

**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 виробництва хлібобулочних
виробів з використанням спіруліни**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-1-22
освітньо-професійної програми Харчові технології
зі спеціальності 181 Харчові технології

_____ Катерина КУЧЕРЕНКО

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**

Кучеренко Катерині Романівні

1. Тема роботи: «Удосконалення виробництва хлібобулочних виробів з використанням спіруліни».

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 хлібобулочних виробів. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Матеріали і методи дослідження. 3 Експериментальна частина. 4 Охорона праці. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Матеріали досліджень. 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	Огляд літератури	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	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

_____ Катерина КУЧЕРЕНКО
(підпис)

Керівник роботи

_____ Дмитро ТИМЧАК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення виробництва хлібобулочних виробів з використанням спіруліни»

Кваліфікаційна робота магістра: 60 с., 3 рис., 12 табл., 47 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: борошно пшеничне, хліб пшеничний, спіруліна.

Метою роботи є удосконалення технології хлібобулочних виробів з пшеничного та житнього борошна, які мають профілактичні властивості на основі застосування мікроводорості спіруліни.

Методи дослідження: Якість пшеничного борошна вищого ґатунку визначали відповідно до чинних нормативних документів. Масову частку вологи встановлювали стандартним методом висушування за ДСТУ ISO 712:2010. Кількість сирової клейковини визначали методом відмивання відповідно до ДСТУ ISO 21415-2, а її якість – за показником деформації з використанням приладу ІДК-1. Білизну борошна визначали із застосуванням приладу типу РЗ-БПЛ за галузевими методиками, що відповідають вимогам оцінювання кольорових характеристик борошна. Водопоглинальну здатність борошна досліджували за методиками, гармонізованими з міжнародними стандартами, зокрема ISO 5530, із використанням фаринографічного обладнання. Пористість хлібобулочних виробів визначали за методом Журавльова відповідно до ДСТУ 7045:2009.

У роботі досліджено застосування спіруліни у рецептурах хлібобулочних виробів із пшеничного борошна вищого ґатунку та підібрано оптимальні концентрації для збагачення продукції функціональними компонентами. Доведено вплив різних доз спіруліни на органолептичні та фізико-хімічні показники виробів. Встановлено, що використання спіруліни у кількості до 1 % забезпечує підвищення харчової та біологічної цінності виробів без погіршення їх текстури та смакових якостей. Розроблено методику експериментального оцінювання якості тіста та готових виробів, визначено вплив спіруліни на реологічні характеристики, пористість, питомий об'єм та водоутримувальні властивості м'якуша.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Борошно пшеничне, хліб пшеничний, спіруліна, водорості, пористість, формостікість, клейковина.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1 Харчова цінність хліба та способи її підвищення.....	7
1.2 Застосування рослинної сировини для підвищення харчової цінності хліба	16
1.3 Спіруліна як джерело харчових та біологічно-активних речовин	21
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1 Характеристика використаної сировини	27
2.2 Спосіб приготування тіста та рецептура.....	28
2.3 Методики виконання досліджень	29
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	32
3.1 Вплив дозування спіруліни на якість хлібобулочних виробів	32
3.2 Вплив спіруліни на хлібопекарські властивості пшеничного борошна.....	35
3.2.1 Якість клейковини.....	35
3.2.2 Білизна пшеничного борошна зі спіруліною.....	37
3.2.3 Реологічні властивості тіста і водопоглинання пшеничного борошна ..	38
3.3 Вплив спіруліни на якість хлібобулочних виробів з пшеничного борошна .	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
4.1 Особливості охорони праці на хлібопекарному виробництві	44
4.2 Розробка картки охорони праці	46
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
5.1 Розрахунок кошторису витрат на дослідження	48
5.2 Розрахунок ціни дослідження	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
БІБЛІОГРАФІЯ.....	56

ВСТУП

Актуальність проведення наукових досліджень і розроблення технологій функціональних харчових продуктів пов'язана з основами державної політики України у сфері здорового харчування населення, спрямованими на збереження та зміцнення здоров'я людей і профілактику захворювань. Негативний вплив довкілля, незбалансованість раціону та постійні стресові фактори зумовлюють зростання ризику розвитку різних хвороб, що супроводжується формуванням небажаних тенденцій у структурі харчування, які проявляються у надмірному споживанні жирів, насичених жирних кислот, простих цукрів і рафінованих продуктів при дефіциті біологічно цінних компонентів.

У цих умовах особливого значення набуває створення нових харчових продуктів масового споживання зі збалансованим складом, збагачених функціональними інгредієнтами рослинного походження, що забезпечить ефективне коригування харчового статусу населення. Хлібобулочні вироби займають провідне місце в раціоні та користуються стабільним попитом серед усіх соціальних груп, однак збільшення частки продукції з борошна вищого ґатунку сприяє зниженню надходження до організму незамінних поживних речовин.

Технологія виробництва сортового борошна супроводжується суттєвими втратами вітамінів і мінеральних елементів, які видаляються разом із оболонками зерна, унаслідок чого хлібобулочні вироби характеризуються відносно низькою харчовою цінністю при високій калорійності та потребують додаткового збагачення. Одним із ефективних шляхів підвищення їх харчової та біологічної цінності є використання рослинної сировини як джерела незамінних амінокислот, біофлавоноїдів, вітамінів, макро- та мікроелементів.

Перспективною біологічно активною добавкою у виробництві таких виробів є спіруліна, біохімічний склад якої, за даними міжнародних організацій, відповідає фізіологічним потребам організму людини. Встановлено, що вона є безпечною та може використовуватися як джерело вітамінів, макро- і мікроелементів, а також хлорофілу та фікоціаніну. Отримані експериментальні результати свідчать про

доцільність її застосування для збагачення продуктів лікувально-профілактичного призначення, зокрема для осіб із захворюваннями серцево-судинної системи, цукровим діабетом, онкологічними патологіями, а також для людей з підвищеною фізичною активністю.

Отже, удосконалення технології хлібобулочних виробів із використанням мікроводорості спіруліни дозволяє не лише розширити асортимент продукції, а й отримати вироби з прогнозованими профілактичними властивостями, що підтверджує актуальність цього напрямку.

Метою роботи є удосконалення технології хлібобулочних виробів з пшеничного та житнього борошна, які мають профілактичні властивості на основі застосування мікроводорості спіруліни.

Для виконання мети дослідження сформовано наступні завдання:

- встановити вплив дозування спіруліни на якість хлібобулочних виробів;
- визначити вплив спіруліни на хлібопекарські властивості пшеничного борошна;
- провести дослідження впливу спіруліни на якість хлібобулочних виробів з пшеничного борошна.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Харчова цінність хліба та способи її підвищення

«Хлібобулочні вироби є одним із основних джерел енергії, білків і вуглеводів у харчуванні різних соціально-демографічних груп населення України, при цьому їх частка може становити до 40% загальної харчової та енергетичної цінності добового раціону» [1]. Сучасні підходи до раціонального харчування передбачають забезпечення організму необхідною кількістю енергії, а також пластичних і регуляторних речовин, що є важливими для підтримання здоров'я, у зв'язку з чим значна увага приділяється підвищенню харчової цінності хліба.

«Харчова цінність хлібобулочних виробів визначається їх енергетичною та біологічною цінністю, біологічною ефективністю, рівнем засвоюваності, а також вмістом життєво необхідних компонентів, зокрема вітамінів, мінеральних речовин і незамінних амінокислот» [2]. Вона залежить не лише від хімічного складу, але й від органолептичних властивостей, зокрема смаку та аромату, які стимулюють процеси травлення та відіграють важливу роль у фізіології харчування. «Енергетична цінність характеризує кількість енергії, що утворюється внаслідок біологічного окислення поживних речовин в організмі людини» [3-5].

Встановлено, що «добова потреба людини в енергії та поживних речовинах варіює залежно від віку, статі, рівня фізичної активності та інших індивідуальних особливостей» [1]. Енергетична цінність хлібобулочних виробів може змінюватися залежно від рецептури, складу сировини, вологості та інших технологічних чинників і визначається вмістом білків, жирів і засвоєваних вуглеводів, які відрізняються за теплотою згоряння та кількістю енергії, що виділяється під час метаболізму.

Важливим показником харчової цінності є засвоюваність основних поживних речовин, що входять до складу хліба, яка залежить від віку, статі, стану здоров'я людини, особливостей раціону та фізичних характеристик виробу, зокрема структури пористості м'якушки. Встановлено, що «більш пористі вироби краще просочуються травними соками, що сприяє їх ефективнішому засвоєнню

організмом. Дослідження показують, що засвоюваність пшеничного хліба є вищою порівняно з житнім, а також зростає зі зменшенням виходу борошна, що пов'язано зі змінами у складі та структурі продукту» [6].

Вміст у борошні високих виходів висівкових частинок, що містять не засвоювані вуглеводи, має важливе фізіологічне значення у процесі травлення. «Споживання хлібобулочних виробів із цільнозмеленого зерна позитивно впливає на стан здоров'я людини та рекомендоване для профілактики захворювань серцево-судинної системи, атеросклерозу й порушень обміну речовин» [7].

Одним із ключових показників харчової цінності хлібобулочних виробів є вміст білка та його якісні характеристики. «Білки виступають основним джерелом амінокислот, які беруть участь у формуванні структур організму, забезпечують ріст і відновлення клітин і тканин, входять до складу ферментів, гормонів, гемоглобіну, антитіл та інших компонентів, що виконують захисні функції» [8]. Якість харчового білка визначається його біологічною цінністю, яка відображає відповідність амінокислотного складу потребам організму.

«Білки є необхідною складовою щоденного раціону, а потреба в них залежить від рівня фізичної активності та інших індивідуальних факторів і може становити від 60 до 117 г на добу» [9]. Під час окислення одного грама білка виділяється близько 4 ккал енергії, проте їх внесок у загальний енергетичний баланс є відносно невеликим. Водночас при оцінюванні харчової цінності важливо враховувати не лише загальну кількість білка, а й вміст незамінних амінокислот.

Незамінні амінокислоти надходять до організму виключно з їжею, причому білки тваринного походження вважаються повноцінними завдяки наявності повного набору таких амінокислот. «Рослинні білки зернових культур є обмеженими за амінокислотним складом, оскільки містять недостатню кількість окремих незамінних амінокислот, зокрема лізину, треоніну, ізолейцину та валіну. Найбільш доцільним є поєднання білків різного походження, при якому оптимальне співвідношення тваринних і рослинних білків становить приблизно 1:1» [10].

«Вміст білка у хлібі коливається в межах 5,6–9,0 г на 100 г продукту та залежить від виду і сорту борошна, а також рецептури виробу. Рекомендоване добове споживання хліба становить близько 350 г, що забезпечує надходження приблизно 20 г білка і покриває близько чверті середньої добової потреби організму» [5].

З літературних джерел встановлено, що білки зерна жита і пшениці мають суттєві відмінності за амінокислотним складом. «Для білків пшениці характерний дефіцит лізину, триптофану та метіоніну, тоді як у білках жита обмежувальними є метіонін і триптофан, що зумовлює їх вищу біологічну повноцінність і кращу збалансованість» [11].

Кількість білка та його амінокислотний склад значною мірою визначаються видом і сортом борошна, що пов'язано з нерівномірним розподілом білкових речовин у структурі зерна. «Найменший вміст білка та окремих амінокислот, зокрема лізину, триптофану і треоніну, характерний для ендосперму, тоді як у зародку та алеїроновому шарі їх концентрація значно вища» [12]. У зв'язку з цим біологічна цінність житнього борошна є вищою, оскільки воно містить більше лізину та метіоніну порівняно з пшеничним, хоча поступається за вмістом триптофану.

Важливим компонентом харчування є жири, які являють собою складні ефіри гліцерину та жирних кислот і виконують як пластичну, так і регуляторну функції. Вони входять до складу клітинних мембран, захисних структур організму, беруть участь у формуванні нервових тканин, а також є носіями жиророзчинних вітамінів і компонентами жовчних кислот.

Харчова цінність жирів визначається складом жирних кислот, що входять до їх структури. «Розрізняють насичені жирні кислоти, характерні переважно для тваринних жирів, і ненасичені, які містяться в рослинних оліях. Особливу роль відіграють поліненасичені жирні кислоти родин омега-6 та омега-3, що є незамінними компонентами харчування, оскільки не синтезуються в організмі, беруть участь у формуванні клітинних мембран і сприяють адаптації організму до несприятливих умов довкілля» [13].

Біологічна ефективність жирів безпосередньо залежить від вмісту ненасичених жирних кислот. «Добова потреба в жирах варіює залежно від індивідуальних особливостей і рівня фізичної активності та становить у середньому 60–154 г, з яких близько 25 г мають припадати на жири рослинного походження. Фізіологічна потреба дорослої людини в омега-6 жирних кислотах становить 8–10 г на добу, а в омега-3 – 0,8–1,6 г, при цьому енергетична цінність 1 г жирів дорівнює 9 ккал» [14].

