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:

Удосконалення технологічних операцій при виробництві печива цукрового

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-2-22
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Єлизавета ФЕТИСОВА

Керівник: _____ Дмитро ТИМЧАК

Дніпро 2026

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)
«01» травня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Фетисовій Єлизаветі Сергіївні

1. Тема роботи: «Удосконалення технологічних операцій при виробництві печива цукрового».
Керівник роботи: Тимчак Дмитро Олександрович, старший викладач, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року № 875.

2. Строк подання здобувачкою вищої освіти роботи 08 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва печива цукрового. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Матеріали і методи дослідження. 3 Експериментальна частина. 4 Охорона праці та довкілля при виробництві печива. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Дослідна рецептура. 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
1-5	ст. викладач Дмитро ТИМЧАК	01.05.26	08.06.26

7. Дата видачі завдання 01 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-02.05.26	виконано
2	Аналітичний огляд	03.05-11.05.26	виконано
3	Матеріали і методи дослідження	12.05-13.05.26	виконано
4	Експериментальна частина	14.05-31.05.26	виконано
5	Охорона праці та довкілля при виробництві печива	01.06-02.06.26	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.26	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.26	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-08.06.26	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Єлизавета ФЕТИСОВА
(підпис)

Керівник роботи _____ Дмитро ТИМЧАК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення технологічних операцій при виробництві печива цукрового»

Кваліфікаційна робота бакалавра: 63 с., 21 рис., 8 табл., 55 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: печиво цукрове.

Метою роботи є удосконалення технології цукрового печива, із заданим стабільним співвідношенням рецептурних компонентів.

Методи дослідження: Визначали зміну показників якості тіста та готового цукрового печива, виготовленого за традиційною та вдосконаленою технологіями. Вологість та інші фізико-хімічні показники визначали відповідно до чинних нормативних документів, зокрема ДСТУ ISO 712:2015 «Зерно та зернові продукти. Визначення вологості». Оцінювання перекисного числа жирової фази здійснювали за ДСТУ ISO 3960:2019 «Жири та олії. Визначення перекисного числа», а кислотного числа – за ДСТУ ISO 660:2009 «Жири та олії. Визначення кислотного числа».

Реологічні властивості тіста визначали із застосуванням ротаційного віскозиметра типу «Реотест-2» та пенетраційних методів. Органолептичну оцінку готових виробів проводили відповідно до ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови».

В роботі досліджено гранулометричний склад пшеничного борошна та встановлено його вплив на водопоглинальну здатність і реологічні властивості тіста. Визначено оптимальні характеристики борошна першого сорту з вмістом клейковини 23,1-27%. Розроблено спосіб аераційної підготовки сипких компонентів і встановлено оптимальну тривалість 3-4 хв, що забезпечує зниження в'язкості та покращення пластичності тіста. Досліджено вплив пластикації жиру та введення лецитину (1-2%) на властивості тіста. Вивчено зміну показників якості печива під час зберігання протягом 90 діб.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Печиво цукрове, технологічна операція, суміш, пластифікація, тісто, реологічні властивості, гранулометричний склад, борошно, жир.

ЗМІСТ

ВСТУП 5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД 7
1.1 Аналіз структури ринку та виробництва кондитерських виробів 7
1.2 Способи підвищення харчової та біологічної цінності печива цукрового 11
1.3 Аналіз існуючих технологій та можливості удосконалення виробництва цукрового печива 18
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ 27
2.1 Характеристика використаної сировини 27
2.2 Методики визначення якісних показників об’єктів дослідження 29
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 32
3.1 Суміш сипких компонентів та вплив гранулометричних властивостей борошна 32
3.2 Спосіб підготовки жирового компонента та лецитину 39
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПЕЧИВА 45
4.1 Розробка картки охорони праці 45
4.2 Вплив виробництва печива на довкілля 47
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 50
5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження 50
5.2 Розрахунок ціни дослідження 54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 56
БІБЛІОГРАФІЯ 58

ВСТУП

Виробництво кондитерських виробів із чітко визначеним і стабільним співвідношенням складових компонентів, а також із високими споживчими характеристиками, є одним із ключових завдань сучасної кондитерської промисловості, особливо в контексті розвитку концепції здорового харчування. Забезпечення належної якості, поживної цінності та привабливих органолептичних властивостей продукції потребує впровадження науково обґрунтованих підходів до формування рецептур і технологічних режимів, що дозволяють отримувати продукцію з прогнозованими властивостями та стабільними показниками якості.

Результати аналізу споживчого ринку останніх років свідчать про наявність стійкої тенденції до зростання попиту населення України на борошняні кондитерські вироби. Серед усього асортименту особливе місце займає цукрове печиво, яке впевнено утримує лідируючі позиції за обсягами виробництва та споживання. Частка цієї продукції становить близько 38% від загального обсягу борошняних кондитерських виробів і перевищує 80% у структурі виробництва печива, що свідчить про її високу популярність і стабільний попит серед різних категорій споживачів.

На сучасному етапі розвитку галузі на підприємствах кондитерської промисловості застосовується значна кількість різноманітних технологічних рішень та широкий спектр обладнання, що часто відрізняються за принципами дії, рівнем автоматизації та ефективністю. Така різноманітність технологічних підходів нерідко призводить до нестабільності якісних показників готової продукції, зокрема до коливань структури, смаку, кольору та фізико-хімічних характеристик виробів. У зв’язку з цим особливої актуальності набуває розроблення єдиного науково обґрунтованого підходу до створення технології виробництва цукрового печива із заданими параметрами складу та властивостей, що дозволить забезпечити стабільність якості незалежно від умов виробництва.

Проведення науково-дослідних робіт у цьому напрямі зумовлене необхідністю формування нових підходів до створення функціональних

кондитерських виробів, які відповідають сучасним вимогам раціонального та збалансованого харчування. В умовах динамічного розвитку науки про харчування особливого значення набуває врахування новітніх досягнень у галузі нутриціології, що дозволяє розширювати асортимент продукції за рахунок виробів із підвищеною біологічною цінністю та додатковими корисними властивостями.

Аналіз складу сировини, яка використовується у виробництві цукрового печива, підтверджує необхідність її ретельного та науково обґрунтованого добору з метою формування продуктів із покращеним харчовим профілем. Застосування натуральних інгредієнтів, збагачених вітамінами, мінеральними речовинами та іншими біологічно активними компонентами, дозволяє не лише підвищити харчову цінність виробів, але й забезпечити їх функціональні властивості, спрямовані на підтримання здоров’я споживачів та профілактику окремих захворювань.

Теоретичною основою проведених досліджень є комплексний підхід, який передбачає використання сучасних методів моделювання рецептур збалансованих кондитерських виробів, а також застосування положень системного аналізу та фізико-хімічної механіки. Такий підхід дозволяє більш глибоко зрозуміти взаємозв’язки між компонентами рецептури, технологічними параметрами та кінцевими властивостями продукції, що є необхідною умовою для розроблення ефективних і науково обґрунтованих технологій виробництва.

Метою роботи є удосконалення технології цукрового печива, із заданим стабільним співвідношенням рецептурних компонентів. Сформовано наступні завдання роботи:

1. дослідити вплив гранулометричного складу борошна на властивості тіста для печива цукрового;
2. визначити можливості до удосконалення процесу суміші сипких компонентів тіста;
3. дослідити вплив способу підготовки жирового компонента та лецитину на властивості печива цукрового.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Аналіз структури ринку та виробництва кондитерських виробів

Інтенсивне зростання конкуренції у харчовій промисловості, а також постійне підвищення споживчого попиту зумовлюють необхідність посилення уваги виробників до забезпечення високого рівня якості продукції. «За таких умов підприємства змушені не лише підтримувати стабільність показників готових виробів, а й активно впроваджувати інноваційні підходи до їх удосконалення, орієнтуючись на сучасні вимоги ринку та очікування споживачів» [1].

«Суттєві трансформації, що відбулися в Україні в економічній та соціальній сферах протягом останніх 15-20 років, істотно вплинули на розвиток кондитерської галузі та сприяли формуванню нових споживчих пріоритетів» [2]. У результаті цих змін підвищилися вимоги до якості продукції, її безпечності, харчової цінності та різноманітності асортименту, що, своєю чергою, стимулює виробників до розширення номенклатури виробів і вдосконалення технологій їх виготовлення.

Проведений аналіз показників обсягів виробництва, структури асортименту та рівня споживання кондитерських виробів населенням України засвідчив, що переважна більшість споживачів надає перевагу борошняним кондитерським виробам (рис. 1.1) [1-5].

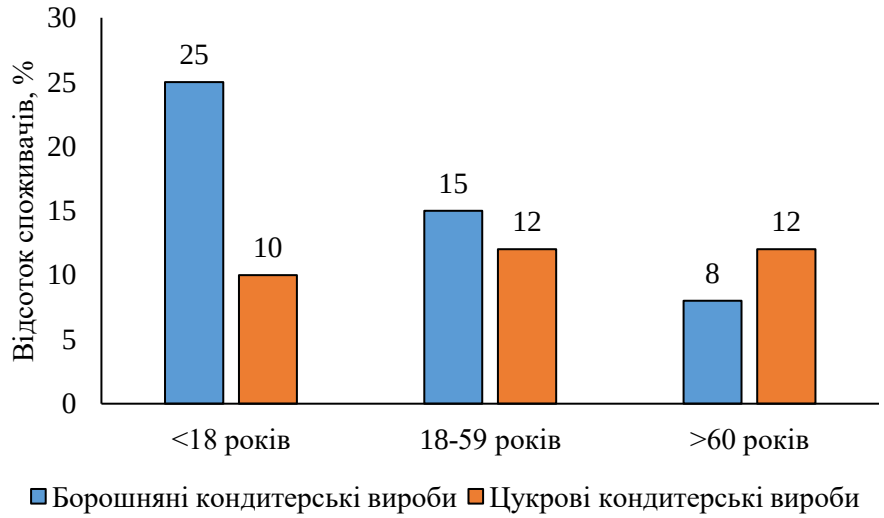


Рисунок 1.1 – Споживання кондитерських виробів населенням України

«Такі вироби займають важливе місце у повсякденному раціоні харчування, характеризуються високою популярністю серед різних вікових груп і дедалі частіше включаються до складу організованого харчування, зокрема шкільних сніданків, що свідчить про їхню доступність і споживчу привабливість» [6].

Аналіз структури асортименту борошняних кондитерських виробів показує, що провідну частку в загальному обсязі виробництва займає печиво (рис. 1.2). «Його частка становить близько 40% від загального випуску цієї групи продукції, що підтверджує стабільно високий попит на даний вид виробів» [7]. Така ситуація зумовлена поєднанням доступної вартості, тривалого терміну зберігання, зручності споживання та широкого асортименту смакових і рецептурних варіацій, що забезпечує печиву стійкі позиції на ринку кондитерської продукції.

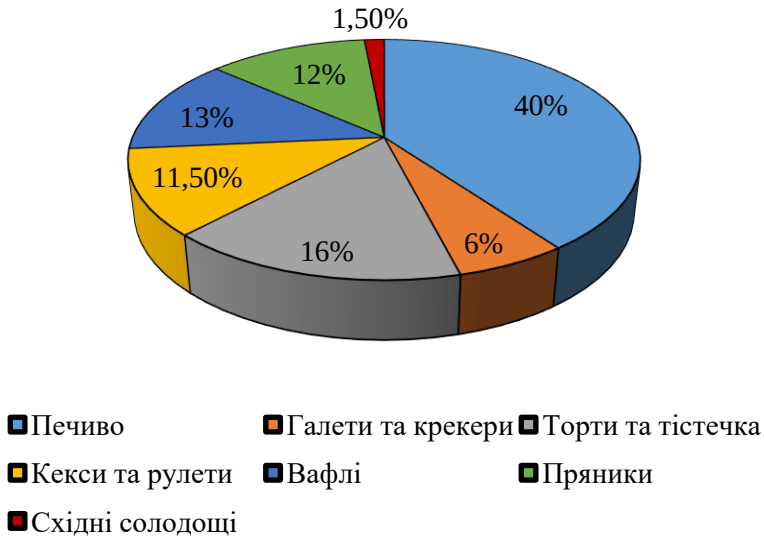


Рисунок 1.2 – Обсяг виробництва борошняних кондитерських виробів 2024-2025 рр.

«Під час придбання борошняних кондитерських виробів споживачі, відповідно до результатів проведених опитувань, орієнтуються на сукупність визначальних критеріїв, що впливають на їхній вибір» [8]. Узагальнення отриманих даних (рис. 1.3) свідчить, що процес прийняття рішення є комплексним і залежить як від органолептичних характеристик продукції, так і від економічних чинників та довіри до виробника.

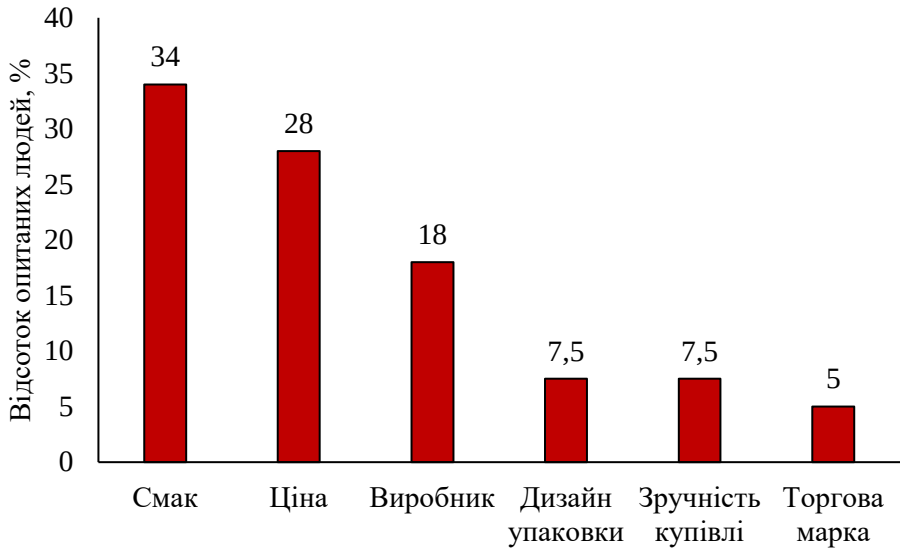


Рисунок 1.3 – Критерії, що використовуються споживачами при виборі борошняних кондитерських виробів

Аналіз відповідної діаграми показує, що найвагомішим чинником при виборі печива є його смакові властивості, які формують загальне враження про продукт і визначають рівень задоволення споживача. «Друге місце за значущістю посідає ціна, що підтверджує чутливість покупців до вартості продукції та їхню орієнтацію на доступні варіанти. Третім за важливістю критерієм виступає виробник, причому більшість споживачів, а саме близько 74%, надають перевагу продукції вітчизняного виробництва, що свідчить про сформовану довіру до національних брендів та підтримку внутрішнього ринку» [9, 10].

