

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва кексів з
додаванням борошна пшеничного
екструдованого**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-2-21 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Аліна ДОН

Керівник: _____ Олег ТЕРТИШНИЙ

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«07» травня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Дон Аліні Владиславівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва кексів з додаванням борошна пшеничного екструдованого».

Керівник роботи: Тертишний Олег Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» травня 2025 року № 963.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 09 червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва кексів з додаванням пшеничного екструдованого борошна вищого гатунку. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літературних джерел. 2 Об'єкти та методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Схема проведення експерименту. 3 Обговорення результатів досліджень. 4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Доцент Олег ТЕРТИШНИЙ	07.05.25	09.06.25

7. Дата видачі завдання 07 травня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	07.05-08.05.25	виконано
2	Огляд літературних джерел	09.05-14.05.25	виконано
3	Об'єкти та методи досліджень	15.05-16.05.25	виконано
4	Експериментальна частина	17.05-31.05.25	виконано
5	Охорона праці та довкілля	01.06-02.06.25	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.25	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.25	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-09.06.25	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Аліна ДОН
(підпис)

Керівник роботи _____ Олег ТЕРТИШНИЙ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва кексів з додаванням борошна пшеничного екструдованого»

Кваліфікаційна робота: 60 сторінок, 7 рисунки, 18 таблиця, 0 додатків, 40 літературних джерел.

Об'єктом дослідження є вивчення технології кексів з використанням екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку.

Предметом дослідження є ЕПБ, отримане інтенсивним гідротермічним впливом на борошно пшеничне хлібопекарське вищого ґатунку.

Метою роботи є розробка технології виробництва кексів з використанням сировини, що містить крохмаль, що дозволяє інтенсифікувати традиційні технології, розширити асортимент і підвищити якість виробів.

Для забезпечення конкурентоспроможності борошняних кондитерських виробів не менш актуальним є розширення асортименту масових виробів, що відповідають цілям збалансованого та адекватного харчування. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом глибоких традиційних досліджень, розробки та впровадження нових технологій, що дозволяють інтенсифікувати виробництво, забезпечити високу якість хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів.

Доцільність використання екструдованого борошна пшеничного хлібопекарського вищого ґатунку обумовлена можливістю підвищення стабільності якості кексів, збільшенням виходу готових виробів, поліпшенням зовнішнього вигляду продуктів та продовженням терміну їхньої придатності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Кекси, екструдоване борошно, пшеничне борошно, кислотність, намоочуваність, набухання, вологість, термін зберігання, дослідження, технологія, готовий виріб.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	9
1.1 Обґрунтування вибору об'єкта досліджень	9
1.2 Теоретичні аспекти процесу виробництва кексів з використанням екструдованого пшеничного борошна вищого гатунку	10
1.3 Еволюція процесу екструзії	14
1.4 Види екструзії	17
Висновки за розділом	24
2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
2.1 Сировина та матеріали досліджень.....	26
2.2 Методи досліджень, що застосовуються у роботі.....	26
2.2.1 Методи досліджень властивостей сировини	26
2.2.2 Методика визначення водоутримуючої здатності борошна.....	28
2.2.3 Методика визначення набухаючої здатності борошна	29
2.2.4 Методи дослідження інших видів сировини	30
2.2.5 Методи досліджень властивостей напівфабрикатів	30
2.2.6 Методи дослідження готових виробів	31
Висновки за розділом	31
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	32
3.1 Визначення раціонального дозування екструдату пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку	32
3.2 Вплив екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку на вологість тіста	33
3.3 Вплив екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку на щільність тіста.....	34
3.4 Вибір складу борошняної суміші з використанням екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку для виробництва кексів	35

3.5 Дослідження функціонально-технологічних характеристик пшеничного хлібопекарського борошна та ЕПБ	39
3.6 Оцінка показників якості продукції на момент закінчення терміну придатності	42
Висновки за розділом	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	45
4.1 Розроблення картки з охорони праці для працівників цеху з виробництва борошняних кондитерських виробів	45
4.2 Утилізація відходів під час виробництва борошняних кондитерських виробів.....	46
Висновки за розділом	47
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
5.1 Витрати на проведення досліджень	48
5.2 Визначення вартості дослідження	51
Висновки за розділом	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
БІБЛІОГРАФІЯ.....	55

ВСТУП

Борошняні кондитерські вироби завжди були серед улюблених ласощів українців, за що й мають неабиякий попит.

Ринок таких виробів поділяється на різні категорії, серед яких: печиво, торти й тістечка, пряники, вафлі, кекси, баби та рулети, галети й крекери, а також інші кондитерські вироби з борошна.

Кекси, формують найбільшу частку на споживчому кондитерському ринку за обсягом продажів.

Виготовлення борошняних кондитерських виробів базується на переробці як вітчизняної, так і імпортованої сировини. З огляду на розширення ринку української сировини та появу новаторських продуктів нового покоління, з'являються нові можливості для розвитку та впровадження ресурсоощадних технологій, що є нагальним напрямом актуальних наукових досліджень.

Забезпечення конкурентоздатності борошняних кондитерських виробів вимагає розширення асортименту масової продукції, яка відповідає принципам збалансованого та адекватного харчування. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом глибоких традиційних досліджень, розробки та впровадження нових технологій, що дозволяють інтенсифікувати виробництво, забезпечити високу якість хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів.

Доцільність використання екструдованого борошна пшеничного хлібопекарського вищого ґатунку обумовлена можливістю підвищення стабільності якості кексів, збільшенням виходу готових виробів, поліпшенням зовнішнього вигляду продуктів та продовженням терміну їхньої придатності.

Метою роботи є розробка технології виробництва кексів з використанням сировини, що містить крохмаль, що дозволяє інтенсифікувати традиційні технології, розширити асортимент і підвищити якість виробів.

Для досягнення визначеної мети, окреслено такий перелік завдань:

- вивчити вплив екструдування борошна пшеничного хлібопекарського вищого ґатунку на реологічні властивості тіста;

- встановити дозування екструдата борошна пшеничного хлібопекарського вищого ґатунку у складі борошняної основи рецептурної суміші для виробництва кексів;

- вивчити вплив екструдованого борошна пшеничного хлібопекарського вищого ґатунку на фізико-хімічні властивості тіста для кексів;

- розробити рецептури кексів з використанням екструдованого борошна пшеничного хлібопекарського вищого ґатунку, з метою отримання продукції з кращими органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками;

- обґрунтувати збільшення термінів придатності кексів, що містять екструдоване борошно пшеничне хлібопекарське вищого ґатунку;

- розрахувати вартість проведених експериментальних досліджень.

Об'єктом дослідження є вивчення технології кексів з використанням екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку.

Об'єктом дослідження є екструдоване пшеничне борошно, що було виготовлене шляхом інтенсивного гідротермічного впливу на пшеничне борошно для хлібопечення вищого ґатунку.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Обґрунтування вибору об'єкта досліджень

З метою підтримки конкурентноздатності борошняних кондитерських виробів, ключовим є розширення лінійки масової продукції, що відповідає потребам збалансованого та раціонального харчування. Вирішити цю задачу можна через пошук нових видів сировини, які мають необхідні технологічні характеристики, а також багатий хімічний склад. Структурні компоненти цієї сировини мають не лише прискорювати виробництво борошняних кондитерських виробів, а й збагачувати їх комплексом біологічно активних сполук, мінералів, білків, жирів та вітамінів.

Одним з типів сировини є екструдоване борошно, отримане через екструзійну обробку зернових культур, таких як: пшениця, жито, овес, ячмінь, просо та інші.

- Доцільність ширшого застосування екструдованого борошна на додачу до традиційного обумовлена тим, що за одноразової короткочасної обробки сухого зерна (борошна) можливо:

- отримати готові до використання харчові продукти чи складники, які мають високу здатність утримувати воду та жири, а також продукти, цілком готові до вживання;

- підвищити засвоюваність сировини та збільшити ступінь її використання;

- зменшити мікробне забруднення сировини та нейтралізувати термочутливі антипоживні речовини.

Кожен із компонентів сировини в процесі екструзії зазнає ряду суттєвих змін.

Крохмаль під час екструзії піддається гідролізу, в результаті підвищується його розчинність, перетравлюваність. Крохмаль частково зв'язується з жирами та

білком.

Білкові молекули під час екструзії розгортаються у структурі, зазнають делікатної денатурації. Відбувається зростання кількості пептидів та вільних амінокислот, що зрештою збільшує їхню перетравлюваність. Антипоживні протеїни-ферменти, трипсин-інгібітори, повністю втрачають свою активність, піддаючись денатурації.

Ліпіди при екструзії зберігають свої властивості, оскільки відбувається інактивація окисних ферментів (ліпаз і ліпоксигеназ), що сприяють окисленню жирів, хоча очевидно, що через одержування в процесі екструзії пористості продукту окислення ліпідів могло б відбуватися набагато швидше, ніж у вихідній сировині [8].

Таким чином, очевидно, що використання екструзійної обробки перспективне при переробці сухого зерна (борошна) злакових та бобових культур та для отримання функціональних компонентів на його основі, з яких легко створювати найрізноманітнішу продукцію.

1.2 Теоретичні аспекти процесу виробництва кексів з використанням екструдованого пшеничного борошна вищого гатунку

Мета даного розділу – представити в комплексі процеси, що відбуваються з борошном при виробництві кексів і напівфабрикатів для них, а також намітити шляхи керування цими процесами.

У борошні присутні багато видів вуглеводів: прості цукри, також відомі як моносахариди (глюкоза, фруктоза, арабіноза, галактоза); дисахариди (сахароза, мальтоза, рафіноза); крохмаль, клітковина, геміцелюлози, пентозани.

Середній склад пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку:

- вуглеводи – 73,5 %, у тому числі крохмаль – 71,0 %, розчинні цукру – 2,4 %, целюлоза – 0,1 %;
- білки – 13,0 %, у тому числі 12,0 % білка, що утворює клейковину, 1,0% водорозчинних білків;

- вода – 14,0 %, в якій міститься жирів – 1,0 %, мінералів – 0,1 %.

Численні наукові роботи акцентують увагу на важливості крохмалю, що є ключовим вуглеводом, присутнім у борошні у вигляді зернин, розміри яких варіюються від 0,002 до 0,15 мм. Розміри та форма крохмальних зерен демонструють характерні відмінності, властиві різним типам та сортам борошна. Крохмальне зерно складається з амілози, що утворює його внутрішню структуру, та амілопектину, який складає зовнішню оболонку. Співвідношення кількості амілози та амілопектину в крохмалі різних зернових культур відрізняється, сягаючи пропорцій 1:3 або 1:3,5. Амілоза відрізняється від амілопектину меншою молекулярною масою та простішою структурою молекули. Молекула амілози формується з 300 – 8000 залишків глюкози, які зв'язані в прямі ланцюги. Молекула амілопектину має розгалужену структуру і містить до 6000 залишків глюкози. Під впливом гарячої води амілопектин набухає, а амілоза розчиняється.

У процесі виготовлення кексів крохмаль відіграє важливу роль:

- Він вбирає воду під час замішування, допомагаючи тісту тримати форму;
- Під час випікання відбувається клейстеризація, крохмаль вбирає воду та сприяє утворенню м'якуша всередині;
- Відповідає за черствіння готових виробів та впливає на їх термін придатності.

Процес клейстеризації – це набухання крохмальних зерен у гарячій воді. У ході цього процесу зерна збільшуються в розмірі, втрачають щільність і стають більш сприйнятливими до впливу амілолітичних ферментів. Для пшеничного крохмалю температура клейстеризації становить 60 – 88 °С, а для житнього – 50 – 55 °С.

Фізичний стан крохмалю в борошні істотно впливає на властивості тіста і кінцеву якість готових виробів. Розмір і цілісність зерен визначають консистенцію тіста, його здатність поглинати воду та кількість цукрів у ньому. Менші або пошкоджені крохмальні зерна краще зв'язують вологу та легше піддаються ферментативному розщепленню порівняно з більшими, щільнішими

структурами [27].

Крохмальні зерна мають кристалічну, тонкопористу структуру і добре зв'язують воду. Під час випікання крохмаль може утримувати до 80 % води, присутньої в тісті. Під час зберігання відбувається старіння крохмального клейстеру (синерезис), що сприяє черствінню хлібобулочних виробів.