Хліб є джерелом рослинних жирів, які зосереджені переважно у зародку зерна та алейроновому шарі. У процесі перероблення зерна на борошно значна частина жирів відокремлюється від ендосперму, що зумовлено необхідністю зниження їх вмісту, оскільки вони схильні до окиснення та можуть погіршувати стабільність борошна під час зберігання. «Загальна кількість жирів у хлібі визначається видом і сортом борошна, а також складом рецептури, при цьому споживання хліба забезпечує близько 6–7% добової потреби організму в рослинних жирах» [15].

Надмірне надходження жирів із їжею може негативно впливати на засвоєння білків і мінеральних речовин, а також підвищувати потребу у вітамінах, що беруть участь у жировому обміні. «Водночас недостатнє їх споживання також є небажаним, оскільки може спричиняти порушення обміну речовин, зокрема дефіцит лецитину призводить до порушення обміну холестерину та накопичення жирів у тканинах печінки» [5].

«Вуглеводи є основним джерелом енергії для організму людини та забезпечують до 50–60% його енергетичних потреб» [14]. Вони входять до складу складних біологічно активних сполук, таких як гормони, ферменти та імунні компоненти, виконуючи пластичні та захисні функції. «Основними джерелами вуглеводів у раціоні є зернові продукти, овочі, фрукти, молоко, а також крохмаль і сиропи» [14].

У травному тракті під дією ферментів вуглеводи розщеплюються до простих цукрів, які всмоктуються у кров і переважно перетворюються в печінці на глюкозу. «Надлишок глюкози переходить у запасну форму – глікоген, що накопичується в

печінці та тканинах і за потреби знову розщеплюється для підтримання стабільного рівня глюкози в крові» [15].

Залежно від структури розрізняють легкозасвоювані вуглеводи, до яких належать моно- та дисахариди, складні вуглеводи, представлені крохмалем і глікогеном, а також незасвоювані компоненти, зокрема клітковину та пектини. У харчовому раціоні дорослої людини переважають полісахариди, насамперед крохмаль, який становить основну частку від загального добового споживання вуглеводів, тоді як решта припадає на прості цукри та харчові волокна.

«Хліб є одним із основних джерел забезпечення організму людини вуглеводами, вміст яких у хлібобулочних виробах становить у середньому 40–54 г на 100 г продукції та визначається рецептурою» [16]. Під час розщеплення 1 г вуглеводів вивільняється близько 4 ккал енергії, що зумовлює їх провідну роль у формуванні енергетичного балансу організму. «Основним вуглеводним компонентом хліба є крохмаль, а вміст ді- та моносахаридів залежить від виду і сорту борошна, а також асортиментної групи виробів» [8]. Найбільша концентрація цукрів у зерні пшениці зосереджена в зародку, де вони виконують функцію енергетичного резерву для розвитку рослини, тоді як в алеїроновому шарі та периферійних частинах ендосперму їх вміст є меншим, але перевищує показники центральної частини ендосперму.

«Раціон харчування здорової людини має включати достатню кількість харчових волокон, зокрема пектинових речовин і клітковини, потреба в яких становить відповідно близько 5–6 г і 20 г на добу» [17]. Загальна частка засвоюваних вуглеводів у добовому раціоні повинна забезпечувати приблизно 50–60% енергетичних потреб організму. Водночас надмірне споживання простих вуглеводів негативно впливає на обмін речовин, підвищує ризик розвитку атеросклерозу, ожиріння та цукрового діабету, а також сприяє порушенню вуглеводного і ліпідного обміну. «У зв'язку з цим доцільно обмежувати споживання виробів із борошна вищого гатунку та продукції з підвищеним вмістом цукру» [17].

Важливим чинником, що визначає харчову цінність хлібобулочних виробів, є вміст незамінних компонентів, зокрема вітамінів і мінеральних речовин. Мінеральні елементи відіграють ключову роль у забезпеченні росту і розвитку організму, беруть участь у процесах кровотворення, дихання, імунного захисту, регуляції водно-сольового обміну та підтриманні кислотно-лужної рівноваги. Вони входять до складу зерна і розподіляються в ньому нерівномірно, причому їх концентрація зростає від центральної частини до периферії зернівки. «Найменший вміст мінеральних речовин характерний для ендосперму, тоді як найбільша їх кількість зосереджена у зародку, алейроновому шарі та оболонках зерна» [18].

У зерні в найбільшій кількості містяться калій, фосфор і магній, а також у помітних концентраціях присутні кальцій, натрій, хлор і кремній. Вміст мінеральних речовин у хлібі визначається їх кількістю у борошні та інших компонентах рецептури. Харчова цінність борошна вищого та першого ґатунку є нижчою порівняно з продуктами із цільного зерна через зменшений вміст мінеральних елементів. Встановлено, що «в процесі помелу зерна кількість макро- і мікроелементів суттєво знижується, тоді як підвищення їх вмісту у готових виробах може бути зумовлене внесенням додаткових інгредієнтів під час приготування тіста» [19].

Дослідження свідчать, що співвідношення окремих мінеральних речовин у зерні пшениці та жита є недостатньо збалансованим для оптимального засвоєння організмом. Найбільше фізіологічне значення мають кальцій, фосфор і залізо, однак їх засвоюваність знижується через утворення фітинових сполук. «У середньому споживання хліба та хлібобулочних виробів забезпечує покриття добової потреби організму в кальції приблизно на 16,1%, у фосфорі – на 51,8%, у магнії – на 63,8%, а в залізі – на 5,8%» [20].

Аналіз мінерального складу хлібобулочних виробів свідчить про відносно високий вміст фосфору та недостатню кількість кальцію. «Співвідношення кальцію до фосфору у зерні пшениці та жита становить приблизно 1:7,5 і 1:5 відповідно, що негативно впливає на засвоєння кальцію. Оптимальним для харчування вважається співвідношення цих елементів на рівні 1:1» [12].

«Вітаміни є незамінними складовими харчування, необхідними для забезпечення нормального перебігу обмінних та енергетичних процесів, підтримання фізіологічних функцій організму та підвищення його стійкості до захворювань» [6]. Потреба людини у вітамінах варіює залежно від індивідуальних особливостей, характеру харчування, стану здоров'я, віку та інших чинників.

«Хлібобулочні вироби, зернові продукти та дріжджі є важливими джерелами вітамінів групи В. Встановлено, що вміст вітамінів групи В, РР та Е у зерні пшениці й жита розподілений нерівномірно між морфологічними частинами зернівки, причому найбільша їх кількість зосереджена у зародку, алеїроновому шарі та висівках, які утворюються під час сортового помелу» [14]. Висівки характеризуються високим вмістом природних біологічно активних компонентів і мають виражені профілактичні властивості. У зародку пшениці концентрується значна кількість поживних речовин, вітамінів і мінеральних елементів, що забезпечує його високу харчову цінність порівняно з іншими частинами зерна. «Найбільший вміст вітаміну Е відзначається саме в зародку, тоді як у висівках його кількість значно менша, а у борошні вона є мінімальною» [22].

«Зерно пшениці та жита, а також продукти їх переробки практично не містять вітамінів А, С і D, при цьому зі зменшенням частки висівок і зародка у борошні суттєво знижується вміст вітамінів групи В і токоферолів» [12]. Хліб, виготовлений із борошна нижчих виходів, характеризується низьким рівнем вітамінів, тоді як використання борошна з високим виходом або цільнозмеленого зерна дозволяє суттєво підвищити його біологічну цінність.

Дослідженнями доведено доцільність підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів шляхом удосконалення рецептур і технологій, а також введення компонентів, що надають продукції профілактичних властивостей. «Це досягається за рахунок використання борошна з підвищеним виходом із збереженням оболонки і алеїронового шару, застосування рослинних і тваринних білкових збагачувачів, залучення сировини з високим вмістом харчових волокон, а також введення до складу виробів овочевих і фруктових добавок, екстрактів рослин

та водоростей, що дозволяє сформувати продукцію з підвищеною біологічною та функціональною цінністю» [16].

Для підвищення харчової цінності хліба доцільно використовувати натуральні продукти рослинного і тваринного походження, оскільки їх застосування забезпечує комплексне збагачення виробів білками, вітамінами та мінеральними речовинами, що перебувають у природно збалансованих співвідношеннях і легкодоступних формах.

«Практичне вирішення проблеми незбалансованого амінокислотного складу білків пшениці та жита досягається шляхом введення до рецептури компонентів тваринного походження, багатих на повноцінний білок» [11]. У сучасній практиці хлібопечення широко застосовуються молоко та продукти його переробки як ефективні засоби підвищення харчової цінності готової продукції.

«Молоко і продукти його переробки, зокрема сухе знежирене молоко, молочна сироватка, пахта та сироваткові концентрати, є цінними джерелами повноцінних білків з оптимальним амінокислотним складом» [4]. Вони також містять кальцій, фосфор, вітаміни та легкозасвоювані жири, що підвищує біологічну цінність хлібобулочних виробів.

Встановлено, що «додавання сухого знежиреного молока до рецептури хліба з пшеничного борошна першого ґатунку сприяє суттєвому підвищенню вмісту незамінних амінокислот, зокрема лізину та метіоніну, а також кальцію» [19]. Це забезпечує не лише покращення харчової цінності виробів, але й позитивно впливає на їх органолептичні властивості, подовжує термін зберігання та формує приємний смак і аромат готової продукції.

Для підвищення харчової цінності хліба розроблено технології використання харчового рибного борошна та білкових концентратів, отриманих у процесі перероблення продукції рибної промисловості. Рибні білкові концентрати характеризуються високим вмістом білка та мінеральних речовин, а також повноцінним амінокислотним складом. Встановлено, що «введення до рецептури хліба харчового рибного борошна у невеликих кількостях сприяє підвищенню загального вмісту білка, а також збагаченню виробів кальцієм і фосфором» [20].

Ефективним напрямом підвищення біологічної цінності хліба є застосування харчових і пивних дріжджів, які містять значну кількість білка з високим рівнем засвоюваності. Дріжджовий білок відзначається підвищеним вмістом лізину, що є важливим з огляду на його дефіцит у білках пшеничного борошна. Встановлено, що «використання спеціальних дріжджів із підвищеним вмістом вітамінів групи В дозволяє суттєво покращити вітамінний склад хлібобулочних виробів. Для цього також застосовують продукти переробки дріжджів, зокрема автолізати, гідролізати, білкові ізоляти та екстракти» [10].

Розроблено підходи до збагачення хлібобулочних виробів окремими амінокислотами, зокрема лізином, що дозволяє підвищити їх біологічну цінність навіть при незначному внесенні відповідних добавок до рецептури.

Одним із поширених способів підвищення харчової цінності борошна та хліба є введення вітамінів і мінеральних речовин у вигляді спеціальних препаратів. «У процесі помелу зерна борошно вищого та першого ґатунку втрачає значну частину вітамінів, зосереджених у периферійних частинах зерна, тому потребує додаткового збагачення вітамінами групи В, РР, а також окремими амінокислотами та мінеральними елементами» [17].

Збагачення хліба здійснюється шляхом додавання необхідних компонентів безпосередньо до борошна на етапі його виробництва або під час приготування тіста. Значна кількість наукових досліджень присвячена удосконаленню цих підходів, що підтверджує їх актуальність і ефективність у підвищенні харчової та біологічної цінності хлібобулочних виробів.

«Для збагачення хліба кальцієм у багатьох країнах застосовують карбонат кальцію у вигляді харчової крейди, яку додають до борошна. Встановлено, що засвоюваність кальцію зростає при використанні молочнокислих заквасок, у яких значна його частина переходить у більш доступну для організму форму лактату кальцію, що сприяє підвищенню ефективності його використання» [9].

Науково обґрунтованим підходом до збагачення хлібобулочних виробів кальцієм є також введення до рецептури молока та продуктів його переробки, у яких цей елемент перебуває у найбільш засвоюваному стані. «Додатковими

джерелами кальцію можуть виступати різні харчові добавки, зокрема глюконат, карбонат, лактат і фосфати кальцію, а також порошок ячної шкаралупи, застосування яких сприяє підвищенню якості продукції та збільшенню надходження кальцію до організму» [21].

Водночас встановлено, що засвоєння кальцію з зернових продуктів може бути ускладнене через утворення фітинових сполук, які знижують його біодоступність.

Дефіцит заліза в організмі призводить до розвитку низки патологічних станів, зокрема залізодефіцитної анемії, а також порушень у роботі нервової та імунної систем. «Основними джерелами заліза є продукти тваринного походження та бобові культури, проте зменшення їх споживання у раціоні населення сприяє поширенню станів, пов'язаних із недостатнім надходженням цього мікроелемента» [6].