Комплексна оцінка отриманих графічних і аналітичних даних дозволяє узагальнити, що серед усього асортименту борошняних кондитерських виробів саме печиво користується найбільшим попитом. «Визначальним чинником його популярності є привабливі смакові характеристики, які залишаються ключовими при виборі продукції» [11]. Водночас споживачі віддають перевагу виробам із помірною або низькою ціною, що у поєднанні з орієнтацією на вітчизняного виробника формує загальні тенденції ринку.

Таким чином, «висока популярність печива пояснюється оптимальним поєднанням відносно невисокої вартості та задовільних споживчих властивостей,

що робить його доступним для широкого кола населення. Саме ці фактори зумовлюють стабільний попит на даний вид продукції та його значну частку у структурі ринку» [12, 13].

Окрім цього, вибір цукрового печива як об’єкта дослідження обґрунтовується значними обсягами його виробництва, що підтверджується відповідними статистичними даними. Це свідчить про доцільність поглибленого вивчення його властивостей, складу та можливостей удосконалення рецептури з метою підвищення харчової цінності.

Аналіз існуючого асортименту цукрового печива показав, що його фізіологічна цінність залишається відносно низькою (рис. 1.4). Зокрема, «споживання 100 г продукції забезпечує лише 1,5–7% добової потреби людини у вітамінах групи В, зокрема В2, В6, РР, а також кальції, тоді як енергетична цінність становить близько 17% від добової потреби. Така диспропорція свідчить про переважання енергетичної складової над біологічною цінністю» [15-17].



Рисунок 1.4 – Задоволення середньодобової потреби організму людини у харчових речовинах при споживанні 100г цукрового печива

«Характерною особливістю складу цукрового печива є підвищений вміст цукрів, який може коливатися в межах 20–40%, а також значна кількість жирів, що становить від 6 до 30%» [16]. «Водночас вміст білка залишається відносно низьким

і перебуває в межах 3–10%, що знижує загальну поживну цінність продукту. Енергетична цінність печива є досить високою і становить приблизно 400–470 ккал» [17], при цьому вміст вітамінів, мінеральних речовин і харчових волокон є незначним, що додатково обґрунтовує необхідність удосконалення його рецептурного складу з метою підвищення біологічної ефективності.

«Дослідження хімічного складу традиційних різновидів печива вказує на доцільність його цілеспрямованого коригування, спрямованого на підвищення вмісту мікронутрієнтів при одночасному зниженні енергетичної цінності продукції» [18, 19]. Такий підхід дозволяє не лише покращити харчову цінність виробів, а й зробити їх більш відповідними сучасним вимогам раціонального та збалансованого харчування, орієнтованого на збереження здоров’я споживачів.

Цукрове печиво розглядається як перспективна основа для створення функціональних продуктів із підвищеною біологічною цінністю, що досягається шляхом додаткового збагачення його складу мікронутрієнтами. «Важливо, що при цьому воно зберігає свої традиційно високі споживчі характеристики, зокрема привабливі органолептичні властивості, а також доступну вартість, що забезпечує його популярність серед широкого кола споживачів різних вікових і соціальних груп» [20]. Це створює передумови для ефективного впровадження функціональних інгредієнтів без зниження споживчої привабливості готового продукту.

1.2 Способи підвищення харчової та біологічної цінності печива цукрового

У межах реалізації концепції державної політики у сфері здорового харчування активно проводяться наукові дослідження, спрямовані на формування та розширення асортименту функціональних кондитерських виробів. «Основною метою таких робіт є створення продуктів, які не лише задовольняють споживчі вподобання, а й сприяють покращенню стану здоров’я населення завдяки оптимізованому складу та підвищеній біологічній цінності» [21].

Відповідно до чинних нормативних документів функціональними вважаються харчові продукти, призначені для регулярного споживання у складі щоденного раціону всіма віковими групами здорового населення. «Такі продукти здатні знижувати ризик виникнення захворювань, пов’язаних із харчуванням, а також сприяти збереженню та зміцненню здоров’я людини за рахунок наявності у своєму складі фізіологічно функціональних інгредієнтів, які чинять позитивний вплив на організм» [22].

Фізіологічно функціональні харчові інгредієнти, що застосовуються для збагачення продуктів, представлені широким спектром компонентів, здатних покращувати харчову цінність виробів та надавати їм додаткових корисних властивостей (рис. 1.5). «Використання таких інгредієнтів дозволяє формувати продукти з заданими функціональними характеристиками, орієнтованими на профілактику окремих порушень у харчуванні та підтримання загального фізіологічного стану організму» [23].



Рисунок 1.5 – Функціональні харчові інгредієнти

Функціональні продукти повинні належати до категорії товарів масового споживання, які регулярно використовуються у повсякденному харчуванні

населення. «Важливою умовою їх впровадження є доступність для широких верств споживачів, що забезпечує можливість систематичного вживання та досягнення очікуваного оздоровчого ефекту» [24].

Виробництво печива функціонального призначення базується на використанні натуральної сировини, переважно вітчизняного походження, а також різноманітних добавок із підвищеними функціональними властивостями. «До таких компонентів належать борошно нижчих сортів, сухі молочні продукти, солодові екстракти, лактулоза, інвертний сироп та інші інгредієнти, здатні підвищувати біологічну цінність виробів і формувати їх корисні властивості без погіршення органолептичних показників» [25-30].

Важливим етапом створення функціональних харчових продуктів шляхом введення до їх складу фізіологічно функціональних інгредієнтів у кількостях, співставних із добовими потребами організму, є забезпечення збереження традиційних споживчих характеристик виробу. «Це передбачає необхідність досягнення балансу між підвищенням біологічної цінності продукції та збереженням її звичних органолептичних властивостей, зокрема смаку, аромату, текстури та зовнішнього вигляду, що мають вирішальне значення для споживача» [26].

У ході дослідження було визначено ключові напрями коригування хімічного складу цукрового печива, спрямовані на підвищення його функціональних властивостей і харчової цінності. «Насамперед передбачено науково обґрунтований підбір сировини натурального походження, використання якої забезпечує формування додаткових корисних властивостей готових виробів та підвищення їх біологічної ефективності» [31].

Важливим складником є моделювання рецептурного складу цукрового печива, що дозволяє цілеспрямовано впливати на його хімічний склад і регулювати основні показники якості. «Такий підхід дає змогу оптимізувати співвідношення інгредієнтів відповідно до заданих вимог і забезпечити отримання продукції з прогнозованими характеристиками» [32].

Окрему увагу приділено обґрунтуванню принципів удосконалення технологічного процесу та розробленню сучасної технології виробництва цукрового печива з підвищеною харчовою і біологічною цінністю. При цьому важливою умовою є збереження традиційного смаку продукції, що гарантує її прийнятність для споживача та конкурентоспроможність на ринку.

«Завершальним етапом є проведення комплексної оцінки якості цукрового печива протягом усього терміну його зберігання» [33]. Така оцінка включає аналіз органолептичних і фізико-хімічних показників, визначення харчової та біологічної цінності, а «також дослідження вмісту і стабільності ендогенних мікронутрієнтів, що дозволяє об’єктивно оцінити ефективність запропонованих рішень та їх практичну доцільність» [27].

Ключовим чинником під час моделювання рецептурного складу цукрового печива є обґрунтований вибір інгредієнтів, які поєднують виражені функціональні властивості з високими показниками якості. «Саме від правильного підбору компонентів залежить можливість формування продукту із заданими характеристиками, підвищеною харчовою цінністю та стабільними споживчими властивостями, що відповідають сучасним вимогам до продуктів оздоровчого призначення» [33].

Збагачення кондитерських виробів натуральними інгредієнтами має суттєві переваги порівняно з використанням синтетичних добавок та їх композицій. «Такі компоненти зазвичай містять комплекс біологічно цінних речовин, серед яких білки, вітаміни, мінеральні сполуки та інші нутрієнти, що перебувають у природно збалансованих співвідношеннях і представлені у формі, найбільш доступній для засвоєння організмом людини» [25, 34]. Це забезпечує більш ефективний фізіологічний вплив і підвищує біологічну цінність готової продукції.

У ході досліджень було розглянуто низку видів сировини натурального походження, зокрема солодовий екстракт, який отримують із пророщених зерен ячменю за спеціальною технологією, що дозволяє зберегти широкий спектр біологічно активних речовин. «До його складу входять макро- і мікроелементи, вітаміни, а також ферменти, які відіграють важливу роль у процесах обміну

речовин. Солодовий екстракт позитивно впливає на функціонування різних систем організму, зокрема серцево-судинної, дихальної, ендокринної та травної, а також сприяє нормалізації психоемоційного стану» [35]. Наявність ферментів, що забезпечують розщеплення вуглеводів і білків, додатково підвищує його цінність як функціонального інгредієнта.

Важливим компонентом також є лецитин, який виступає джерелом вітаміну Е та холіну – біологічно активної речовини з вираженою ліпотропною дією. «Лецитин відіграє значну роль у забезпеченні нормального функціонування головного мозку, печінки та серцево-судинної системи. Його дія пов’язана з нормалізацією ліпідного складу крові та відновленням структури клітинних мембран, що сприяє покращенню їх функціональної активності» [36]. Холін, як складова лецитину, запобігає надмірному накопиченню жирів у печінці, проявляє протиатеросклеротичні властивості та позитивно впливає на діяльність нервової системи.

Отже, використання натуральної сировини з вираженими функціональними властивостями, зокрема солодового екстракту, молочних і яєчних продуктів, а також лецитину, у виробництві цукрового печива створює передумови для підвищення його харчової та біологічної цінності. Такий підхід дозволяє збільшити вміст білків, вітамінів, мінеральних речовин і харчових волокон, а також сприяє зниженню енергетичної цінності готових виробів без погіршення їх споживчих характеристик.

Вибір функціональних інгредієнтів здійснюється з урахуванням розробленої структурної схеми (рис. 1.6).

«Під час розробки цукрового печива з підвищеною харчовою та біологічною цінністю першочергового значення набуває врахування впливу фізико-хімічних чинників, здатних визначати рівень збереження функціональних добавок у процесі виробництва та подальшого зберігання продукції» [37]. Особливу увагу приділяють умовам технологічної обробки, оскільки саме вони можуть суттєво впливати на стабільність біологічно активних речовин і їх кінцеву ефективність у складі готового виробу.

«Важливим є врахування залежності збереженості введених інгредієнтів від тривалості та інтенсивності процесу замішування тіста, а також від дії підвищених температур під час випікання» [38]. Тривалий механічний вплив і термічне навантаження можуть призводити до часткової деградації вітамінів, ферментів та інших чутливих компонентів, що потребує оптимізації технологічних параметрів із метою мінімізації втрат корисних речовин.

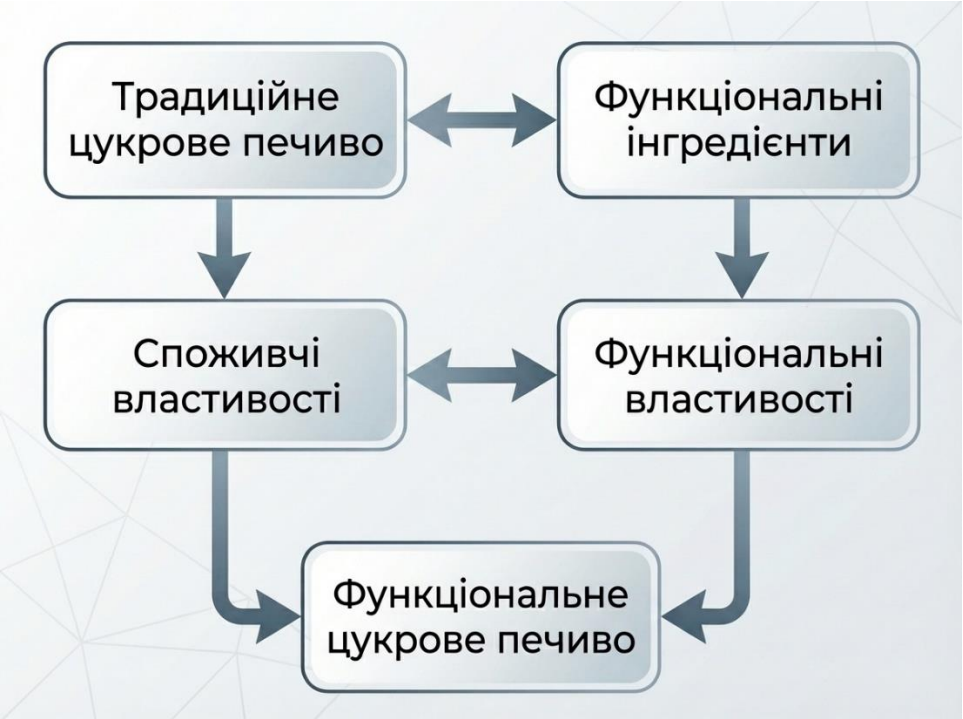


Рисунок 1.6 – Структурна схема створення функціонального цукрового печива

Проведений аналіз існуючих технологій виробництва цукрового печива дозволив встановити «характерні особливості технологічного процесу, серед яких лужне середовище тіста з рівнем pH у межах 7,8–8,8, відносно невисока вологість на рівні 14,5–16,0%, а також короткотривалий процес випікання за високих температур, що можуть досягати близько 230°C протягом 2,5–6,0 хвилин. Сукупність цих факторів створює специфічні умови, які необхідно враховувати при виборі та використанні функціональних інгредієнтів» [28, 32, 35].

У зв’язку з цим добавки, що застосовуються для збагачення продукції, повинні відповідати ряду вимог, зокрема характеризуватися високим ступенем

дисперсності, що забезпечує їх рівномірний розподіл у тістовій масі. Вони мають легко інтегруватися в рецептурну систему, бути сумісними з іншими компонентами та зберігати свої властивості в умовах технологічної обробки. «Важливою характеристикою є також термостабільність, яка дозволяє мінімізувати втрати біологічно активних речовин під час випікання» [39].

Під час збагачення кондитерських виробів необхідно враховувати можливість хімічної взаємодії між окремими добавками та складовими рецептури, що може впливати як на якість продукції, так і на біодоступність корисних речовин (рис. 1.7). «У зв'язку з цим підбір інгредієнтів, їх форм, способів і стадій внесення здійснюється з урахуванням забезпечення максимальної стабільності в процесі виробництва та зберігання, а також ефективного засвоєння організмом людини» [40].



Рисунок 1.7 – Переваги використання вітамінно-мінеральних комплексів

З метою оптимізації складу харчових продуктів створюються спеціалізовані вітамінні та вітамінно-мінеральні суміші, які дозволяють коригувати як разове споживання, так і добовий раціон у цілому. «Використання таких композицій не лише сприяє збагаченню продукції необхідними нутрієнтами, а й дає можливість

цілеспрямовано регулювати синергетичну взаємодію окремих компонентів, підвищуючи їх сумарний позитивний ефект» [24].

