технологічного обладнання, укомплектовує штат лабораторії співробітниками згідно штатному розкладу, розділяє між ними обов'язки і складає графік виходу на роботу;

- щоденно контролює роботу всіх посадових осіб лабораторії при виконанні ними аналізів і оформленні всіх документів про якість продукції.

Під керівництвом начальника ВТЛ співробітники лабораторії виконують:

- технохімічний контроль при прийманні і розміщенні зерна і інших видів сировини, а також при формуванні великих однорідних партій;

- контроль за дотриманням правил технологічного процесу при сушінні, очищенні і активному вентиляванні зерна;

- контроль за якістю продукції, що виробляється на підприємстві, а також за її зберіганням в складах.

Начальник ВТЛ контролює стан помельних сумішей зерна для переробки його в борошно. Під його контролем робітники лабораторії розраховують норми виходу продукції, контролюють санітарний стан підприємства і проводять заходи по боротьбі зі шкідниками.

Особливу увагу начальник ВТЛ повинен приділяти правильності оформлення документів про якість продукції, а також веденню обліку рекламаций і браку у виробництві.

Начальник ВТЛ контролює складання звітності по якості зерна, що зберігається і продукції, а також звітності про виконання норм виходу і якості

продукції, що виробляється у суворо встановлені терміни і бере участь у складанні актів зачистки складів та виробничих корпусів.

Начальник ВТЛ повинен стежити за справністю лабораторного обладнання, організовувати своєчасний його ремонт, затверджувати посадові інструкції, проводити технічне навчання робітників лабораторії.

Начальник ВТЛ має право :

- контролювати виконання технологічних інструкцій і схем, стандартів, технічних умов і вимагати точного їх дотримання всім персоналом підприємства;
- приймати участь в розробці технологічних схем розробки і переробки зерна, внесення змін в технологічний процес;
- призупиняти сушіння, очищення і активне вентилявання зерна, якщо вони ведуться з порушенням встановлених правил і не дають потрібного результату чи погіршують якість;
- забороняти завантаження зерносховищ, вагонів чи суден, непридатних для зберігання чи транспортування, а також відвантаження чи відпуск вказаної продукції, якщо вона не відповідає вимогам стандартів, технічних умов.
- призупиняти виготовлення, відпуск та відвантаження продукції, якщо вона не відповідає вимогам стандартів, технічних умов, рецептурі чи вказівкам вищестоячих організацій;
- забороняти відпуск продукції при відсутності затверджених на неї стандартів чи технічних умов.

Начальник ВТЛ інформує керівництво підприємства про всі порушення встановленого порядку приймання, розміщення і зберігання сировини, про виготовлення нестандартної продукції, вимагаючи миттєвої ліквідації цих порушень і проведення необхідних заходів по впорядкуванні виробництва.

Замісник начальника ВТЛ керує роботою однієї з лабораторій, яка входить в склад ВТЛ.

Інженер-хімік виконує всі хімічні аналізи. Він стежить за зберіганням борошна, а також визначає його якість при надходженні і відвантаженні.

Інженер-технолог контролює роботу технологічних машин згідно графіку, затвердженого начальником ВТЛ. Крім того, для перевірки правильності складання помельних партій зерна і вивчення технологічних властивостей зерна, що зберігається, він проводить дослідні помели. По всьому об'єму виконаної роботи технолог веде відповідні журнали обліку показників якості.

Технік-лаборант керує всією роботою в зміні. Спочатку він перевіряє стан лабораторії до зміни, а в кінці зміни здає лабораторію техніку-лаборанту другої зміни.

Протягом зміни технік-лаборант контролює роботу лаборантів та візирівщиків. Найбільш складні аналізи по оцінці якості зерна, продукції і відходів виконує сам. Розміщує зерно у складах, веде журнали реєстрації проб, оформляє документи про якість при відпуску і відвантаженні зерна і борошна.

Лаборант виконує аналізи по оцінці якості зерна, продукції і відходів, заповнюють документи про якість по виконаних аналізах, відповідає за правильність використання лабораторного обладнання, дотримання в чистоті робочого місця, правильне заповнення документації про якість.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. В даному розділі було розраховано кількість обладнання для забезпечення безперервної роботи всього борошномельного заводу.

2. Для встановлення суворої технологічної дисципліни на будь-якому виробництві необхідно проводити лабораторний і оперативний контроль технологічного процесу. На кожній ділянці підприємства за це відповідають окремі працівники. Особливу увагу приділяють контролю при прийманні і розміщенні сировини; контролю за дотриманням правил технологічного процесу при сушінні та очищенні сировини; контролю за якістю продукції, що виробляється на підприємстві, а також за її зберіганням в складах.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Техніко-економічні розрахунки

5.1.1 Розрахунок капітальних вкладень у будівництво підприємства

Капітальні вкладення на будівництво борошномельного заводу з лінією створення борошняної композиційного суміші включають в себе вартість будівельних робіт та обладнання, що встановлюється, об'єкти підсобного та обслуговуючого призначення; об'єкти енергетичного господарства; зовнішні споруди та мережі; благоустрій промислового майданчика; тимчасові споруди та будівлі, потрібні для здійснення будівельно-монтажних робіт та інші витрати[30].