1.2 Застосування рослинної сировини для підвищення харчової цінності хліба

У хлібопекарській промисловості для створення продуктів профілактичного призначення та збагачення хлібобулочних виробів використовують добавки рослинного походження, які характеризуються високою харчовою та біологічною цінністю. «Вони більш переважні порівняно з вітамінно-мінеральними преміксами, оскільки містять повноцінні білки, мінеральні речовини, вітаміни та харчові волокна у вигляді природних сполук» [22].

Одним із методів підвищення біологічної цінності хліба є використання білка рослинного походження. Джерелами такого білка виступають бобові та злакові культури, соя, шроти соняшнику та бавовнику, люпин, насіння томатів, а також ізоляти та концентрати цих продуктів, пшеничні та кукурудзяні зародки, пшенична клейковина.

«Зародки злаків є багатим джерелом білка та вітамінів. Зародки пшениці містять 33-39% білка, 13-19% ліпідів, 21-30% вуглеводів, 4,6-6,7% мінеральних речовин та значну кількість вітамінів групи B, PP і E – відповідно 6,2, 1,45, 2,5, 7,5

та 15,8 мг %» [23]. Вони є важливим джерелом токоферолів та незамінних амінокислот. Розроблено технології використання пшеничного зародка для забезпечення додаткових факторів харчування у раціоні осіб із порушеннями обміну речовин.

«Білки кукурудзяного зародка містять близько 21,19% білка, 4,19% клітковини та 25,6 мкг тіаміну на 1 г» [22]. Рекомендовано його внесення як білковий збагачувач пшеничного борошна. Вченими встановлено, що білкові добавки можуть негативно впливати на властивості тіста та якість хліба, що при традиційних способах тістознавства не дозволяє отримувати вироби високої якості. «Розроблено різні методи попередньої обробки пшеничних та кукурудзяних зародків, такі як замочування, прогрівання, використання окислювачів та зброджування молочнокислими бактеріями» [24].

Для збагачення хліба білками використовують насіння соняшнику та бавовнику, білкові концентрати та макухи. «Білкові концентрати застосовуються для підвищення поживної цінності хліба і можуть містити до 80% білка; їх внесення у кількості 5-10% до маси борошна дозволяє отримати вироби з високим вмістом білка, добрим об'ємом, смаком та ароматом» [25].

Для приготування дієтичних хлібобулочних виробів використовують пшеничну клейковину, яка характеризується високим вмістом білка, низьким вмістом вуглеводів та оптимальними технологічними властивостями. Хлібобулочні вироби з клейковиною мають підвищений вміст білка, меншу калорійність і рекомендовані для харчування осіб із цукровим діабетом та ожирінням.

«Використання гречки як функціональної добавки обумовлено високим вмістом білка (10-12%) та незамінних амінокислот. Встановлено, що гречка має більш високу антиоксидантну активність порівняно з овесом та ячменем. Розроблено технологію хлібобулочних виробів із гречаним борошном, яке підвищує харчову цінність виробів, знижує їхню енергетичну цінність та глікемічний індекс» [26]. Такі вироби з гречаним борошном, що відзначаються

хорошими смаковими властивостями, рекомендовані для профілактики та лікування серцево-судинних захворювань, ожиріння та цукрового діабету.

Активно розвивається в Україні виробництво хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності на основі використання диспергованого зерна жита та пшениці. «Хліб із цільного диспергованого зерна пшениці виготовляють за технологією, в якій зерно попередньо замочують, подрібнюють до тістоподібної маси та використовують для замісу тіста. Розроблені сорти рекомендують для профілактики серцево-судинних захворювань та ожиріння» [27].

Застосування пророщеного диспергованого зерна у складі хліба підвищує вміст антиоксидантів, вітамінів групи В, вітаміну Е та інших харчових і біологічно активних речовин, однак ускладнює технологічний процес виробництва хліба з високими споживчими властивостями через меншу кількість клейковинних білків. Вченими розроблено «технологію хліба з пророслого зерна пшениці, для прискореного пророщування якого застосовували комплексні ферментні препарати та світлодіодне опромінення. Вживання такого хліба рекомендується для лікування та профілактики ожиріння, серцево-судинних захворювань та атеросклерозу» [24].

Розроблено технологію хлібобулочних виробів функціонального призначення із застосуванням збивних напівфабрикатів, що включає змішування борошна з цільнозмеленого зерна різних культур відразу після подрібнення без дозрівання, біоактивованого зерна пшениці та продуктів переробки плодово-ягідної і овочевої сировини, його збивання під тиском. «Такий спосіб дозволяє отримати бездріжджові вироби із заданими функціональними властивостями, скоротити технологічний процес, зменшити витрати сухих речовин і підвищити вихід хліба» [28].

Використання в рецептурі борошна амаранту, сої, люпину, сочевиці та тритикале дозволяє вирішити проблему незбалансованого амінокислотного складу пшеничного білка. «Проведено дослідження застосування амарантового борошна, яке характеризується високим вмістом білка (19%), лізину (0,7-0,9 г на 100 г зерна), ліпідів (4,1-8,1%), жирних мінералів та клітковини, і рекомендовано його використання у суміші з пшеничним борошном у співвідношенні 5:95. Додавання

соєвого борошна у кількості 10% підвищує вміст білка з 12,4 до 13,8%, лізину – з 2,76 до 3,05 мг/100 г білка, кальцію – з 71,9 до 81,8 мг/100 г» [29].

За даними досліджень цінними харчовими добавками є насіння томатів, буряковий порошок та білковий концентрат із вичавків винограду, що дозволяє збільшити вміст білка у готових виробах на 4-40%.

Для створення хлібобулочних виробів функціонального призначення застосовують різноманітну овочеву та плодово-ягідну сировину, продукти їх переробки, круп'яні та бобові культури, дикорослі лікарські рослини, мохи, лишайники та водорості. «Введені до складу виробів харчові волокна забезпечують нормальне функціонування травної системи та виконують технологічні функції: збільшують вихід продукту завдяки високій водоутримуючій здатності, уповільнюють черствіння, подовжують термін зберігання готових виробів і покращують структуру м'якуша» [30].

При створенні виробів функціонального призначення проведено комплекс досліджень із використання овочевих та плодово-ягідних пюре і соків, що містять вуглеводи, амінокислоти, мінеральні та ароматичні речовини, пектини та вітаміни. Використання таких компонентів надає виробам профілактичні властивості, підвищує харчову цінність і збільшує термін зберігання. Дослідження показали, що застосування капустиного, картопляного та морквяного пюре підвищує харчову цінність виробів і покращує їх органолептичні властивості.

Розроблено рецептуру хліба «Три богатирі» з використанням гарбузового пюре та карамельної патоки, який належить до функціональних сортів, виробляється з суміші борошна першого сорту та чечевичного борошна. «Хліб має підвищену харчову та біологічну цінність, збагачений незамінними амінокислотами, вітамінами групи В, РР, органічними кислотами, пектиновими речовинами та каротиноїдами. Введення в рецептуру тесту картопляного соку та добавок із високим вмістом картопляної крупки надає виробам дієтичних властивостей, підвищує харчову цінність і покращує технологічні властивості тесту, збільшуючи його водопоглинальну здатність та пластичність завдяки гідрофільності добавок» [31].

Дослідження показують, що внесення в тісто яблучного пюре та яблучного і виноградного соків сприяє зміцненню клейковини, а пюре з обліпихи, калини та горобини підвищує пружність тіста та його здатність утримувати форму. Вченими вивчалось «застосування обліпихи та продуктів її переробки при виробництві хлібобулочних виробів, встановлено, що обліпиха є збалансованою біодобавкою, яка надає виробам лікувально-профілактичні властивості та підвищує їх харчову цінність» [32]. Розроблено композицію для виробництва хлібобулочних виробів профілактичного призначення з використанням обліпихового шроту.

Як джерело харчових волокон застосовують овочеві та плодові порошки, які підвищують харчову цінність виробів і надають їм профілактичних властивостей завдяки вмісту незамінних амінокислот, вітамінів, біофлавоноїдів, цукрів, пектинових і мінеральних речовин. «Запатентовано харчову біологічно активну добавку із сухих плодів шипшини, горобини чорноплідної та обліпихи для виробництва дієтичних хлібобулочних виробів, внесення якої збагачує вироби вітамінами А, Е, Р, С, каротиноїдами та покращує баланс мінеральних речовин» [33]. Також запатентовано спосіб виробництва хліба профілактичного призначення «з використанням порошку з висушених плодів глоду та пектинового екстракту з плодів глоду, що скорочує процес бродіння тіста та надає виробам приємного смаку, аромату і профілактичних властивостей» [34].

Розроблено спосіб виробництва борошняних кондитерських виробів профілактичного «призначення з використанням глоду, мушмули та ожини, що надає виробам профілактичні властивості за рахунок підвищеного вмісту харчових біологічно активних речовин, а також приємний смак і виражений аромат» [35]. Враховуючи високий вміст легкозасвоюваних вуглеводів у деяких видах овочевої, фруктові та ягідної сировини, доцільно використовувати їх як цукрозаміщувальну сировину при виробництві хлібобулочних виробів.

Дослідження показують, що застосування «гранатового порошку, кропив'яно-горобинового екстракту, а також порошоків із шипшини, кропиви та моркви сприяє зміцненню клейковини, підвищенню газоутворюючої здатності тіста та збільшенню вмісту харчових волокон, зокрема клітковини та лігніну» [28].

Використання порошку дикорослої шипшини дозволяє збагачувати вироби вітамінами та мінералами, підвищуючи їх харчову та біологічну цінність.

Традиційно фруктові та овочеві добавки застосовують у виробництві виробів із сортового пшеничного борошна. «Борошняні композитні суміші на основі порошоків журавлини, абрикосів та чорноплідної горобини не тільки підвищують харчову цінність виробів, а й надають їм характерного смаку та аромату» [35]. Перспективним є застосування напівфабрикатів на основі плодів та овочів для виготовлення виробів із житнього або суміші житнього та пшеничного борошна.

1.3 Спіруліна як джерело харчових та біологічно-активних речовин

Одним із перспективних функціональних харчових інгредієнтів є спіруліна, яка привертає значну увагу фахівців у галузі нутріціології як сировина для створення продуктів харчування для осіб, що дотримуються здорового способу життя, мають підвищені фізичні навантаження, зокрема спортсменів, а також для використання у профілактичному й лікувальному харчуванні.

«Спіруліна являє собою багатоклітинну нитчасту мікродорість спіральної форми. Під мікроскопом вона має вигляд синьо-зелених ниток, сформованих із циліндричних клітин, з'єднаних у нерозгалужені структури, діаметр яких коливається в межах від 1 до 12 мкм» [36].

Клітинна стінка спіруліни має складну будову та включає кілька шарів, серед яких зовнішній шар утворений упорядкованими структурними елементами, а внутрішні представлені білковими та пептидоглікановмісними компонентами, що забезпечують міцність і функціональність клітини.

«У центральній частині клітини розташований нуклеоїд, що містить генетичний матеріал, а також наявні різноманітні внутрішньоклітинні структури, зокрема фотосинтетичні ламели, рибосоми, вакуолі та запасні гранули» [37]. Основна кількість хлорофілу та каротиноїдів локалізується у фотосинтетичних структурах, що відіграють ключову роль у процесах обміну речовин і накопиченні поживних компонентів.

Життєвий цикл спіруліни характеризується відносною простотою і здійснюється шляхом фрагментації ниток із подальшим утворенням нових структур, які розвиваються у повноцінні спіральні форми, що забезпечує ефективне відтворення та поширення цієї мікроводорості.

«Спіруліну культивують у різних країнах у штучно створених умовах, зокрема у відкритих басейнах і фотобіореакторах закритого або напівзакритого типу зі штучним освітленням» [38]. Використання фотобіореакторів дозволяє отримувати біомасу за стабільних параметрів середовища, контролювати її біохімічний склад і здійснювати виробництво незалежно від кліматичних умов, однак цей метод потребує значних матеріальних витрат.

«У процесі вирощування, особливо в умовах закритих систем, можливе додаткове збагачення біомаси спіруліни есенціальними мікроелементами, такими як залізо, йод, селен, цинк, мідь, марганець і хром, що перебувають у біодоступних формах і підвищують її харчову цінність» [36, 38].

Встановлено, що значний інтерес до спіруліни зумовлений її унікальним хімічним складом, високою енергетичною ефективністю та відносно невеликими площами, необхідними для її культивування. «На сьогодні її вирощують у багатьох країнах світу, зокрема в Америці, Азії та Європі, а також в Україні, що свідчить про зростання популярності цього напрямку» [37].