«Як харчові носії у складі вітамінно-мінеральних комплексів застосовують різноманітні вуглеводні компоненти, зокрема сахарозу, глюкозу, лактозу, крохмаль, мальтодекстрин, а також борошно, харчову крейду та інші відносно інертні речовини» [21, 26, 29, 30, 36]. Використання таких носіїв забезпечує рівномірний розподіл біологічно активних компонентів у продукті та сприяє стабілізації їх властивостей у процесі виробництва і зберігання. «Вибір конкретного носія визначається характеристиками основного продукту, що підлягає збагаченню, а також вимогами до безпечності, технологічності та сумісності з іншими інгредієнтами рецептури» [40].

Отже, на підставі проведеного аналізу можна стверджувати, що підвищення харчової та біологічної цінності цукрового печива доцільно здійснювати шляхом використання сировини натурального походження, зокрема солодового екстракту, лецитину, яєчних і молочних продуктів. «Такі компоненти дозволяють збагатити продукцію білками, вітамінами та мінеральними речовинами, а також покращити її функціональні властивості» [11].

Додатковим напрямом удосконалення рецептури є застосування функціональних інгредієнтів у вигляді окремих вітамінів, мікроелементів та їх комплексів. «Використання вітамінно-мінеральних сумішей створює можливість цілеспрямованого регулювання харчової цінності виробів, підвищення їх біологічної ефективності та формування продуктів оздоровчого призначення, що відповідають сучасним вимогам до раціонального харчування» [42].

1.3 Аналіз існуючих технологій та можливості удосконалення виробництва цукрового печива

Технологічний процес виробництва цукрового печива охоплює низку послідовних стадій, що забезпечують формування необхідних якісних показників готового продукту. «До основних етапів належать підготовка сировини та

напівфабрикатів до виробництва, під час якої здійснюється їх очищення, дозування та приведення до необхідного технологічного стану, далі проводиться приготування емульсії, що забезпечує рівномірний розподіл жирових і водних компонентів» [43]. Наступним етапом є підготовка суміші сипких інгредієнтів, після чого здійснюється заміс тіста, формування виробів, їх випікання, охолодження, а також завершальні операції фасування, пакування та зберігання продукції.

«Заміс тіста для цукрового печива може здійснюватися як періодичним, так і безперервним способом, вибір яких залежить від умов виробництва та характеристик використовуваної сировини» [44]. За умови застосування інгредієнтів із стабільними якісними показниками доцільним є використання безперервного способу, що забезпечує високу продуктивність і сталість параметрів процесу.

Водночас у випадках, коли сировина характеризується значною варіабельністю показників якості, більш ефективним є періодичний спосіб приготування тіста. «Такий підхід відзначається більшою гнучкістю щодо регулювання технологічних параметрів, зокрема тривалості замісу, температурного режиму та складу рецептури, що дозволяє оперативно коригувати процес і забезпечувати стабільну якість готової продукції» [45].

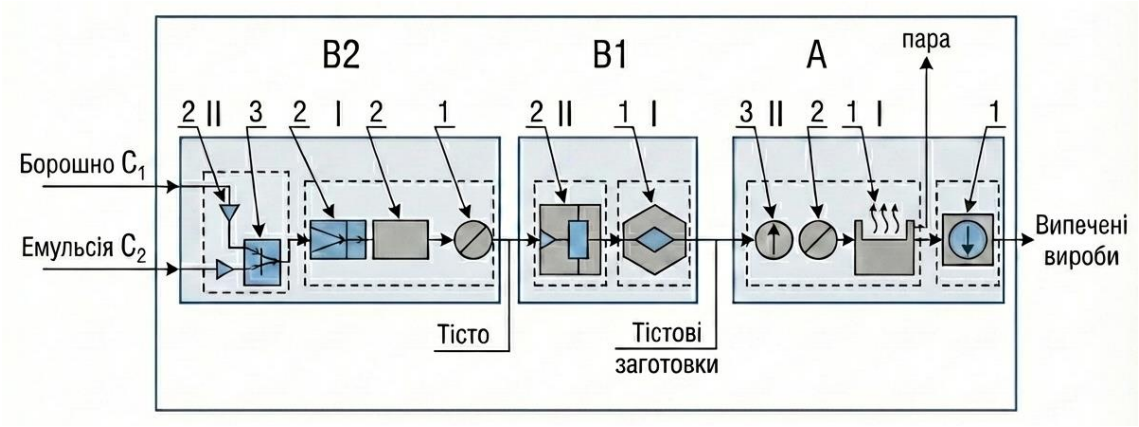


Рисунок 1.8 – Операторна модель технологічної системи виробництва цукрового печива: C1 – підготовка борошна; C2 – отримання емульсії; B2 – приготування тіста; B1 – формування тестових заготовок; A – отримання готових виробів

Операторна модель і технологічна система виробництва цукрового печива відображають взаємозв'язок окремих стадій процесу, параметрів обробки та характеристик сировини, що в сукупності визначають ефективність технології.

Для систематизації технологічного процесу виробництва цукрового печива доцільно розглядати його у вигляді операторної моделі (табл. 1.1), яка відображає взаємозв'язок окремих підсистем, операторів та процесорів. «Такий підхід дозволяє детально проаналізувати послідовність перетворень сировини у готовий продукт, визначити функціональне призначення кожного елемента системи та встановити вплив окремих стадій на формування показників якості печива» [46].

Таблиця 1.1 – Технологічна схема виробництва цукрового печива

Позначення	Підсистема	Оператор	Процесор
A	Підсистема утворення печива із тістових заготовок із показниками якості відповідними стандарту	I – оператор охолодження печива	1 – процесор охолодження печива
		II – оператор утворення печива із тістових заготовок	1 – процесор випікання тістових заготовок; 2 – процесор зміни агрегатного стану; 3 – процесор нагрівання тістових заготовок
B1	Підсистема утворення тестових заготовок печива у вигляді окремих предметів із заданими показниками якості	I – оператор орієнтації тестових заготовок	1 – процесор орієнтації тістових заготовок перед випіканням
		II – оператор утворення тістових заготовок заданої форми	1 – процесор формування тістових заготовок; 2 – процесор дозування подачі тіста
B2	Підсистема утворення тіста	I – оператор утворення тіста	1 – процесор зміни агрегатного стану; 2 – процесор тістоутворення; 3 – процесор змішування сипких компонентів із рецептурною сумішшю інших компонентів
		II – оператор з'єднання суміші сипких компонентів і суміші рецептурних компонентів	1 – процесор паралельної та одночасної подачі сумішей; 2 – процесор дозованої подачі сипких компонентів; 3 – процесор дозованої подачі інших рецептурних компонентів

На сучасному етапі виробництво цукрового печива здійснюється переважно на серійних потоково-механізованих лініях типу А2-ШЛ-1П, у складі яких заміс тіста реалізується із застосуванням секційних тістомісильних машин безперервної дії. «Така організація процесу забезпечує високу продуктивність і безперервність виробництва, однак у ході експлуатації виявлено низку технологічних недоліків, що негативно впливають на якість готової продукції» [47].

Зокрема встановлено недостатню точність дозування рецептурних компонентів, що може призводити до відхилень у складі тіста та, відповідно, до нестабільності властивостей виробів. «Важливою проблемою є також налипання тіста на внутрішні поверхні тістомісильної машини, що ускладнює рівномірне перемішування та знижує однорідність розподілу інгредієнтів. За результатами досліджень цей показник становить близько 75–83%, що підтверджено шляхом визначення вологості у декількох точках об’єму тіста» [48].

Додатковим недоліком є відсутність стадії попередньої підготовки сировинних компонентів, що ускладнює досягнення оптимального стану інгредієнтів перед їх введенням у тісто та може впливати на перебіг технологічного процесу. «Окрім цього, практикується зберігання емульсії перед використанням, що часто супроводжується її розшаруванням і, як наслідок, погіршенням рівномірності введення жирових і водних компонентів у тістову систему» [44]. Сукупність зазначених факторів обумовлює необхідність удосконалення технологічних рішень і модернізації обладнання з метою підвищення ефективності виробництва та якості продукції.

«До основних вимог, що висуваються до технології виробництва цукрового печива функціонального призначення, належить забезпечення рівномірного розподілу всіх рецептурних компонентів у загальному об’ємі продукту, а також досягнення високого ступеня дисперсності структурних елементів» [49-52]. Важливим є також дотримання оптимального співвідношення між основними інгредієнтами та функціональними добавками у кожному окремому виробі, що гарантує стабільність їх вмісту та безпечність протягом усього терміну зберігання продукції.

«Для досягнення зазначених характеристик необхідним є застосування науково обґрунтованого підходу, спрямованого на визначення раціональних умов перебігу технологічних процесів переробки кондитерських мас та розроблення ефективних методів їх інтенсифікації» [50]. Водночас ускладненням при формуванні універсальних підходів є значна різноманітність харчових систем, які відрізняються за хімічною природою, складом компонентів, фізичними властивостями, функціональним призначенням і особливостями перебігу фізико-хімічних та фазових перетворень.

Більшість видів сировини, напівфабрикатів і готових виробів у кондитерській галузі є дисперсними системами, які, незважаючи на різноманітність, переважно мають гетерогенну структуру. Це означає наявність межі поділу між фазами, величина якої визначається ступенем дисперсності твердих частинок і їх концентрацією в об’ємі системи. «Саме від площі міжфазної поверхні значною мірою залежить швидкість перебігу гетерогенних хіміко-технологічних процесів, оскільки вона визначає інтенсивність взаємодії компонентів» [51, 52].

Дисперсність твердої фази виступає одним із ключових параметрів, що визначають умови реалізації технологічних процесів. «Збільшення ступеня дисперсності сприяє зростанню активної поверхні контакту між фазами, що, у свою чергу, є ефективним шляхом інтенсифікації технологічних операцій та підвищення їх результативності» [41].

Тісто для цукрового печива належить до висококонцентрованих дисперсних систем трифазного типу, які включають тверду, рідку та газоподібну фази. Формування такої структури відбувається внаслідок введення значної кількості твердих компонентів у рідке дисперсійне середовище з одночасним утриманням певної кількості газової фази, що забезпечує характерні реологічні та структурно-механічні властивості тіста.

Слід зазначити, що «структурно-механічні властивості розглянутої системи визначаються передусім характером та енергією зв’язків між окремими фазами, концентрація яких у дисперсійному середовищі є досить високою» [50]. Саме концентраційний фактор відіграє одну з ключових ролей у формуванні основних

характеристик системи, оскільки наявність міжфазних зв’язків зумовлює утворення певної структури та надає їй специфічних структурно-механічних властивостей, зокрема пружності, пластичності та в’язкості, що визначають поведінку тіста під час обробки.

«Особливістю тіста для цукрового печива є те, що як дисперсна фаза, так і дисперсійне середовище характеризуються високою реакційною здатністю та активно беруть участь у фізико-хімічних процесах» [50]. У ході технологічної обробки вони зазнають ряду змін, пов’язаних із перебігом біохімічних і фізико-хімічних перетворень, що безпосередньо впливають на структуру та властивості системи. Зокрема крохмаль і білкові речовини клейковини інтенсивно зв’язують вологу та набухають, що призводить до зміни розмірів частинок дисперсної фази і перерозподілу об’ємного співвідношення компонентів у системі.

«Цукор, проявляючи дегідратуючі властивості, відіграє важливу роль у регулюванні ступеня набухання білків і крохмалю, тим самим впливаючи на консистенцію та реологічні характеристики тіста» [52]. Жири, у свою чергу, не лише зменшують набухання колоїдних компонентів борошна, а й взаємодіють із ними на адсорбційному рівні, блокуючи активні центри взаємодії між частинками. Це призводить до послаблення міжчастинкових зв’язків, обмеження проникнення вологи та, як наслідок, підвищення пластичності тіста.

«Механічні властивості коагуляційних структурованих дисперсних систем формуються під впливом двох основних факторів, серед яких важливу роль відіграє молекулярне зчеплення частинок дисперсної фази в місцях їх безпосереднього контакту, а також наявність тонких прошарків рідкої фази між цими частинками» [45]. У таких структурах рідке дисперсійне середовище не повністю витісняється при зближенні частинок, а утворює надзвичайно тонкі плівки, товщина яких наближається до бімолекулярного шару, що суттєво впливає на міцність і стабільність утвореної системи.

У надзвичайно тонких прошарках дисперсійного середовища, які міцно зв’язані з частинками дисперсної фази за рахунок молекулярних сил, унаслідок впорядкованої орієнтації молекул формується надлишок вільної енергії, що

зумовлює виникнення сил відштовхування. «Така орієнтація молекул не лише впливає на енергетичний стан системи, але й надає їй певної механічної стійкості та жорсткості» [45]. У результаті коагуляційні структури характеризуються підвищеною пластичністю, однак їх міцність є нижчою порівняно із системами, у яких реалізуються безпосередні контакти між фазами без проміжних прошарків.

Формування та стабільність коагуляційних структур передусім визначаються можливістю встановлення контактів між частинками дисперсної фази. Саме тому «в умовах конкретного технологічного процесу основним напрямом регулювання властивостей системи є керування міцністю міжчастинкових контактів шляхом зміни природи їх поверхні, зокрема величини сил міжфазного зчеплення» [52]. Таке регулювання здійснюється у поєднанні з механічними та іншими впливами, що дозволяють змінювати об’єм і форму системи у широких межах відповідно до заданих технологічних параметрів.

Однією з головних проблем при фізико-хімічному управлінні структурно-механічними властивостями висококонцентрованих дисперсних систем є утворення просторової структурної сітки, яка зміцнюється зі зростанням концентрації та ступеня дисперсності твердої фази. Така структура ускладнює досягнення однорідності системи, оскільки зв’язки між частинками стають стійкими і практично не руйнуються під впливом теплового руху.

«Ефективне коригування властивостей дисперсних систем можливе шляхом зміни їх основних структурних параметрів, зокрема ступеня дисперсності та об’ємної частки твердої фази у дисперсійному середовищі» [45]. Додатковим інструментом регулювання є введення поверхнево-активних речовин, які здатні суттєво впливати на характер міжчастинкової взаємодії.

Модифікація твердої фази за допомогою поверхнево-активних речовин забезпечує керування силою та енергією контактів між частинками. Зменшення міжфазного поверхневого натягу відбувається внаслідок одночасної дії двох чинників, а саме збільшення відстані між частинками на величину подвійного адсорбційного шару та зниження ефективного значення константи молекулярної

взаємодії, що в цілому сприяє підвищенню керованості та стабільності дисперсної системи.