Розміри капітальних витрат на будівництво підприємства визначаються на основі технічних кошторисів або укрупненими нормативами, що розраховуються за даними проектних організацій[30].

Укрупнені кошторисні норми розробляються на підставі відповідних КНУ РЕКН (кошторисних норм України, ресурсних елементних кошторисних норм) і визначають кількість необхідних ресурсів на визначений вимірник окремих конструктивних елементів, видів робіт або на об'єкт[30].

Укрупнений показник вартості роботи включає в себе заробітну плату робітників-будівельників, витрати на експлуатацію будівельних машин та механізмів, будівельні матеріали, вироби та комплекти, загальновиробничі та адміністративні витрати, інші роботи та витрати (у тому числі кошти на покриття витрат, пов'язаних з інфляційними процесами), прибуток на одиницю виміру певного виду роботи[30].

Дані на витрати будівництва борошномельного заводу наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Витрати на будівництво

Будівлі і споруди	Вартість 1м ³ за укрупненими нормативами, грн.	Об'єм будівництва	Загальна вартість, тис. грн.
Будівля виробничого корпусу	6400	8460	54144,0
Склад готової продукції та склад сировини	5900	8500	50150,0
	6400	4700	30080,0
			Всього: 80230,0
Об'єкти підсобного та обслуговуючого призначення	6400	1500	9600,0
Всього			143974,0

Таблиця 5.2

Кошторисно-фінансовий розрахунок на будівельні роботи

Назва об'єкту	Вартість, тис. грн.
Будівлі і споруди	143974,0
Витрати на санітарно-технічні роботи (15 %)	21596,1
Витрати на благоустрій території (1 %)	1439,7
Всього вартість будівельних робіт	167009,8

5.1.2 Кошторисно-фінансовий розрахунок на придбання, доставку та монтаж обладнання

Витрати на придбання обладнання складаються з вартості обладнання за ринковими цінами, транспортних, заготівельно-складських витрат, вартості монтажних робіт. Витрати на транспортування нового обладнання приймаються у розмірі 4-5 %, заготівельно-складських – 1,0-1,25 %, витрати на монтаж 8-10 % вартості нового обладнання[30, 44].

Крім вартості основного обладнання, у разі необхідності, враховуються витрати пов'язані з придбанням контрольно-вимірювальних приладів – 15 %, роботи з підготовки фундаменту під обладнання – 1%, вартість внутрішньоцехового транспорту – 20-25 %, вартість неврахованого обладнання – 20% від вартості основного обладнання[30, 44].

Найменування необхідного обладнання, кількість, вартість, витрати на транспортування, заготівельно- складські і монтаж наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Кошторисно-фінансовий розрахунок на нове обладнання

Найменування обладнання	Ціна за од. без ПДВ, грн	Кількість од. обладнання, шт	Вартість обладнання, грн..	Витрати, грн.			Первісна вартість нового облад. грн.
				транспортування	заготівельно-складські	монтаж	
1	2	3	4	5	6	7	8
Транспортер	21000	3	63000	3150	630	6300	73080
Оббивальна машина РЗ-БГО-8	186000	1	186000	9300	1860	18600	215760
Розвантажувач У2-БРО	153000	1	153000	6120	1530	15300	175950
Шнековий живильник	15000	5	75000	3000	750	7500	86250
Магнітна колонка БКМ-2-7,5	8000	6	48000	1920	480	4800	55200
Ентолейтор РЗ-БЭЗ	262000	1	262000	13100	2620	26200	303920
Сепаратор БМС-6	120000	3	360000	18000	3600	36000	417600
Каменевідбірник РЗ-БКТ-100	230000	1	230000	11500	2300	23000	266800
Аспіратор	27000	1	27000	1350	270	2700	31320

зерновий РЗ-БАС							
Машина мокрого лущення А1-БМШ	640000	1	640000	25600	6400	64000	736000
Автоматичні ваги АД-50	198000	1	198000	7920	1980	19800	227700
Апарат для зволоження А1-БШУ-2	197000	1	197000	7880	1970	19700	226550
Норії	50000	6	300000	12000	3000	30000	345000
Вентилятор ВЦП-8	18000	1	18000	900	180	1800	20880
Фільтр-циклон РЦЕ-31,2-48	15000	1	15000	750	150	1500	17400
Всього			2772000				3199410

Придбання контрольно-вимірювальної техніки – 15% = 479911,5грн.;

Роботи з підготовки фундаменту – 1% = 31994,1 грн.;

Вартість внутрішньо-цехового транспорту – 20-25% = 639882 грн.;

Вартість неврахованого обладнання – 20% = 639882 грн.;

Всього: 1791,7 тис. грн.