Мікроскопічні дослідження крохмалю пшениці показують його шарувату будову, яка добре виявляється після тривалої дії холодної соляної кислоти. Використання растрової електронної мікроскопії дало змогу детально вивчити структуру зерен до і після обробки ферментами. З'ясовано, що внутрішні частини зерна і кілька зовнішніх шарів залишаються стійкими до кислоти, тоді як решта шарів піддається гідролізу. Подібну картину нерівномірного розщеплення спостерігають і під дією α -амілази

За допомогою електронної мікроскопії можна визначити збережені шари крохмалю товщиною від 800 до 1200 Å. Дрібні зерна, на відміну від великих, не мають екваторіальної борозенки і часто мають заглиблення в центрі.

Особливу увагу приділяють поверхневій структурі крохмальних зерен, що впливає на їх здатність до сорбції водяної пари та крапельної вологи, а також на реакційну активність під час гідролізу. При обробці 30%-м розчином натрієвої саліцилової кислоти з крохмалю частково вимивається внутрішній вміст, залишаючи зовнішні оболонки, які фарбуються в червоно-фіолетовий колір при взаємодії з йодом.

Крохмаль має низку фізико-хімічних властивостей, що визначають структурні та механічні характеристики борошняних водних систем і гідролізатів. Основними з них є водопоглинальна здатність, температура клейстеризації, в'язкість і еластичність отриманих гелів [5].

Відповідно до наявних даних, швидкість вбирання води та збільшення об'єму крохмальних зерен значною мірою залежить від температурного режиму. Поглинання води за температури в діапазоні 20 – 30 °C завершується приблизно за годину, супроводжуючись збільшенням об'єму крохмальних зерен до 50 % від початкового значення. Збільшення температури у межах від 40 до 60 °C стимулює

розчинність крохмалю, проте об'єм зерен зростає незначно. Підвищення температури до 60 °C та вище ініціює процес клейстеризації крохмалю, який супроводжується стрімким збільшенням об'єму крохмальних зерен. У холодній воді спостерігається незначне набрякання крохмалю. Це свідчить про присутність міцних внутрішньомолекулярних зв'язків у кристалічних зонах зерен, що перешкоджають розчиненню. Проте, за умови руйнування цих зв'язків, наприклад, внаслідок механічного впливу (екструзія) або біохімічної обробки (кисотно-ферментативний гідроліз), у холодній воді спостерігається набухання та часткова клейстеризація. З'ясовано, що початок клейстеризації крохмалю борошна пшеничного хлібопекарського вищого сорту розпочинається при температурі 55 – 57 °C, а завершується при 60 °C.

Клейстеризація крохмалю проходить у три послідовні стадії: початкова, проміжна та завершальна. На першому етапі крохмальні зерна втрачають властивість подвійного променезаломлення, що видно як зникнення характерних поляризаційних хрестів у мікроскопі. На другій стадії близько половини зерен переходять у гелеподібний стан, при цьому першими набухають і клейстеризуються великі зерна. Третій етап характеризується повним перетворенням золю в гель, що супроводжується різким підвищенням в'язкості суспензії [12].

Під час екструзійної обробки змінюється склад борошна: зазнають перетворень вуглеводи, білки, жири та вітаміни. Найбільші зміни спостерігаються у вуглеводному комплексі, особливо в крохмалі.

Найбільш значущі перетворення під час екструзійного оброблення відбуваються у вуглеводному комплексі борошна, зокрема, у крохмалі.

Крохмаль — це високомолекулярна речовина, утворена з'єднанням багатьох молекул, що належать до двох полісахаридів: амілози та амілопектину. Вони відрізняються будовою, вагою молекул і способом взаємодії з речовинами.

Амілоза — це складова частина крохмалю, яка є полісахаридом. Її молекула зазвичай має лінійну форму. У цьому лінійному полімері рештки глюкози об'єднані переважно глюкозидними зв'язками. Амілоза повністю розкладається

амілазою з неальдегідного кінця частинами, відокремлюючи по два глюкозні залишки. Внаслідок цього, додається одна молекула води, формуючи мальтозу.

Амілопектин має здебільшого розгалужену будову макромолекули. У його структурі глюкозні залишки з'єднані α -1,4-глікозидними зв'язками, а в місцях розгалуження — зв'язками типу α -1,6, які значно стійкіші до розщеплення й розпадаються приблизно вчетверо важче, ніж α -1,4. Під час дії амілази у процесі ферментативного гідролізу розщеплюються лише зовнішні α -1,4-зв'язки, тоді як α -1,6-зв'язки залишаються майже недоторканими. На відміну від амілози, амілопектин не розчиняється у воді і при взаємодії з йодом утворює фіолетове забарвлення [11].

Екструзійна обробка зумовлює формування пористої полідисперсної структури. Це, зокрема, означає руйнування крохмальних зерен та утворення часточок складної форми, що превалює. Пористість та формат часточок залежать від конкретних умов, які використовують в процесі екструзії.

1.3 Еволюція процесу екструзії

Екструзія (з лат. — «виштовхування», «видавлювання») — це процес, що поєднує термічну, гідродинамічну та механохімічну обробку сировини з метою створення продуктів із новими структурними та функціональними характеристиками. Цей метод відомий вже досить давно.

У численних наукових публікаціях, присвячених екструзійним технологіям, наголошується, що сировинна база для екструзії є надзвичайно широкою і включає різні органічні матеріали, зокрема продукти як рослинного, так і тваринного походження.

Перші екструдери з'явилися ще в 1868 році у Великій Британії — їх застосовували для виготовлення ковбас. У той час вони виконували здебільшого функції інтенсивного перемішування м'ясного фаршу та формування готового продукту, без суттєвого термохімічного впливу на сировину. Лише наприкінці 1940-х років була створена технологія варильної екструзії, яка забезпечувала

глибокі й незворотні зміни в сировині, зокрема повну або майже повну клейстеризацію крохмалю.

Справжній прорив у розвитку екструзійної техніки та технологій відбувся у 1960-х роках, коли в Європі та Америці понад 40 компаній почали активно виробляти екструдери для різних типів сировини та створювати нові продукти з унікальними фізико-хімічними й функціональними властивостями. У цей період також були закладені наукові основи як холодної, так і гарячої екструзії. Екструзійну обробку сировини, що застосовується в харчовій промисловості, можна охарактеризувати як безперервний процес переробки крохмалевмісної сировини та інших харчових матеріалів у готові вироби або напівфабрикати при комплексному впливі тепла, вологи, тиску і напружень зсуву (зрізових зусиль). Від традиційних процесів, що використовуються в харчовій галузі для вологотеплової обробки сировини, екструзія відрізняється тим, що зазвичай відбувається за високих показників температури, тиску, напруження зсуву, незначного вмісту вологи та за короткий період.

У роботах [14, 16, 17] зазначається, що у рослинному матеріалі міститься достатня кількість води, що слабо пов'язана з іншими його складовими. Автори вважають, що це адсорбційно пов'язана волога та волога набухання. Молекули такої води мають достатній запас кінетичної енергії і вільно проникають усередину частинок сировини, слабо зв'язуючись при цьому з активними центрами біополімерів. При інтенсивних механічних впливах продукт і його нагріванні, які мають місце при екструзії, відбувається зниження енергії зв'язку молекул води, що у частках сировини. Це запускає низку процесів, які включають набухання, руйнування крохмальних зерен, їх часткове розчинення та формування однофазної дисперсії, що має консистенцію однорідної маси, подібної до макаронного тіста. На відміну від макаронного тіста, що традиційно випресовується, екструзійна гомогенна маса має термодинамічно нестійку структуру і високий ступінь клейстеризації зерен [6].

Основний принцип екструзійної обробки, таким чином, полягає в переробці різних матеріалів в екструзійних установках, функціональне призначення яких

полягає в змішуванні інгредієнтів, пластифікації маси та формуванні.

Останніми роками зустрічається дедалі більше публікацій, присвячених виготовленню лікувально-профілактичних продуктів з допомогою екструзійної обробки, зокрема термопластичної екструзії.

Процес термопластичної екструзії широко використовується у харчовій промисловості. Унікальною особливістю цього процесу є його універсальність як по сировині, що переробляється, так і по кінцевим продуктам. З його допомогою переробляють білки, полісахариди, суміші білків і суміші білків з полісахаридами, цільозмелене зерно, вторинну сировину м'ясної, молочної та рибної промисловості.

В результаті екструзійної обробки біополімерів отримують готові сніданки, закуски, аналоги м'ясо- і рибопродуктів, макарони та каші швидкого приготування. Виробництво широкого спектра продуктів базується, по-перше, на потужній промисловій базі фірм, що випускають екструдери різних модифікацій та продуктивності, і, по-друге, на жорсткому контролі сировини, якості кінцевих продуктів і технологічних параметрів процесу. Завдання отримання екструзійних продуктів харчування із заданими фізико-хімічними та споживчими властивостями вирішується шляхом емпіричного підбору технологічних параметрів процесу та екструдованої сировини [10].

На основі сировини з рослин, шляхом термопластичної екструзії, виробляють чималий асортимент харчових виробів. Вони охоплюють як заміники м'яса та риби, так і готові сніданки та снеки.

Основними складовими екструзійних виробів виступають протеїни та крохмалі. Екструдати з однорідною або пористою макроструктурою здебільшого мають до 80 % крохмалів та 10 – 15 % білків (за виключенням регуляторів функціональних властивостей фаршів, що являють собою екструзійні харчові продукти з волокнистою макроструктурою, де вміст білка сягає до 80 %, а крохмалів – до 10 – 5 %). Екструзійні харчові вироби, в основному збагачені крохмалем, здатні демонструвати ізотропну та анізотропну мікроструктури, натомість продукти, ключовим компонентом яких виступають білки,

вирізняються анізотропною мікроструктурою.

Спостереження за процесом екструзії здійснюється шляхом контролю, як мінімум, трьох параметрів: вологості сировини, що екструдується, температури в різних зонах екструдера, а також швидкості обертання шнека. В екструдері виділяють кілька основних зон – живлення, плавлення та дозування, а також головку екструдера з фільєрою.

Переваги, які дозволяє отримати метод екструзійної обробки [7]:

- інтенсифікування виробничого процесу;
- підвищення рівню використання сировини;
- отримання готових до застосування харчових продуктів або створення для них компонентів, що володіють високою водо- і жирутримуючою здатністю;
- зниження виробничих витрат (витрати тепла, електроенергії);
- зниження трудових витрат;
- розширення асортименту харчових продуктів;
- підвищення засвоюваності;
- зниження мікробіологічного забруднення продуктів;
- зменшення забруднення довкілля.

Окрім того, екструзія спричиняє значні перетворення й текстурування не тільки на клітинному рівні, але й складні хімічні, мікробіологічні (стерилізація), фізичні процеси та явища.

Перетравлення їжі у людей та тварин, з фізіологічної точки зору, базується на механічному руйнуванні харчових продуктів, після чого йде їх кислотна та ферментативна обробка. Відбувається перетворення складних речовин на простіші, що, своєю чергою, вимагає великих затрат фізичної енергії. Відтак, екструдовані харчові продукти в значній мірі пом'якшують низку проблем, особливо для тих, хто має певні хвороби.

1.4 Види екструзії

В залежності від температури матеріалу перед фільєрою, виділяють три

головні типи екструзії: холодну, теплу і гарячу. Під час холодної екструзії температура маси, що екструдується, перед фільєрою не підіймається вище 50 °С, в теплій вона коливається в межах від 60 до 100 °С, а у гарячій – від 120 до 200 °С.

Холодна екструзія визначається виключно механічними змінами у матеріалі під час повільного руху та формування виробу.

Застосовують холодну екструзію досить широко, надаючи форму кондитерським масам у вигляді джгутів. Це актуально при виробництві цукерок різних видів, батончиків та інших кондитерських виробів. Також метод використовують для жувальної гумки, тестових заготовок для хлібних паличок, та у процесі приготування сухих сніданків з наступним етапом теплової обробки.

Проте, найбільшого поширення холодна екструзія набула у харчовій галузі, де її використовують для виготовлення класичних макаронних виробів. Найперші шнекові преси для макаронів почали застосовувати для безперервного пресування макаронів у 30-х роках минулого століття, і на сьогоднішній день їх використовують повсюдно, від невеликих виробництв до масштабних макаронних фабрик, саме для формування виробів.