«Слід зазначити, що керування процесами отримання систем із наперед заданими властивостями значною мірою пов’язане з регулюванням їх фізичних, насамперед структурно-механічних характеристик» [41]. Розуміння закономірностей зміни цих властивостей у часі безпосередньо під час приготування є основною передумовою для інтенсифікації та оптимізації технологічних процесів.

З урахуванням викладеного можна визначити ключові умови інтенсифікації процесів виробництва цукрового печива. Важливим є максимальне подрібнення та диспергування твердих компонентів рецептури. Підвищення площі міжфазного контакту рідких інгредієнтів досягається шляхом їх диспергування та формування двофазних систем на підготовчих стадіях. Збільшення поверхні розділу жирових компонентів забезпечується пластикацією жиру, а також створенням жирових композицій із використанням частини жиру та поверхнево-активних речовин.

Необхідним є досягнення максимальної рівномірності розподілу всіх складових у об’ємі оброблюваної маси. «Водночас важливо мінімізувати опір системи під час змішування, що досягається зниженням в’язкості вихідної сировини. Послаблення сил зчеплення в атомарних і коагуляційних контактах можливе шляхом модифікації поверхні частинок із використанням поверхнево-активних речовин» [45].

Застосування зазначених підходів дозволяє не лише підвищити якісні показники готової продукції, але й забезпечити стабільність параметрів окремих технологічних операцій і всього виробничого процесу, що створює основу для розроблення технології функціонального цукрового печива.

Висновки по розділу.

Борошняні кондитерські вироби належать до продуктів із стабільно високим попитом серед населення, при цьому частка цукрового печива у загальному обсязі їх виробництва становить близько 40%, що обґрунтовує доцільність його

використання як основного об’єкта для збагачення функціональними інгредієнтами.

Аналіз харчової цінності традиційного цукрового печива свідчить про необхідність коригування його складу шляхом зменшення вмісту жирів, вуглеводів і калорійності з одночасним підвищенням частки білків і мікронутрієнтів, що може бути досягнуто завдяки використанню функціональної сировини. У сучасних умовах створення продуктів функціонального призначення, здатних позитивно впливати на організм людини при регулярному споживанні, є актуальним напрямом розвитку харчових технологій.

Ключовим етапом розроблення функціонального цукрового печива є обґрунтований вибір сировини, яка забезпечує формування додаткових корисних властивостей продукції, зокрема застосування вітамінно-мінеральних добавок як фізіологічно активних інгредієнтів.

Проведений аналіз технологій показав, що для підвищення стабільності та якості виробів необхідно враховувати особливості сировини та адаптувати її до умов виробництва або забезпечувати узгодження її якісних показників. Важливу роль у формуванні структури тіста відіграє процес змішування, який має здійснюватися за умов мінімального опору системи та зниження її в’язкості, що забезпечує досягнення високої однорідності розподілу компонентів.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика використаної сировини

Під час проведення досліджень використовували сировину, що відповідала вимогам чинних державних стандартів України (ДСТУ), галузевих нормативних документів, а також санітарно-гігієнічних норм і правил.

У виробництві цукрового печива застосовують такі основні компоненти:

- борошно пшеничне – ДСТУ 46.004:99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»;
- крохмаль кукурудзяний – ДСТУ 3976-2000 «Крохмаль кукурудзяний. Технічні умови»;
- цукор-пісок – ДСТУ 4623:2006 «Цукор білий. Технічні умови»;
- жири харчові – ДСТУ 4335:2004 «Жири кондитерські. Технічні умови»;
- концентрати фосфатидні – ТУ У 15.8-00334534-203:2007 «Концентрати фосфатидні. Технічні умови»;
- молоко сухе знежирене – ДСТУ 4273:2003 «Молоко сухе. Технічні умови»;
- продукти яєчні – ДСТУ 8719:2017 «Продукти яєчні. Технічні умови»;
- розпушувачі хімічні (натрій двовуглекислий) – ДСТУ 2436:2008 «Натрій двовуглекислий (сода харчова). Технічні умови».

Як базовий об’єкт дослідження обрано цукрове печиво «Ювілейне», яке широко представлене на споживчому ринку та характеризується стабільним попитом серед споживачів.

Обрання саме цього виду печива зумовлено його типовою рецептурою, стабільними органолептичними показниками та широким використанням у масовому виробництві, що дозволяє об’єктивно оцінити вплив запропонованих технологічних рішень на якість готової продукції, її структурно-механічні властивості та показники зберігання. Рецептура печива наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Дослідна рецептура печива цукрового «Ювілейне»

Найменування сировини та напівфабрикатів	Масова частка СР, %	Витрата сировини, кг	
		в натурі	у сухих речовинах
Борошно пшеничне в.с.	85,50	619,04	529,28
Крохмаль кукурудзяний	87,00	45,83	39,87
Пудра цукрова	99,85	179,54	179,27
Інвертний сироп	70,00	24,76	17,33
Маргарін	84,00	216,67	182,00
Молоко	11,50	22,61	2,60
Меланж	27,00	30,96	8,36
Пудра ванільна	99,85	4,34	4,33
Сіль	96,50	3,98	3,84
Сода питна	50,00	4,34	2,17
Вуглеамонійна сіль	0,00	3,22	0,00
Есенція	0,00	1,24	0,00
Разом	–	1156,53	969,06
Вихід	95,50	1000,00	955,00

Для оцінювання фізіологічної цінності традиційного цукрового печива було проаналізовано показники хімічного складу та енергетичної цінності виробів базового асортименту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Харчова та енергетична цінність печива цукрового

Показник	Вміст, г/100 г
Білки	6,8
Жири	18,7
Вуглеводи	66,8
Енергетична цінність, ккал	461,9

При цьому споживання 100 г цукрового печива, виготовленого за традиційними рецептурами, забезпечує покриття середньодобової потреби дорослої людини в енергії на рівні 16,6–18,5%, у жирах – 12,2–22,5%, у білках – не більше 9–12%, а у вуглеводах – 18–19%. Водночас значна частка вуглеводів представлена простими цукрами.

2.2 Методики визначення якісних показників об’єктів дослідження

У роботі застосовано загальноприйняті та спеціальні фізичні, хімічні, фізико-хімічні, математичні й органолептичні методи досліджень.

Якість борошна оцінювали відповідно до вимог ДСТУ 46.004:99 «Борошно пшеничне. Технічні умови» за такими показниками: масова частка вологи (не більше 15%), кислотність як показник свіжості, зольність, кількість і якість сирої клейковини, а також число падіння. «Силу» борошна визначали за вмістом і здатністю сирої клейковини чинити опір деформуванню під дією стискання на приладі ІДК. Вміст сирої клейковини визначали відповідно до ДСТУ ISO 21415-2, крупність помелу – за ДСТУ 2629, білизну – за ДСТУ ISO 2470, число падіння – за ДСТУ ISO 3093, вміст металомагнітних домішок – за ДСТУ 26328. Число падіння оцінювали за часом переміщення робочого органа віскозиметра в нагрітій водно-борошняній суспензії.

Інші показники сировини та готової продукції визначали відповідно до чинної нормативно-технічної документації. В’язкість у реологічних дослідженнях визначали за допомогою ротаційного віскозиметра типу Haake.

Для оцінювання структурно-механічних властивостей напівфабрикатів і готових виробів використовували прилади: структурометр СТ-2, фариограф фірми Brabender, пенетрометр, пластометр КП-3 та реометр «Реотест-2». Під час роботи з пенетрометром використовували конічне тіло занурення з кутом при вершині 60°, маса рухомої частини становила 114 г. За показник відносної в’язкості тіста приймали глибину занурення конуса протягом 10 хв, яку виражали в одиницях пенетрації.

Для оцінювання зміни щільності готових виробів застосовували прискорений метод, що дає змогу визначати об’єм і щільність тістових заготовок та цукрового печива.

У ємність із рівними краями засипали індикатор – шліфоване пшоно з розміром частинок близько 1,5 мм, після чого поверхню вирівнювали по верхньому краю. Початковий об’єм індикатора визначали за допомогою мірного циліндра (V_1). Далі у цю ж ємність розміщували досліджувані вироби у кількості не менше 10 штук (а), засипали індикатором і знову вирівнювали поверхню. Об’єм індикатора після занурення виробів вимірювали (V_2). Об’єм виробів визначали як різницю:

$$V = V_1 - V_2 \tag{2.1}$$

Середній об’єм одного виробу обчислювали за формулою:

$$V_{ср} = \frac{V}{a} \tag{2.2}$$

Для визначення щільності вимірювали загальну масу виробів (m), після чого розраховували середню масу одного виробу:

$$m_{ср} = \frac{m}{a} \tag{2.3}$$

Щільність визначали за співвідношенням:

$$\rho_{ср} = \frac{m_{ср}}{V_{ср}} \tag{2.4}$$

Приріст об’єму виробу встановлювали як різницю між об’ємом готового виробу та тістової заготовки:

$$\Delta V = V_{ср(виробу)} - V_{ср(міст.заготовки)} \quad (2.5)$$

Застосування цього методу дозволяє об’єктивно оцінити зміну об’єму та щільності тіста і готових виробів, а також у поєднанні з органолептичною оцінкою більш повно характеризувати якість продукції.

Висновки по розділу.

У розділі наведено характеристику сировини, що використовується у виробництві цукрового печива, та обґрунтовано її вибір відповідно до вимог чинних нормативних документів. Встановлено, що якість вихідних компонентів, зокрема борошна, жиру, цукру та допоміжної сировини, суттєво впливає на формування структурно-механічних властивостей тіста та показників якості готових виробів. Особливу увагу приділено показникам, що визначають технологічну придатність сировини, таким як вологість, вміст клейковини, дисперсність, а також стабільність фізико-хімічних характеристик.

У другій частині розділу систематизовано методики визначення якісних показників об’єктів дослідження. Застосування комплексу фізичних, фізико-хімічних та органолептичних методів дозволило всебічно оцінити властивості сировини, напівфабрикатів і готових виробів. Використані методи забезпечують достовірне визначення реологічних, структурно-механічних та фізико-хімічних характеристик, що є необхідною умовою для обґрунтування технологічних рішень і подальшого вдосконалення процесу виробництва цукрового печива.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Існуючі технології виробництва цукрового печива базуються на використанні сировини зі значною варіабельністю показників якості, що при цьому дозволяє отримувати готову продукцію зі стабільними характеристиками. Проведений аналіз технологічного потоку дозволив виявити підсистеми з низьким рівнем цілісності та визначити напрями його вдосконалення, зокрема за рахунок оптимізації підготовчих операцій.

При виробництві функціонального цукрового печива особливої важливості набуває забезпечення стабільного співвідношення рецептурних компонентів у кожному виробі, що потребує підвищення ефективності стадії їх підготовки шляхом розділення обробки сипких та інших інгредієнтів. Запропоновано винесення операцій підготовки сировини, формування сумішей сипких компонентів і емульсій в окремі стадії з утворенням стійких двофазних систем без зниження продуктивності лінії. Такі рішення спрямовані на покращення рівномірності розподілу компонентів за рахунок збільшення їх питомої поверхні без зменшення концентрації твердої фази.

3.1 Суміш сипких компонентів та вплив гранулометричних властивостей борошна

На початковому етапі роботи проведено дослідження гранулометричного складу з метою визначення діапазону розміру частинок пшеничного борошна вищого, першого та другого сортів (рис. 3.1).

Встановлено, що гранулометричний склад пшеничного борошна в межах одного сорту є неоднорідним, при цьому зі збільшенням розміру частинок зростає вміст гранул вільного крохмалю і зменшується частка білкових речовин. Зокрема, у борошні другого сорту частка частинок розміром понад 160 мкм становить близько 30%, тоді як для борошна вищого та першого сортів цей показник є близьким за значенням.

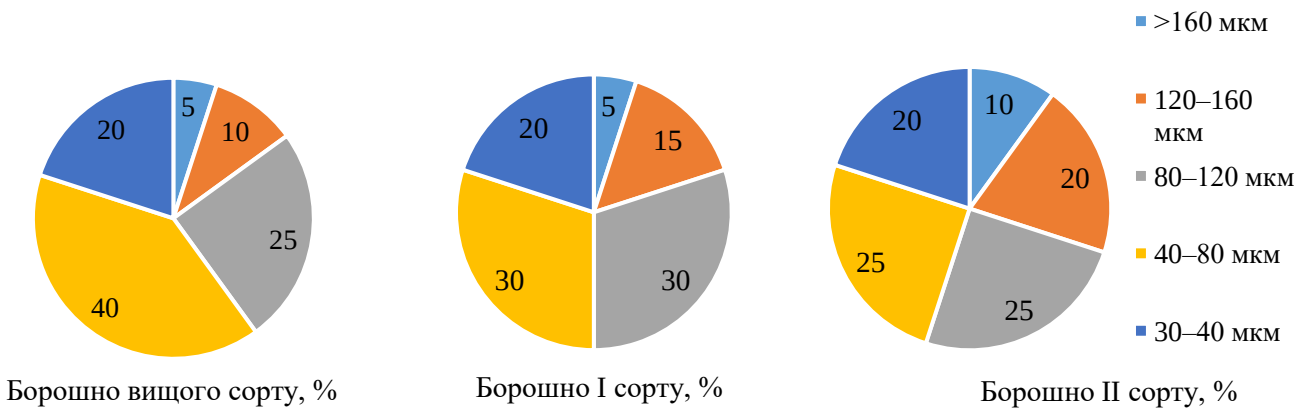


Рисунок 3.1 – Гранулометричний склад сортів пшеничного борошна

Оскільки розмір частинок борошна суттєво впливає на швидкість перебігу біохімічних і колоїдних процесів у тісті, а відповідно і на його властивості та якість готових виробів, проведено дослідження впливу сортності борошна та вмісту сирої клейковини на його водопоглинальну здатність. Отримані результати наведені на рис. 3.2.

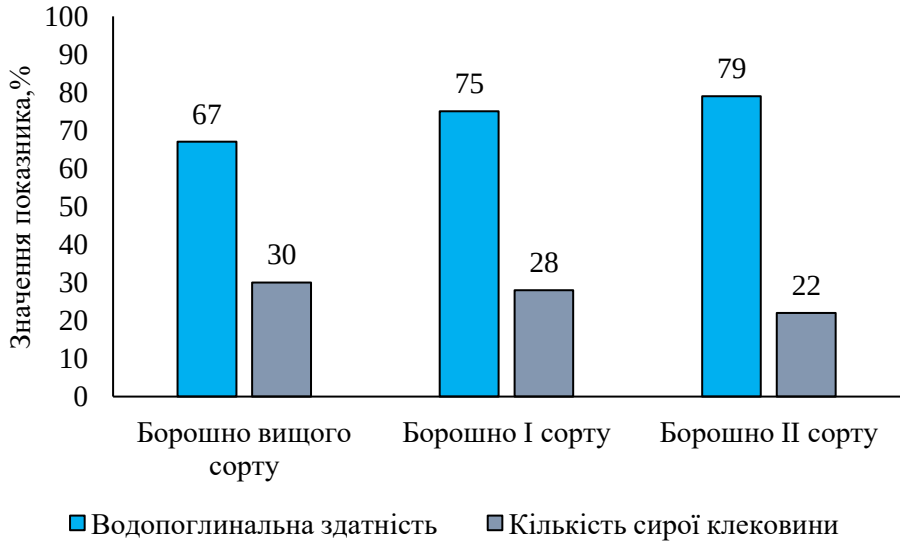


Рисунок 3.2 – Зміна вмісту клейковини та водопоглинаючої здатності від сорту борошна

Зі зниженням сортності борошна від вищого до другого спостерігається підвищення його водопоглинальної здатності з 67 до 79%, що зумовлено більшим вмістом клітковини та геміцелюлози. Завдяки капілярно-пористій структурі ці

компоненти активно поглинають вологу та інтенсивно набухають у водному середовищі.