Таблиця 5.4

Зведений кошторисно-фінансовий розрахунок будівельних робіт та нового обладнання

№	Основні засоби	%	Сума, тис. грн.
1	Будівельні роботи	97,1	167009,8
2	Первісна вартість нового обладнання	1,86	3199,4
3	Контрольно-вимірювальні прилади	0,28	479,9
4	Роботи з встановлення фундаменту	0,02	31,9
5	Внутрішньо-цеховий транспорт	0,37	639,8
6	Невраховане обладнання	0,37	639,8
7	Всього	100	172000,6

На основі проведених кошторисно-фінансових розрахунків визначають загальну вартість капітальних витрат (початкових інвестицій) на проведення будівництва підприємства.

$$K_{\text{заг}}(\text{ПІ}) = K_{\text{нов}} + \text{ОК} \quad (5.1)$$

$K_{\text{заг}}(\text{ПІ})$ – додаткові капітальні витрати на проведення будівництва підприємства, тис. грн.;

$K_{\text{нов}}$ – витрати на будівництво, придбання нового обладнання, тис. грн.;

ОК – зміна нормативу обігових коштів, тис. грн.

$$K_{\text{заг}} = 172000,6 + 9167,4 = 181168 \text{ тис. грн.}$$

5.1.3 Розрахунок виробничої програми підприємства

Борошномельний завод характеризується безперервним процесом виробництва та двохзмінним режимом роботи. Для цих підприємств нормативний річний фонд часу роботи обладнання складає 305 (або 306 діб) виходячи з режиму роботи підприємства без вихідних днів при наступних зупинках :

22 доби – декадні зупинки для профілактичного ремонту;

30 діб – зупинки для капітального ремонту;

8 діб – святкові дні.

Але в період дії воєнного часу не застосовуються норми статей 71-73 КЗпП (святкові і не робочі дні) [31, 32, 44]. На практиці це означає, що офіційних святкових та неробочих днів в Україні немає.

При цьому графік роботи та час відпочинку встановлює роботодавець. Тому в цьому випадку нормативний річний фонд часу роботи обладнання складає 314 діб.

Таблиця 5.5

Розрахунок числа днів роботи за рік

Обладнання за закріпленим асортиментом	Календарний фонд часу	Зупинки з причин			Всього зупинки	Кількість днів роботи обладнання
		Вихідні і святкові	Ремонт обладнання			
			поточний	капітальний		
Оббивальна машина	366	0	22	30	52	314
Машина мокрого луцення	366	0	22	30	52	314
Розсійник	366	0	22	30	52	314
Ентолейтор	366	0	22	30	52	314

Для розрахунку виробничої програми використовуються дані з розділу 4. Коефіцієнт використання потужності у навчальних цілях приймається на рівні 0,8[30, 44].

Таблиця 5.6

Розрахунок річного обсягу переробки сировини

Сировина (зерно)	Добова потужність, т/добу	Коефіцієнт використання потужності	Фактичний добовий обсяг виробництва, т/добу	Річний обсяг переробки сировини, т
Пшениця	220	0,8	176	55264

Таблиця 5.7

Розрахунок виробничої програми у натуральному виразі

Сировина	Річний обсяг переробки сировини, т	Вихід, %	Річний обсяг виробництва, т
Борошно	55264	75	41448

Таблиця 5.8

Розрахунок виробничої програми у вартісному виразі

Продукція	Річний обсяг виробництва, т	Відпускна ціна підприємства (без ПДВ), грн/т	Вартість річного обсягу виробництва, тис. грн.
Борошно	41448	12200	505665,6

5.1.4 Розрахунок чисельності працюючих та фонду оплати праці

При виконанні розрахунків даного розділу необхідно визначити чисельність працюючих та розмір фонду їх заробітної плати за категоріями персоналу (робітники, керівники, спеціалісти та ін.)[31, 32, 44]. На підприємстві застосовується погодинна система оплата праці.

Розрахунок чисельності робітників починається із складання балансу робочого часу одного середньоспискового робітника.

Таблиця 5.9

Баланс робочого часу одного робітника на 2024 р.

Елементи часу	Днів
1. Календарний фонд роботи на рік	366
2. Неробочі та святкові дні	104
3. Номінальний фонд роботи за рік, дні	262
4. Невиходи на роботу:	
- чергові та додаткові відпуски	14
- відпуски у зв'язку з навчанням без відриву від виробництва	0,0
- відпустки у зв'язку з пологами	0,0
- невиходи по хворобі	7,0
- відпустки з дозволу адміністрації	5
Всього не виходів	26
5. Ефективний фонд часу одного робітника	236
6. Номінальне число годин в зміну, годин	8
7. Кількість робочих годин	8
7. Ефективний фонд часу за рік, год.	1888

В таблиці 5.10 наведений розрахунок чисельності робітників і витрати на фонд оплати праці. Найменування професій і тарифні розряди робітників

основного і допоміжного виробництва приймаються за Довідником кваліфікаційних характеристик професій працівників у відповідності до діючих у галузі тарифних ставок для робітників технологічних і наскрізних професій [31, 44].