На переконання дослідників, у методі теплої екструзії сухі складові сировини поєднують з визначеною часткою води та подають у екструдер, де на додаток до механічного впливу вони піддаються тепловій обробці. Додатково здійснюється нагрівання продукту зовнішніми нагрівачами. Отриманий продукт (екструдат) вирізняється невисокою щільністю, збільшеним об'ємом, пластичністю, пористою структурою. Найчастіше екструдований продукт потребує додаткової обробки, а саме сушіння або охолодження. Цим способом виготовляють окремі види снєків.

Окрім потенційного використання теплої екструзії для формування макаронного тіста, найбільше застосування вона знаходить у виробництві напівфабрикатів сухих сніданків з пористою (спученою) структурою. Ключовою вихідною сировиною для їхнього приготування виступають: пшеничне та житнє борошно, картопляне борошно, крохмаль, крупка, пластівці, борошно, крупи та

інша сировина, яка містить крохмаль.

Екструдовані напівфабрикати для сухих сніданків – це продукти, сформовані у формі локшини, вермішелі або інших фігур та висушені до показника вологості 8 – 12 %. У такому вигляді напівфабрикати відрізняються високою щільністю, міцністю, що сприяє їх тривалому зберіганню. Щоб з них приготувати спучені (експандовані) сухі сніданки з тонкою, хрусткою, пористою структурою, що нагадує структуру сухого печива-крекери (тому аналогічні сухі сніданки також називаються крекерами), достатньо занурити їх на 10 – 20 секунд у рослинну олію, нагріту до температури 170 – 190 °C [10].

Механізм спучування напівфабрикату під час обсмажування у фритюрі відбувається наступним чином. У процесі екструзії, в шнековій камері, внаслідок желатинізації крохмалю формується гелеподібна структура, яка після висушування перетворюється на склоподібну масу. Коли висушений напівфабрикат потрапляє в гаряче середовище фритюру, його структура стає пружноеластичною, подібною до гуми. Волога, що міститься всередині гелю, перетворюється на пару, яка, не маючи виходу назовні, створює в середині продукту численні дрібні пухирці, що спричиняє спучування й утворення піноподібної структури з паралельним зневодненням.

Якщо в напівфабрикаті залишаються крохмальні зерна, що зберегли свою цілісність, вони формують мікропори, через які пара може виходити, зменшуючи інтенсивність спучування. Чим більше в продукті залишилось нативного, не желатинізованого крохмалю, тим менше він розширюється під час обсмажування.

У технології виготовлення крекерних напівфабрикатів за допомогою теплової екструзії намагаються забезпечити максимально повне руйнування структури крохмальних зерен. При цьому велике значення має тип використовуваного крохмалю: зерна великого розміру (наприклад, картопляного крохмалю) легше піддаються руйнуванню, ніж дрібні (як у рисовому крохмалі). Крім того, на ступінь деструкції впливають технологічні параметри екструзії — особливо температурно-вологісні умови. Вони визначають в'язкість суміші, а відповідно й зусилля зсуву, яке чинить шнек на тісто.

На процес деструкції крохмалю також сильно впливають добавки. Такі компоненти, як жири, білки чи цукри, знижують тертя між крохмальними зернами та поверхнею шнека, виконуючи роль мастильного матеріалу. Це зменшує інтенсивність спучування, що призводить до утворення твердих виробів із неприємною для споживача консистенцією. Саме тому важливо індивідуально підбирати оптимальні співвідношення інгредієнтів та параметри процесу екструзії для кожного конкретного рецепту.

Гаряча екструзія, згідно з дослідженнями науковців [16, 18], сприяє спучуванню екструдату, яке відбувається безпосередньо під час виходу з фільтри матриці. Це зумовлено різким зменшенням тиску і температури, що спричиняє миттєве перетворення води на пару. Механізм утворення піни в структурі екструдату при гарячій екструзії, а також вплив різних факторів на ступінь спучування, значною мірою аналогічний тому, що спостерігається в процесі виробництва екструдованих сухих сніданків за технологією теплої екструзії. Зокрема, і в гарячій екструзії ключовим параметром, який визначає технологічні показники процесу та якість отриманого продукту, є в'язкість маси, що екструдується. Як і у випадку з теплою екструзією, ступінь руйнування крохмальних зерен під час гарячої екструзії може використовуватися як критерій для оптимізації технологічних параметрів.

Переваги використання гарячої екструзії полягають насамперед у стрімкості самого процесу та у звільненні від потреби висушування екструдату. Проте спучений екструдат, враховуючи його великий питомий об'єм, потребує значних площ для зберігання та суттєвих витрат на транспортування; крім того, задля покращення його текстурних характеристик, зокрема, щоб позбутися прилипання до зубів, його покривають олією, що скорочує термін придатності та вимагає додаткового оснащення. Тривалість зберігання обмежується ще й високою гігроскопічністю спінених виробів: вологість у них не повинна перевищувати 2 %, інакше продукція втрачає свою крихку, хрумку текстуру.

Окрім виготовлення розширених сухих сніданків, гаряча екструзія використовується для створення текстурованих продуктів на основі рослинного та

тваринного білка: у процесі гарячої екструзії глобулярна структура білка трансформується у фібрилярну, котра краще засвоюється людським організмом та тваринами. При цьому, пріоритетним фактором є не створювані зсувні зусилля у шнековій камері, а термічний вплив на масу, яка екструджується. Фінальні вироби екструзійної технології мають лише два варіанти структури: пористу або волокнисту макроструктуру.

На теперішній час закордонні виробники представляють великий вибір екструзійних машин. Це й дослідні зразки, і потужні промислові агрегати різноманітних конструкцій та варіантів. Їх створюють, щоб відповідати дедалі більшим запитам щодо якості та номенклатури товарів [7].

Чимало досліджень, присвячених вивченню техніки й технології екструзії у країнах Заходу, дало змогу систематизувати ключові типи цих машин та класифікувати їх за різними параметрами. На нашу думку, це найповніше розкриває суть екструзії сучасного обладнання для виробництва нових видів продукції.

У сучасній практиці екструзії використовуються два основні типи екструдерів: одношнекові та двошнекові. Ці екструдери відрізняються технічними характеристиками та параметрами, що впливають на режими переробки сировини.

Одношнекові екструдери призначені для обробки сировини, що містить крохмаль, а також рослинної білковмісної сировини. Вони мають як плюси, так і мінуси. До їх переваг належать простота конструкції, відносно низька вартість і можливість ремонту шляхом заміни або відновлення зношених деталей. Однак такі екструдери мають низьку здатність до якісного перемішування сировини, не забезпечують примусового транспортування матеріалу й не мають функції самоочищення. Крім того, складно організувати швидкий перехід з одного виду сировини на інший.

На двошнекових екструдерах можлива переробка широкого спектру сировини – від борошна до цілого зерна – що дозволяє значно зменшити витрати на підготовку вихідної сировини, уникнути необхідності досушування продукту

після екструзії [6].

Двошнекові машини, попри свою конструкційну складність (що веде до споживання енергії на 20 – 50 % вищого рівня, а їхня ціна перевищує на 60 %), трудомісткість у експлуатації і помітне зношування робочих компонентів, гарантують вищу якість виробленої продукції, точне дозування за об'ємом, поліпшене перемішування суміші, також реалізується ефект самоочищення. Крім того, вони справляються з переробкою сумішей з високим вмістом жирів та цукру, та не вимагають попереднього гідротермічного оброблення сировини.

Двошнекові екструдери, з огляду на особливості будови шнеків, можна розподілити на п'ять ключових різновидів: ті, що обертаються в одному напрямку зі взаємним зчепленням; ті, що обертаються в одному напрямку без зчеплення; з протилежним обертанням шнеків із взаємним зчепленням; з протилежним обертанням шнеків без зчеплення; з конічними шнеками.

Зчеплені шнеки спроектовані самоочисними. Це дозволяє уникнути налипання і пригорання матеріалу на шнек або корпус. Подібні проблеми часто виникають в одношнекових екструдерах, спричиняючи забруднення та нерівномірний вихід продукту з машини, ускладнюючи очищення обладнання.

Під час обертання шнеків у протилежні боки між валами виникають суттєві розтискальні зусилля, які спричиняють прискорене зношування корпусу, особливо помітне на великих швидкостях, необхідних для досягнення високої продуктивності обладнання. Отже, екструдери з шнеками, що крутяться в різних напрямках, доцільно використовувати лише для переробки низьков'язких матеріалів на невисоких обертах. Такі екструдери виробляє компанія Werner з Німеччини, їх застосовують у виробництві кондитерських виробів [11].

Шнеки, що обертаються в одному напрямку, з усіх боків оточені продуктом і не створюють зусиль, що розтискають, що дозволяє працювати з більш високими швидкостями обертання. Такий тип екструдерів найпоширеніший, і з їх допомогою можна вирішувати понад 90 % поставлених технологічних завдань.

На основі представлених даних стає очевидним, що застосування двошнекових (багатошнекових) екструдерів демонструє суттєву перевагу та

значно більші перспективи у порівнянні з одношнековими екструдерами в харчовій індустрії. Проте, на даний момент, використання одношнекової екструзії у виробництві харчових продуктів є критично важливим, і подальше дослідження цього процесу залишається вкрай актуальним завданням.

Важливу роль розробки нових рецептур грає напрям досліджень функціональних властивостей продуктів. Суть цього напрямку полягає у вмілому використанні фізико-хімічних уявлень про механізм харчових процесів для одержання продуктів із заданими властивостями та структурою. Відомо, що в основі одержання екструзійних продуктів пористої, волокнистої та однорідної структури лежать явища деформації дисперсних частинок гетерофазного розплаву біополімерів та його подальшого формування.

Оцінки якості споживчих властивостей продуктів, кількість параметрів, які характеризують їх якість, може бути скорочено до п'яти. Це такі параметри екструдатів, як жорсткість, крихкість, смак, їх індекс розширення та насипна маса. Останні два зазвичай використовуються при розробці нових рецептур базових екструзійних продуктів.

Функціональні властивості базових екструзійних продуктів є функцією параметрів системи – питомої механічної та теплової енергії, а також часу перебування частинок сировини, що екструдується, в каналі екструдера. У свою чергу, ці параметри залежать від параметрів процесу – продуктивності екструдера, частоти обертання шнеків та їх геометрії, розмірів структуруючих фільтер, температури проведення процесу, вологості сировини, що екструдується, його хімічного та гранулометричного складів.

При розробці нових рецептур продуктів з використанням методів системного аналізу, як констатується в роботі як ключова функціональна властивість може бути обраний лише один параметр – як індекс розширення екструдатів, так і їх насипна маса. Здатність крохмалів змінювати свої властивості внаслідок фізичного, хімічного, біологічного чи комбінованого впливу привертає увагу фахівців, які працюють над створенням нових видів крохмалепродуктів, які призначені для розширення асортименту харчових продуктів, підвищення якості

та вдосконалення технології виробництва. При проведенні дослідницьких та прикладних робіт [17, 18] у зазначеному напрямку приділяється увага більш поглибленому вивченню тих змін, що відбуваються з крохмалем внаслідок розщеплення, етерифікації та вологометричної обробки у присутності хімічних реагентів.

Результати цих досліджень використовують для розробки нових технологічних процесів з метою отримання нових видів крохмалепродуктів.

Основними виробниками екструдерів виступають: Wenger, Anderson, Sprout-Bauer (США), Cletral, Crezaux-Loire (Франція), Werner & Pfleiderer, Weber, Walter (Німеччина), Grondona Nimet, Pagani (Італія), Biehler, Buss, Lalesse (Швейцарія), Baker Perkins (Велика Британія), Cincinnati (Австрія), Toshiba (Японія).

Однак за великого конструктивного різноманіття імпортої екструзійної техніки, нових сучасних екструдерів вітчизняного зразка для переробних галузей харчової промисловості явно мало. Тому науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи зі створення та освоєння виробництва шнекових екструдерів мають бути проведені у більшому обсязі в найкоротші терміни.

Висновки за розділом

З наведеної вище інформації можна зробити такі висновки, що використання нових видів сировини, таких, як екстудоване пшеничне хлібопекарське борошно вищого ґатунку для виробництва борошняних кондитерських виробів є перспективним напрямом для вивчення. Але відсутність глибоких комплексних досліджень не дозволило дотепер застосовувати екстудоване пшеничне хлібопекарське борошно вищого ґатунку для виробництва кексів. У зв'язку з цим, мета дослідження – розробка технології виробництва кексів з використанням сировини, що містить крохмаль, що дозволяє інтенсифікувати традиційні технології, розширити асортимент і підвищити якість виробів.