Проведені дослідження впливу сортності пшеничного борошна на показники пластичності (рис. 3.3) та щільності (рис. 3.4) тіста показали, що використання борошна другого сорту обмежується через погіршення реологічних властивостей.

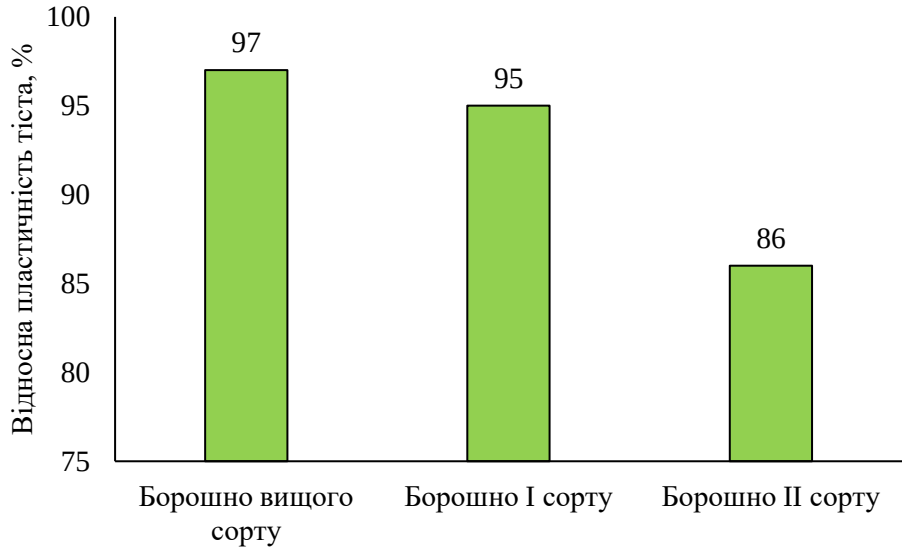


Рисунок 3.3 – Зміна відносної пластичності тіста в залежності від сорту борошна

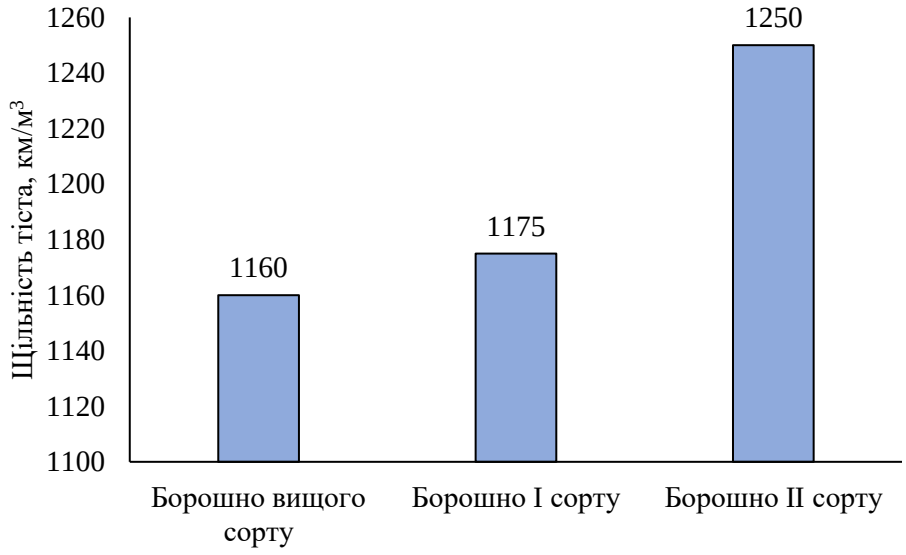


Рисунок 3.4 – Зміна щільності тіста в залежності від сорту борошна

Зокрема, спостерігається зниження пластичності на 12% і підвищення щільності на 8%, що призводить до налипання тістових заготовок на формувальний

ротор, збільшення кількості зворотних відходів та зниження продуктивності технологічної лінії.

Органолептична оцінка засвідчила високі смакові властивості цукрового печива, виготовленого з борошна різних сортів, однак вироби з борошна другого сорту відрізняються темнішим кольором, наявністю темних включень на поверхні та підвищеною крихкістю.

У процесі дослідження встановлено вплив вмісту клейковини та гранулометричного складу борошна першого сорту на реологічні властивості тіста, зокрема показники пластичної деформації тіста. Вміст клейковини варіювали в межах від 20 до 28% (рис. 3.5).

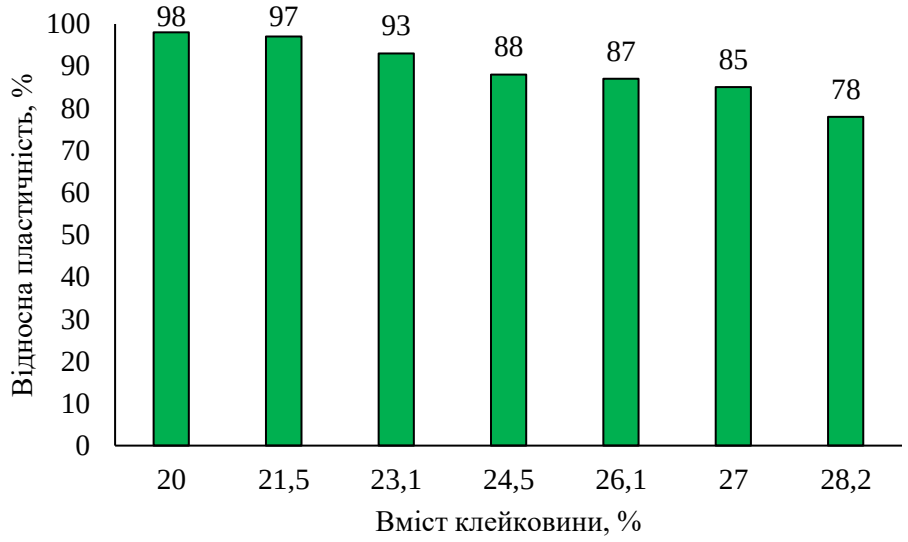


Рисунок 3.5 – Зміна відносної пластичності тіста при використанні борошна пшеничного I сорту з різним вмістом клейковини

Отримані результати свідчать, що покращення властивостей цукрового тіста пов’язане зі зростанням пластичності та зниженням пружності. Найбільш сприятливі зміни реологічних характеристик спостерігаються при використанні пшеничного борошна першого сорту з вмістом клейковини у межах 23,1–27%.

На основі проведених досліджень зроблено висновок, що застосування борошна першого сорту з таким вмістом клейковини забезпечує формування

стабільних структурно-механічних властивостей тіста та отримання цукрового печива з високими смаковими характеристиками.

У ході виконання роботи встановлено, що при подачі борошна та суміші сипких компонентів без попередньої підготовки вже на початковій стадії змішування формуються локальні зони з нерівномірним співвідношенням твердої і рідкої фаз, які зберігаються протягом тривалого часу.

Аналіз стану сипких компонентів у статичних умовах дозволив виявити процеси, що спричиняють злежування борошна та утворення склепінь, особливо під час його зберігання у великих силосах. Для отримання однорідної суміші сипких компонентів необхідно створити умови, які забезпечують максимальне роз'єднання частинок, що сприятиме збільшенню кількості контактів між частинками твердої фази та рівномірному їх розподілу в об'ємі системи (рис. 3.6).

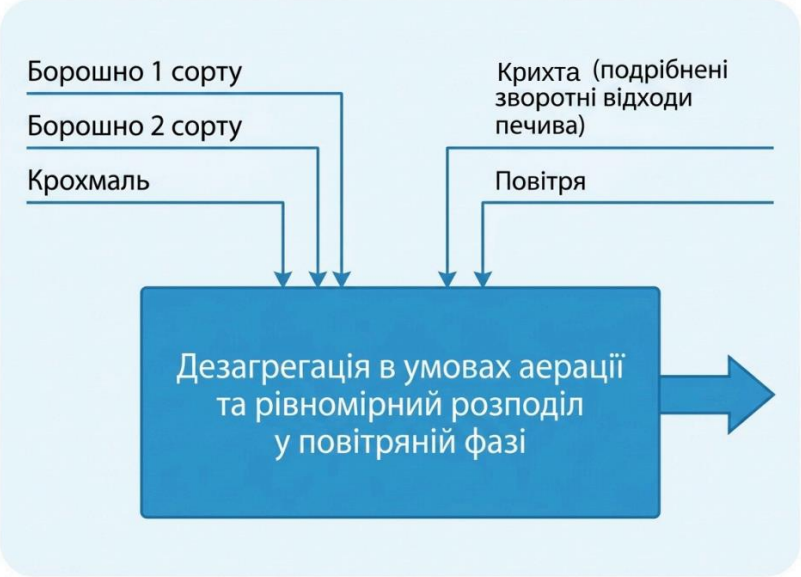


Рисунок 3.6 – Схема отримання суміші сипких компонентів

З метою руйнування агрегатів борошна, що утворюються під час зберігання у силосах, та підвищення плинності сипких компонентів організовано їх послідовне дозування у ваговий дозатор із використанням борошна двох видів, крохмалю та тонкодисперсних відходів.

Запропоновано спосіб підготовки в умовах аерації на установці, що працює в автоматичному режимі (рис. 3.7), де дезагрегування компонентів і рівномірний

розподіл твердої та повітряної фаз забезпечуються турбулентним рухом, створеним подачею повітря під тиском 1,1–1,3 атм. Експериментально встановлено, що для ефективного переміщення частинок об’єм камери дозатора має у чотири рази перевищувати об’єм сипких компонентів.

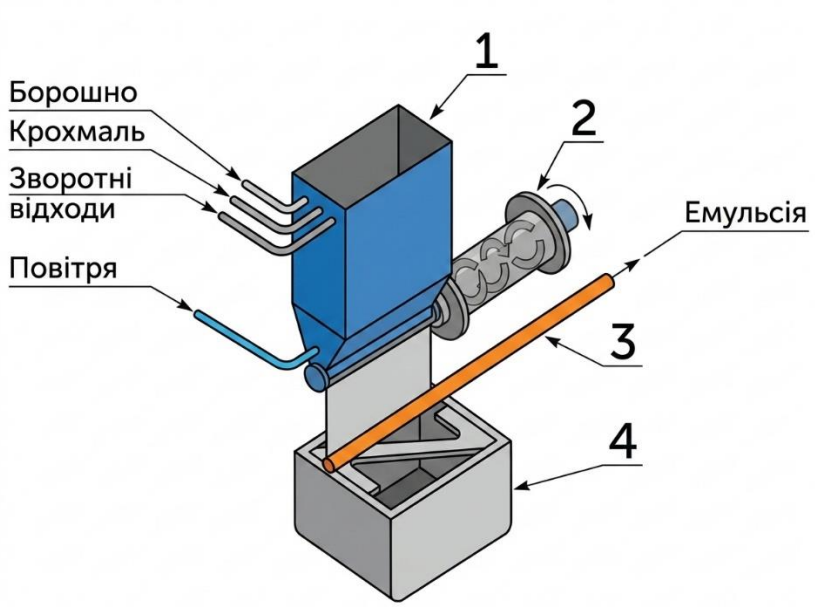


Рисунок 3.7 – Схема дезагрегування суміші сипучих компонентів з подальшою одночасною та паралельною подачею суміші та емульсії: 1 – бункер, 2 – пристрій подачі сипких компонентів у вигляді «завіси», 3 – пристрій подачі рецептурної суміші, 4 – змішувальна машина

Застосування попередньо аерованої суміші сприяє покращенню взаємодії дисперсної фази з дисперсійним середовищем, що проявляється у зниженні в’язкості та підвищенні пластичності системи в середньому на 10%. Дослідження також дозволили визначити оптимальну тривалість повітряної обробки, за якої досягається мінімальний рівень в’язкості суміші.

Проведено дослідження, спрямовані на вивчення впливу способу підготовки суміші сипких компонентів, зокрема пшеничного борошна, крохмалю та тонкодисперсної крихти із зворотних відходів, на зміну її в’язкості. У результаті встановлено оптимальну тривалість обробки суміші повітрям, за якої забезпечується мінімальне значення в’язкості системи (рис. 3.8).

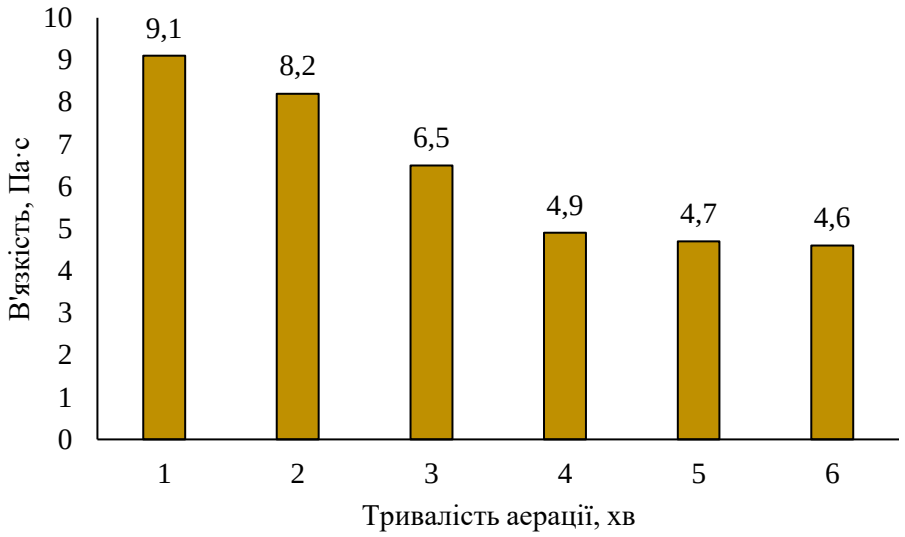


Рисунок 3.8 – Зміни в'язкості борошна залежно від тривалості аерації повітрям

Встановлено, що найнижчий рівень в’язкості досягається при аерації суміші протягом 3–4 хвилин. Подальше збільшення тривалості обробки повітрям не спричиняє додаткового зниження в’язкості, що свідчить про досягнення оптимального режиму на даному етапі.