Промислове культивування спіруліни здійснюється у спеціальних ємностях із водним середовищем, до якого додають необхідні поживні речовини, зокрема сполуки азоту, фосфору та вуглецю. «У таких умовах мікроводорість активно розвивається, використовуючи вуглекислий газ як основне джерело для синтезу органічних речовин, що забезпечує формування високоякісної біомаси» [39].

Літературні дані свідчать, що інтерес до спіруліни, який сформувався ще з середини 1970-х років, був зумовлений її високою харчовою цінністю та доброю засвоюваністю організмом людини. Сучасні дослідження підтверджують, що спіруліна та її компоненти характеризуються широким спектром біологічних і фармакологічних властивостей.

Встановлено, що «спіруліна проявляє антиканцерогенні властивості, що пов'язують із її здатністю впливати на активність ферментів, які беруть участь у захисних реакціях організму. Радіопротекторна, хемотректорна та протипухлинна дія цієї мікроводорості обумовлена наявністю полісахаридів складної будови, до складу яких входять різні моносахариди» [40].

Дослідженнями також доведено антиоксидантні властивості полісахаридів спіруліни, їх здатність активізувати імунні механізми, зокрема індукувати синтез факторів, що пригнічують розвиток пухлинних клітин і уповільнюють їх ріст. Встановлено, що «ці сполуки можуть інгібувати проліферацію клітин новоутворень і перешкоджати їх поширенню в організмі» [41].

Отримані експериментальні результати свідчать про виражену антиоксидантну активність спіруліни, яка проявляється у здатності знижувати інтенсивність процесів перекисного окислення ліпідів у тканинах, що підтверджує її потенціал як функціонального інгредієнта для створення продуктів профілактичного призначення.

Встановлено, що «антиоксидантні властивості спіруліни значною мірою зумовлені наявністю у її складі фікоціаніну, активність якого підтверджена у різних експериментальних моделях» [42]. Виявлено також вплив компонентів спіруліни на активність прооксидантних ферментів, зокрема ксантиноксидази, а також їх здатність стабілізувати лізосомальні мембрани. «Антиоксидантна дія білкових фракцій *Spirulina platensis* щодо вільних радикалів пов'язана переважно з вмістом фікоціаніну, який здатний запобігати пошкодженню клітинних структур, зокрема лізису еритроцитів під дією перекисних сполук» [42].

Літературні дані свідчать також про наявність протівірусних властивостей спіруліни. Встановлено, що «її водні екстракти здатні пригнічувати реплікацію окремих вірусів, у тому числі вірусу імунодефіциту людини та інших оболонкових вірусів» [38]. Показано, що компоненти спіруліни перешкоджають адсорбції та проникненню вірусів у клітини, а також сприяють підвищенню стійкості організму до вірусних інфекцій.

Дослідженнями доведено, що полісахариди спіруліни можуть пригнічувати розвиток різних вірусів, зокрема збудників грипу, кору та інших інфекцій, а також знижувати негативний вплив радіації на клітини організму. Це супроводжується імуномодуючим ефектом, що проявляється у стимуляції захисних реакцій і підвищенні проліферативної активності клітин імунної системи.

Дослідження показали, що «екстракт *Spirulina platensis* володіє радіопротекторною дією, стабілізує ДНК та запобігає деструктивним змінам у клітинах кісткового мозку після опромінення» [43].

Вченими встановлено, що «внесення спіруліни разом з автолізатом хлібопекарських дріжджів нормалізує проникність кишкового бар'єру після γ -опромінення» [44].

Було також показано імуномодуючу активність спіруліни, яка стимулює продукцію антитіл та активує NK-клітини у різних видів тварин, а її фікоціанін проявляє протизапальні та протиалергічні властивості. «В експериментальних та клінічних дослідженнях встановлено, що спіруліна сприяє зниженню маси тіла, рівня глюкози та тригліцеридів у крові при цукровому діабеті та ожирінні» [45].

Вченими відзначено «позитивний вплив спіруліни та її ліпополісахаридів на імунну систему, підвищення первинної імунної відповіді та протективний ефект щодо мікробної інфекції і харчової алергії» [39].

Спіруліна позитивно впливає на організм при шкірних, серцево-судинних, ендокринних, шлунково-кишкових захворюваннях, ожирінні, цукровому діабеті, деяких формах раку та інших патологіях. Вченими встановлено «потенційні протипухлинні властивості спіруліни, що проявляються частковою та повною регресією пухлин у лабораторних тварин, а екстракт спіруліни гальмує розвиток експериментального раку» [46].

Дослідження показали можливість профілактичного використання спіруліни для підвищення рівня гемоглобіну в крові. У добровольців, «які отримували протягом 36 днів по 2 г спіруліни, спостерігалось збільшення гемоглобіну та маси тіла. Клінічні дослідження у дітей з білково-калорійною недостатністю встановили

підвищення рівня загального білка та гемоглобіну після тримісячного прийому по 1 г спіруліни» [41].

Вченими також розроблено технологію «Спіруліни-спрею» для профілактики та лікування захворювань верхніх дихальних шляхів. Дослідження впливу спіруліни на жінок у післяпологовому періоді показали її здатність активізувати репаративні процеси, знижувати вплив шкідливих факторів середовища та проявляти антигіпоксантичну дію.

«Порівняльна оцінка показала високу біодоступність заліза у складі спіруліни порівняно з сульфатом заліза. Спіруліна містить значну кількість каротиноїдів, зокрема β -каротину, що відкриває можливості для підвищення забезпеченості вітаміном А при недостатньому його споживанні. Прийом спіруліни жінками під час вагітності та лактації по 3 г на день збільшував рівень ретинолу та β -каротину в сироватці крові на 72 і 51% відповідно» [42].

Проведені дослідження підтверджують високу біодоступність загальних каротиноїдів і, зокрема, β -каротину, що містяться в спіруліні. «У дослідах на двох групах дітей дошкільного віку (3-5 років), які протягом 30 днів отримували щодня по 1,2 г спіруліни або вітамін А, абсорбція загальних каротиноїдів склала 72,3%, а β -каротину – 75,2%. В обох групах відзначено достовірне збільшення вмісту ретинолу у сироватці крові» [37]. Вчені відзначають, що біодоступність каротиноїдів спіруліни порівнянна з біодоступністю каротиноїдів моркви.

Хлорофіл, як біологічно активний компонент спіруліни, володіє антимікробними, антиоксидантними та антиканцерогенними властивостями і широко застосовується для лікування опіків та серцево-судинних захворювань. «Поліненасичені жирні кислоти, що входять до ліпідного комплексу спіруліни, сприяють профілактиці та лікуванню серцево-судинних захворювань і хронічних хвороб печінки, позитивно впливають на ліпідний обмін» [43]. Вченими встановлено антиканцерогенну дію лінолевої кислоти, яка є потенційним інгібітором розвитку раку.

Отже, результати досліджень свідчать про перспективність і безпеку використання спіруліни як допоміжного загальнозміцнюючого засобу у

дієтотерапії для профілактики та лікування багатьох захворювань. Вона сприяє підвищенню рівня гемоглобіну, поліпшенню імунного статусу та забезпечує організм необхідними біологічно активними речовинами, включаючи каротиноїди, поліненасичені жирні кислоти та хлорофіл. Крім того, спіруліна може використовуватися як натуральна добавка для зміцнення серцево-судинної системи, підтримки нормальної роботи шлунково-кишкового тракту та обміну речовин.

Висновки по розділу.

Аналіз науково-технічної літератури засвідчує, що створення асортименту хлібобулочних виробів функціонального призначення для різних категорій населення є пріоритетним, актуальним та своєчасним завданням.

Сучасні підходи до харчування передбачають розширення асортименту хлібобулочних виробів за рахунок продукції з покращеним хімічним складом, що включає традиційну сировину з додаванням біологічно активних компонентів рослинного походження. Споживання таких збагачених виробів сприяє профілактиці та ефективному лікуванню різних захворювань, підвищенню працездатності, загальному зміцненню здоров'я та забезпечує кращу адаптацію організму до умов навколишнього середовища.

Перспективним джерелом рослинної сировини для хлібопекарського виробництва є спіруліна, яка є цінним додатковим харчовим джерелом макро- та мікронутрієнтів, включаючи повноцінний білок, залізо, каротиноїди, γ -ліноленову кислоту, вітаміни В і В₂, а також природний бета-каротин.

Представлені дані про хімічний склад, біологічні та фармакологічні властивості спіруліни демонструють її позитивний вплив на організм людини та ефективність як допоміжного засобу при дієтотерапії і профілактиці ряду захворювань.

Тому розробка технології приготування хлібобулочних виробів функціонального призначення із застосуванням спіруліни є актуальною, має наукову новизну та практичне значення.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика використаної сировини

У роботі використовували пшеничне борошно хлібопекарське вищого ґатунку (табл. 2.1), яке відповідало вимогам чинного нормативного документа ДСТУ 46.004–99.

Таблиця 2.1 – Показники якості борошна пшеничного

Найменування показників	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Масова частка вологи, %	14,2	14,5	13,9
Кислотність, град	2,2	1,8	2,0
Масова частка сирії клейковини, %	27,8	28,0	28,5
Білизна, ум. од. приладу РЗ-БПЛ	56	59	57
Якість сирії клейковини, од. ІДК	65,0	60,0	80,0
Число падіння, с	328	259	286

Досліджувані зразки борошна характеризувалися типовими органолептичними показниками: білим кольором із кремовим відтінком, властивим запахом і смаком без сторонніх домішок. Якість сирії клейковини відповідала вимогам не нижче другої групи, що забезпечувало належні хлібопекарські властивості сировини. Показники якості борошна наведені у відповідній таблиці дослідження.

Пресовані хлібопекарські дріжджі відповідали вимогам ДСТУ 4812:2007 та характеризувалися щільною консистенцією, легко ламалися, мали рівномірний світло-кремовий колір, специфічний запах і смак без сторонніх відтінків.

Харчова кухонна сіль сорту «екстра» відповідала ДСТУ 3583:2015, мала білий колір, була сипкою, без запаху та сторонніх домішок.

Цукор-пісок відповідав вимогам ДСТУ 4623:2006, мав однорідну кристалічну структуру, солодкий смак, без грудок і сторонніх присмаків.

Спіруліна, використана у дослідженнях, відповідала технічним умовам виробника та характеризувалася типовими органолептичними показниками (інтенсивний зелений колір, специфічний запах і смак), не містила сторонніх домішок і добавок.

Уся сировина, що застосовувалася у роботі, відповідала вимогам чинної нормативної документації, що забезпечувало достовірність отриманих експериментальних результатів при дослідженні впливу спіруліни на якість хлібобулочних виробів із пшеничного борошна вищого ґатунку.

2.2 Спосіб приготування тіста та рецептура

Тісто готували з пшеничного борошна вищого ґатунку традиційним безопарним способом із використанням стандартної хлібопекарської сировини. Замішування проводили на тістомісильній машині «Diosna» протягом 5 хвилин до отримання однорідної консистенції. Кухонну сіль та цукор-пісок попередньо розчиняли у воді, пресовані хлібопекарські дріжджі та спіруліну вносили у вигляді суспензії відповідно до заданих рецептур.

Бродіння тіста здійснювали при температурі 30–32 °C протягом 150 хвилин. У процесі бродіння проводили обминання тіста через кожні 60 хвилин для рівномірного розподілу газів та покращення структури. Після завершення бродіння тісто ділили на шматки масою 400 г, формували та укладали у форми для випікання, які розміщували у вистоювальній шафі «Елемер».

Розстоювання тістових заготовок проводили при температурі 35–38 °C та відносній вологості повітря 75–80% до досягнення оптимальної готовності, яку визначали за органолептичними показниками. Випікання здійснювали у печі «Mіwe» при температурі 220 °C: для подових виробів тривалість становила 20 хвилин, для формових – 25 хвилин.

Рецептури приготування тіста з пшеничного борошна вищого ґатунку з додаванням спіруліни наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Рецептури приготування тіста

Найменування сировини	Кількість сировини на приготування тіста за варіантами, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Борошно пшеничне вищого ґатунку, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Дріжджі пресовані хлібопекарські, %	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Сіль кухонна харчова, %	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Спіруліна, %	0	1	2	3	4	5	0,25	0,5	0,75	1,0

2.3 Методики виконання досліджень

Дослідження проводили в лабораторіях кафедри харчових технологій ДДАЕУ та на виробництві під час проходження переддипломної практики.

Проби пшеничного борошна вищого ґатунку досліджували в лабораторних умовах відповідно до вимог чинної нормативної документації, зокрема ДСТУ 46.004–99. Оцінювання якості борошна проводили за основними показниками, що характеризують його хлібопекарські властивості: масова частка вологи, кислотність, кількість і якість сирої клейковини. Визначення масової частки вологи здійснювали за стандартними методиками, передбаченими для зернових продуктів, а кислотність – титриметричним методом.