Об'єктом дослідження є вивчення технології кексів з використанням екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку.

Предметом дослідження є ЕПБ, отримане інтенсивним гідротермічним впливом на борошно пшеничне хлібопекарське вищого ґатунку.

2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Сировина та матеріали досліджень

При проведенні досліджень з удосконалення технології виробництва кексів із застосуванням крохмалевмісних продуктів використовувалися такі види сировини:

- борошно пшеничне хлібопекарське вищого ґатунку за ДСТУ 46.004-99;
- цукор-пісок за ДСТУ 4374:2005;
- пудра рафінадна за ДСТУ 2213-93;
- масло вершкове за ДСТУ 4399:2005;
- молоко незбиране за ДСТУ 3662-97;
- борошно пшеничне хлібопекарське екструдоване;
- сир 18,0% жирності за ДСТУ 4554:2006;
- яєчний меланж згідно з ДСТУ 8719:2017;
- сіль кухонна харчова за ДСТУ 3583:2015;
- вода питна за ДСТУ 7525:2014.

Структурна схема досліджень представлена рисунку 2.1.

2.2 Методи досліджень, що застосовуються у роботі

2.2.1 Методи досліджень властивостей сировини

Проби борошна пшеничного хлібопекарського вищого ґатунку, що використовується, вивчалися за органолептичними і фізико-хімічними показниками.

Для борошна було визначено колір за методикою порівняння зразка з встановленим зразком.

Для визначення запаху з борошна, призначеного для досліджень, відбиралася наважка борошна масою 20 г, висипалася на чистий папір, зігрівалася диханням і встановлювався її запах.

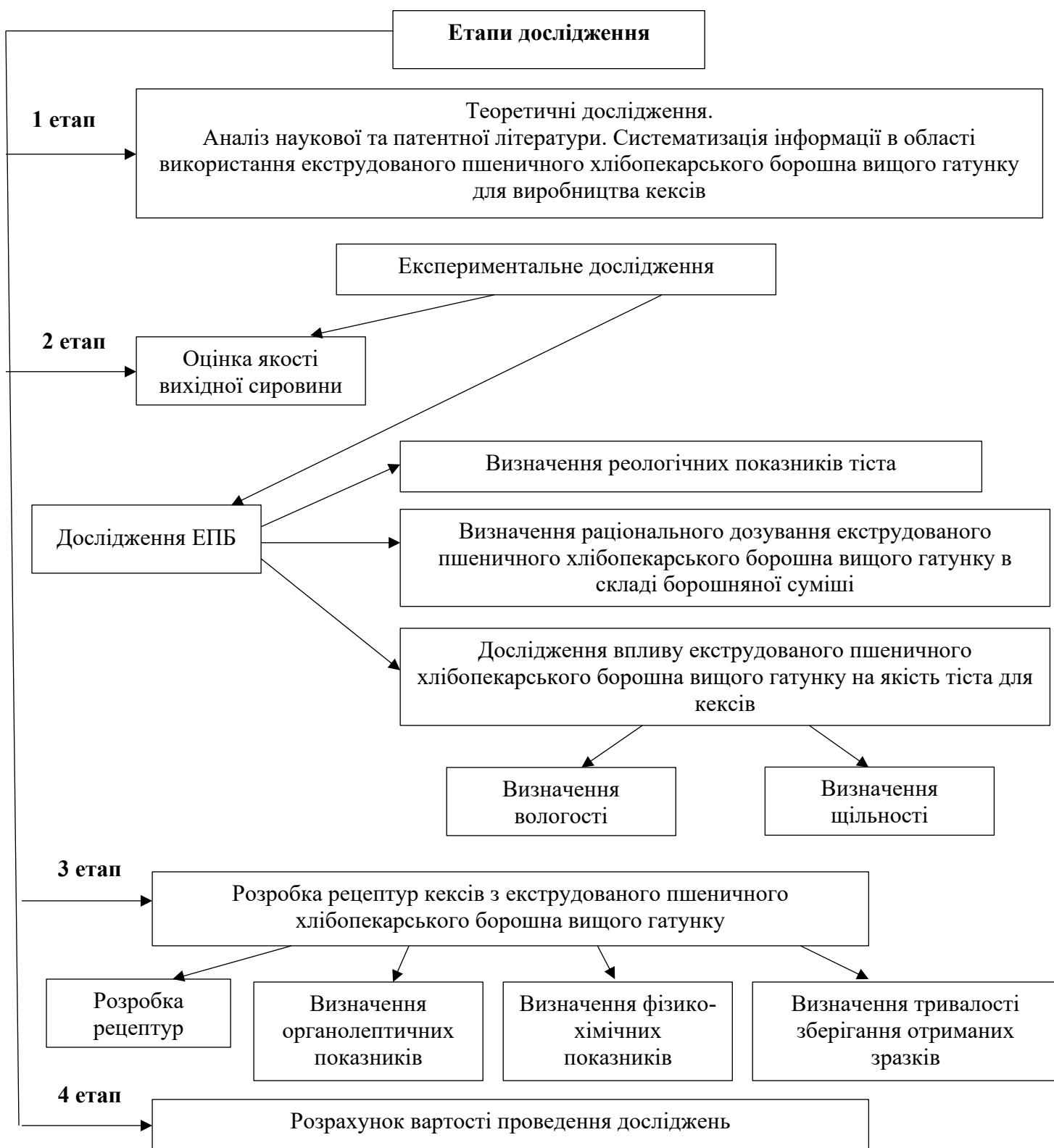


Рисунок 2.1 – Загальна схема проведення експериментальних досліджень

Для посилення аромату, жменю борошна чи висівок поміщали у склянку, заливали гарячою водою, що прогріта до 60 °С, після чого воду зливали, а запах продукту оцінювали.

Смак та наявність хрускоту визначали шляхом розжовування 12 наважок борошна масою близько 1 г кожна.

У борошні визначалися такі фізико-хімічні показники: вологість, кислотність, кількість та якість клейковини, білизна та крупність борошна.

Вологість борошна визначали стандартним методом ДСТУ 27494:2019 в сушильній шафі СЕШ.

Титровану кислотність пшеничного борошна визначають за ДСТУ 26361:2019.

Кількість та якість клейковини визначали відповідно до ДСТУ 26361:2019.

Визначення білизни борошна здійснювалося за ДСТУ 26361:2019, крупності борошна за ДСТУ 26361:2019.

2.2.2 Методика визначення водоутримуючої здатності борошна

Водоутримуючу здатність пшеничного хлібопекарського та ЕПМ визначали методом центрифугування. Поміщали 2,5 г зразка досліджуваного борошна центрифужну пробірку, одночасно проводилося 8 визначень. В кожен зразок додавали по 15 мл дистильованої води, обмиваючи всередині центрифужні пробірки. Борошно інтенсивно перемішували з водою, використовуючи скляну мішалку, протягом 30 с до перетворення на суспензію. Суспензія відстоювалася 10 хв. В цей час борошно, що пристало до стінок центрифужної пробірки, зішкребли скляною паличкою, не допускаючи її висихання. Здійснювалося 7 додаткових перемішування по 20 с, До повного переходу всього борошна в суспензію, з 10 хвилинними перервами після кожного перемішування. Ще 10 мл дистильованої води було витрачено на змивання борошна, що пристало до скляної палички, у зразку. Суспензія центрифугувалась 25 хв зі швидкістю 3200 об/хв. Декантували недосадкову рідину і пробірку нахилили отвором вниз під кутом 15 – 20 градусів, підсушуючи в сушильній шафі, давали пробірці підсохнути, а потім

сушили при 50 °С протягом 25 хв., охолоджували в ексікаторі і зважували.

Вміст адсорбційної вологи (X) у відсотках визначали за формулою:

$$X = \frac{P_1 - P_2}{P \cdot 100}, \quad (2.1)$$

де P_1 – вага пробірки з борошном після висушування, г;

P_2 – вага пробірки з борошном без води, г;

P – наважка борошна, р.

За результат випробування приймали середнє арифметичне результати двох паралельних визначень. Абсолютна розбіжність між паралельними визначеннями, що допускається, не повинна перевищувати 1,0 %. Обчислення проводилися до десяткового знаку з наступним округленням до цілого числа.

2.2.3 Методика визначення набухаючої здатності борошна

Наважку 5 г борошна перемішували з 60 мл води. Отриману суспензію переносили в циліндр на 100 мл, доводили до мітки 100 інтенсивно перемішуючи. Через 1 годину заміряли кількість осаду. Потім залишали циліндр із вмістом на 1 добу. Через добу визначали об'єм осаду.

Набухаючу здатність борошна (H) см³/г розраховували за формулою:

$$H = \frac{V}{M}, \quad (2.2)$$

де V – обсяг осаду, см³;

M – маса навішування, г.

За результат випробувань приймали середнє арифметичне результати двох паралельних визначень. Абсолютна розбіжність між паралельними визначеннями, що допускається, не повинна перевищувати 1 %. Обчислення проводилися до першого десяткового знаку з наступним заокругленням до цілого числа.

Водопоглинання пшеничного та ЕПБ визначали також нанесенням рівномірного шару в 1 мм досліджуваного борошна на капілярно зволожений фільтрувальний папір. Додаткове дослідження показало рівномірність зволоження (5 зразків, взяті з різних ділянок через 15 хвилин після початку зволоження відрізнялися менш ніж на 4 %).

2.2.4 Методи дослідження інших видів сировини

Усі інші види сировини, що застосовується у дослідженнях, також оцінювали згідно з нормативною та технічною документацією.

Зразки ЕПБ були досліджені за такими показниками: органолептичним, фізико-хімічним, вмістом амінокислот та зміною якісного та кількісного складу вуглеводів. Визначення зазначених показників дозволяє виявити структурні зміни вихідного борошна, що відбуваються в процесі його екструдювання та оцінити якість отриманого борошна.

2.2.5 Методи досліджень властивостей напівфабрикатів

Властивості тіста для кексів оцінювали за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Методика розрахунку кількості води у тісті. Кількість води на заміс тіста розраховувалася за формулою:

$$X = \frac{(100 \cdot C)}{(100 - A) - B}, \quad (2.3)$$

де X – необхідна кількість води, г;

A – задана вологість тіста, %;

B – маса сировини в натурі, г;

C – маса сировини в сухих речовинах, р.

Методика визначення густини тіста. Місткість з відомим обсягом заповнювали тістом і зважували. Щільність тіста обчислювали як відношення

маси тіста до його обсягу за формулою:

$$P = \frac{m}{V}, \quad (2.4)$$

2.2.6 Методи дослідження готових виробів

Органолептичні показники готових виробів визначали за ДСТУ 4505:2005.

Масову частку вологи визначали стандартним методом за ДСТУ 4910:2008.

Масову частку жиру визначали за ДСТУ 4505:2005.

Визначення масової частки золи здійснювалося за ДСТУ 4505:2005.

Висновки за розділом

В опрацьованому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто об'єкти та методи проведення досліджень, а саме приведено коротку характеристику сировини та матеріалів які були використані, методи досліджень, що застосовуються у роботі та розроблено загальну схему проведення експериментальних досліджень.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення раціонального дозування екструдату пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку

У дослідженнях використовували різні співвідношення суміші борошна пшеничного хлібопекарського вищого гатунку та екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку. Визначали кислотність, вологість, білизну, кількість і якість клейковини. Результати досліджень наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика суміші борошна пшеничного хлібопекарського вищого гатунку та екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку

№ п/п	Борошно пшеничне хлібопекарське в.г./ЕПБ, %	Кислотність, град	Вологість, %	Білизна, ум. од. приладу	Якість сирої клейковини, умовні од. приладу ІДК	Масова частка сирої клейковини, %
1	100,0/0,0	2,2	12,4	56,0	68,7	29,8
2	90,0/10,0	2,6	11,6	54,0	69,4	28,04
3	80,0/20,0	3,0	11,2	36,8	70,4	25,4
4	70,0/30,0	3,4	10,8	29,4	71,9	18,6
5	60,0/40,0	4,4	10,4	19,3	76,6	17,3

Аналізуючи результати дослідження різних співвідношень суміші борошна пшеничного хлібопекарського вищого гатунку та його екструдату можна зробити такі висновки, що зі збільшенням відсоткового вмісту екструдату:

- кислотність борошняної суміші збільшується;
- вологість суміші знижується;
- білизна суміші зменшується;
- відбувається ослаблення сирої клейковини з 68,7 до 76,6 одиниць

приладу ІДК;

- знижується масова частка сирової клейковини.