Ефективність запропонованого способу підготовки сипких компонентів оцінювали за його впливом на реологічні властивості тіста, що наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Реологічні характеристики тіста з різною підготовкою сипких компонентів

Реологічні характеристики тіста	Тісто без попередньої підготовки сипких компонентів	Тісто з попередньою підготовкою сипких компонентів
Відносна пластичність, %	86	91
Адгезійна напруга, Па	0,41	0,34

Аналіз наведених даних свідчить, що попередня підготовка сипких компонентів позитивно впливає на реологічні властивості тіста. Зокрема, відносна пластичність зростає з 86% до 91%, що вказує на покращення здатності тіста до деформації без руйнування структури. Одночасно спостерігається зниження адгезійної напруги з 0,41 до 0,34 Па, що свідчить про зменшення липкості тіста. Такі зміни сприяють покращенню технологічних властивостей тіста, полегшенню його обробки та формування, а також забезпечують більш стабільну роботу обладнання.

Отримані результати свідчать, що впровадження даного технологічного прийому забезпечує більш рівномірний розподіл компонентів у системі, сприяє формуванню однорідної структури тіста та позитивно впливає на якість готових виробів.

3.2 Спосіб підготовки жирового компонента та лецитину

Однією з важливих технологічних характеристик жирів, що застосовуються у виробництві цукрового печива, є розмір їх кристалів. Наявність крупних кристалів у жирі знижує пластичність тіста, оскільки вони здатні об’єднуватися між собою, внаслідок чого напівтверда маса сприймається більш жорсткою порівняно із системами, що містять дрібнокристалічну структуру.

З метою покращення якості продукції та збереження дрібнокристалічної структури жиру проведено дослідження, за результатами яких запропоновано спосіб його попередньої пластикації. Застосування такого підходу сприяє більш рівномірному розподілу рецептурних компонентів у тісті, що підтверджується зниженням його щільності з 1350–1400 кг/м³ до 1150-1200 кг/м³ та підвищенням пластичності до 93% порівняно з 88 і 91% для тіста, отриманого відповідно на твердому та розплавленому жирі (рис. 3.9).

З метою компенсації поверхневих явищ та стабілізації властивостей тонкого прошарку дисперсійного середовища, що містить жирову складову, запропоновано введення поверхнево-активної речовини – лецитину.

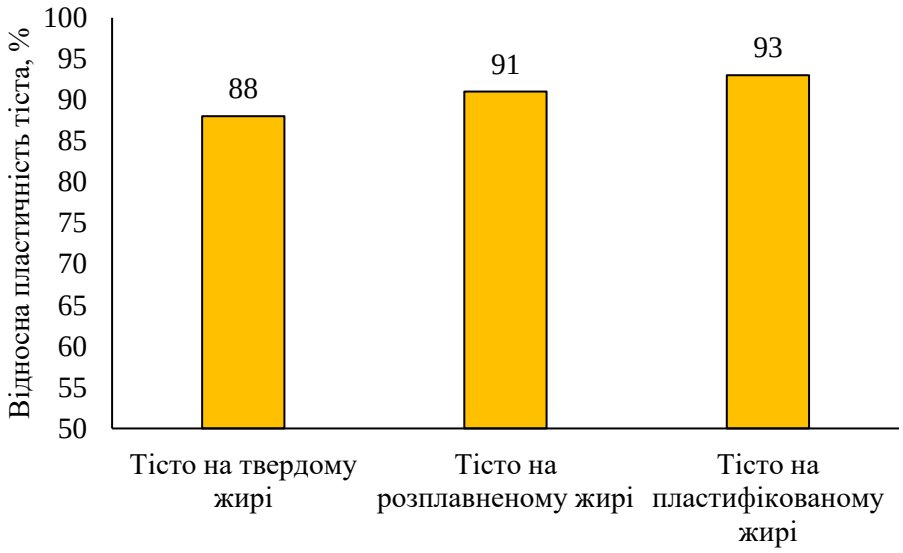


Рисунок 3.9 – Зміна пластичності тіста від способу підготовки жиру

Проведено дослідження для визначення оптимального співвідношення жиру та лецитину, в межах яких проаналізовано такі варіанти: 1,0:0,005; 1,0:0,01; 1,0:0,02; 1,0:0,03; 1,0:0,04.

Оцінку впливу співвідношення жиру та лецитину на якість тіста здійснювали за показниками щільності емульсії та пластичності тіста, які опосередковано характеризують рівномірність розподілу частинок твердої фази у дисперсійному середовищі (рис. 3.10).

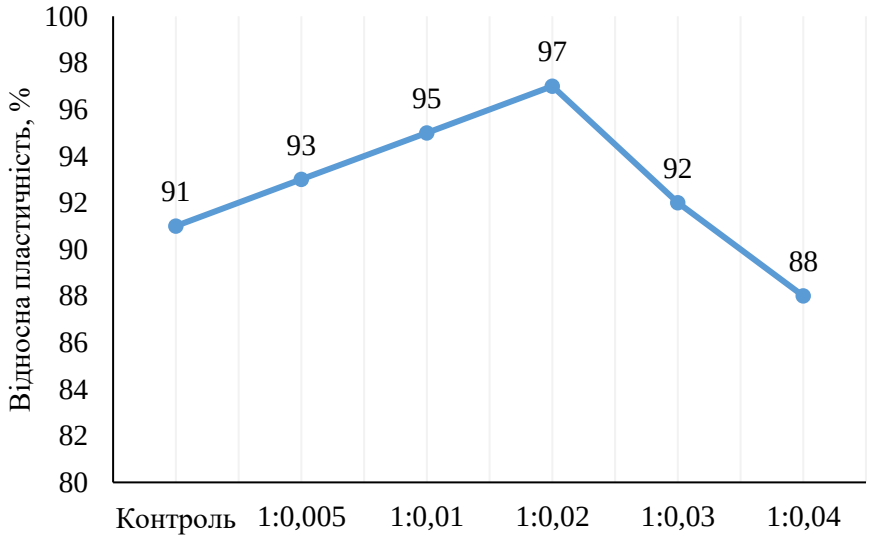


Рисунок 3.10 – Залежність пластичності тіста від вмісту лецитину

Отримані результати свідчать, що введення лецитину суттєво впливає на реологічні властивості емульсії та тіста.

Встановлено, що під час виробництва цукрового печива оптимальний вміст лецитину становить 1–2% від маси жиру. За таких умов спостерігається зниження щільності емульсії з 755 до 680–700 кг/м³, при цьому пластичність тіста змінюється незначно – з 97,1 до 96–95,5%.

Збільшення вмісту лецитину понад 2% від маси жиру призводить до погіршення реологічних властивостей тіста, зокрема зниження його пластичності з 97,1 до 88%. Одночасно підвищується липкість тіста, що спричиняє налипання заготовок на формувальний ротор, збільшення кількості зворотних відходів на 3% і, як наслідок, зменшення продуктивності технологічної лінії.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що внесення лецитину у кількості 1–2% від маси жиру позитивно впливає на властивості емульсії та тіста, забезпечуючи стабільні структурно-механічні характеристики і високі смакові показники готових виробів.

З метою зниження в’язкості лецитину та забезпечення отримання однорідної жирової композиції розроблено спосіб підготовки жирового компонента, який передбачає кілька послідовних стадій. На першому етапі здійснюється витримування жиру в умовах виробництва до досягнення температури в центрі блоку 22–24 °С протягом 18–24 годин. Далі готують жирову фазу, що включає лецитин і частину пальмової олії, з подальшим нагріванням до температури 60 °С при постійному перемішуванні та наступним охолодженням до температури не вище 20 °С. Завершальним етапом є пластикація пальмової олії у місильній машині з двома Ф-подібними лопатями шляхом її перемішування з підготовленою жировою фазою.

Застосування даного способу забезпечує руйнування великих кристалів жиру та його насичення повітряною фазою, що призводить до зміни консистенції, підвищення пластичності та збільшення питомої поверхні. Під час випікання наявність у жирі дрібних кристалів і повітряних включень сприяє формуванню розпушеної тонкостінної структури виробів.

Отримані зразки печива були закладені на зберігання, у процесі якого досліджували зміну фізико-хімічних показників. Встановлено, що протягом 90 діб зберігання відбувається зменшення масової частки вологи, причому інтенсивніше цей процес спостерігається у зразках, виготовлених без попередньої підготовки жирового компонента (рис. 3.11).

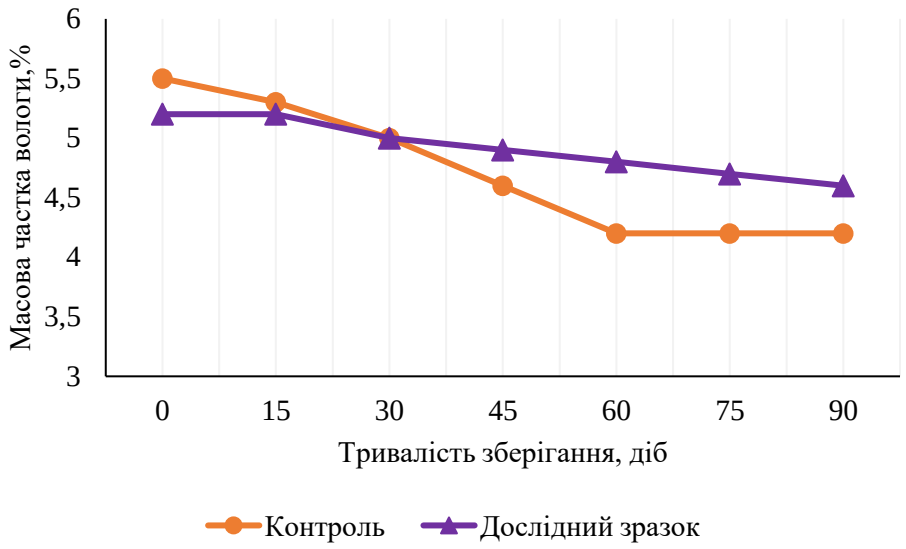


Рисунок 3.11 – Зміна вологості цукрового печива в процесі зберігання залежно від способу підготовки жирового компонента

Масова частка вологи під час зберігання цукрового печива, виготовленого із застосуванням жирово-лецитинової композиції, зменшується на 0,6% – з 5,2% на початку до 4,6% після 90 діб зберігання. Водночас у зразках без використання лецитину цей показник наприкінці зберігання є нижчим і становить 4,1%, що свідчить про більш інтенсивну втрату вологи у контрольних виробах.

Перебіг окислювальних процесів під час зберігання оцінювали за зміною перекисного числа, яке характеризує вміст первинних продуктів окислення жирних кислот – гідропероксидів. Ці сполуки є нестійкими та в процесі розпаду утворюють вторинні продукти окислення, зокрема спирти, альдегіди, кетони та кислоти з їх похідними. Зміна перекисного числа в динаміці зберігання відображає інтенсивність перебігу цих процесів (рис. 3.12).

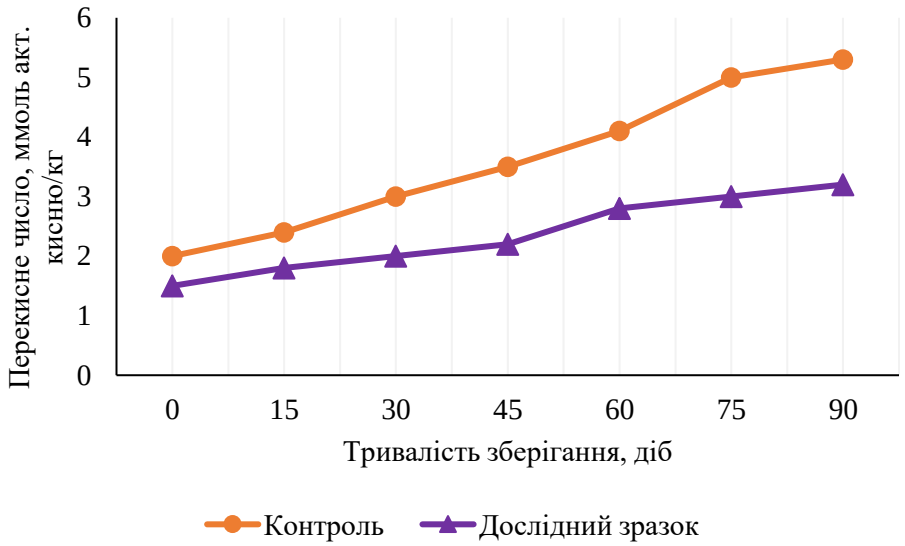


Рисунок 3.12 – Зміна перекисного числа ліпідів цукрового печива в процесі зберігання залежно від способу підготовки жирового компонента

За результатами проведених досліджень встановлено, що використання жиру разом із лецитином у вигляді попередньо підготовленої жирової фази сприяє кращому збереженню показників якості продукції під час зберігання. Це пояснюється проявом синергетичного ефекту між вітаміном Е, що міститься у жирі, та фосфоліпідами лецитину, який уповільнює перебіг окислювальних процесів у печиві.

Органолептична оцінка після 90 діб зберігання підтвердила більш високий рівень збереженості цукрового печива, виготовленого із застосуванням попередньо підготовленого жирового компонента.

Отримані результати свідчать про доцільність використання жиру у поєднанні з лецитином у вигляді підготовленої жирової фази, що забезпечує покращення реологічних властивостей тіста, підвищення якості виробів та їх стабільність у процесі зберігання.

Висновки по розділу.

Дослідження гранулометричного складу борошна показало його неоднорідність у межах одного сорту, при цьому для борошна другого сорту частка

частинок понад 160 мкм становить близько 30%. Встановлено, що зі зниженням сортності водопоглинальна здатність зростає з 67% до 79%, що обумовлює інтенсивніші колоїдні процеси, але водночас погіршує реологічні характеристики тіста.

Використання борошна другого сорту призводить до зниження пластичності тіста на 12% та підвищення його щільності на 8%, що викликає налипання заготовок, збільшення відходів і зниження продуктивності. Оптимальні властивості забезпечує борошно першого сорту з вмістом клейковини 23,1–27%, яке формує стабільні структурно-механічні характеристики та високі органолептичні показники виробів.

Встановлено, що відсутність попередньої підготовки сипких компонентів призводить до формування локальних зон з нерівномірним співвідношенням фаз, що знижує однорідність системи. Запропонований спосіб аераційної обробки при тиску 1,1–1,3 атм та співвідношенні об’єму камери до продукту 4:1 забезпечує дезагрегування частинок і покращення їх розподілу.