Кількість сирої клейковини визначали відповідно до ДСТУ ISO 21415-2, який регламентує метод відмивання клейковини з борошна. Якість клейковини оцінювали за показником деформації з використанням приладу ІДК-1 (або його аналогів) згідно з чинними методиками визначення фізико-механічних властивостей клейковини. Такий підхід дозволяє об'єктивно оцінити еластичність

і пружність клейковинного комплексу, що безпосередньо впливає на реологічні властивості тіста.

Білизну борошна визначали за допомогою приладу типу РЗ-БПЛ (або аналогічного) відповідно до галузевих методик, що забезпечують оцінку кольорових характеристик сировини.

Водопоглинальну здатність борошна визначали за методикою, гармонізованою з міжнародними стандартами (зокрема ISO 5530), із використанням фаринографічних або аналогічних приладів. Отримані показники дозволяють комплексно оцінити технологічні властивості борошна та його придатність до виробництва хлібобулочних виробів.

Хлібобулочні вироби оцінювали за органолептичними та фізико-хімічними показниками якості через 14–16 годин після випікання. Органолептичну оцінку проводили за такими характеристиками: зовнішній вигляд, стан м'якуша, смак і аромат виробів.

Фізико-хімічні показники визначали відповідно до чинних методик і нормативних документів. Зокрема, встановлювали вологість і кислотність м'якуша, питомий об'єм, пористість, формостійкість, а також реологічні характеристики м'якуша (загальну, пластичну та пружну деформацію). Питомий об'єм визначали стандартним методом витіснення, а формостійкість (H:D) – як відношення висоти виробу до його діаметра. Пористість м'якуша визначали за методом Журавльова відповідно до ДСТУ 7045:2009. Вологість і кислотність м'якуша визначали за загальноприйнятими методиками для хлібобулочних виробів.

Реологічні властивості м'якуша досліджували з використанням пенетрометра типу АП-4/1, що дозволяє оцінити структурно-механічні характеристики виробів. Гідрофільні властивості м'якуша визначали за методом набухання у воді (модифікована методика Катца). Для цього 10 г подрібненого м'якуша змішували з 50 см³ дистильованої води в гомогенізаторі протягом 1 хв при швидкості 3000 об/хв. Отриману суспензію переносили в мірний циліндр, доводили об'єм до

100 см³ та витримували у стані спокою. Після цього визначали об'єм набряклого осаду, який характеризує водоутримувальну здатність м'якуша.

Висновки по розділу.

У розділі наведено характеристику сировини, що використовувалася у дослідженнях, зокрема пшеничного борошна вищого ґатунку, а також допоміжних компонентів – дріжджів, солі, цукру та спіруліни. Описано основні показники якості борошна та встановлено їх відповідність вимогам ДСТУ 46.004–99. Також подано органолептичні характеристики сировини, що підтверджують її придатність до проведення досліджень та отримання достовірних результатів.

У розділі розглянуто спосіб приготування тіста безопарним методом, наведено параметри технологічного процесу та рецептури з різним дозуванням спіруліни. Описано методики виконання досліджень, зокрема визначення показників якості борошна та хлібобулочних виробів відповідно до чинних стандартів, таких як ДСТУ ISO 21415-2 та ДСТУ 7045:2009. Представлені методичні підходи забезпечують комплексну оцінку фізико-хімічних, реологічних та органолептичних показників якості досліджуваних зразків.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Вплив дозування спіруліни на якість хлібобулочних виробів

Досліджено вплив різних дозувань спіруліни на якість хлібобулочних виробів шляхом проведення пробних лабораторних випічок. У дослідженнях використовували пшеничне хлібопекарське борошно вищого ґатунку (проба 2), показники якості якого наведені у розділі 2, а також рецептури, подані в таблиці 2 (варіанти 1–6). Контрольним зразком слугував хліб, виготовлений без додавання спіруліни (варіант 1).

Тісто готували безопарним способом із внесенням спіруліни в кількості від 1 до 5% до маси борошна. Оцінювання якості хлібобулочних виробів здійснювали відповідно до методик, наведених у розділі 2. Результати впливу спіруліни на фізико-хімічні показники виробів, отриманих безопарним способом, наведені у табл. 3.1 та відображені на рис. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вплив дозування спіруліни на показники якості виробів із пшеничного борошна, приготовленого безопарним способом

Найменування показників якості	Дозування спіруліни, %					
	0 (К)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Питомий об'єм, см ³ /г	3,41	3,38	3,07	2,78	2,58	2,19
Кислотність, град	1,5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5
Вологість, %	42,3	42,1	41,2	40,8	40,6	40,0
Пористість, %	82	80	76	71	69	64
Формостійкість (H/D)	0,52	0,51	0,46	0,37	0,34	0,31
Загальна деформація м'якуша, од. пр. АП-4	100	108	103	100	96	92
Пластична деформація м'якуша, од. АП-4	76	86	82	80	78	75
Пружна деформація м'якуша, од. АП-4	24	22	21	20	18	17

Аналіз отриманих результатів свідчить, що додавання спіруліни впливає на показники якості хлібобулочних виробів, причому характер і інтенсивність змін визначаються її дозуванням. За внесення спіруліни на рівні 1% до маси борошна якісні характеристики виробів або не зазнавали істотних змін, або мали тенденцію до незначного покращення. Зокрема, показники загальної та пластичної деформації м'якуша збільшилися відповідно на 8 та 13% порівняно з контрольним зразком.

Зі збільшенням дозування спіруліни понад 1% спостерігалось поступове погіршення структурно-механічних та фізико-хімічних показників виробів. Зокрема, питомий об'єм хліба зменшувався з 3,41 см³/г у контролі до 2,19 см³/г при внесенні 5% спіруліни, що свідчить про ущільнення структури м'якуша. Аналогічна тенденція відмічена для пористості, яка знижувалася з 82% до 64%, а також для формостійкості, що зменшувалася з 0,52 до 0,31. Одночасно відбувалося незначне зниження вологості виробів, що може бути пов'язано з підвищеною водозв'язувальною здатністю добавки та змінами у структурі тіста.

Показники деформаційних властивостей м'якуша також змінювалися залежно від кількості внесеної спіруліни. При дозуваннях 2–5% спостерігалось зниження як загальної, так і пластичної та пружної деформацій, що свідчить про підвищення щільності та зниження еластичності м'якуша. При цьому кислотність виробів залишалася практично стабільною в межах 1,5–1,6 град, що вказує на відсутність суттєвого впливу спіруліни на кислотонакопичення у тісті. Отримані результати свідчать, що оптимальним є внесення спіруліни у кількості до 1%, оскільки подальше збільшення її вмісту призводить до погіршення якості готових виробів.

Збільшення дозування спіруліни в межах 2–5% до маси борошна призводило до погіршення фізико-хімічних показників якості хлібобулочних виробів. Зокрема, відмічено зниження питомого об'єму на 0,88 см³/г, пористості – на 5% (рис. 3.1), а також зменшення показників загальної, пластичної та пружної деформації м'якуша відповідно на 11, 7 та 3 одиниці приладу. Крім того, спостерігалось зниження формостійкості виробів на 0,15, що свідчить про погіршення структурно-механічних властивостей тіста та готової продукції.

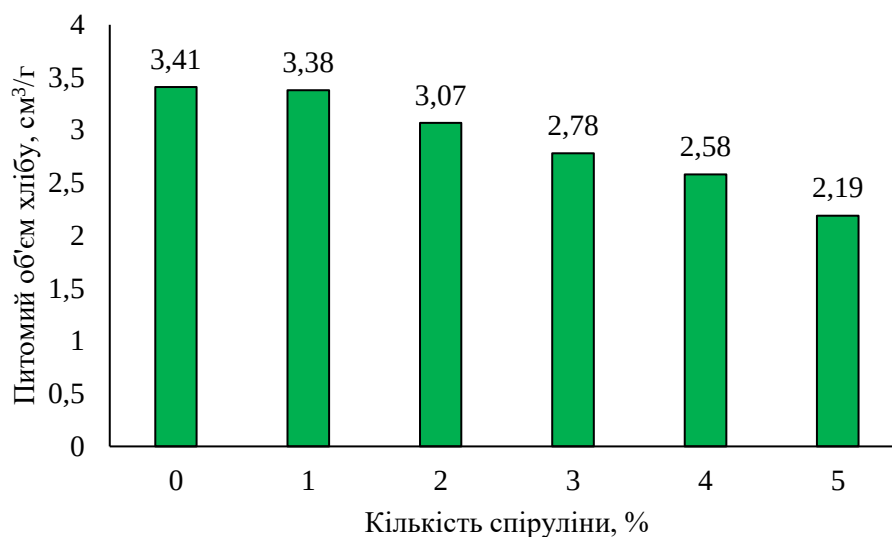


Рисунок 3.1 – Вплив додавання спіруліни на питомий об'єм хліба

Аналіз органолептичних показників якості хлібобулочних виробів (табл. 3.2) показав, що зі збільшенням кількості внесеної спіруліни вироби набували характерного приємного смаку та аромату, а також більш насиченого забарвлення.

Таблиця 3.2 – Вплив спіруліни на органолептичні показники якості хліба

Найменування показників якості	0 (контроль)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Зовнішній вигляд	форма правильна, поверхня гладка, тріщин та підривів немає					
Колір кірки	світло-коричневий	світло-коричневий із зеленуватим відтінком				коричневий із зеленим відтінком
Стан м'якуша: колір	білий	світло-зелений			зелений	темно-зелений
Рівномірність забарвлення	рівномірно забарвлений					
Пропеченість	пропечений					
Проміс	відсутність слідів непромісу					
Пористість	рівномірна	досить рівномірна			нерівномірна	нерівномірна
Еластичність	еластична				нееластична	нееластична
Смак	характерний хлібний	хлібний з легким приємним присмаком водоростей			хлібний з сильно вираженим присмаком водоростей	
Запах	характерний хлібний	хлібний з тонким ароматом водоростей			хлібний з сильно вираженим ароматом водоростей	

Аналіз органолептичних показників показав, що найбільш прийнятними за споживчими властивостями є хлібобулочні вироби з внесенням спіруліни у кількості 1% до маси борошна. Саме за такого дозування формується гармонійне поєднання традиційного хлібного смаку з легким, приємним відтінком добавки, що не викликає відчуття стороннього присмаку. Запах виробів залишається м'яким і збалансованим, із тонким ароматом водоростей, що позитивно сприймається споживачами.

Крім того, зразки з вмістом 1% спіруліни характеризуються привабливим зовнішнім виглядом і рівномірним світло-зеленим забарвленням м'якуша, що не є надмірно інтенсивним. Пористість залишається достатньо рівномірною, а м'якуш зберігає еластичність, що є важливими показниками якості. При подальшому збільшенні дозування спостерігається надмірне посилення специфічного смаку і запаху, а також потемніння м'якуша, що знижує органолептичну привабливість виробів.. При вищих дозуваннях спостерігалось надмірне посилення специфічного смаку і запаху спіруліни, а також потемніння м'якуша порівняно з контрольним зразком.

На основі результатів досліджень впливу спіруліни на показники якості готових виробів та з урахуванням добової потреби організму встановлено доцільність її внесення у кількості до 1% від маси борошна.

3.2 Вплив спіруліни на хлібопекарські властивості пшеничного борошна

3.2.1 Якість клейковини

Однією з ключових хлібопекарських характеристик пшеничного борошна, що визначає якість готових виробів, є його сила. Вирішальну роль у формуванні цієї властивості відіграє стан білково-протеїназного комплексу борошна. Білкові компоненти під час замішування тіста формують губчасто-сітчасту структуру – клейковину, яка обумовлює реологічні властивості тіста та характеризує силу борошна. У зв'язку з цим було проведено дослідження впливу спіруліни на

показники якості сирої клейковини, гранулометричний склад, білизну та водопоглинальну здатність пшеничного борошна.

Проведено дослідження впливу спіруліни на властивості клейковини пшеничного борошна із використанням проби №2 борошна вищого ґатунку. Відмивання сирої клейковини здійснювали за стандартною методикою відповідно до ДСТУ ISO 21415-2, а визначення показників її якості проводили згідно з методиками, наведеними у розділі 2. Контрольним зразком слугувало борошно без додавання спіруліни. Отримані результати наведено у табл. 3.3 та використано для оцінки впливу добавки на структурно-механічні властивості клейковинного комплексу.