Таблиця 5.10

Розрахунок чисельності та фонду оплати праці робітників, що працюють за погодинною системою оплати праці

Професія	Тарифний розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Тривалість зміни, год	Кількість змін на добу	Явочне число		Число діб роботи на рік	Відпрацьовано людино-днів	Основна з/п за рік, тис. грн.	Доплата до тарифного фонду заробітної плати, %	Всього фонд оплати праці, тис. грн.
					За зміну	За добу					
Технолог	IV	42,60	8	3	1	3	314	942	321,03	60	513,65
Апаратчик просіювання	V	48,00	8	3	1	3	314	942	361,72	60	578,75
Апаратчик подрібнення	IV	42,60	8	3	1	3	314	942	321,03	60	513,65
Оператор пульта управління	V	48,00	8	3	1	3	314	942	361,72	60	578,75
Технік - лаборант	IV	42,60	8	3	1	3	314	942	321,03	60	513,65
Слюсар ремонтник	IV	42,60	8	3	2	6	314	1884	642,06	60	1027,3
Всього					7	21		6594			3725,75

Явочна кількість робітників за добу розраховується за формулою:

$$Ч_{\text{яв.доб}} = Ч_{\text{яв.зм.}} \times K_{\text{змін.}} \quad (5.2)$$

$Ч_{\text{яв.зм.}}$ – явочна чисельність робітників на зміну;

$K_{\text{змін.}}$ – кількість змін на добу.

$$Ч_{\text{яв.доб}} = 7 \times 3 = 21 \text{ чол}$$

Середньооблікова чисельність робітників розраховується за формулою:

$$Ч_{\text{пог}} = \sum V_i / E_f(\text{дн}) \quad (5.3)$$

$Ч_{\text{пог}}$ - середньооблікова чисельність робітників, чол.

V_i – відпрацьовано людино-днів робітником.

$E_{ф(дн)}$ – ефективний фонд робочого часу робітника на рік.

$$Ч_{пог} = 6594 / 236 = 28 \text{ чол.} \quad (5.4)$$

Чисельність робітників допоміжного виробництва приймається на рівні 30 % від середньооблікової чисельності робітників основного виробництва.

$$Ч_{(доп)} = Ч_{пог} \times 0,3; \quad (5.5)$$

$$Ч_{(доп)} = 28 \times 0,3 = 9 \text{ чол.}$$

Фонд заробітної плати робітників допоміжного виробництва розраховується як добуток їх чисельності на середньомісячну заробітну плату по підприємству і число місяців роботи.

$$ФОП_{доп} = 9 \times 12 \times 7100 = 766,8 \text{ тис. грн.}$$

Річний фонд оплати праці робітників підприємства складається із фонду заробітної плати робітників основного та допоміжного виробництва.

$$ФОП_{річн.} = 3725,75 + 766,8 = 4492,55 \text{ тис. грн.}$$

Чисельність адміністративно-управлінського персоналу визначається за штатним розкладом, що представлений в таблиці 5.11

Таблиця 5.11

Штатний розпис адміністративно-управлінського персоналу

Посада	Чисельність, чол.	Посадовий оклад за місяць, грн.	ФОП за рік, грн
1	2	3	4
1. Директор	1	20000	240000
2. Заступник директора	1	16000	192000
3. Головний інженер	1	14000	168000
4. Головний енергетик	1	12000	144000
5. Головний механік	1	12000	144000
6. Головний технолог	1	12000	144000
7. Начальник цеху	1	10000	120000
8. Інженер по ТБ та ОП	1	10000	120000
9. Заступник головного інженера	1	8000	96000
10. Майстер	1	8000	96000
11. Механік	1	8000	96000
12. Технолог	1	8000	96000
13. Інженер-лаборант	1	7800	93600
14. Технік-лаборант	5	7300	438000
15. Головний бухгалтер	1	16000	192000
16. Бухгалтер	1	11200	134400
17. Юрист-консультант	1	11200	134400

18. Секретар	1	7100	85200
Всього	22	-	2733600

Витрати на оплату праці зводимо в таблицю 5.12.

Таблиця 5.12

Зведена штатна відомість

Категорія працюючих	Чисельність чоловік	Річний ФОП, тис. грн.	Середня з/п, тис. грн.
1	2	3	4
Робітники:	37	4492,55	10,118
в тому числі:			
робітники основного виробництва	28	3725,75	11,088
робітники допоміжного виробництва	9	766,8	7,1
адміністративно-управлінський персонал	22	2733,6	10,354
Всього по заводу	59	7226,15	10,206

5.1.5 Розрахунок собівартості продукції

Розрахунок зведених витрат на виробництво та реалізацію продукції проводимо за економічними елементами. При цьому економічний елемент витрати поділяється на: сировину і основні матеріали; допоміжні матеріали; вартість витрат на паливо і енергію, витрати на соціальні заходи, амортизаційні відрахування та інші.

Вартість однієї тони сировини складається із цін придбання (за даними підприємства без ПДВ) та витрат на транспортування. Норми витрат сировини і матеріалів з урахуванням гранично допустимих витрат приймаються за даними продуктового розрахунку. Вартість основних матеріалів визначається за допомогою цін придбання[44].

Таблиця 5.13

Розрахунок вартості сировини на річний обсяг виробництва продукції

Вид зерна	Річний обсяг переробки, т	Ціна 1 т, грн	Витрати на річний обсяг переробки, тис. грн
Пшениця	55264	4800	265267,2

Транспортно-заготівельні витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали приймаємо в розмірі 5 % від їх вартості, і це складає 13263,36 тис. грн.