3.2 Вплив екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку на вологість тіста

Вплив екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку на вологість готового тіста з додаванням 10, 20, 30 та 40 % екструдату представлено на рисунку 3.1.

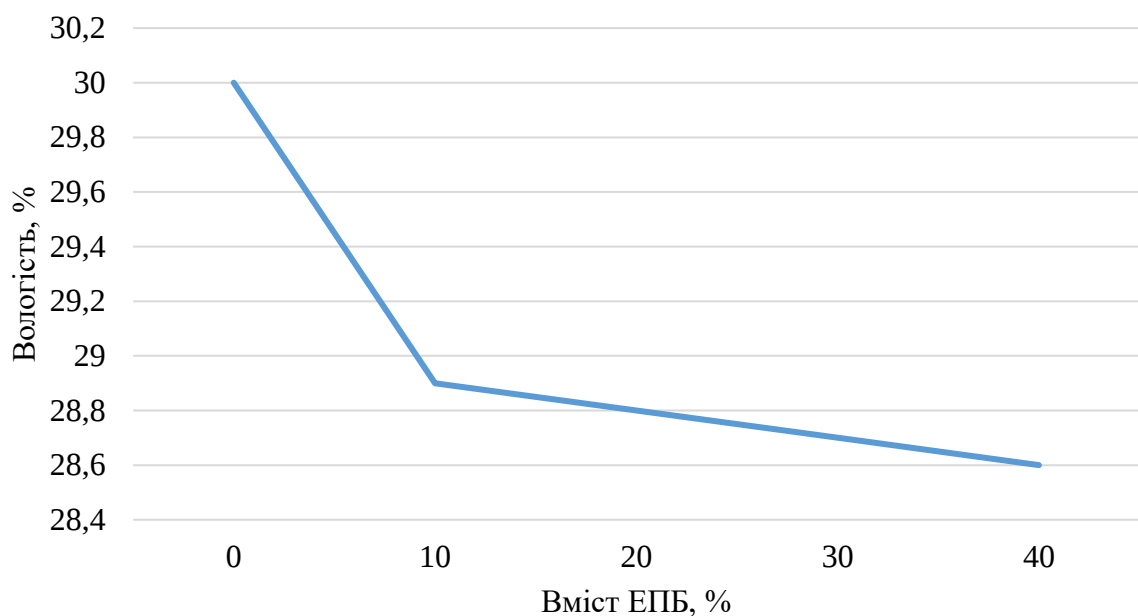


Рисунок 3.1 – Вплив екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку на вологість тіста для кексу

З наведеної діаграми видно, що зі збільшенням вмісту ЕПБ у складі рецептурної суміші вологість тіста для кексів зменшується. Тісто стає більш щільним та міцним. Змінивши вміст води у тісті привели його до єдиної вологості (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Зміна вмісту води в тісті для кексів при вологості тіста 30,0 % з використанням різних рецептур борошняних сумішей

Найменування сировини та параметри процесу	Витрата сировини, кг				
Співвідношення борошна пшеничного хлібопекарського вищого гатунку та ЕПБ	Контроль	90:10	80:20	70:30	60:40
Вода питна	0,160	0,186	0,209	0,226	0,243
Разом:	12,075	12,261	12,284	12,301	12,318
Вихід:	10,000	10,15	10,17	10,19	10,20

Отже, дані таблиці 3.2 показують, що зі збільшенням вмісту ЕПБ збільшується вихід готової продукції.

3.3 Вплив екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку на щільність тіста

Щільність тіста – це фізична величина, що визначається як відношення маси тіста до займаного ним обсягу. Чим вище щільність тіста, тим менший обсяг готового виробу, щільніша структура м'якуша.

Вплив екструдата на щільність тіста кексу «Творожного» наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вплив екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку на щільність тіста кексу «Творожного»

Найменування показника якості тіста кексу «Творожного»	Співвідношення борошна та екструдату, %				
	Контроль	90:10	80:20	70:30	60:40
Щільність кг/м ³	1119,2	1073,39	1137,61	1192,66	1220,18

Таким чином (таблиця 3.3), можна судити про те, що зі збільшенням вмісту ЕПБ щільність тіста кексу «Творожного» збільшується.

3.4 Вибір складу борошняної суміші з використанням екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку для виробництва кексів

Досліджено вплив екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку на якість кексу «Творожного». Для цього було проведено порівняльні пробні випічки з різним відсотковим вмістом ЕПБ.

Схема технологічного процесу виробництва кексу «Творожного» представлена рисунку 3.2.

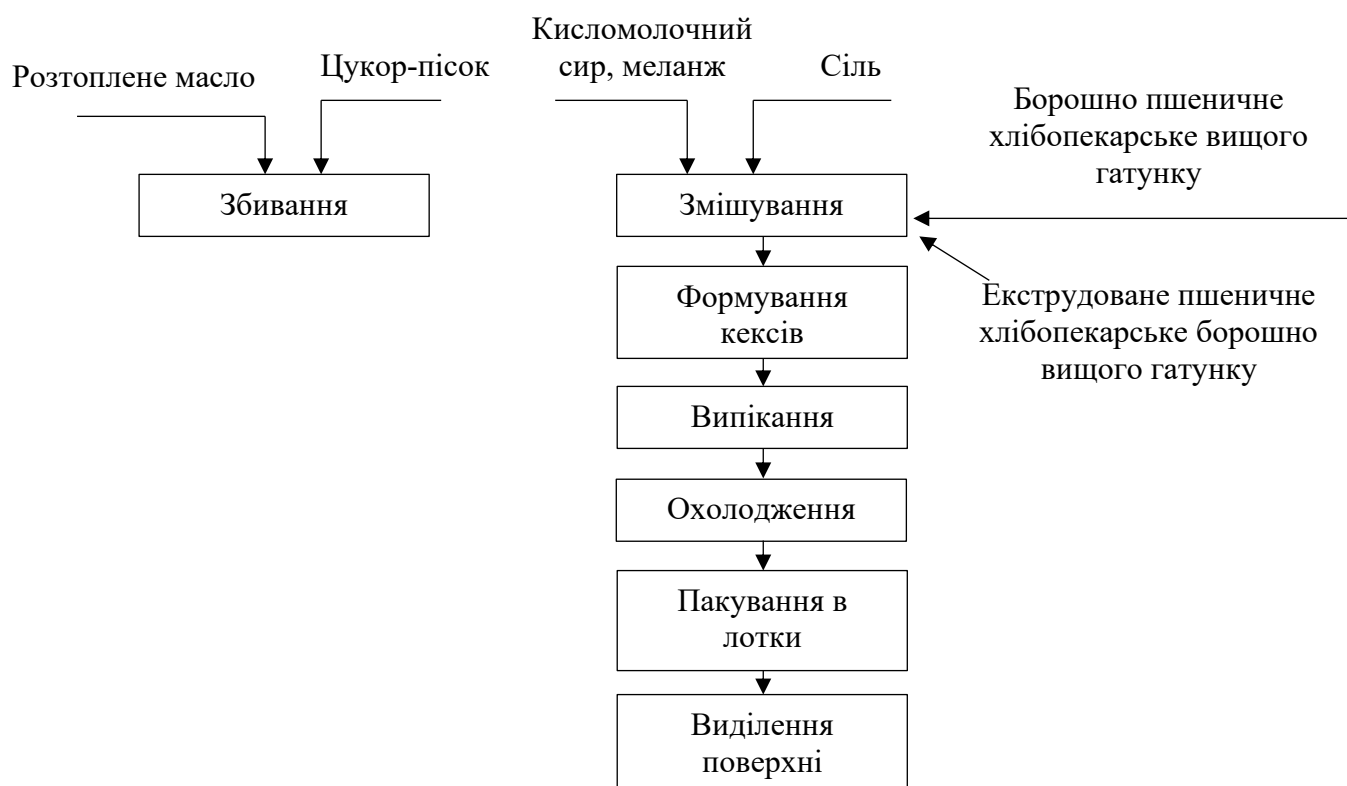


Рисунок 3.2 – Схема технологічного процесу виробництва кексу «Творожного»

Рецептуру кексу «Творожного» наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Рецептūra кексу «Творожного»

Найменування сировини	Масова частка сухих речовин, %	Витрата сировини на 10 кг готової продукції, кг	
		У натурі	У сухих речовинах
Борошно пшеничне вищого гатунку	87,60	2,89	2,53
Масло вершкове	84,00	1,55	1,29
Цукор-пісок	99,85	3,30	3,29
Сир 18 % жирності	35,00	2,57	0,90
Меланж	27,00	1,65	0,45
Пудра рафінадна	99,85	0,10	0,10
Натрій двовуглекислий	50,00	0,005	0,003
Амоній вуглекислий	0,00	0,010	0,00
Разом:		12,075	8,563
Вихід:	80,00	10,000	8,00

Розм'якшене вершкове масло і цукор-пісок збивали 10 – 15 хвилин, додавали сир і продовжували збивати до отримання однорідної маси. Потім додавали меланж, соду, амоній, ретельно перемішували, всипали попередньо підготовлену рецептурну суміш борошна і замішували тісто протягом 3 – 5 хвилин.

Для проведення досліджень було взято різні співвідношення борошняної суміші в рецептурі.

Таблиця 3.5 – Співвідношення пшеничного борошна вищого гатунку та ЕПБ у рецептурі кексу «Творожного»

Найменування сировини	Витрата сировини, кг				
	Контроль	90:10	80:20	70:30	60:40
Борошно пшеничне вищого гатунку	2,89	2,597	2,309	2,020	1,731
ЕПБ	0,000	0,289	0,577	0,866	1,155

Оцінку органолептичних властивостей кексу «Творожного» залежно від відсоткового вмісту екструдату подано на малюнку 3.3.

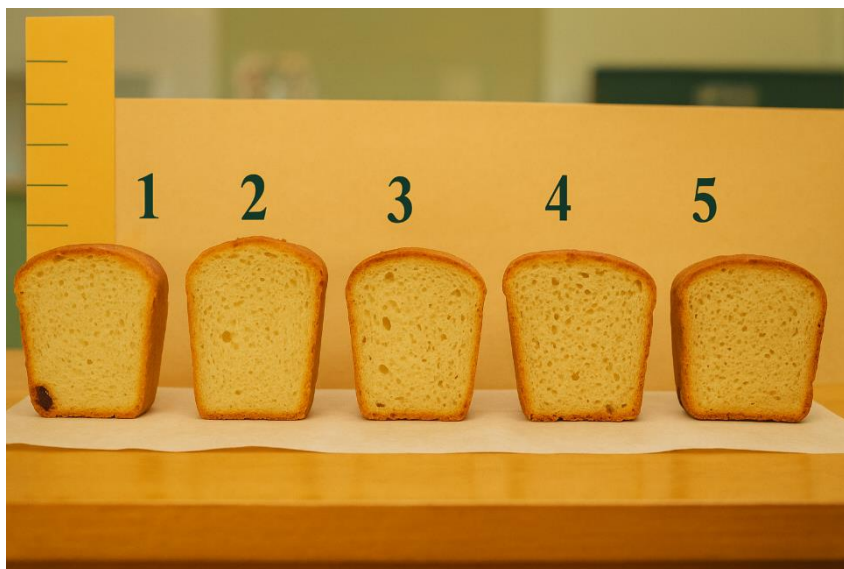


Рисунок 3.3 – Дослідні зразки отриманого кексу

За результатами протоколу дегустаційної комісії на рисунку 3.4 збудовано філограму органолептичних показників кексу «Творожного».