Таблиця 3.3 – Вплив спіруліни на показники якості клейковини пшеничного борошна

Найменування показників	Дозування спіруліни, %				
	0 (К)	0,25	0,5	0,75	1,0
Масова частка сирої клейковини, %	28,2	28,2	28,4	28,5	28,6
Деформація клейковини, од. приладу ІДК-1	60	61	63	62	60
Розтяжність, см	14	12,5	12,5	12	12

Аналіз експериментальних даних з табл. 3.3 показав, що зі збільшенням кількості внесеної спіруліни спостерігається тенденція до підвищення масової частки сирої клейковини. При дозуванні 1% приріст цього показника становив 1,4% порівняно з контролем, що, ймовірно, пов'язано з адсорбцією білкових компонентів спіруліни на клейковинному каркасі. Пружні властивості клейковини при внесенні 0,5% спіруліни зростали на 5,0%, тоді як при дозуванні 1% залишалися практично на рівні контрольного зразка. Водночас встановлено зменшення розтяжності клейковини на 10,7–14,3% у діапазоні внесення 0,25–1,0%, що свідчить про певне ущільнення її структури.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що додавання спіруліни, яка містить значну кількість повноцінних білків, сприяє незначному підвищенню

вмісту сирої клейковини та модифікації її властивостей. Це пояснюється взаємодією білків борошна з біополімерами спіруліни через утворення водневих та інших типів зв'язків, що впливає на формування клейковинного каркасу. При цьому внесення спіруліни у кількості до 1% не спричиняє суттєвого погіршення пружних характеристик клейковини, що є важливим для збереження технологічних властивостей тіста.

3.2.2 Білизна пшеничного борошна зі спіруліною

Одним із важливих показників якості пшеничного борошна є його білизна, яка характеризує ступінь очищення зерна та впливає на зовнішній вигляд готових виробів. Для оцінки впливу спіруліни на цей показник проводили дослідження з використанням приладу Блік РЗ. Дослідні зразки готували шляхом змішування борошна зі спіруліною у кількості 0,25–2% до маси борошна відповідно до методики, наведеної у розділі 2. Контрольним зразком слугувало борошно без добавки. Отримані результати представлені на рис. 3.2.

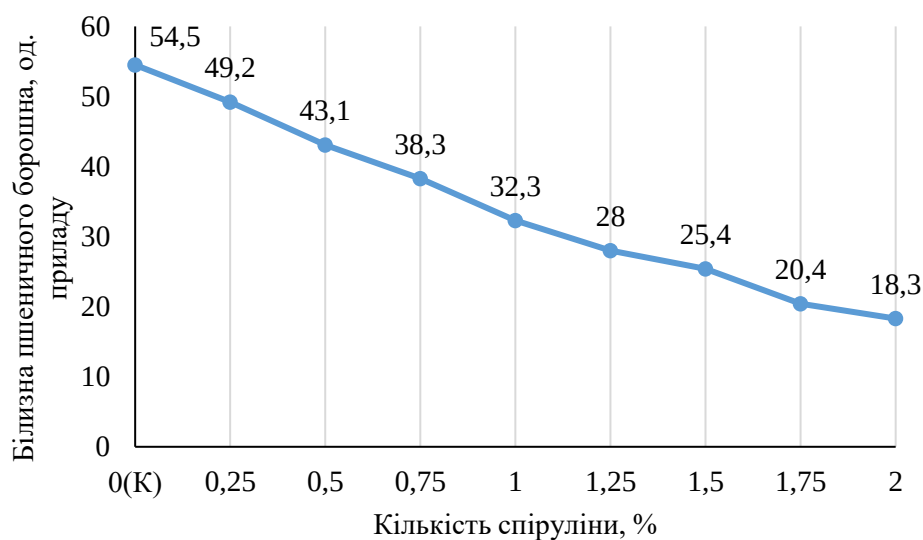


Рисунок 3.2 – Вплив додавання спіруліни на білизна пшеничного борошна

Аналіз експериментальних даних показав, що зі збільшенням частки спіруліни у складі борошняної суміші спостерігається суттєве зниження показника білизни. Так, у контрольному зразку білизна становила 54,5 одиниць приладу, тоді

як при внесенні 0,25% вона зменшувалася до 49,2, а при 1,0% – до 32,3. Максимальне зниження зафіксовано при дозуванні 2,0%, де значення становило лише 18,3 одиниці. Така тенденція свідчить про інтенсивний вплив пігментів спіруліни на колір борошняної суміші навіть при незначних кількостях добавки.

Встановлено, що залежність між вмістом спіруліни та білизною борошна має лінійний характер, що дозволяє прогнозувати зміну кольорових характеристик при різних дозуваннях. Зменшення білизни зумовлено наявністю у спіруліні природних пігментів, зокрема хлорофілу та фікоціаніну, які надають суміші зеленуватого відтінку. Це необхідно враховувати при розробленні рецептур хлібобулочних виробів, оскільки зміна кольору може впливати на споживче сприйняття продукції.

Отримані результати свідчать, що навіть невеликі кількості спіруліни помітно змінюють колір борошна, тому її дозування має бути обґрунтованим не лише з позиції харчової цінності, але й з урахуванням органолептичних вимог до готових виробів. Оптимальні рівні внесення повинні забезпечувати баланс між функціональними властивостями добавки та привабливістю зовнішнього вигляду продукції.

3.2.3 Реологічні властивості тіста і водопоглинання пшеничного борошна

Вивчали вплив спіруліни на водопоглинальну здатність та реологічні характеристики тіста з пшеничного борошна із використанням приладів Do-corder та Mixolab.

Дослідження виконували відповідно до встановленої методики, при цьому тісто готували з борошна вищого ґатунку з додаванням спіруліни у кількості до 3% до маси борошна, а за контроль приймали зразки без внесення добавки.

Отримані результати (табл. 3.4) свідчать, що введення спіруліни у межах 1–3% сприяє зростанню водопоглинальної здатності тіста на 1,9–6,5% порівняно з контролем. Такий ефект, імовірно, обумовлений наявністю у складі спіруліни білків і полісахаридів, здатних до зв'язування води та утворення гелеподібних структур.

Таблиця 3.4 – Вплив спіруліни на показники якості борошна і тіста

Найменування показників	Дозування спіруліни, %			
	0 (К)	1,0	2,0	3,0
Водопоглинання, %	56,8	57,9	58,9	60,5
Час утворення тіста, хв	2,2	2,7	2,0	2,0
Стійкість, хв	15,7	10,5	9,7	8,3
Розрідження, од.	16	44	52	62
Індекс якості, од.	166	105	111	39

Разом з тим встановлено, що додавання спіруліни практично не впливало на тривалість утворення тіста, проте суттєво змінювало його стійкість і консистенцію. При дозуванні 1% спостерігалось зниження стійкості тіста на 5,2 хв, тоді як при збільшенні кількості добавки до 3% цей показник зменшувався майже наполовину відносно контролю.

Одночасно відмічено зростання ступеня розрідження тіста, що свідчить про послаблення його структурно-механічних властивостей. Значення індексу якості, визначеного на приладі Do-corder, також закономірно знижувалося зі збільшенням вмісту спіруліни – від 105 до 39 одиниць, що підтверджує погіршення реологічних характеристик тіста при підвищених дозуваннях добавки.

У результаті проведених досліджень встановлено, що внесення спіруліни по-різному впливає на хлібопекарські властивості пшеничного борошна, причому характер і ступінь цього впливу безпосередньо залежать від кількості добавки. При дозуванні на рівні 1% до маси борошна спостерігається позитивний ефект, що проявляється у незначному підвищенні масової частки сирової клейковини приблизно на 1,7% порівняно з контролем. Це можна пояснити взаємодією білкових компонентів спіруліни з клейковинним каркасом, у результаті чого відбувається їх адсорбція та часткове зміцнення структури.

Разом з тим встановлено, що збільшення вмісту спіруліни супроводжується зниженням білизни борошна, причому залежність має лінійний характер. Уже при

внесенні 1% добавки показник білизни зменшується на 18,6 одиниць приладу, що суттєво впливає на зовнішній вигляд готових виробів. Подальше підвищення дозування призводить до ще більш інтенсивного затемнення борошняної суміші, що може обмежувати споживчі властивості продукції, особливо для традиційних сортів хліба.

Крім того, встановлено, що при внесенні спіруліни в межах 1–3% відбувається зростання водопоглинальної здатності тіста на 1,9–6,5%, що пов'язано зі здатністю компонентів спіруліни до зв'язування води та гелеутворення. Однак підвищення цього показника при більших дозуваннях супроводжується погіршенням реологічних властивостей тіста. З огляду на сукупність отриманих результатів, найбільш раціональним слід вважати внесення спіруліни у кількості не більше 1% до маси пшеничного борошна, що дозволяє досягти покращення окремих показників без істотного погіршення технологічних та органолептичних характеристик виробів.

3.3 Вплив спіруліни на якість хлібобулочних виробів з пшеничного борошна

Досліджено вплив способу приготування тіста на якість хлібобулочних виробів із пшеничного борошна вищого ґатунку з додаванням спіруліни. Для цього проводили пробні лабораторні випічки із використанням безопарного способу тістоприготування. Спіруліну вносили у кількості 0,25–1% до маси борошна, при цьому за однофазної технології добавку вводили безпосередньо в тісто. Контрольними слугували зразки без внесення спіруліни, а оцінювання якості готових виробів здійснювали за встановленими методиками.

Отримані результати (табл. 3.5) показали, що додавання спіруліни у кількості 1% сприяє зміні фізико-хімічних показників якості хлібобулочних виробів. Зокрема, відзначено зменшення питомого об'єму на 6%, пористості на 4%, формостійкості на 9,8%, а також загальної та пластичної деформації м'якуша відповідно на 6% і 8,3% порівняно з контролем.

Таблиця 3.5 – Вплив спіруліни на якість пшеничного хліба, виготовленого безопарним способом

Найменування показників якості	Дозування спіруліни, %				
	0(K)	0,25	0,5	0,75	1,0
Питомий об'єм, см ³ /г	3,31	3,55	3,74	3,55	3,50
Кислотність, град	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5
Вологість, %	42,2	41,8	42,0	42,1	41,8
Пористість, %	77	78	80	82	79
Формостійкість (H/D)	0,51	0,53	0,56	0,53	0,48
Загальна деформація м'якуша, од. пр. АП-4	100	102	106	105	98
Пластична деформація м'якуша, од. АП-4	76	79	80	81	76
Пружна деформація м'якуша, од. АП-4	24	23	26	24	22

Такі зміни свідчать про певне послаблення структурно-механічних властивостей тіста, що обумовлено впливом компонентів спіруліни на білково-клейковинний комплекс борошна.

Разом з тим органолептична оцінка (табл. 3.6) показала, що внесення спіруліни не призводить до суттєвого погіршення якості виробів.

Таблиця 3.6 – Органолептика пшеничного хліба зі спіруліною, виготовленого безопарним способом

Найменування показників якості	Дозування спіруліни, %				
	0(К)	0,25	0,5	0,75	1,0
Зовнішній вигляд	форма правильна, поверхня гладка, тріщин та підривів немає				
Стан м'якішу: колір	білий	світло-зелений			
рівномірність	рівномірно забарвлений				
пропеченість	пропечений				
проміс	відсутність слідів непромісу				
пористість	рівномірна	досить рівномірна, дрібна, тонкостінна			
еластичність	еластичний				

Продовження табл. 3.6

Найменування показників якості	Дозування спіруліни, %				
	0(K)	0,25	0,5	0,75	1,0
Смак	характерний хлібний	хлібний, легкий, приємний смак водоростей			
Запах		хлібний з тонким ароматом водоростей			

Поверхня хліба залишалася рівною, без дефектів, м'якуш характеризувався рівномірним забарвленням із приємним зеленуватим відтінком. Структура пористості ставала більш рівномірною і тонкостінною, а вироби набували легкого специфічного аромату та смаку, властивого спіруліні. Найбільш збалансовані показники якості та привабливі органолептичні властивості спостерігалися при дозуванні спіруліни на рівні до 1% до маси борошна.

Висновки по розділу.

Встановлено, що внесення спіруліни у кількості 1–5% до маси пшеничного борошна по-різному впливає на показники якості хлібобулочних виробів, причому характер змін визначається дозуванням добавки. Визначено, що при внесенні 1% спіруліни показники якості або не змінювалися, або покращувалися, зокрема загальна деформація м'якуша зростала на 8%, а пластична – на 13% порівняно з контролем, що свідчить про підвищення м'якості та пластичності структури.

Встановлено, що зі збільшенням дозування спіруліни до 2–5% спостерігається погіршення фізико-хімічних показників якості виробів. Визначено зниження питомого об'єму з 3,41 до 2,19 см³/г, пористості з 82 до 64%, формостійкості з 0,52 до 0,31, що свідчить про ущільнення структури м'якуша та погіршення об'ємних характеристик виробів.

Визначено, що при дозуванні спіруліни 2–5% зменшуються показники деформаційних властивостей м'якуша, зокрема загальна деформація знижується на 11 од., пластична – на 7 од., пружна – на 3 од. приладу. Встановлено, що

кислотність виробів залишається стабільною в межах 1,5–1,6 град, що свідчить про відсутність суттєвого впливу добавки на процеси кислотонакопичення.

