

**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 «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва
безглютенових вафель**

Виконав: здобувачка вищої освіти 2 курсу,
групи МГХТз-1-22
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Ольга ГАПОН

Керівник: _____ Наталія СОВА

Рецензент: _____ Євген ДІДОВИЧ

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«26» грудня 2023 р.

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

Гапон Ользі Миколаївні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва безглютенових вафель». Керівник роботи: Сова Наталія Анатоліївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 року № 4085.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи: 13 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1) Літературні джерела та періодичні видання. 2) Наукова та науково-технічна документація, що стосується виробництва вафель. 3) Патенти та авторські свідоцтва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1) Огляд літературних джерел. 2) Характеристика сировини та методологія експериментальних досліджень. 3) Експериментальна частина. 4) Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5) Організаційно-економічна частина. Загальні висновки та пропозиції. Бібліографія. Додатки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1) Мета, об'єкт та предмет досліджень. 2) Основні задачі кваліфікаційної роботи. 3) Склад соргового і амарантового борошна. 4) Оздоровчі властивості соргового та амарантового борошна. 5) Рецептурні співвідношення дослідних зразків вафель. 6) Зовнішній вигляд дослідних зразків вафель. 7) Органолептичні показники якості дослідних зразків вафель. 8) Показники складу та якості дослідних зразків вафель. 9) Структурна схема виробництва безглютенових вафель. 10) Охорона праці та захист навколишнього середовища. 11) Кошторис витрат на проведення досліджень. 12) Загальні висновки та пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 5	доцентка СОВА Наталія	26.12.2023	13.02.2024

7. Дата видачі завдання: «26» грудня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	26.12–27.12.23	виконано
2	Огляд літературних джерел	28.12–07.01.24	виконано
3	Характеристика сировини та методологія експериментальних досліджень	08.01–10.01.24	виконано
4	Експериментальна частина	10.01–21.01.24	виконано
5	Охорона праці та захист навколишнього середовища	22.01–28.01.24	виконано
6	Організаційно-економічна частина	29.01–04.02.24	виконано
7	Загальні висновки та пропозиції, бібліографія	05.02–08.02.24	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	09.02–13.02.24	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Ольга ГАПОН
(підпис)

Керівниця роботи _____ Наталія СОВА
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва безглютенових вафель».

Кваліфікаційна робота магістра: 77 сторінок друкованого тексту, 11 рисунків, 27 таблиць, 1 додаток, 53 літературних джерела.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва безглютенових вафель.

Метою роботи є розроблення рецептури безглютенових вафель, орієнтованих на споживачів, які хворіють на целиакію, мають непереносимість глютену без целиакії або мають алергію на пшеницю.

Методи дослідження. Дослідження, передбачені завданням кваліфікаційної роботи, проводили за стандартними методиками у навчальній лабораторії кафедри харчових технологій та лабораторіях Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК ДДАЕУ.

Необхідність розробки рецептур безглютенових харчових продуктів спричинена зростанням населення, яке має непереносимість глютену. Якщо раніше, безглютенові продукти розробляли більше як тренд, то сьогодні це вже вимушена дія. Основою більшості борошняних кондитерських виробів, у тому числі і вафель, які користуються попитом серед вітчизняних споживачів, є традиційне пшеничне борошно. Але вміст глютену у харчових продуктах, вироблених на основі пшеничного борошна, не дає можливості вживати їх людям, які мають непереносимість глютену або хворіють на целиакію. На сьогодні ринок безглютенових продуктів розвивається, але вони мають і високу вартість, що заганяє людину, яка може споживати лише такі продукти, у скрутне становище, адже єдиним способом лікування зазначених вище хвороб є сувора безглютенова дієта. Окрім того, все частіше зустрічаються випадки, особливо серед дітей, одночасної непереносимості і глютену і лактози, що ще більше обмежує раціон харчування. І знайти харчові продукти, виготовлені на основі одночасно і безглютенової сировини і безлактозної сировини, стає ще важчим завданням для такої групи людей. Це і спонукало нас розробити вафлі, використовуючи безглютенову і безлактозну сировину.

У магістерській кваліфікаційній роботі зроблено асортиментний аналіз вафель для здорового харчування, які продають в Україні. Проведено аналітичне дослідження властивостей безглютенових інгредієнтів з особливою увагою до соргового та амарантового борошна. Зроблено органолептичний аналіз і дегустаційну оцінку дослідних зразків вафель з безглютенових інгредієнтів. Порівняно одержані результати щодо складу контрольного та дослідного зразків вафель, які були визнані кращими за результатами дегустації. Розроблено блок-схему виробництва вафель на основі суміші соргового та амарантового борошна.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БОРОШНЯНІ КОНДИТЕРСЬКІ ВИРОБИ, ВАФЛІ, НЕПЕРЕНОСИМІСТЬ ГЛЮТЕНУ, БЕЗГЛЮТЕНОВА СИРОВИНА, БОРОШНО СОРГОВЕ, БОРОШНО АМАРАНТОВЕ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	8
1.1 Целіакія як виклик для суспільства	8
1.2 Характеристика зерна сорго та продуктів його переробки	10
1.3 Характеристика зерна амаранту та продуктів його переробки	20
1.4 Характеристика технологій вафель функціонального призначення	28
Висновки за розділом.....	32
2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
Висновки за розділом.....	40
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	41
3.1 Постановка задачі дослідження.....	41
3.2 Асортиментний аналіз вафель оздоровчого призначення.....	41
3.3 Обґрунтування доцільності виготовлення безглютенових вафель ..	45
3.4 Визначення органолептичних показників якості вафель	48
3.5 Визначення показників якості та складу зразків вафель	53
3.6 Структурна схема виробництва безглютенових вафель	54
Висновки за розділом.....	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	57
4.1 Розробка картки безпеки праці	57
4.2 Утилізація відходів від виробництва вафель	57
Висновки за розділом.....	59
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	60
5.1 Організація проведення дослідження.....	60
5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження кваліфікаційної роботи	62