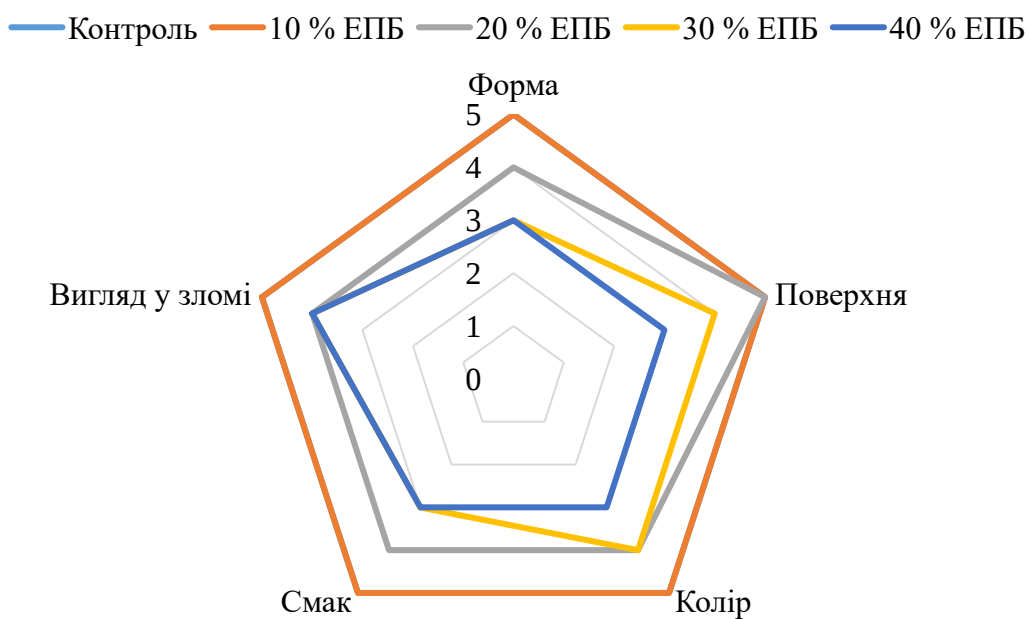


Рисунок 3.4 – Профілограма органолептичних показників кексу «Творожного»

У таблицях 3.5 та 3.6 подано органолептичну та фізико-хімічну оцінку показників кексу «Творожного».

Таблиця 3.5 – Органолептичні показники кексу «Творожного»

Найменування показників	1	2	3	4	5
	Контроль	90:10	80:20	70:30	60:40
Запах	Властивий найменуванню, без стороннього запаху, з легким ароматом сиру				
Форма	Властива даному найменуванню виробів та відповідна формі, в якій виготовлялася випічка				
Висота продукту, см	4,8	5,2	4,7	4,5	4,4
Вид у зламі	Пропечений виріб без закалювання та слідів непромісу				
Колір м'якішу	Світло-жовтий	Світло-жовтий	Світло-жовтий із кремовим відтінком	Світло-жовтий із сірим відтінком	Жовто-сірий
Смак	Властивий найменуванню, без стороннього присмаку, з легким смаком сиру			Властивий найменуванню, без стороннього присмаку, з легким смаком сиру, хрускіт при розжовуванні	

Таблиця 3.6 – Фізико-хімічні показники кексу «Творожного»

Вміст ЕПБ	Вологість, %	Лужність, град	Масова частка золи, %	Щільність, кг/м ³
Контроль	22,0	1,7	0,02	440
10,0 %	22,5	1,7	0,02	420
20,0 %	23,0	1,8	0,02	460
30,0 %	24,0	1,8	0,02	475
40,0 %	23,0	1,8	0.04	490

На підставі отриманих даних, можна зробити висновок про те, що найкращий результат отриманий при заміні 10,0 % пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку на ЕПБ. Зразок, отриманий з такого співвідношення борошна має найбільший обсяг, найкращий вид у зламі та хороші органолептичні показники.

3.5 Дослідження функціонально-технологічних характеристик пшеничного хлібопекарського борошна та ЕПБ

При відпрацюванні рецептурного складу суміші, що дозволяє збільшити термін зберігання кексів за рахунок осмотичного утримання вологи в тісті.

Проведено порівняльні дослідження ВУЗ та ЖУЗ пшеничного, ЕПБ та суміші 10,0 % ЕПБ та пшеничного борошна (рисунки 3.5 та 3.6).

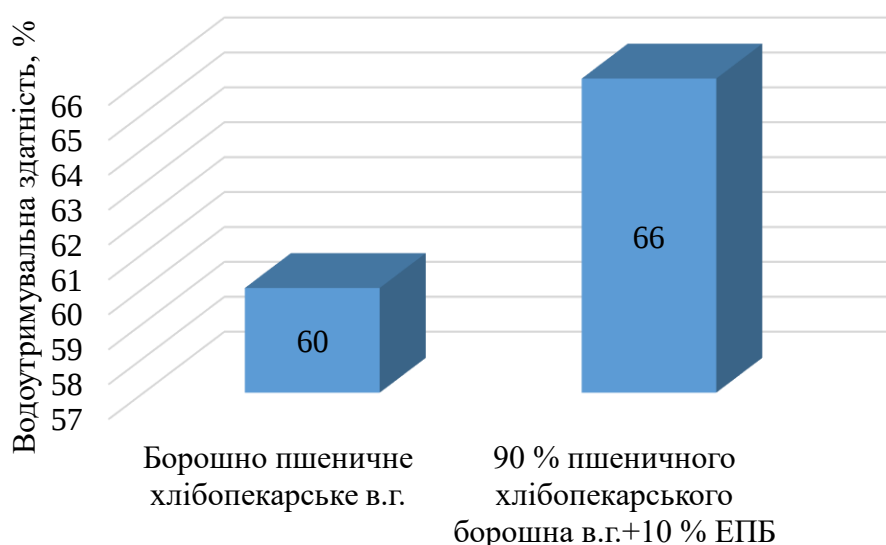


Рисунок 3.5 – Порівняльні дослідження водоутримуючої здатності пшеничного борошна та суміші ЕПБ та пшеничного борошна

ВУЗ суміші 10,0 % ЕПБ та пшеничного борошна вище на 8,0 %, ніж пшеничного борошна, пояснюється різним хімічним складом, так як вміст клітковини в ЕПБ на 20,0 % вище.

ЖУЗ суміші на 5,0 % вище, ніж у пшеничного борошна, пояснюється тим,

що вміст жиру в ЕПБ в 1,6 рази більше, ніж у пшеничному борошні.

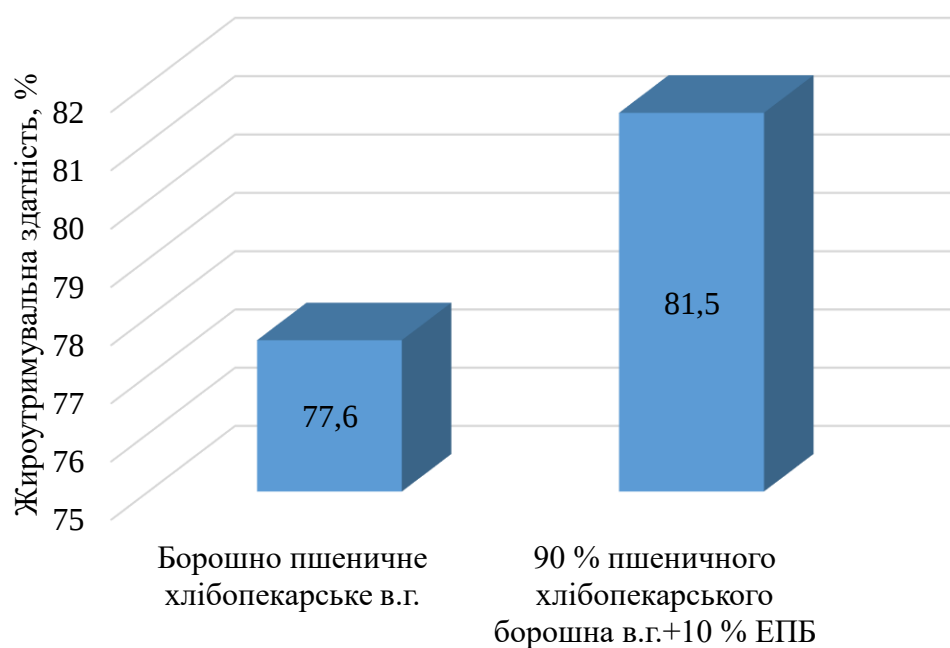


Рисунок 3.6 – Порівняльні дослідження жироутримуючої здатності пшеничного борошна та суміші ЕПБ та пшеничного борошна

Найважливішою характеристикою є здатність борошна до набухання у воді. Дослідження щодо встановлення набухаючої здатності борошна наведено на рисунку 3.7.

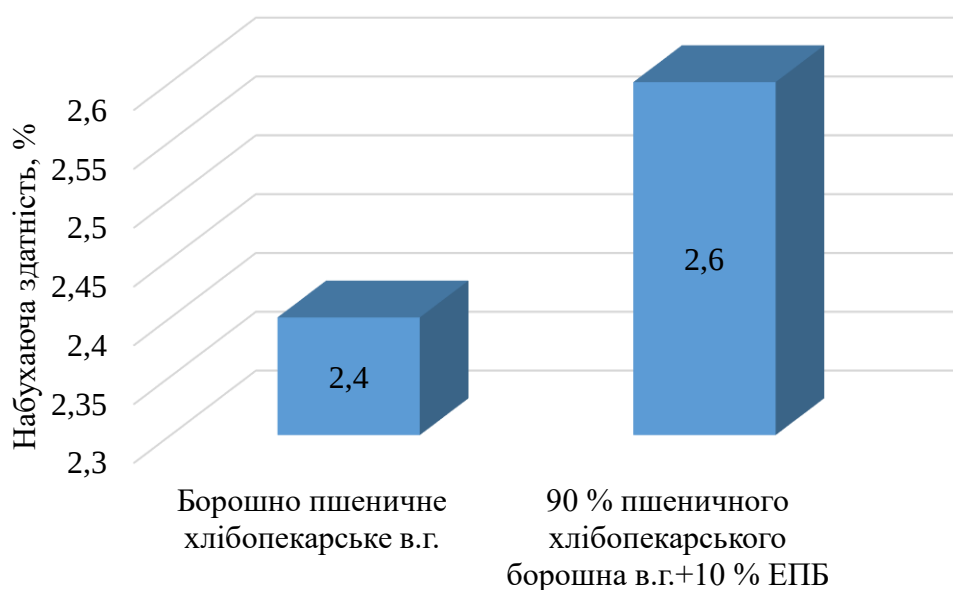


Рисунок 3.7 – Порівняльні дослідження набухаючої здатності пшеничного та суміші ЕПБ та пшеничного борошна

Встановлено, що здатність до набухання суміші пшеничного борошна та 10,0 % ЕПБ ($2,7 \text{ см}^3/\text{г}$) вище, ніж пшеничного борошна ($2,5 \text{ см}^3/\text{г}$). Можна припустити, що це ефект викликаний присутністю у складі суміші більшої кількості клітковини (6,0 %).

З результатів аналізу видно, що ВПЗ суміші 10,0 % ЕПБ і пшеничного хлібопекарського борошна трохи вище, ніж пшеничного хлібопекарського борошна. Час утворення тіста суміші 10,0 % ЕПБ з пшеничного хлібопекарського борошна порівняно з хлібопекарним пшеничним борошном більше, ніж у 2 рази довше. Показник стійкості тіста у суміші 10,0 % ЕПБ з пшеничного хлібопекарського борошна трохи вище, ніж у пшеничного хлібопекарського борошна, ступінь розрідження трохи менше, що свідчить про те, що тісто із суміші 10,0 % ЕПБ з пшеничного хлібопекарського борошна більш тривало зберігає оптимальні реологічні властивості.

Проведені дослідження підтвердили правильність вибору ЕПМ, у тому числі і як вологоутримуючої добавки, яка більшою мірою впливає на збереження готових виробів.

Таблиця 3.7 – Порівняльна оцінка технологічних характеристик суміші 10,0 % ЕПБ з пшеничного хлібопекарського борошна та пшеничного хлібопекарського борошна на фаринографі

Найменування борошна	ВВЗ борошна, %	Час тістоутворення (В), хв.	Стійкість тіста (С), хв	Ступінь розрідження тіста (Е), е.ф.
Суміш 10,0 % ЕПБ та борошна пшеничного хлібопекарського	60,3	5,0	11,5	43
Пшеничне хлібопекарське борошно в.г.	60,1	2,3	9,9	51

Таблиця 3.8 – Порівняльна оцінка технологічних характеристик суміші 10,0 % ЕПБ з пшеничного хлібопекарського борошна та пшеничного хлібопекарського борошна на альвеографі

Найменування борошна	Пружність борошна, мм	Розтяжність, мм	Питома робоча деформація тіста (сила борошна)
Суміш 10,0 % ЕПБ та борошна пшеничного хлібопекарського	118	57	269
Пшеничне хлібопекарське борошно в.г.	93	91	311

Порівнюючи отримані дані можна зробити такі висновки, що пружність пшеничного хлібопекарського борошна трохи менше пружності рецептурної суміші, розтяжність рецептурної суміші на 60,0 % менше, ніж пшеничного хлібопекарського борошна, рецептурна суміш борошна слабше пшеничного хлібопекарського борошна.