Оптимальна тривалість аерації становить 3–4 хвилини, що забезпечує мінімальну в’язкість системи. При цьому пластичність тіста зростає з 86% до 91%, а адгезійна напруга знижується з 0,41 до 0,34 Па, що свідчить про покращення технологічних властивостей та умов формування виробів.

Показано, що попередня пластикація жиру дозволяє знизити щільність тіста з 1350–1400 до 1150–1200 кг/м³ та підвищити його пластичність до 93% порівняно з 88–91% для традиційних способів. Встановлено, що оптимальний вміст лецитину становить 1–2% до маси жиру, при якому щільність емульсії зменшується з 755 до 680–700 кг/м³ без суттєвого зниження пластичності тіста.

Доведено, що використання жирово-лецитинової композиції сприяє підвищенню стабільності виробів під час зберігання, зокрема зменшення втрат вологи становить 0,6% за 90 діб порівняно з більш інтенсивним висушуванням контрольних зразків. Синергетична дія компонентів забезпечує уповільнення окислювальних процесів, що підтверджено кращими органолептичними показниками та загальною стабільністю якості цукрового печива.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПЕЧИВА

4.1 Розробка картки охорони праці

«Працівники служби охорони праці мають право безперешкодно відвідувати будь-які робочі місця та здійснювати контроль за станом безпеки виробничого середовища» [53]. Вони можуть вимагати від посадових осіб відсторонення від виконання робіт працівників, які не пройшли медичний огляд, навчання або інструктаж з охорони праці. Також «служба охорони праці має право подавати керівництву підприємства подання щодо притягнення до відповідальності працівників, які допустили порушення вимог безпеки» [53].

У разі виникнення надзвичайних ситуацій на підприємстві власник зобов’язаний вжити всіх необхідних заходів для ліквідації їх наслідків, а за потреби – залучати аварійно-рятувальні формування.

Виробничі приміщення кондитерського підприємства повинні відповідати встановленим гігієнічним і технологічним вимогам. «Вони мають бути функціонально пов’язані між собою та розташовані відповідно до послідовності технологічного процесу, що запобігає перехрещуванню потоків сировини і готової продукції, а також чистого та використаного інвентарю» [53]. Окрім цього, у приміщеннях повинні бути створені належні умови для дотримання працівниками правил виробничої та особистої гігієни.

«Миття внутрішньоцехового інвентарю та оборотної тари в одному приміщенні допускається за умови їх розділення перегородкою та наявності окремих мийних ванн» [53]. Усі виробничі приміщення мають бути обладнані умивальниками з підведенням холодної і гарячої води через змішувачі та електросушарками для рук. «Біля умивальників обов’язково встановлюють ємності з дезінфікуючими розчинами для обробки рук персоналу» [53].

Для підтримання належного санітарного стану за працівниками закріплюються окремі виробничі ділянки. Прибирання виробничих, допоміжних, складських і побутових приміщень здійснюють прибиральниці, тоді як робочі місця очищають самі працівники кондитерського цеху.

«Санітарне прибирання проводиться під час технологічних перерв, між змінами, у санітарні години перед початком роботи, а також у санітарні дні згідно з графіком, який затверджується не рідше двох разів на місяць» [53].

Для привернення уваги до вимог охорони праці було розроблено картку охорони праці (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Картка охорони праці

Як видно з рис. 4.1, картка охорони праці при виробництві печива охоплює основні етапи безпечного виконання технологічного процесу, починаючи з підготовки робочого місця і перевірки справності обладнання та завершуючи діями після закінчення роботи. Визначено ключові виробничі ризики, пов’язані з використанням нагрівального та механічного обладнання, а також заходи щодо їх мінімізації.

Окремо регламентовано вимоги до поведінки працівників під час роботи та порядок дій у разі виникнення аварійних ситуацій, що забезпечує зниження виробничого травматизму та підвищення загального рівня безпеки на підприємстві.

4.2 Вплив виробництва печива на довкілля

Підприємства кондитерської галузі у процесі виробництва здійснюють викиди забруднюючих речовин в атмосферу, а також утворюють тверді промислові й побутові відходи.

Склад, кількість і динаміка утворення забруднювачів залежать від низки факторів, зокрема типу та стану обладнання, застосовуваних технологій, якості сировини, рівня організації виробничих процесів, умов зберігання і реалізації продукції, а також масштабів споживання ресурсів і обсягів виробництва.

«Потенційно небезпечним об’єктом на підприємстві в умовах надзвичайних ситуацій є котельня, де основною аварійною загрозою виступає ймовірність вибуху» [54]. У разі виникнення аварії в атмосферу можуть потрапляти такі шкідливі речовини, як сажа, оксиди азоту (NO_x) та діоксид вуглецю (CO_2). Частка викидів котельні у загальній структурі забруднення є відносно невеликою, проте суттєвою і становить близько 8% від сумарного обсягу викидів.

Додатковим значущим джерелом забруднення атмосферного повітря є використання різних видів палива, при згорянні яких утворюються шкідливі продукти. «Характер і склад цих викидів залежать від типу палива та умов його спалювання, що, у свою чергу, визначає необхідність застосування відповідних методів очищення викидів і заходів щодо зменшення негативного впливу на довкілля» [54].

Джерелами утворення стічних вод на кондитерських підприємствах є технологічні процеси, операції миття обладнання та його охолодження. Найбільші обсяги стоків формуються під час промивання варильних апаратів, трубопроводів, ємностей, ванн, а також миття технологічного інвентарю і за рахунок утворення конденсату в процесі термічної обробки сировини.

«Вода питної якості використовується як сировина, а також для санітарної обробки обладнання, інвентарю, виробничих приміщень, холодильних установок і забезпечення господарсько-побутових потреб» [54]. Для охолодження обладнання

застосовують системи оборотного водопостачання, що дозволяє зменшити загальне водоспоживання.

У процесі діяльності підприємств утворюються виробничі та господарсько-побутові стічні води, які відводяться до міських каналізаційних мереж із подальшим очищенням на очисних спорудах. «У структурі водовідведення найбільшу частку становлять стоки від миття обладнання – близько 60%, господарсько-побутові – 10%, тоді як умовно чисті води складають приблизно 30%» [54].

Характерною особливістю стічних вод кондитерських підприємств є високий вміст органічних речовин, що перебувають у розчиненому, колоїдному та завислому станах. «Основну їх частину становлять залишки сировини – борошно, змиви тіста, цукор, яйця, жири та інші компоненти рецептур» [54].

Такі стічні води характеризуються низькою здатністю до фільтрації, швидко піддаються закисанню та процесам гниття. Водночас більшість органічних забруднень не є токсичними та добре піддаються біохімічному окисненню, що дозволяє ефективно очищати їх на біологічних очисних спорудах.

«Санітарно-захисна зона кондитерського підприємства залежно від класу небезпеки та особливостей виробництва може становити від 50 до 1000 м» [54]. У процесі виготовлення борошняних кондитерських виробів на різних етапах утворюються відходи у вигляді сировини, напівфабрикатів та готової продукції. Такі відходи можуть бути повторно використані у виробництві за умови їх санітарної безпечності. При цьому їх переробка супроводжується додатковими втратами сировинних ресурсів. «Санітарно доброякісні відходи зазвичай повертаються у виробничий цикл шляхом повторного введення на попередні технологічні стадії або використання для виготовлення інших видів продукції» [54].

Зокрема, тістові обрізки, що утворюються під час формування тіста для печива, пряників і галет на штампувальних машинах, транспортуються назад до етапу первинного замішування і повторно вводяться до складу тіста відповідного сорту. «Тісто, яке було отримане з порушенням технологічного режиму або

рецептури, зокрема надмірно підсохле, надто рідке чи надмірно щільне, також може бути використане у виробництві шляхом часткового внесення до свіжоприготованої тістової маси» [54].

Висновки по розділу.

Під час розробки картки охорони праці було визначено ключові виробничі ризики, пов’язані з використанням нагрівального та механічного обладнання, а також заходи щодо їх мінімізації. Окремо регламентовано вимоги до поведінки працівників під час роботи та порядок дій у разі виникнення аварійних ситуацій, що забезпечує зниження виробничого травматизму та підвищення загального рівня безпеки на підприємстві.

При цьому діяльність кондитерських підприємств супроводжується утворенням атмосферних викидів, стічних вод і відходів, склад і обсяги яких залежать від технологічних та організаційних факторів виробництва. Водночас значна частина відходів і стоків може бути ефективно утилізована або очищена, що дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля за умови впровадження раціональних технологічних рішень.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження

«Витрати, пов’язані з проведенням дослідження, охоплюють кілька складових, серед яких витрати на матеріали, електроенергію, оплату праці залученого персоналу, амортизаційні відрахування обладнання та накладні витрати, необхідні для організації лабораторного процесу» [55].

Вартість використаних матеріалів обчислюється шляхом множення кількості кожного компонента на його одиничну ціну, що дозволяє визначити загальну суму витрат на сировину та допоміжні речовини, які застосовувалися під час експериментальної роботи. Цей підхід дає змогу точно оцінити економічну складову експерименту та планувати подальші витрати на аналогічні дослідження.

$$M = \sum m_i \cdot Ц_i , \tag{5.1}$$

де m_i – кількість витраченого і-го матеріалу;

$Ц_i$ – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.

Результати розрахунків зводимо до табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Матеріали та їх вартість

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Борошно пшеничне в.с., кг	10,0	22,00	220,00
Крохмаль кукурудзяний, кг	1,0	45,00	45,00
Пудра цукрова, кг	1,5	40,00	60,00
Інвертний сироп, кг	1,0	120,00	120,00
Маргарин, кг	1,0	150,00	150,00
Молоко, л	2,0	40,00	80,00
Меланж, л	1,0	85,00	85,00

Продовження табл. 5.1

Пудра ванільна, кг	0,5	100,00	50,00
Сіль, кг	1,0	30,00	30,00
Сода питна, кг	0,5	40,00	20,00
Вуглеамонійна сіль, кг	0,1	120,00	12,00
Есенція, уп.	1,0	250,00	250,00
Всього			1122,00

Оплата праці персоналу розраховується шляхом множення середньо-годинної заробітної плати на фактичну кількість відпрацьованих годин, із врахуванням обов'язкових нарахувань єдиного соціального внеску. Деталі розрахунку наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати на заробітну плату

Посада	Середньо-місячний заробіток, грн	Середньо-годинний заробіток,грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	12000	75,00	10	750
Всього				750

Нарахування на заробітну плату виконавців дослідження становлять 22 % єдиного соціального внеску:

$$H = \frac{750 \cdot 22}{100} = 165,00 \text{грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються за формулою (5.2), що «включає потужність обладнання, коефіцієнт його використання, фактичний час роботи та тариф на кВт·год, що дозволяє об'єктивно оцінити енергетичні витрати експерименту» [55].

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

де M – потужність встановленого обладнання, кВт;

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

T – час роботи на обладнанні, год;

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

$$E_{змiш.} = 1{,}8 \cdot 0{,}9 \cdot 18 \cdot 4{,}32 = 125{,}97 \text{ грн;}$$

$$E_{ел.піч} = 2{,}2 \cdot 0{,}9 \cdot 30 \cdot 4{,}32 = 256{,}61 \text{ грн;}$$

$$E_{дезагр.} = 8{,}0 \cdot 0{,}9 \cdot 5 \cdot 4{,}32 = 155{,}52 \text{ грн.}$$

Отже загальні витрати на електроенергію становлять 538,10 грн.

Амортизаційні витрати обладнання враховують його первісну вартість, річну норму амортизації та тривалість використання в рамках дослідження, що дає змогу розподілити витрати на обладнання пропорційно часу його задіяння (формула 5.3).

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

де A – амортизаційні відрахування, грн.

$Ф$ – вартість обладнання, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на даному обладнанні, (місяців, днів);

365 – кількість днів у році.

$$A_{змiш.} = \frac{4000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 2{,}19 \text{ грн;}$$

$$A_{ел.піч} = \frac{8500 \cdot 20 \cdot 2}{100 \cdot 365} = 9{,}32 \text{ грн;}$$

$$A_{дезагр.} = \frac{26500 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 14,52 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 –Витрати на амортизацію обладнання

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Змішувач	4000,00	20	1	2,19
Електрична піч	8500,00	20	2	9,32
Дезагрегатор	26500,00	20	1	14,52
Всього				26,03

«Накладні витрати включають витрати на опалення, освітлення, вентиляцію лабораторних приміщень, діяльність навчально-допоміжного та адміністративного персоналу, а також інші господарські витрати, необхідні для підтримки робочого процесу» [55]. Вони розраховуються як певний відсоток від нарахованої заробітної плати учасників дослідження, що дозволяє комплексно оцінити економічну складову виконаного експерименту.

$$НВ = \frac{750 \cdot 80}{100} = 600,00 \text{ грн.}$$

На основі цих розрахунків формується повний кошторис витрат (табл. 5.4), який забезпечує не лише прозору фінансову звітність.

Такий підхід дозволяє «системно оцінити фінансову сторону дослідження, врахувати всі прямі та непрямі витрати, оптимізувати використання ресурсів та планувати подальші наукові роботи з урахуванням їх економічної ефективності, забезпечуючи повну прозорість витрат і можливість обґрунтувати бюджет наукового проєкту» [55].

Таблиця 5.4 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	1122,00
Заробітна плата	750,00
Нарахування на заробітну плату	165,00
Електроенергія	538,10
Амортизація	26,03
Накладні витрати	600,00
Всього	3201,13

Аналіз даних з табл. 5.4 показує, що найбільшу частку витрат становлять основні матеріали – 1122,00 грн, що дорівнює приблизно 35,0% від загальної суми. Значною є також частка витрат на електроенергію – 538,10 грн, або близько 16,8%, що свідчить про суттєву енергоємність процесів, пов’язаних із проведенням досліджень.

Витрати на оплату праці становлять 750,00 грн, а нарахування на заробітну плату – 165,00 грн, що в сумі складає близько 28,6% загальних витрат, відображаючи вагомий вплив трудових ресурсів. Накладні витрати становлять 600,00 грн, або приблизно 18,7%, характеризуючи супутні організаційні та господарські витрати. Найменшу частку займає амортизація обладнання – 26,03 грн, що становить лише близько 0,8% від загальної суми витрат.

5.2 Розрахунок ціни дослідження

Як вказано вище, загальна сума витрат на проведення дослідження становить 3201,13 грн, причому розподіл витрат показує, що пріоритетним у фінансовому плануванні є забезпечення матеріальної бази та електропостачання, тоді як інші статті витрат мають менший вплив на загальний бюджет. Але виникає необхідність у визначенні ціни дослідження з урахуванням нормативної рентабельності (формула 5.4).

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

де $Ц$ – ціна дослідження, грн.;

C – витрати на дослідження, грн.;

P – нормативна рентабельність (Р = 30%).

$$Ц = 3201{,}13 + \frac{30 \cdot 3201{,}13}{100} = 4161{,}47 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 4161,47 грн.