Розрахунок вартості енерговитрат та води на технологічні цілі

Для розрахунку вартості енерговитрат використовують норми витрат енергоресурсів та води на переробку 1 тони сировини.

Таблиця 5.14

Розрахунок вартості енерговитрат для борошномельного заводу

Вид енергоресурсів	Обсяг виробництва продукції за рік, т	Витрати енергоресурсів в розрахунку на 1 т,	Витрати на річний обсяг	Вартість	
				Одиниці ресурсу, грн.	Річного обсягу, тис. грн.
1	2	3	4	5	6
Електроенергія	41448	100кВт	4144800	4,23	17532,5
Вода		0,5м ³	20724	40,62	841,8
Газ		50 м ³	2072400	15,3	31707,7
Всього					50082

Утримання із заробітної плати –це передбачені законодавством суми, на які зменшується заробітна плата при виплаті. До них належать: податок на доходи фізичних осіб (ПДФО); військовий збір (ВЗ); інші неподаткові утримання (аліменти, добровільні відрахування до недержавних пенсійних фондів тощо). [32]

Розрахунок відрахувань наведені в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15

Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Напрямки відрахувань	Річний фонд оплати праці тис. грн	% відрахувань	Сума нарахування, тис. грн.
Єдиний соціальний внесок (ЄСВ)	7226,15	22	1589,75
Податок на доходи фізичних осіб (ПДФО)	7226,15	18	1300,71
Військовий збір (ВЗ)	7226,15	1,5	108,39
Всього			2998,85

Амортизація – систематичний розподіл вартості, що амортизується протягом строку їх експлуатації. Амортизаційні відрахування визначають за нормами у відсотках до балансової вартості основних засобів.

Згідно з Положенням (стандартом) бухгалтерського обліку 7 «Основні засоби» [33] підприємство може самостійно прийняти рішення щодо застосування прискореної амортизації основних фондів або інших методів нарахування амортизації [33, 44].

Розрахунок амортизації наведений в таблиці 5.16.

Таблиця 5.16

Розрахунок амортизаційних нарахувань

Вид основних засобів	Балансова вартість, тис. грн.	Норми амортизаційних нарахувань %	Витрати на амортизацію, тис. грн.
Будівлі і споруди	167009,8	5	8350,49
Машини та обладнання	3199,4	20	639,88
Всього	170209,2		8990,37

На основі отриманих даних розраховуються зведені витрати по підприємству в таблиці 5.17.

Таблиця 5.17

Розрахунок собівартості продукції

Елемент витрат	Вартість, тис. грн.	Питома вага. %
1. Матеріальні витрати	328612,56	85,89
в тому числі:		
1.1 Сировина	265267,20	
1.2 Транспортно-заготівельні витрати	13263,36	
1.3 Енергетичні витрати	50082,00	
2. Витрати на оплату праці	7226,15	1,89
3. Розрахунок відрахувань на соціальні заходи	2998,85	0,78
4. Амортизація основних засобів та нематеріальних активів	8990,37	2,35
5. Інші витрати (10 %)	34782,79	9,09
Повна собівартість	382610,72	100,0

Отже виробнича собівартість 1 т борошна буде становити:

$$382610,72 / 41448 \cdot 1000 = 9231,70 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості оборотних коштів проводиться на підставі розрахованої вартості окремих елементів при виробництві продукції та рекомендованих нормативів. Норматив оборотних коштів на сировину та основні матеріали визначається у відсотках до вартості сировини і матеріалів і складає 3%, оборотні кошти на заробітну плату складають 4%. Витрати на придбання запасних частин беруть у сумі 5% від вартості машин і обладнання. Інші елементи оборотних коштів розраховуються як 3-5 % вартості всіх попередніх елементів оборотних коштів.

Дані розрахунку наведені в таблиці 5.18.

Таблиця 5.18

Розрахунок оборотних коштів підприємства при будівництві

Елемент оборотних коштів	Дані для розрахунку		Сума оборотних коштів, тис.грн.
	Витрати	Норматив, %	
Сировина та основні матеріали	265267,20	3	7958,0
Заробітна плата	7226,15	4	289,0
Запчастини	13263,36	5	663,2
Інші (3%)	8572,70	3	257,2
Всього	294329,41	-	9167,4

5.1.6 Розрахунок фондівіддачі та терміну окупності проекту

На основі проведених розрахунків визначаємо показники економічної ефективності будівництва [30, 44].

Прибуток від реалізації продукції (П) розраховується як різниця між обсягом товарної продукції в діючих цінах підприємства (ТП) та собівартістю продукції (С) за формулою:

$$П = ТП - С \tag{5.6}$$

$$П = 505665,6 - 382610,72 = 123054,88 \text{ тис. грн.}$$

Чистий прибуток це одержаний прибуток підприємства після сплати податку на прибуток:

СПП- ставка податку на прибуток, 25%

$$ЧП = П \cdot \left(\frac{100 - СПП}{100} \right) \tag{5.7}$$

$$\text{ЧП} = 123054,88 \cdot \left(\frac{100 - 25}{100}\right) = 92291,16 \text{ тис. грн}$$