Проведені дослідження підтвердили правильність вибору ЕПБ у тому числі і як водоутримуючої добавки, а, отже, яка більшою мірою впливає на збереження готових виробів.

3.6 Оцінка показників якості продукції на момент закінчення терміну придатності

Вивчення залежності зміни масової частки вологи та активності води в кексі протягом 7 – 10 днів від технології приготування показало, що вироби, виготовлені з додаванням ЕПБ, мають кращі фізико-хімічні характеристики.

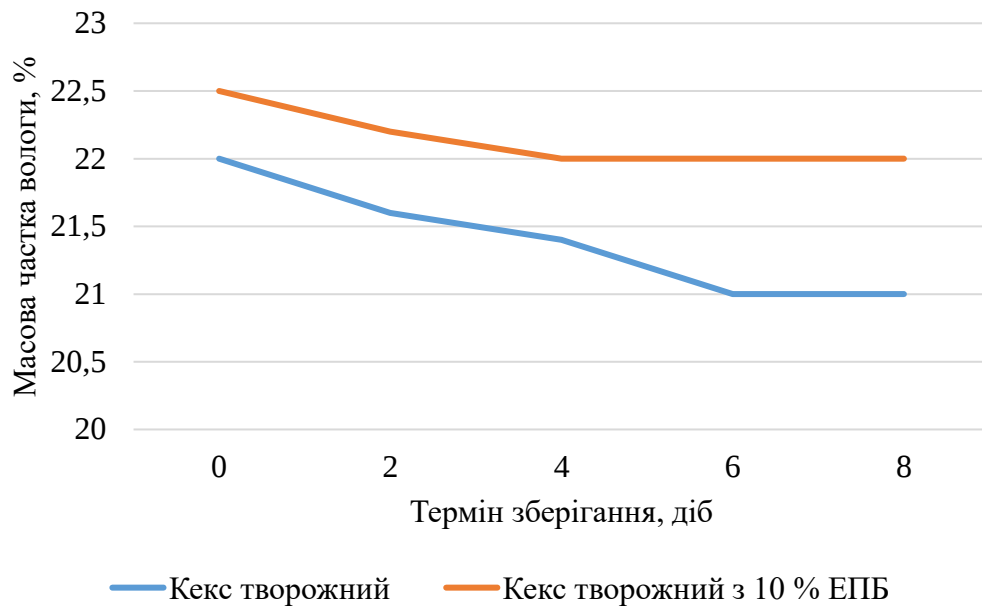


Рисунок 3.8 – Залежність зміни масової частки вологи в сирному кексі від терміну зберігання

Встановлено, що масова частка вологи та виробів з 10,0 % ЕПБ збільшилася на 1,0% у кексу при одночасному зниженні активності води на 9,5 % (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Порівняння масової частки вологи та активності води в кексах

Найменування виробу	Масова частка вологи, %	Активність води
Кекс сирний	21,0	0,42
Кекс сирний з 10,0 % ЕПБ	22,0	0,38

Проведені мікробіологічні дослідження кексів на відповідність Сан ПіН 2.3.2.1078-01 у процесі зберігання показали, що кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів у всіх досліджуваних відповідало нормам. Значення мікробіологічних показників зразків продукції з додаванням 10 % ЕПБ мали несуттєві відмінності (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Мікробіологічні показники кексів

Індекс, група продуктів	КМАФАнМ, КОЕ/г, не більше	Дріжджі КОЕ/г, не більше	Пліснява КОЕ/г, не більше
Кекси	$5 \cdot 10^3$	50	50
Кекс сирний	$3,2 \cdot 10^3$	<10	<10
Кекс сирний з 10,0 % ЕПБ	$3,0 \cdot 10^2$	<10	<10

У досліджуваних зразках не виявлено плісняви та дріжджі, патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели (25 г продукту). *S. aureus* та бактерії групи кишкових паличок (1,0; 0,01 г продукту).

Висновки за розділом

Проведено комплексні дослідження щодо вдосконалення технології борошняних кондитерських виробів на основі застосування екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку.

Виявлено позитивний вплив додавання 10,0 % ЕПБ на реологічні властивості тіста.

Обґрунтовано найкращі органолептичні та фізико-хімічні показники кексів при заміні 10,0 % пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку на екструдоване пшеничне хлібопекарське борошно вищого ґатунку.

Використання екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку при виробництві кексів забезпечує високу якість продукції та пролонгування термінів придатності готової продукції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Розроблення картки з охорони праці для працівників цеху з виробництва борошняних кондитерських виробів

У таблиці 4.1 приведено карту безпеки праці під час виробництва борошняних кондитерських виробів, зокрема кексів, яка охоплює основні зони ризику, потенційні небезпеки та заходи безпеки.

Таблиця 4.1 – Карта безпеки праці під час виробництва борошняних кондитерських виробів

1. Підготовка сировини 1.1 Небезпеки: порізи при відкритті упаковок; слизька підлога через розсипане борошно чи пролиту рідину. 1.2 Заходи: засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): рукавички, закрите взуття з нековзкою підшвою; своєчасне прибирання розсипів/розливів; використання ножів лише за призначенням.	2. Приготування тіста 2.1 Небезпеки: обертові частини мішалок і міксерів; електричний струм. 2.2 Заходи: ЗІЗ: захисний одяг, волосся – під сіткою/шапочкою; техніка безпеки при роботі з обладнанням: вимикати перед чищенням або ремонтом; заборонено класти руки всередину працюючої машини.
3. Випікання 3.1 Небезпеки: висока температура печей; опіки. 3.2 Заходи: ЗІЗ: термостійкі рукавиці, фартухи; чітке маркування гарячих зон; встановлення огорож біля печей.	4. Охолодження та транспортування 4.1 Небезпеки: механічні травми при використанні транспортерів; падіння через необережність. 4.2 Заходи: інструктаж щодо роботи з конвеєрами; вільні проходи; заборонено торкатись рухомих частин.
5. Упаковка 5.1 Небезпеки: повторювальні рухи, перевтома, тендиніт; ризик порізів (ножі, крайки упаковок). 5.2 Заходи: ергономічне робоче місце; перерви кожні 1,5 – 2 години; безпечні інструменти для розрізання.	6. Прибирання і санітарія Небезпеки: контакт із хімічними речовинами; слизька підлога після миття. Заходи: ЗІЗ: гумові рукавички, фартух, окуляри; використання лише дозволених мийних засобів; застережні знаки «Обережно, слизько!»
7. Загальні правила Постійне проходження інструктажу з охорони праці. Медичні огляди згідно з вимогами. Наявність аптечки та плану евакуації. Заборонено працювати в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.	

4.2 Утилізація відходів під час виробництва борошняних кондитерських виробів

Утилізація відходів виробництва бісквітів – важливий аспект забезпечення екологічної безпеки та економічної ефективності підприємства. Відходи можуть бути як харчового, так і нехарчового походження, і кожна група має свої методи утилізації.

Основні типи відходів бісквітного виробництва:

1. Харчові відходи:

- обрізки бісквітів, крихти, зіпсована продукція;
- надлишки тіста або крему;
- непридатні для реалізації залишки продукту після закінчення терміну придатності.

2. Упаковка та допоміжні матеріали:

- папір, картон, пластик;
- плівки, етикетки, залишки клейових матеріалів.

3. Технічні відходи:

- води після миття обладнання (з високим вмістом органіки);
- витяжне повітря, насичене ароматами та пилом.

Способи утилізації відходів наступні:

1. Повторне використання у виробництві:

- крихти й обрізки можна використовувати як інгредієнти для нових продуктів (наприклад, у тістечках або кексах);
- частково придатні для споживання продукти – як корм для тварин (після відповідної сертифікації).

2. Компостування:

- харчові органічні відходи можуть бути компостовані, особливо якщо підприємство має угоду з аграрними компаніями або фермерськими господарствами.

3. Біогазові установки:

- зброджування органічних відходів для виробництва біогазу – екологічно вигідне рішення.

4. Рециклінг упаковки:

- папір, картон і пластик направляються на спеціалізовані підприємства для переробки.

5. Спалювання або захоронення:

- використовується лише як останній варіант для непридатних або небезпечних відходів, що не піддаються іншим видам утилізації.

Додаткові заходи:

- сортування відходів на етапі утворення;
- навчання персоналу поводженню з відходами;
- впровадження систем екологічного менеджменту (наприклад, ISO 14001).

Висновки за розділом

Розроблено карту безпеки праці працівників цеху з виробництва борошняних кондитерських виробів, розглянуто шляхи утилізації відходів під час виробництва борошняних кондитерських виробів.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Витрати на проведення досліджень

Складений кошторис витрат слугує основою для визначення фінансових потреб, пов'язаних із проведенням наукових досліджень. У ньому враховуються такі складові, як витрати на матеріальні ресурси, спожиту електроенергію, заробітна плата працівників, амортизаційні нарахування та накладні витрати.

Вартість основних і допоміжних матеріалів обчислюється за такою формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (5.1)$$

де m_1 – кількість витраченого матеріалу;

C_1 – вартість одиниці витраченого матеріалу, грн/кг.

У таблиці 5.1 представлено результати розрахунків щодо вартості матеріалів.

Таблиця 5.1 – Обсяги необхідних основних матеріалів та їхня вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Рецептурні компоненти для виробництва кексу «Творожний», порцій	10	70,00	700,00
Екструдоване хлібопекарське пшеничне борошно вищого гатунку, кг	5	50,00	250,00
Всього			950,00

Таблиця 5.2 містить результати обчислення витрат на заробітну плату учасників дослідження, яка визначається шляхом множення середньої погодинної оплати праці на загальну кількість відпрацьованих годин.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату учасників наукового дослідження

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник робіт	8300	49,40	15	741,00
Всього				741,00

Нарахування на заробітну плату становить 22 % від загального обсягу оподатковуваної суми, що підлягає єдиному соціальному внеску:

$$H = \frac{741,00 \cdot 22}{100} = 163,02 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості спожитої електроенергії здійснюється за наступною формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, , \quad (5.2)$$

де M – загальна потужність лабораторного устаткування, кВт;

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

T – час роботи дослідного устаткування, год;

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

Витрати на енергоспоживання обладнання, що використовується для змішування рецептурних компонентів:

$$E_{\text{змішувач}} = 1,3 \cdot 0,9 \cdot 4 \cdot 6,4 = 29,95 \text{ грн.}$$

Витрати на енергоспоживання обладнання, що використовується для випікання кексів:

$$E_{\text{випікання}} = 2,4 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 6,4 = 331,78 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{п.к.} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 6,4 = 1036,8 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{заг} = E_{змішування} + E_{випікання} + E_{п.к.} = 29,95 + 331,78 + 1036,8 = 1398,53 \text{ грн.}$$

На основі рівняння 5.3 розраховується сума амортизаційних витрат на обладнання, задіяне під час проведення дослідження:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.3)$$

де A – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 5.3 наведені результати розрахунків амортизаційних відрахувань.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію обладнання

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Змішувач	19800,0	10	1	5,42
Пароконвектомат	38000,0	10	3	31,23
Персональний комп'ютер	20800,0	24	25	341,91
Всього				379,56

Накладні витрати, що стосуються технічного обслуговування та організації виробничого процесу, охоплюють виплати обслуговуючому та адміністративному

персоналу. Витрати на технічне обслуговування обладнання становлять 80 % від розрахункової заробітної плати дослідника:

$$\frac{(741,00 \cdot 80)}{100} = 592,80 \text{ грн.}$$

Розрахункова вартість проведення лабораторного дослідження приведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахункова вартість дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали (ОМ)	950,00
Заробітна плата (ЗП)	741,00
Нарахування на заробітну плату (НЗП)	163,02
Електроенергія (Е)	1398,53
Амортизація (А)	379,56
Накладні витрати (НВ)	592,80
Всього	4224,91

На основі проведеного аналізу, основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали та електроенергію, які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

5.2 Визначення вартості дослідження

Оскільки дослідження має фундаментальний характер, розрахунок вартості здійснювався з урахуванням витрат та очікуваної прибутковості від його проведення:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.4)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 4224,91 + \frac{30 \cdot 4224,91}{100} = 5492,38 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 5492,38 грн.