Встановлено, що внесення спіруліни впливає на білково-клейковинний комплекс борошна. Визначено підвищення масової частки сирої клейковини на 1,4–1,7% при дозуванні 1%, а також зростання пружності на 5,0% при внесенні 0,5%. Водночас визначено зниження розтяжності клейковини на 10,7–14,3%, що свідчить про ущільнення клейковинного каркасу.

Встановлено, що внесення спіруліни спричиняє значне зниження білизни борошна. Визначено, що при дозуванні 1% показник білизни зменшується з 54,5 до 32,3 одиниць, тобто на 18,6 од., а при 2% – до 18,3 одиниць. Виявлено лінійну залежність між вмістом спіруліни та зниженням білизни, що обумовлено наявністю природних пігментів.

Встановлено, що внесення спіруліни у кількості 1–3% підвищує водопоглинальну здатність тіста на 1,9–6,5%. Визначено, що при дозуванні 1% стійкість тіста зменшується на 5,2 хв, а при 3% – майже на 47,1% відносно контролю. Одночасно встановлено збільшення розрідження тіста на 28–46 од. та зниження індексу якості з 166 до 39 од., що свідчить про погіршення реологічних властивостей при високих дозуваннях.

Встановлено, що за органолептичними показниками найкращими є зразки з внесенням спіруліни у кількості 1% до маси борошна. Визначено, що такі вироби характеризуються рівномірною пористістю, еластичним м'якушем, приємним смаком та ароматом із легким відтінком добавки. При дозуваннях понад 1% встановлено посилення специфічного смаку та запаху, а також потемніння м'якуша, що знижує споживчі властивості продукції. Таким чином, визначено, що найбільш раціональним є внесення спіруліни у кількості не більше 1% до маси пшеничного борошна.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Особливості охорони праці на хлібопекарному виробництві

Особливості охорони праці на хлібопекарному виробництві зумовлені специфічними умовами праці, які пов'язані з використанням важкого обладнання, підвищеними тепловими навантаженнями, контактами з високими температурами, пилом, вібрацією, ризиками травмування та хімічними речовинами. Основною метою охорони праці є створення безпечних і нешкідливих умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань та забезпечення належних гігієнічних умов.

Хлібопекарне виробництво характеризується використанням важких механізмів, таких як тістоміси, тістозавантажувальні машини, формувальні агрегати, печі та охолоджувачі, що вимагає від працівників особливої уваги та навичок безпечного обслуговування цих пристроїв. Однією з ключових вимог є правильне оснащення електроустаткування засобами блокування та захисту від випадкового запуску під час технічного обслуговування або ремонту. Працівники повинні бути проінструктовані з питань безпечного доступу до вузлів, що рухаються, та утримання в належному стані захисних кожухів і огорожень.

Під час роботи з печами, що функціонують при високих температурах, існує ризик опіків. Тому робітники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, зокрема термостійкими рукавицями, фартухами, окулярами і спеціальним взуттям. Важливо також дотримуватися правил безпеки під час завантаження та вивантаження печей, використовувати теплоізоляційні елементи та дотримуватися регламентів технічного обслуговування печей.

Хлібопекарне виробництво також пов'язане з ризиками впливу виробничого пилу, що утворюється під час приготування та змішування борошна, що може призводити до професійних захворювань дихальних шляхів. Для зниження пиловиділення необхідно впроваджувати місцеву витяжну вентиляцію, вчасно очищати виробничі приміщення від пилу та застосовувати засоби індивідуального

захисту органів дихання. Регулярні медичні огляди та контроль стану здоров'я працівників є обов'язковими заходами для раннього виявлення профзахворювань.

Харчове виробництво передбачає використання миючих та дезінфікуючих засобів, тому працівники повинні знати правила поводження з такими речовинами, уникати контакту з концентрованими розчинами та використовувати захисні засоби для шкіри і очей. Усі працівники повинні пройти інструктаж з безпеки праці, ознайомлення з потенційними небезпеками та правилами першої допомоги.

Організація робочих місць повинна враховувати ергономічні вимоги з метою зниження фізичного навантаження, а також забезпечення достатнього рівня освітлення, температурного режиму та санітарно-гігієнічних умов. Систематичний контроль технічного стану обладнання, виконання планових оглядів і ремонту, навчання персоналу з безпеки та правильне реагування на надзвичайні ситуації є невід'ємною частиною ефективної системи охорони праці на хлібопекарному виробництві.

Важливим аспектом охорони праці є забезпечення пожежної безпеки, оскільки хлібопекарне виробництво пов'язане з використанням високих температур, газового обладнання та горючих матеріалів. Необхідно дотримуватися вимог щодо експлуатації печей, газових комунікацій, електромереж, а також забезпечувати наявність справних засобів пожежогасіння. Працівники повинні бути навчені діям у разі виникнення пожежі, знати шляхи евакуації та правила користування вогнегасниками. Регулярне проведення інструктажів і навчальних тренувань дозволяє підвищити рівень готовності персоналу до надзвичайних ситуацій.

Не менш важливим є дотримання санітарно-гігієнічних вимог, що одночасно впливають і на безпеку праці, і на якість готової продукції. Підтримання чистоти виробничих приміщень, контроль мікроклімату, раціональна організація режимів праці та відпочинку сприяють зниженню втомлюваності працівників і підвищенню продуктивності праці. Комплексний підхід до організації охорони праці, що включає технічні, організаційні та профілактичні заходи, є запорукою безпечного функціонування хлібопекарних підприємств.

4.2 Розробка картки охорони праці

Найбільші небезпеки на хлібопекарному виробництві пов'язані з використанням технологічного обладнання та високих температур. Робота з тістомісильними машинами, формувальними агрегатами, транспортерами та іншими механізмами створює ризик травмування через рухомі частини, особливо за відсутності або несправності захисних огорожень. Значну небезпеку становлять хлібопекарські печі, де існує високий ризик термічних опіків при завантаженні та вивантаженні виробів, а також вплив інтенсивного теплового випромінювання, що може призводити до перегрівання організму та зниження працездатності.

Для більшого привернення уваги працівників хлібопекарного виробництва до проблем охорони праці було розроблено картку охорони праці, до складу якої було включено основні небезпеки на елеваторі (рис. 4.1).

Небезпека	Дії у разі виникнення
Травмування рухомими частинами обладнання	Негайно зупинити обладнання, вимкнути живлення, надати домедичну допомогу, повідомити відповідальну особу
Опіки від гарячих поверхонь та плит	Охолодити уражену ділянку водою, накласти стерильну пов'язку, звернутися за медичною допомогою
Ураження електричним струмом	Вимкнути електроживлення, не торкаючись постраждалого оголеними руками, викликати медичну допомогу, за потреби провести серцево-легеневу реанімацію
Вплив борошняного пилу	Вивести працівника на свіже повітря, забезпечити вентиляцію, за потреби звернутися за медичною допомогою
Хімічні опіки від мийних засобів	Промити уражену ділянку великою кількістю води, нейтралізувати (згідно з інструкцією), звернутися за медичною допомогою
Пожежа або загоряння	Використати вогнегасник, повідомити пожежну охорону, евакуювати персонал
Перегрівання	Перемістити працівника в прохолодне місце, дати води, забезпечити спокій
Фізичне перенавантаження	Припинити роботу, забезпечити відпочинок, звернутися за медичною допомогою у разі виникнення болю

Рисунок 4.1 – Картка охорони праці на елеваторі

Суттєвими є також небезпеки, пов'язані з виробничим пилом, хімічними речовинами та фізичними навантаженнями. Борошняний пил може викликати алергічні реакції та захворювання органів дихання, особливо при недостатній вентиляції. Використання мийних і дезінфекційних засобів створює ризик хімічних опіків і подразнення шкіри та слизових оболонок. Додатково працівники зазнають значних фізичних навантажень під час переміщення сировини та готової продукції, що може призводити до перевтоми та професійних захворювань опорно-рухового апарату.

Висновки по розділу.

Отже, охорона праці на хлібопекарному виробництві є важливою складовою організації виробничого процесу, оскільки умови праці пов'язані з впливом комплексу небезпечних і шкідливих факторів. Забезпечення безпечних умов праці досягається шляхом дотримання вимог техніки безпеки, належної експлуатації обладнання, використання засобів індивідуального захисту та впровадження сучасних інженерно-технічних рішень. Важливу роль відіграє систематичне навчання персоналу, проведення інструктажів та контроль за дотриманням встановлених норм і правил.

Комплексний підхід до охорони праці, що включає профілактичні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи, дозволяє знизити рівень виробничого травматизму та професійних захворювань. Дотримання вимог безпеки сприяє підвищенню ефективності виробництва, збереженню здоров'я працівників і забезпеченню стабільної якості продукції. Таким чином, удосконалення системи охорони праці є необхідною умовою сталого розвитку підприємств хлібопекарської галузі.

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» [47].

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.

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.1)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -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.г., кг	5	22,00	110,00
Дріжджі х/п, уп.	3	21,00	63,00
Сіль кухонна, кг	1	28,00	28,00
Цукор-пісок, кг	1	32,00	32,00
Спіруліна, кг	1	850,00	850,00
Вода питна, л	5	2,50	12,50
Всього			1095,50

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» [47].

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

де M – потужність встановленого обладнання, кВт;

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

T – час роботи на обладнанні, год;

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

$$E_{\text{тістом.}} = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 10 \cdot 4,32 = 69,98 \text{ грн};$$

$$E_{\text{вист.шаф.}} = 2,0 \cdot 0,9 \cdot 40 \cdot 4,32 = 311,04 \text{ грн};$$

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

Отже загальні витрати на електроенергію становлять 556,54 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).

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

де A – амортизаційні відрахування, грн.

Φ – вартість обладнання, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

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

365 – кількість днів у році.

$$A_{\text{тістом.}} = \frac{20000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 10,95 \text{ грн};$$

$$A_{\text{вист.шаф.}} = \frac{42000 \cdot 20 \cdot 2}{100 \cdot 365} = 46,03 \text{ грн};$$

$$A_{\text{ел.піч}} = \frac{35000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 19,17 \text{ грн}.$$

Таблиця 5.3 – Витрати на амортизацію обладнання

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Тістоміс	20000,00	20	1	10,95
Вистоювальна шафа	42000,00	20	2	46,03
Електропіч	35000,00	20	1	19,17
Всього				76,16

«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» [47]. Вони розраховуються як певний відсоток від нарахованої заробітної плати учасників дослідження, що дозволяє комплексно оцінити економічну складову виконаного експерименту.

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

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» [47].

Таблиця 5.4 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	1095,50
Заробітна плата	750,00
Нарахування на заробітну плату	165,00
Електроенергія	556,54
Амортизація	76,16
Накладні витрати	600,00
Всього	3243,20

Аналіз даних із таблиці показує, що найбільшу частку витрат під час проведення дослідження становлять основні матеріали – 1095,50 грн, що складає близько 33,8 % від загальної суми. Значною статтею витрат є також електроенергія

– 556,54 грн, або приблизно 17,2 %, що свідчить про суттєві енергетичні витрати, пов’язані з використанням лабораторного обладнання. Витрати на оплату праці становлять 750,00 грн, а нарахування на заробітну плату – 165,00 грн, що в сумі дорівнює близько 28,2 % від загальних витрат, характеризуючи помірний вплив трудових ресурсів на структуру собівартості.

Амортизаційні відрахування становлять 76,16 грн, або близько 2,3 %, що є найменшою складовою витрат. Водночас накладні витрати дорівнюють 600,00 грн, або приблизно 18,5 %, відображаючи витрати на організацію та забезпечення проведення досліджень. Загальна сума витрат становить 3243,20 грн, що дозволяє оцінити економічну структуру дослідження та визначити основні напрямки формування собівартості.

5.2 Розрахунок ціни дослідження

Як вказано вище, загальна сума витрат на проведення дослідження становить 5877,07 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 ($P = 30\%$).

$$Ц = 3243,20 + \frac{30 \cdot 3243,20}{100} = 4216,16 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 4216,16 грн.

Висновки по розділу.

Аналіз показує, що основні витрати під час проведення дослідження становлять матеріали – 1095,50 грн (33,8 % від загальної суми) та електроенергію – 556,54 грн (17,2 %). Витрати на заробітну плату та нарахування складають 915,00 грн (28,2 %), а амортизація і накладні витрати – 676,16 грн (20,8 %). Загальна вартість проведеного дослідження становить 4216,16 грн, при цьому найбільший фінансовий вплив мають матеріальні ресурси та енергопостачання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз науково-технічної літератури свідчить, що створення асортименту хлібобулочних виробів функціонального призначення для різних категорій населення є актуальним завданням. Сучасні підходи до харчування передбачають розширення асортименту за рахунок виробів із покращеним хімічним складом, що включає традиційну сировину з додаванням біологічно активних компонентів рослинного походження. Споживання таких виробів сприяє профілактиці та лікуванню захворювань, підвищенню працездатності, зміцненню здоров'я та адаптації організму до умов навколишнього середовища.