Рівень рентабельності продукції, що випускається (Р) розраховується як відношення прибутку (П) до повних витрат на виготовлення продукції (С) і вимірюється у відсотках:

$$P = \frac{\Pi}{C} \times 100\% \quad (5.8)$$

$$P = (123054,88 / 382610,72) \times 100 = 32 \%$$

Витрати на 1 гривню товарної продукції ($V_{\text{грн.}}$) розраховуються як відношення повних витрат на виготовлення продукції (С) до її вартості в діючих цінах (ТП):

$$V = \frac{C}{ТП}; \quad (5.9)$$

$$V = 382610,72 / 505665,6 = 0,76 \text{ грн.}$$

Рівень продуктивності праці (ПП) у грошовому виразі розраховують як відношення обсягу виробленої продукції у діючих цінах (ТП) на середньо - облікову чисельність промислово – виробничого персоналу (Ч):

$$ПП = \frac{ТП}{Ч} \quad (5.10)$$

$$ПП = 505665,6 / 37 = 13666,64 \text{ грн./чол.}$$

Показник фондівдачі ФВ розраховують як відношення обсягу виготовленої продукції в діючих цінах (ТП) до вартості основних виробничих фондів (ОФ), за формулою:

$$\text{ФВ} = \text{ТП} / \text{ОФ} \quad (5.11)$$

$$\text{ФВ} = 505665,6 / 170209,2 = 2,97 \text{ грн/грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень (Т) можна розраховувати як відношення загальних капітальних вкладень ($K_{\text{заг}}$) до отриманого чистого прибутку (ЧП) і амортизаційних відрахувань (А):

$$T = K_{\text{заг}} / \text{ЧП} + A \quad (5.12)$$

$$T = 181168 / (92291,16 + 8990,37) = 1,8 \text{ роки}$$

Чистий грошовий потік (ЧГП) розраховується, як отриманий чистий прибуток від виробленої реалізації продукції (ЧП) із врахуванням амортизаційних відрахувань (А):

$$\text{ЧГП} = \text{ЧП} + \text{А} \quad (5.13)$$

$$\text{ЧГП} = 92291,16 + 8990,37 = 101281,53 \text{ тис. грн.}$$

5.1.7 Основні техніко-економічні показники ефективності проекту

Таблиця 5.19

Основні техніко-економічні показники ефективності проекту

№ п/п	Показники	Одиниця виміру	Дані
1	Виробнича потужність	т/добу	220
2	Вироблено продукції в натуральному виразі	т/рік	41448
3	Товарна продукція в діючих цінах	тис. грн.	505665,6
4	Повні витрати виробленої продукції	тис. грн.	382610,72
5	Прибуток від виробничої діяльності	тис. грн.	123054,88
6	Рентабельність продукції	%	32
7	Витрати на 1 грн. товарної продукції	коп.	76
8	Чисельність промислово-виробничого персоналу в т.ч. робітників	чол.	59 37
9	Продуктивність праці	грн./чол.	13666,64
10	Фондовіддача	грн./грн.	2,97
11	Загальні капітальні вкладення	тис. грн.	181168
12	Термін окупності інвестицій	років	1,8

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 5

Будівництво борошномельного заводу з продуктивністю 220 т/добу з внесенням лінії висушеного екстракту з насіння льону є економічно вигідним та технічно можливим.

На основі проведених розрахунків проект слід вважати доцільним до впровадження, оскільки:

Гарантований термін повернення інвестицій складає 1 рік і 8 місяців, що є меншим за термін життя проекту (5 років).

Прибуток підприємства складає 123054,88 тис.грн.

Рентабельність виробництва 32%, при затратах на 1 грн. - 76 коп.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виконано огляд літературних джерел: походження льону та впровадження у виробництво; дослідження лляного насіння та продуктів його переробки як джерела основних нутрієнтів та біологічно активних речовин, необхідних людині; функціонально-технологічні особливості льону, його біохімічний склад, у якому пріоритетне місце займають Омега-3 та Омега-6 жирні кислоти, а також харчові волокна; показано позитивний вплив лляного насіння на організм людини, а також описуються фізико-хімічні властивості лляного борошна.

В даний час завдання забезпечення населення функціональними та спеціалізованими продуктами не втрачає актуальності. Насіння льону багате вмістом жирів, протеїнів, клітковини та вітамінів, які так необхідні нашому організму.

2. Проаналізовано основні технологічні властивості та хімічний склад обраної сировини для створення борошняної композиційної суміші.

3. Розроблено технологічну схему отримання борошняної композиційної суміші, що дозволяє розширити асортимент борошна та підвищити біологічну цінність продуктів за рахунок збагачення борошна пшеничного насінням льону, яке містить в своєму складі значну кількість біологічно активних сполук, наприклад ω -3 і ω -6 жирні кислоти.

4. Борошняна композиційна суміш, отримана шляхом спільного розмелювання бінарної зернової суміші, що складається з 92,5 % зерна пшениці та 7,5 % насіння льону, може бути використана для виробництва хлібопродуктів збалансованого складу.

5. Вивчення динаміки зміни значень показника кислотного числа жиру протягом 6 місяців дало можливість спрогнозувати термін безпечного зберігання розроблених зразків борошняної композиційної суміші, що складають 9 місяців за умови дотримання відповідних умов зберігання.