Висновки за розділом

На основі проведеного аналізу встановлено, що основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали (950,00 грн) та витрати електроенергію (1398,53 грн), які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 5492,38 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено комплексні дослідження щодо вдосконалення технології борошняних кондитерських виробів на основі застосування екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку.

Виявлено позитивний вплив додавання 10,0 % ЕПБ на реологічні властивості тіста.

На підставі отриманих даних, можна зробити висновок про те, що найкращий результат отриманий при заміні 10,0 % пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку на ЕПБ. Зразок, отриманий з такого співвідношення борошна має найбільший обсяг, найкращий вид у зламі та хороші органолептичні показники.

ВУЗ суміші 10,0 % ЕПБ та пшеничного борошна вище на 8,0 %, ніж пшеничного борошна, пояснюється різним хімічним складом, так як вміст клітковини в ЕПБ на 20,0 % вище.

ЖУЗ суміші на 5,0 % вище, ніж у пшеничного борошна, пояснюється тим, що вміст жиру в ЕПБ в 1,6 рази більше, ніж у пшеничному борошні.

З результатів аналізу видно, що ВПЗ суміші 10,0 % ЕПБ і пшеничного хлібопекарського борошна трохи вище, ніж пшеничного хлібопекарського борошна. Час утворення тіста суміші 10,0 % ЕПБ з пшеничного хлібопекарського борошна порівняно з хлібопекарним пшеничним борошном більше, ніж у 2 рази довше. Показник стійкості тіста у суміші 10,0 % ЕПБ з пшеничного хлібопекарського борошна трохи вище, ніж у пшеничного хлібопекарського борошна, ступінь розрідження трохи менше, що свідчить про те, що тісто із суміші 10,0 % ЕПБ з пшеничного хлібопекарського борошна більш тривало зберігає оптимальні реологічні властивості.

Порівнюючи отримані дані можна зробити такі висновки, що пружність пшеничного хлібопекарського борошна трохи менше пружності рецептурної суміші, розтяжність рецептурної суміші на 60,0 % менше, ніж пшеничного хлібопекарського борошна, рецептурна суміш борошна слабше пшеничного

хлібопекарського борошна.

Використання екструдованого пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку при виробництві кексів забезпечує високу якість продукції та пролонгування термінів придатності готової продукції.

Розроблено карту безпеки праці працівників цеху з виробництва борошняних кондитерських виробів, розглянуто шляхи утилізації відходів під час виробництва борошняних кондитерських виробів.

На основі проведеного аналізу встановлено, що основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали (950,00 грн) та витрати електроенергію (1398,53 грн), які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 5492,38 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ayala-Bribiesca E., Lussier M., Chabot D., Turgeon S. L., Britten M. Effect of calcium enrichment of Cheddar cheese on its structure, in vitro digestion and lipid bioaccessibility // International Dairy Journal. 2016. V. 53. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.09.002>.
2. Інформаційно-аналітичний звіт по ринкам кондитерських виробів: веб-сайт. URL: <http://www.ukrainian-food.org/uk/post/informacijno-analiticnij-zvit-po-rinkam-konditerskih-virobiv-za-cerven-lipen>.
3. Холобцева І. П., Серік М. Л., Самохвалова О. В. Удосконалення технології здобного напівфабрикату, збагаченого засвоюваними сполуками кальцію // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / Харків : ХДУХТ. 2019. Вип. 2 (30). С. 35–47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3592825>.
4. Дорохович А. М. Створення харчових продуктів спеціального призначення – актуальна проблема сучасності, вклад кондитерів НУХТ в її рішення // «Технологічні аспекти підвищення конкурентоспроможності хліба і хлібобулочних виробів» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» : Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. Київ: НУХТ. 2016. С. 56–60.
5. Бісквітний напівфабрикат оздоровчо-профілактичного призначення : пат. на корисну модель 64455 Україна: МПК А 23G 3/00 / Бондар Н. П., Маляр В. В.; власник НУХТ. № 64455; заявл. 06.04.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.
6. Доценко В. Ф., Арпуль О. В., Дочинець І. В., Савчук О. О. Збагачення корисними нутрієнтами виробів із листового тіста // Науковий журнал «Молодий вчений». 2017. № 11 (51). С. 30–34.
7. ДСТУ 4619:2006. Вироби кондитерські. Правила приймання, методи відбору та підготовки проб // Термін дії з 01.11.2007. Київ, Держспоживстандарт України, 2007. 16 с.

8. ДСТУ 8051:2015. Продукти харчові. Методи відбирання проб для мікробіологічних аналізів // Термін дії з 01.01.2017. Київ, Держспоживстандарт України, 2017. 18 с.

9. ДСТУ 4683:2006. Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників якості, розмірів, маси нетто і складових частин // Термін дії з 01.10.2007. Київ, Держспоживстандарт України, 2008. 11 с.

10. ДСТУ 4910:2008. Вироби кондитерські. Методи визначання масових часток вологи та сухих речовин // Термін дії з 01.01.2009. Київ, Держспоживстандарт України, 2010. 13 с.

11. ДСТУ 5023:2008. Вироби кондитерські борошняні. Метод визначення здатності до намокання // Термін дії з 01.01.2010. Київ, Держспоживстандарт України, 2010. 14 с.

12. ДСТУ 5024:2008. Вироби кондитерські. Методи визначання кислотності та лужності // Термін дії з 01.01.2010. Київ, Держспоживстандарт України, 2010. 12 с.

13. ДСТУ 5060:2008. Вироби кондитерські. Методи визначання масової частки жиру // Термін дії з 01.01.2010. Київ, Держспоживстандарт України, 2010. 16 с.

14. ДСТУ 4672:2006. Вироби кондитерські. Методи визначення золи і металомангнітних домішок // Термін дії з 01.10.2007. Київ, Держспоживстандарт України, 2010. 15 с.

15. Лялик А., Крисовська Л., Кравчук Л. Концепція функціональних харчових продуктів // Тези доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Стан і перспективи харчової науки та промисловості». 2017. С. 114–115.

Шаран А. В., Бура Г. М., Арсеньєва Л. Ю. та ін. Доцільність збагачення борошняних кондитерських виробів морськими бурими водоростями // Хранение и переработка зерна. 2012. № 5. С. 49–56. URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4450/1/flour_confectionery_enrichment.pdf

16. Шелудько В. М. Зернобобові культури в технології борошняних кондитерських виробів // URL: http://www.khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_131/57.pdf. Дата звернення: 03.10.2016.

17. Akubor P. I. Functional properties and performance of cowpea/plantain/wheat flour blends in biscuits // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2003. V. 58 (3). P. 1–8.

18. Бісквітно-збивне печиво : пат. на винахід 120674 Україна: МПК A21D 13/066; A21D 13/80 / Дорохович А. М., Неймеш Т. А.; власник НУХТ. № 120674; заявл. 17.07.2018; опубл. 10.01.2020, Бюл. № 1.

19. Hamdani A. M., Wani I. A., Bhat N. A. Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya // *Food Bioscience*. 2020. V. 35. 100541. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100541>.

20. Спосіб приготування бісквітного напівфабрикату дієтичного призначення. пат. на корисну модель 35891 Україна: МПК A21D 13/00 / Іоргачова К. Г., Капетула С. М., Макарова О. В., Салавеліс А. Д.; власник ОНАХТ. № 35891; заяв. 24.04.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.

21. Печиво функціонального призначення : пат. на корисну модель 70088 Україна: МПК A21D 13/08. / Дорохович А. М., Бабіч О. В., Дорохович В. В.; власник НУХТ. № 7008; заяв. 25.12.2003; опубл. 15.09.2004, Бюл. № 9.

22. Спосіб виробництва бісквітного печива «Буше» з борошном «Здоров'я» : пат. на корисну модель 130261 Україна: МПК A21D 2/36; A21D 8/02 / Кравченко М. Ф., Романовська О. Л.; власник Кравченко М. Ф., Романовська О. Л. № 130261; заявл. 27.06.2018; опубл. 26.11.2018, Бюл. № 22.

23. Kolawole F. L., Akinwande B. A., Ade-Omowaye B. I. O. Physicochemical properties of novel cookies produced from orange-fleshed sweet potato cookies enriched with sclerotium of edible mushroom (*Pleurotus tuberregium*) // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2018. V. 19 (2). P. 174–178. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.09.001>.

24. Смирнова Я. С. Підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів за допомогою рослинних добавок // *Сучасна наука: стан, проблеми перспективи: матеріали І Всеукраїнської науково-практичної*

конференції (м. Старобільськ, 14-15 квітня 2020 року) / Старобільськ: ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2020. С.215–218.

25. Калакура М. М., Ратушенко А. Т., Бублик Г. А. Оптимізація якості кондитерських виробів із використанням яблучного порошку // Журнал «Технологический аудит и резервы производства». 2016. № 3/3 (29). С. 12–17.

26. Касабова К. Р. Технологія маффінів підвищеної харчової цінності з продуктами переробки зародків пшениці та бурякового жому: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Харків, 2014. 24 с.

27. Касабова К. Р., Самохвалова О. В., Олійник С. Г. Характеристика нових джерел харчових волокон для збагачення борошняних кондитерських виробів // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. Вып. 6/11 (66). С. 8–13.

28. Спосіб виробництва бісквітного рулету «Чарівна троянда» : пат. на корисну модель 38864 Україна: МПК A21D 13/00 / Філь М. І., Сирохман І. В.; власник Філь М. І., Сирохман І. В. № 38864; заяв. 15.07.2008; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2.

29. Спосіб виробництва бісквітного рулету «Захоплення» : пат. на корисну модель 38865 Україна: МПК A21D 13/00 / Філь М. І., Сирохман І. В.; власник Філь М. І., Сирохман І. В. № 38865; заяв. 15.07.2008; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2.

30. Спосіб виробництва бісквітного рулету «Вишневий цвіт»: пат. на корисну модель 38866 Україна: МПК A21D 13/00 / Філь М. І., Сирохман І. В.; власник Філь М. І., Сирохман І. В. № 38866; заяв. 15.07.2008; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2.

31. Бісквітний напівфабрикат : пат. на корисну модель 91967 Україна: МПК A21D 13/00 / Арсеньєва Л. Ю., Нєміріч О. В., Петруша О. О., Бончак І. В., Філіпенко В. В.; власник НУХТ. № 91967; заяв. 12.02.2014; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14.

32. Leite das Chagas E. G., Vanin F. M., Santos Garcia V. A., Yoshida C. M. P., Carvalho R. A. Enrichment of antioxidants compounds in cookies produced with camu-

camu (*Myrciaria dubia*) coproducts powders // LWT. 2020. V. 137. 110472.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110472>.

33. Canalis M. S. B., Baroni M. V., Leon A. E., Ribotta P. D. Effect of peach puree incorporation on cookie quality and on simulated digestion of polyphenols and antioxidant properties // Food Chemistry. 2020. V. 333. 127464.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127464>.

34. Wu G., Hui X., Wang R., Dilrukshi H. N. N., Zhang Y., Brennan M. A., Brennan C. S. Sodium caseinate-blackcurrant concentrate powder obtained by spray-drying or freeze-drying for delivering structural and health benefits of cookies // Journal of Food Engineering. 2021. V. 299. 110466.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110466>.

35. Ribeiro G. S., Monteiro M. K. C., Rodrigues do Carmo J., Silva Pena R., Chiste R. C. Peach palm flour: production, hygroscopic behaviour and application in cookies // Heliyon. 2021. V. 7 (5). e07062.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07062>.

36. Петришин Н. З., Бліщ Р. О. Перспективні збагачувальні добавки із зародків пшениці для кондитерських виробів // Вісник Львівської комерційної академії. 2016. № 16. С. 106–109.

37. Aditya S., Stephen J., Radhakrishnan M. Utilization of eggshell waste in calcium-fortified foods and other industrial applications: A review // Trends in Food Science & Technology. 2021. V. 115. P. 422–432.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.047>.

38. Waheed M., Butt M. S., Shehzad A., Adzahan N. M., Shabbir M. A., Rasul Suleria H. A., Aadil R. M. Eggshell calcium: A cheap alternative to expensive supplements // Trends in Food Science & Technology. 2019. V. 91. P. 219–230.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.021>.

39. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. посіб. Київ: Кондор-Видавництво, 2015. 958 с.

40. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. та ін. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навч. посібник. Харків: ХДУХТ, 2006. 63 с.