Висновки по розділу.

В результаті розрахунків встановлено, що основні витрати під час проведення дослідження припадають на матеріали – 1122 грн (близько 35 % від загальної суми) та електроенергію – 538,10 грн (приблизно 16,8 %).

Загальна вартість проведеного дослідження становить 4161,47 грн, при цьому найбільший вплив на формування витрат мають матеріальні ресурси та оплата праці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Борошняні кондитерські вироби залишаються продукцією стабільного попиту, серед якої провідне місце займає цукрове печиво, частка якого становить близько 40% від загального обсягу виробництва. Це обґрунтовує доцільність його використання як базового об’єкта для збагачення функціональними інгредієнтами. Аналіз харчової цінності показав необхідність корекції складу в напрямі зниження вмісту жирів, вуглеводів і калорійності при одночасному підвищенні частки білків і мікронутрієнтів, що може бути досягнуто шляхом використання функціональної сировини, зокрема вітамінно-мінеральних добавок.

Визначальним етапом створення функціонального цукрового печива є науково обґрунтований вибір сировини та адаптація її властивостей до умов виробництва для забезпечення стабільної якості продукції. Важливу роль у формуванні структури тіста відіграє процес змішування, який повинен здійснюватися за умов мінімального опору системи та зниженої в’язкості, що забезпечує рівномірний розподіл компонентів і підвищує ефективність технологічного процесу.

Існуючі технології виробництва цукрового печива базуються на використанні сировини зі змінними показниками якості, що дозволяє отримувати стабільну продукцію, проте виявлено підсистеми з низьким рівнем цілісності. Обґрунтовано доцільність удосконалення технологічного потоку за рахунок оптимізації підготовчих операцій, зокрема розділення обробки сипких та рідких компонентів із формуванням стійких двофазних систем. Це забезпечує більш рівномірний розподіл компонентів без зниження продуктивності.

Дослідження гранулометричного складу показали неоднорідність борошна та вплив розміру частинок на його хімічний склад і технологічні властивості. Встановлено, що зі зниженням сортності водопоглинальна здатність зростає з 67 до 79%, однак використання борошна II сорту обмежується через зниження пластичності тіста на 12% і підвищення щільності на 8%. Найкращі результати

досягнуто при використанні борошна І сорту з вмістом клейковини 23,1–27%, що забезпечує оптимальні реологічні властивості та високу якість виробів.

Запропоновано спосіб попередньої підготовки сипких компонентів шляхом аерації при тиску 1,1–1,3 атм з оптимальною тривалістю 3–4 хв, що забезпечує зниження в'язкості та підвищення пластичності системи приблизно на 10%. Це дозволяє підвищити відносну пластичність тіста з 86% до 91% та знизити адгезійну напругу з 0,41 до 0,34 Па, що сприяє покращенню технологічних властивостей і стабільності процесу формування.

Удосконалення жирового компонента шляхом пластикації та введення лецитину (1–2% до маси жиру) забезпечує зниження щільності емульсії з 755 до 680–700 кг/м³ та підвищення пластичності тіста до 93%. Використання жирово-лецитинової композиції сприяє кращому збереженню якості під час зберігання: втрата вологи становить 0,6% (з 5,2 до 4,6%) протягом 90 діб, тоді як у контролі – до 4,1%. Синергетична дія компонентів уповільнює окислювальні процеси, що підтверджує доцільність застосування запропонованих технологічних рішень.

В роботі визначено основні виробничі ризики та розроблено заходи їх мінімізації, а також встановлено вимоги до безпечної поведінки працівників і дій у аварійних ситуаціях, що сприяє зниженню травматизму. Водночас встановлено, що вплив виробництва на довкілля може бути зменшений завдяки ефективному очищенню та повторному використанню відходів і стічних вод.

В результаті розрахунків встановлено, що основні витрати під час проведення дослідження припадають на матеріали – 1122 грн (близько 35 % від загальної суми) та електроенергію – 538,10 грн (приблизно 16,8 %).

Загальна вартість проведеного дослідження становить 4161,47 грн, при цьому найбільший вплив на формування витрат мають матеріальні ресурси та оплата праці.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Tychynska A. I., Naumova M. A. Дослідження ринку кондитерських виробів України //Вісник студентського наукового товариства ДонНУ імені Василя Стуса. 2017. Т. 1. №. 9. С. 122-126.

2. Корніковський Д. О. Аналіз економічних факторів впливу на кондитерську промисловість України. Економіка харчової промисловості. 2014. С. 47.

3. Закревська Л. М. Сучасний стан та перспективи розвитку експортної політики підприємств кондитерської промисловості України. Економіка: проблеми теорії і практики. М: ЛНУ, 2015. С. 165.

4. Лазебна І. Ринок кондитерських виробів України //Товари і ринки. 2011. №. 1. С. 67-76.

5. Галушко О. С. Тенденції розвитку ринку кондитерських виробів та особливості трансформації у системі цінностей його учасників. Актуальні проблеми економіки. 2009. № 1. С. 15-21.

6. Ринок кондитерських виробів: Глобальний промисловий аналіз та прогноз на 2015-2021 роки. URL: https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/confectionerymarket.asp

7. Європейський ринок кондитерських виробів - зростання, тенденції, вплив covid-19 та прогнози (2021–2026) URL: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-confectionery-market

8. Аналіз ринку кондитерських виробів України: тенденції. URL: https://koloro.ua/ua/blog/brending-imarketing/analiz-rynka-konditerskikh-izdeliy-ukrainytendentsii.html

9. Загричанська А. В., Голюк В. Я. Аналіз сучасного кондитерського ринку України. Актуальні проблеми економіки і управлння. 2021. № 15.

10. Савчук І. Аналіз діяльності головних гравців на ринку кондитерських виробів. Національний університет харчових технологій. С. 58-59.

11. Бочко О. Ю., Балик У. О., Карпій О. П. Дослідження ринку кондитерських виробів: вплив пандемії та війни // Актуальні проблеми розвитку економіки регіону. 2022. Вип. 18(2). С. 264-273.

12. Єрмак С. О., Плотницька В. В. Інноваційні аспекти розвитку ринку кондитерських виробів України //Бізнес Інформ. 2016. №. 11 (466). С. 398-403.

13. Смаглюк А. А., Надточій А. О. Аналіз ринку кондитерських виробів України та перспективи його розвитку //Міжнародний науковий журнал Інтернаука. Серія: Економічні науки. 2020. №. 2. С. 64-71.

14. Донцул А., Однодолько В. Аналіз ринку кондитерських виробів України: проблеми та перспективи розвитку //Науковий вісник Одеського національного економічного університету. 2018. Т. 5. С. 67-84.

15. Шестак, О.В. Сучасний стан та тенденції розвитку кондитерської галузі. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Актуальні проблеми розвитку українського суспільства. Харків: НТУ «ХПІ». 2013. № 6(980). С. 132-137.

16. Тюха І.В., Кравчук Н.В. Сучасні тенденції розвитку світового ринку кондитерських виробів. Ефективна економіка. 2012. №5. С. 53–58.

17. Дудла І. О., Кучинська А. М. Дослідження якості кондитерських виробів //Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2010. №. 42. С. 320-324.

18. Наконечна А. В. Маркетингове дослідження ринку кондитерських виробів в Україні //Економіка і управління. 2013. №. 3. С. 86-92.

19. Криськова Л. Ринок кондитерського виробництва в Україні //Матеріали XXI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. 2019. С. 141-142.

20. Кільніцька О. С., Кравчук Н. І., Куцмус Н. М. Ринок кондитерської продукції в Україні: тенденції та перспективи розвитку //Економіка АПК. 2018. №. 11. С. 29-43.

21. Гетьман І. А. и др. Інноваційні рішення щодо підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів //Продовольчі ресурси. 2024. Т. 12. №. 23. С. 36-46.

22. Anastasova, L., Petreska-Ivanovska, T., Petkovska, R., Petrusevska-Tozi, L. Concepts, benefits and perspectives of functional dairy food products. Macedonian Pharmaceutical Bulletin. 2019. №02. С. 73–83.

23. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна с заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ. 2018. 146 с.

24. Єсауленко, А. А., Мамченко, Л. Є., Нєміріч, О. В., Кузьмін, О. В., Матиящук, О. В. Удосконалення технології кексів з продуктами переробки насіння конопель. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2023. № (4). С. 118–126. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.15.

25. Бачинська Я. О., Непочатих Т. А., Бородай Д. В. Шляхи підвищення біологічної цінності кондитерських виробів та вдосконалення технології виробництва печива з використанням шротів. Зернові продукти і комбікорми. 2013. № 3. С. 27–30.

26. Касабова, К. Р., Самохвалова, О. В., Олійник, С. Г. Характеристика нових джерел харчових волокон для збагачення борошняних кондитерських виробів. Східноєвропейський журнал передових технологій.. 2013. № 6 (11). С. 8–13. https://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2013.18861.

27. Chandan R. Kilara A. Dairy Ingredients for Food Processing. Wiley-Blackwell. 2011. 604 p.

28. Кравченко М. Ф., Михайлик В. С., Марусяк Т. М. Якість пісочного печива з композицією шротів. Товари і ринки. 2021. № 3. С. 141–150. https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(39)11.

29. Дорохович В. В., Абрамова А. Г. Використання цукрозамінників нового покоління в технології бісквітів спеціального призначення. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2013. № 44 (1). С. 153–157.

30. Гордієнко Л. В., Жидецька І. В. Вплив співвідношення рецептурних компонентів на реологічні властивості емульсії для пісочного тіста. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2010. Т. 1. Вип. 38. С. 214–217.

31. Юдіна, Т. І., Безрученко, О. М., Павлюченко, В. О. Обґрунтування складу борошняної сировини у технології безглютенових кексів. Пр. Тавр. держ. агротехнол. ун-ту. Мелітополь: ТДАТУ. 2019. № 19, 1. С. 179–186. https://doi.org/10.31388/10.31388/2078-0877.

32. Ніколаєва Д.С. Рогова А.Л. Доцільність використання керобу в технології борошняних кондитерських виробів. «Актуальні питання розвитку економіки, харчових технологій та товарознавства»: матер. міжнарод. наук. студентської конференції за підсумками науково-дослідних робіт студентів за 2019 р., 7–8.04.2020. Полтава: ПУЕТ. 2020. С. 278–279.

33. Лисюк, Г. М., Олійник, С. Г., Самохвалова, О. В., & Кучерук, З. І. (2009). Нові технології хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів спеціального призначення. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], (36 (1)), 114-117.

34. Сирохман І. В. Антиоксиданти природного походження для кондитерських жирів. Вісник Львівської комерційної академії. 2009. Вип. 10. 138 с.

35. Давидович О. Я. Формування споживних властивостей печива цукрового з природними антиоксидантними добавками: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / О. Я. Давидович ; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. К., 2010. 24 с.

36. Сирохман І. Споживчі властивості нового печива можна поліпшити, додаючи до їх рецептури нетрадиційну рослинну сировину / І. Сирохман, Т. Лозова, О. Давидович // Харчова і переробна промисловість. 2010. №2 (366). С. 15-16.

37. Пахомська, О. В. Перспективи розширення асортименту хліба та хлібобулочних виробів україни. In: Соціально-політичні, економічні та гуманітарні виміри європейської інтеграції України: зб. наук. пр. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. 2021. p. 229.

38. Назар М.І. Удосконалення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами : автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.16. Київ, 2018. 22 с.

39. Смоляр В. І. Концепція ідеального жирового харчування // Проблеми харчування. 2006. №4.

40. Арсеньєва Л. Ю. Наукове обґрунтування та розроблення технології функціональних хлібобулочних виробів з рослинними білками та мікронутрієнтами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук / Л. Ю. Арсеньєва. К. : Київський нац. ун-т харчових технологій, 2007. 42 с.

41. Бояр В. В. Обґрунтування технології виробництва цукрового печива з додаванням нетрадиційної сировини : пояснювальна записка до дипломної роботи ОС «Магістр»: 181 Харчові технології / Бояр Віктор Вікторович ; наук. керівник Тертишний Олег; Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т, Інженерно-технологічний факультет, Кафедра харчових технологій. Дніпро, 2024. 67 с.

42. Смоляр В. І., Петрашенко Г. І., Голохова О. В. Фортифікація харчових продуктів //Проблеми харчування. 2014. №. 1. С. 29-32.

43. Kovaliova, O., Tchoursinov, Y., Kalyna, V., Koshulko, V., Kunitsia, E., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O., Polkovnychenko, D., & Grigorenko, N. (2020). Identification of patterns in the production of a biologically-active component for food products. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(11 (104), 61–68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200026

44. Гріщенко А.В. Напрями інноваційного розвитку хлібопекарних підприємств України. Економічні та соціальні аспекти розвитку України на початку XXI століття. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції 19-20 жовтня 2021 року. Одеса: Одеська національна академія харчових технологій, 2021. 369 с.

45. Тертишний О. О. Механічні процеси та обладнання харчових виробництв / О. О. Тертишний, О. А. Півоваров, В. С. Кошулько: навч. посібн. / Дніпровський ДАЕУ. Дніпро, ДДАЕУ, 2022. 351 с.

46. Павлоцька Л. Ф. Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів : навч. посіб. /Л. Ф. Павлоцька, Н. В. Дуденко, Л. Р. Дмітрієвич. Суми : Університетська книга, 2007. 441 с.

47. Технологія продуктів харчування функціонального призначення: монографія / М. І. Пересічний [та ін.] ; за ред. М. І. Пересічного. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. 718 с.

48. Технологічні процеси в кондитерській промисловості. Терміни та визначення понять: ДСТУ 2630:2007. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 33 с.

49. Технологія борошняних кондитерських виробів з використанням нових рецептурних компонентів / А. О. Карпова, К. В. Куниця, Е. В. Білецький. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2017. Т. 23, № 2. С. 175-181.

50. Зайцева Г. Т., Горпинко Т. М. Технологія виготовлення борошняних кондитерських виробів: Підруч. для проф.-техн. навч. закладів. К.: Вікторія, 2002. 400 с.

51. Ростовський В. С, Новікова О. В. Технологія виробництва борошняних кондитерських виробів. Навчальний посібник. К.: «Ліра-К», 2009. 574 с.

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

53. Основи охорони праці / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець, В.Н. Вендичанський, А.М. Литвиненко, О.В. Іваненко. К.: Основа, 2000. 416 с.

54. Запольський А. Екологізація харчових виробництв: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Вища школа, 2005. 428 с.

55. Павленко О.С. Методичні рекомендації до виконання розділу «Організаційно-економічна частина» дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Харчові технології» зі спеціальності 181 «Харчові технології» денної та заочної форми навчання. Дніпро: ДДАЕУ. 2020. 40 с.