Перспективним джерелом рослинної сировини для хлібопекарського виробництва є спіруліна, яка містить повноцінний білок, залізо, каротиноїди, γ -ліноленову кислоту, вітаміни В і В₂ та природний бета-каротин. Тому розробка технології хлібобулочних виробів із спіруліною є актуальною, новаторською та має практичне значення.

Встановлено, що внесення спіруліни у кількості 1–5% до маси пшеничного борошна по-різному впливає на якість хлібобулочних виробів залежно від дозування. При додаванні 1% показники якості або не змінювалися, або покращувалися: загальна деформація м'якуша зростала на 8%, пластична – на 13%, що свідчить про підвищення м'якості та пластичності.

Зі збільшенням дозування до 2–5% встановлено погіршення фізико-хімічних показників: питомий об'єм зменшувався з 3,41 до 2,19 см³/г, пористість – з 82 до 64%, формостійкість – з 0,52 до 0,31. Також знижувалися деформаційні характеристики м'якуша (загальна – на 11 од., пластична – на 7 од., пружна – на 3 од.), при цьому кислотність залишалася стабільною (1,5–1,6 град).

Встановлено вплив спіруліни на білково-клейковинний комплекс: при 1% вміст сирої клейковини зростав на 1,4–1,7%, пружність – на 5%, але розтяжність зменшувалася на 10,7–14,3%. Одночасно визначено зниження білизни борошна (з 54,5 до 32,3 од. при 1%) та підвищення водопоглинання тіста на 1,9–6,5%, що

супроводжувалося погіршенням реологічних властивостей при більших дозуваннях.

За органолептичними показниками найкращими визнано зразки з 1% спіруліни: вони мали приємний смак, аромат і еластичний м'якуш. При вищих дозуваннях спостерігалось посилення специфічного смаку та потемніння м'якуша, що знижує якість, тому оптимальним є внесення спіруліни не більше 1%.

Узагальнюючи результати проведених досліджень, встановлено, що спіруліна є перспективною сировиною для збагачення хлібобулочних виробів функціонального призначення. Встановлено, що при раціональному дозуванні спіруліна позитивно впливає на окремі показники якості тіста та готових виробів, не викликаючи суттєвого погіршення їх технологічних і органолептичних властивостей. Таким чином, використання спіруліни у кількості до 1% до маси борошна є обґрунтованим, доцільним і може бути рекомендоване для впровадження у виробництво з метою створення хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності.

Встановлено, що комплексний підхід до охорони праці на хлібопекарному виробництві, що включає профілактичні, організаційні та санітарно-гігієнічні заходи, дозволяє знизити рівень виробничого травматизму та професійних захворювань. Дотримання вимог безпеки сприяє підвищенню ефективності виробництва, збереженню здоров'я працівників і забезпеченню стабільної якості продукції.

За результатами розрахунків встановлено, що основні витрати під час проведення дослідження становлять матеріали – 1095,50 грн (33,8 % від загальної суми) та електроенергію – 556,54 грн (17,2 %). Витрати на заробітну плату та нарахування складають 915,00 грн (28,2 %), а амортизація і накладні витрати – 676,16 грн (20,8 %). Загальна вартість проведеного дослідження становить 4216,16 грн, при цьому найбільший фінансовий вплив мають матеріальні ресурси та енергопостачання.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Теоретичні основи харчових технологій: навч. посібник за напр. "Харчова технологія та інженерія" / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, В. А. ДОМАРЕЦЬКИЙ, А. М. КУЦ, Ф. Ф. ГЛАДКИЙ ; за ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО ; Національний університет харчових технологій. Харків : ХПІ, 2010. 720 с.
2. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів : навч. посібник / В. І. ДРОБОТ, В. Г. ЮРЧАК, О. А. БІЛИК та ін. ; за ред. В. І. ДРОБОТ ; Національний університет харчових технологій. – Київ : Кондор, 2015. – 958 с.
3. Романенко, І. В. Здобна випічка. Хліб, перепічки, булочки / І. В. Романенко. Харків : Віват, 2016. 45 с.
4. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва: підручник. Київ: Логос, 2002. 365 с.
5. Ралко, О. С. Дослідження ринку хліба та хлібобулочних виробів України. Проблеми науки. 2012. № 8. С. 39–44.
6. Дробот В.І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв.: навч. посібник/ В.І. Дробот, Л.Ю. Арсенєва, О.А. Білик та ін. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 341 с.
7. Бокій, О. В. Споживання хліба і хлібопродуктів та купівельна спроможність населення України. Економіка АПК. 2016. № 1 (255). С. 48–55.
8. Махинько, В. Норми споживання хліба в різних країнах з погляду задоволення основних потреб організму/ В. Махинько, Л. Махинько // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2010. № 6. С. 8–11.
9. Михайлов, В. М. Аналіз методів і наукове обґрунтування методології формування асортименту борошняної продукції / В. М. Михайлов, А. М. Чуйко, Р. Я. Томашевська // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2010. Вип. 1 (11). С. 253–260.
10. Сучасні погляди щодо удосконалення технології приготування хліба / Т. Є. Лебеденко, О. М. Кананихіна, Н. Ю. Соколова, О. І. Юрескул // Наукові праці

Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – Вип. 36(1). С. 225-228.

11. Технології хлібобулочних виробів із продуктами переробки зародків пшениці: монографія / С. Г. Олійник, Г. М. Лисюк, О. І. Кравченко та ін. ; Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків : ХДУХТ, 2014. 108 с.

12. Дзюндзя О.В., Звагольська К.О. Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2021. No 1. С. 22–29. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.4>.

13. Лебеденко, Т. Є. Аналіз сучасних технологій хлібобулочних виробів із пшеничного борошна та перспективи їх удосконалення / Т. Є. Лебеденко, Н. Ю. Соколова // Зернові продукти і комбікорми. 2012. № 2 (46). С. 38–43.

14. Махинько, В. М. Наукові підходи до пошуку асортиментних ніш хлібопекарського виробництва / В. М. Махинько, Л. В. Махинько, О. М. Козир // Хранение и переработка зерна. – 2010. – №1(127). – С. 46–49.

15. Gorach O. Conceptual basis of the formulation of gluten-free products based on the use of domestic plant raw materials. Moderní aspekty vědy: Díl mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2022. P.373-388.

16. Перспективи виробництва національних хлібобулочних виробів в умовах хлібо заводів та пекарень [Електронний ресурс] / Т. Є. Лебеденко, Т. П. Новічкова, Н. Ю. Соколова, М. Д. Місержи // Харчова наука і технологія. 2011. № 1 (1). С. 17– 23.

17. Горач О.О. Обґрунтування інноваційних технологій функціональних рецептур. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2022. Вип. 6. С. 52–58.

18. Грищенко, А. Харчова цінність безглютенового хліба / А. Грищенко, В. Дробот // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2014. – № 7-8 (116-117). С. 3–5.

19. Пшенишнюк Г. Ф., Макарова О. В., Іванова Г. С. Інноваційні заходи підвищення якості зернового хліба // Харчова наука і технологія. 2010. №. 1. С. 73-77.
20. Замай Ж. та ін. Фортифікація пшеничного хліба інноваційними інгредієнтами рослинного походження // Технічні науки та технології. 2021. №. 1 (23). С. 135-144.
21. Горач О. О. Шляхи підвищення харчової та біологічної цінності хлібобулочних виробів // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2024. Т. 14. №. 1.
22. Дзюндзя О.В., Труш С.С. Аналіз ринку та перспективи розширення безглютенової продукції. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2023. № 1. С. 57–64. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.6>.
23. Писарець, О. П. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням кукурудзяного борошна: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / О. П. Писарець ; Національний університет харчових технологій. – Київ, 2015. – 195 с.
24. Мардар, М. Р. Білкові речовини нових видів хліба з цілого зерна пшениці з включенням коренеплідних овочів / М. Р. Мардар, Н. Р. Кордзя // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2010. Вип. 1 (11). С. 419–425.
25. Кордзя Н. Р. Формування якості хліба з цільного зерна пшениці з включенням коренеплідних овочів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Н. Р. Кордзя ; Київський національний торговельно-економічний університет. Київ, 2011. 20 с.
26. Арсиненко, Н. О. Удосконалення технології хлібобулочних виробів із збалансованим хімічним складом [Електронний ресурс] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Н. О. Арсиненко ; Національний університет харчових технологій. Київ, 2013. 20 с.
27. Інноваційні підходи в технології хлібобулочних виробів з сухою молочною сироваткою / О. В. Бортнічук, А. В. Гавриш, О. В. Нєміріч, В. Ф. Доценко // Харчова наука і технологія. – 2015. – № 2 (31). – С. 97–102.

28. Використання дикорослих харчових трав у хлібопеченні [Електронний ресурс] / В. М. Махинько, Л. О. Даньшина, Л. В. Махинько, О. В. Бабіч // Хранение и переработка зерна. 2011. № 1 (139). С. 55–57.

29. Півоваров О. А. Активована плазмою вода в хлібопекарському виробництві: монографія / О. А. Півоваров, С. Ю. Миколенко. Дніпропетровськ : Акцент, 2015. 203 с.

30. Миколенко, С. Ю. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованої води : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / С. Ю. Миколенко ; Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 2012. – 212 с.

31. Вербицький, С. Б. Використання харчових ароматизаторів згідно з нормативними документами ЄС / С. Б. Вербицький, Т. В. Шейко // Хлебный и кондитерский бизнес. – 2014. – № 9 (22). – С. 15–17.

32. Ткачук, Ю. М. Технологія хлібобулочних виробів, збагачених молочними білками : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Ю. М. Ткачук ; Національний університет харчових технологій. – Київ, 2014. – 21 с.

33. Кравченко, О. І. Використання дієтичної добавки "шрот зародків пшениці харчовий" для підвищення харчової цінності пшеничного хліба / О. І. Кравченко, Г. М. Лисюк, С. Г. Карпенко П. О. Олійник // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2010. Т. 1, вип. 38. С. 195–200.

34. Махинько, В. М. Високобілкові добавки в хлібопеченні / В. М. Махинько, Л. М. Черниш // Зберігання і переробка зерна. 2014. № 6 (183). С. 57–60.

35. Місюля, І. А. Перспективи виготовлення хліба із пшеничного борошна з додаванням пюре квасолі білої / І. А. Місюля, І. В. Шевчук, С. А. Ткачук // Хлібний и кондитерський бізнес. 2015. № 4 (27). С. 20–22.

36. Іванов І. П., Коваленко О. М. Харчова цінність спіруліни та хлорели. Харчова наука і технологія. 2018. № 8. С. 45–50.

37. Belay A. The potential application of Spirulina (Arthrospira) as a nutritional and therapeutic supplement in Health management. Journal of the American Nutraceutical Association. 2002;5. Pp. 27–48.

38. Кошель О. Ю., Касьянова А. В. Перспективи застосування порошку водоростей спіруліна у виробництві хлібобулочних виробів //Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2022. Т. 12. №. 2.
39. Selmo M. S., Salas-Mellado M. M., Technological quality of bread from rice flour with Spirulina. *International Food Research Journal* (2014) 21(4). Pp. 1523–1528.
40. Парац А.М. Гігієнічна оцінка морських водоростей і харчових продуктів з ними, як засобів мінімізації дії радіації та ендемії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 14.02.01 «Гігієна» /А.М. Парац. – Київ, 2004. 20 с.
41. Петров В. С. Антиоксидантні властивості водоростей. *Харчова промисловість*. 2015. № 6. С. 15–20.
42. Burcu Ak.et.al. Int. Nutritional and Physicochemical Characteristics of Bread Enriched with Microalgae *Spirulina platensis*. *Journal of Engineering Research and Application* ISSN: 2248-9622, Vol. 6, Issue 12, (Part-4) December 2016, Pp. 30–38
43. Вогнівенко Л. П., Качур Г. М. Використання водоростей як альтернативної сировини для харчової промисловості //Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2024. №. 5. С. 150-156.
44. Браун Л., Морган К. Функціональні продукти на основі водоростей: Інновації та потенціал ринку. *Journal of Food Innovation*. 2019. Т. 9, № 1. С. 23–32.
45. Дудкін М. С., Щелкунов Л. Ф. Використання водоростей як натурального барвника в кондитерській промисловості. *Харчова промисловість*. 2010. № 3. С. 36–38.
46. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник. М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. 2-ге вид. Д.: НГУ, 2014. 271 с.
47. 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.