6. Отримані результати пробного випікання хліба та аналіз їх якісних показників однозначно підтверджують можливість використання борошняної композиційної суміші в рецептурі хлібобулочних виробів. Встановлено, що

внесення 5 % льону у бінарну суміш позитивно впливає якість хліба і є оптимальним зразком, який відповідає основним показникам якості. Формостійкість у такого хліба висока, вище за контроль на 4,8 %. Форма правильна, округла, з достатнім підйомом, поверхня злегка шорстка, без тріщин, колір шкоринки жовто-коричневий. М'якуш світло-коричневого кольору, еластичний, але трохи заминається. Пористість рівномірна, пори дрібні, тонкостінні. Відчувається масляний присмак. Загальна хлібопекарська оцінка у даного варіанта перевищила контроль на 6,7%.

7. На основі проведеного математичного моделювання визначено оптимізуючі фактори, перевірено їх суттєвість за допомогою розрахунку коефіцієнтів рівняння регресії та знайдено загальний вигляд функції відгуку.

8. Виконавши економічні розрахунки встановлено, що гарантований термін повернення інвестицій складає 1 рік і 8 місяців, що є меншим за термін життя проекту (5 років). Рентабельність виробництва 32%, при затратах на 1 грн. - 76 коп.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Історія та поширення льону – Режим доступу: <http://agrosience.com.ua/plant/znachennya-istoriya-ta-poshyrennya-lonu-oliinogo> – 12.10.2023 р.
2. Історія льону – Режим доступу: https://lintex.com.ua/uk/index.php?route=information/news&news_id=5 – 16.10.2023 р.
3. Соціально-економічні та історичні особливості становлення українського льонарства – Режим доступу: <http://ethnic.history.univ.kiev.ua/data/2001/8/articles/10.pdf> – 17.10.2023 р.
4. Фармацевтична енциклопедія / Льон звичайний –Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2116/lon-zvichajnij> - 05.11.2023 р.
5. Насіння льону (*linum usitatissimum* L.) як цінний харчовий ресурс – Режим доступу: <https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/10417/1/2.pdf> - 12.11.2023 р.
6. Коваль О. А. Насіння льону – найбагатше джерело біологічно активних речовин. *YoungScientist*. 2017. № 11 (51). С. 35-37.
7. Лікарські рослини: енциклопедичний довідник/ [авт. Кол., ред. – упоряд. А.М. Гродзінський. – К.: В-во «Українська енциклопедія» (м. М.П. Бажана, Укр. Виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. – 544с. (іл.)
8. Особливості вирощування льону олійного – Режим доступу: <http://propozitsiya.com.ua/osoblivosti-viroshchuvannya-lonu-oliynogo> - 12.11.2023р.
9. Екстракт льону – найважливіше про продукт. – Режим доступу: <https://prymaflora.com/article/sila-lna> - 12.11.2023 р.
10. Коропченко С. П. Насіння льону – цінний екологічний продукт. Інститут луб'яних культур НААН. УДК 633.521. С. 140-144.
11. Слободянюк Н. М. Харчова та біологічна цінність насіння льону : УДК 613.292:582.741:581.141 / Н. М. Слободянюк, Ю. Г. Сухенко, І. А. Веретинська. – К.: Наукові праці, випуск 46, том 1, 2014 – с. 91-94.

12. Веретинська І. А. Вивчення хімічного складу насіння льону для використання в технології виробництва січених напівфабрикатів : УДК 636.4.3 / І. А. Веретинська, Ю. І. Сухенко. – К.: Наукові доповіді НУБіП, 2013 – 7 с.
13. Клевцов К. М. Дослідження біохімічних і фізико-хімічних властивостей компонентів насіння льону. Вісник ХНТУ. 2015. №4 (55). С.111-117.
14. Полумбрік М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини.– К.: Академперіодика, 2011. — 487 с // "Журнал Національної академії медичних наук України", 2011, т. 17, № 3.
15. Стеценко Н. О. Характеристика комплексу слизоутворюючих полісахаридів, екстрагованих з насіння льону. Науковий журнал «Мистецтво наукової думки». 2018. № 1. С.165-167.
16. Бондаренко Ю. В. Використання насіння золотого льону та вівсяної закваски у виробництві пшеничного хліба : УДК 664.663.9 / Ю. В. Бондаренко, Л. А. Михонік, О. А. Білик, О. В. Кочубей-Литвиненко, Г. М. Андронович, І. А. Гетьман. – К.: Наукові праці, 2019 – 22 с.
17. Білик О.А. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями: Дис. кандидата технічних наук- 05.18.01. - К., 2006. – С. 124
18. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. - К.: Руслана, 1998.-415с.
19. Лозова Т. М. Управління якістю та безпечністю продукції харчової галузі : підручник / Т. М. Лозова, І.В. Сирохман. –Львів : Растр-7, 2018. 398 с.
20. Жемела Г.П., В.І. Шемавн'юв, Олексюк О.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва, Полтава, 2003. – С.8
21. Мерко І.М., Моргун В.О Наукові основи і технології переробки зерна, Одеса, 2001. – С. 15
22. Насіння льону олійного для перероблення. ДСТУ 4967:2008. [Чинний від 26.03.2008]. Київ: Держстандарт України, 2010.
23. Насіння олійних культур. Методи визначення вологості. ДСТУ 4811:2007. [Чинний від 01.01.2009]. Київ: Держстандарт України, 2009.

24. Державний стандарт України. Борошно, побічні продукти і відходи. Терміни та визначення, ДСТУ 2209-93. – Київ:1993. – 55 с.
25. Методика визначеннякислотного числа жиру – Режим доступу: <http://studfile.net/preview/5283725/page:7/> - 27.11.2023 р.
26. Методика проведеннякваліфікаційноїекспертизисортіврослин на придатність до поширення в Україні. Методивизначенняпоказниківякостіпродукціїрослинництва– Режим доступу: <http://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f41997447d.pdf>- 15.12.2023р.
27. Методика визначеннякислотності (титрованої) – Режим доступу: studfile.net/preview/5193901/page:21/ - 27.12.2023
28. Інновації в зерновихтехнологіях [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до викон. курсового проекту для здобувачівосвіт. ступ. "Магістр" спец. 181 "Харчовітехнології" освіт.-проф. програми "Технологіїзберігання і переробки зерна" ден. та заоч. форм навч. / уклад. : А. В. Шаран, Є. І. Харченко ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2021. 62 с.
29. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – Київ. 1988. – 145 с.
30. Настанова з визначення вартості будівництва/Кошторисні норми України – Режим доступу: <https://radnuk.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/knu-nastanova-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva> – 25.01.2024 р.
31. Норми тривалості робочого часу на 2024 рік – Режим доступу: <https://services.dtkk.ua/catalogues/worktime/143-normi-trivalosti-robocogo-casu-na-2024-rik> - 27.01.2024р.
32. Утриманняіззаробітної плати 2023– Режим доступу: https://www.golovbukh.ua/article/7612-podatki-z-zarplati#anc_1 – 26.01.2023р.
33. Планування амортизаційних відрахувань та віднесення їх на об'єкти калькуляції – Режим доступу: <https://buklib.net/books/27903/> - 02.02.2024р.
34. Офіційний сайт Державної служби ститистики України – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua>

35. Rajiv, J., Indrani, D., Prabhasankar, P. and Rao, G. V. (2012). Rheology, fatty acid profile and storage characteristics of cookies as influenced by flax seed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science and Technology*, 49(5), 587–593. doi: [10.1007/s13197-011-0307-2](https://doi.org/10.1007/s13197-011-0307-2) – Режим

доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550852/>

36. Lei, B., Li-Chan, E., C., Oomah, B., D., Mazza, G. (2003). Distribution of cadmium-binding components in flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. See comment in PubMed Commons below *J Agric Food Chem.*, 51, 814–821. DOI: [10.1021/jf0209084](https://doi.org/10.1021/jf0209084) – Режим

доступу: https://www.researchgate.net/publication/10943076_Distribution_of_Cadmium-Binding_Components_in_Flax_Linum_usitatissimum_L_Seed

37. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. – Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. – 407 с.

38. Zadorozhny V. G., Chulak L. D., Chulak Yu. L., Chulak O. L., Yanchak I. I. (2017) Ultrasonic extraction of flax polysaccharides. *Journal of Education, Health and Sport*; 7(9) :692-702. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3264724>

<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/7102>

39. Корж Т. В., Супрун-Крестова О. Ю., Кирилюк В. В. (2020) Вплив параметрів водотеплового оброблення насіння льону на перехід сухих речовин у воду. *Наукові праці НУХТ. Том 26, № 1. С. 204-212. DOI: 10.24263/2225-2924-2020-26-1-24*

40. Верещагін, І. В., Кандиба, Н. М., Сташко, М. Р., & Недогибченко, А. С. (2022). НАСІННЯ ЛЬОНУ (*LINUM USITATISSIMUM* L.) ЯК ЦІННИЙ ХАРЧОВИЙ РЕСУРС. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*, 45(3), 18-26. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.3.3>

41. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції : курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2016. 249 с.

42. Загальні технології харчових виробництв [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для здобувачів освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 051, 061, 071, 072, 073, 075, 076 ден. і заоч. форм навч. / уклад. : А. М. Куц, М. В. Карпутіна, Т. Г. Осьмак, О. А. Топчій, Т. О. Тракало, Н. О. Фалендиш, С. А. Шульга ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2021. 103 с.

43. Оптимізація та статистичні методи аналізу в харчових технологіях. Модуль 1. Оптимізація технологічних процесів в зернових технологіях [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для здобувачів освіт. ступ. "Магістр" спец. 181 "Харчові технології" освіт.-проф. програми "Технології зберігання і переробки зерна" ден. та заоч. форм навч. / уклад.: Є. І. Харченко, Т. В. Корж ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2021. 26 с.

44. Організація виробництва і планування діяльності підприємств (харчова промисловість) : навч. посіб. / Т. В. Рибачук-Ярова, С. П. Дунда, І. В. Тюха ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2022. 227 с.