5.3 Розрахунок вартості дослідження.....	66
Висновки за розділом.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	67
БІБЛІОГРАФІЯ	69
ДОДАТКИ.....	75
ДОДАТОК А Результати аналізу складу вафель	76

ВСТУП

Непереносимість лактози та глютену – на сьогодні одні з найбільш поширених порушень травлення. При цих порушеннях у людському організмі не можуть відбуватися процеси розщеплення продуктів, які мають у своєму складі зерно злакових культур та традиційне коров'яче молоко. Це, зазвичай, може проявлятися багатьма симптомами. Наприклад, від метеоризму та легкого болю в животі до діареї, спазмів живота та калу з наявністю крові. Чутливість до лактози і глютену можна зустріти не тільки при непереносимості, а і у захворюваннях, які мають схожі симптоми і вимагають ретельної діагностики. Як відомо, на сьогодні, асортимент продукції для групи людей, які мають непереносимість глютену та лактози, поступово розширюється. Але все ще є актуальним пошук нових видів безглютенової сировини для виробництва традиційних продуктів на основі борошна.

Зазвичай для виробництва безглютенової продукції застосовують кукурудзяне або рисове борошно. Однак існує велика кількість культур (сорго, коноплі, амарант, льон тощо), що не мають у складі глютен та характеризуються високою біологічною цінністю, але на сьогодні недооцінені і не застосовуються харчовою промисловістю масово для виробництва харчових виробів спеціального призначення. Для виробництва безглютенових харчових продуктів можна використовувати амарантове або соргове борошно, які є на нашу думку перспективними на сьогодні.

Зерно амаранту за білковим, мінеральним, вітамінним складом та за цінністю олії перевищує поширені в Україні зернові й зернобобові культури. Уміст жиру в зерні амаранту перевищує зернові культури і становить 5,7–6,9 %. Амінокислотний склад є сприятливим для організму людини. Амарантове борошно перевищує пшеничне в 2–3 рази за вмістом лізину. Основним вуглеводним компонентом зерна амаранту, як і у зернових культур, є крохмаль, що складається, в основному, з амілопектину (93–95 %).

Сорго зернове є особливою культурою через свої біологічні властивості. Соргове борошно забезпечує людський організм важливими поживними речовинами, такими як білки й амінокислоти, жири і жирні кислоти, вуглеводами, вітаміни та мікроелементи. Вживання білку зерна сорго сприяє зменшенню рівню холестерину в крові та нормалізації діяльності травного апарату людини. Жир сорго складається з 83–88 % незамінних ненасичених жирних кислот, які мають велике значення при профілактиці атеросклерозу, хвороб серця та судин [1].

Виходячи з вище наведеного, можемо висунути гіпотезу щодо застосування соргового, амарантового борошна або їх суміші у якості основної сировини для виробництва безглютенових кондитерських виробів. Вважаємо, що обраний напрям магістерської кваліфікаційної роботи, є актуальним, так як на сьогодні виготовлення харчової продукції, орієнтованої на споживача, який має непереносимість глютену, є перспективним.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Целиакія як виклик для суспільства

Дослідження целиакії як хвороби розпочалося з 1887 року, коли Семюелеві Гі вдалося описати клінічну картину захворювання. Значний прорив у розумінні механізму целиакії здійснив Віллем Дікке з командою у 40-х роках 20 століття. Вони виявили, що саму хворобу і погіршення стану хворих осіб викликає вживання пшениці [2].

За визначенням Хижняка О.О. із співавторами: «Целиакія – хронічне полісиндромне, аутоімунне, генетично детерміноване захворювання, що характеризується стійкою непереносимістю глютену зі структурно-функціональними змінами слизової оболонки тонкої кишки, порушенням процесів мембранного травлення та всмоктування поживних речовин у генетично схильних дітей та дорослих» [3].

Целиакія є доволі поширеною хворобою, яка у тій чи іншій формі, виявлена у близько 80 мільйонів осіб на планеті. Кількість хворих осіб коливається у різних регіонах. Вплив на цей показник мають віковий, статевий склад населення, а також рівень достатку осіб, які проживають у цьому регіоні. Наприклад, пацієнтам жіночої статі діагноз целиакія ставлять у 2,5 рази частіше, ніж пацієнтам чоловічої статі. Згідно вікового розподілу діти та підлітки частіше отримують діагноз целиакія, ніж дорослі [2, 4–7].

Наразі відомо про багато різноманітних проявів целиакії, які можуть вирізнятися як довгим переліком важких симптомів, так і повною відсутністю симптомів, що уможливорює встановлення діагнозу лише після тривалого та детального діагностування. Однак вченими було виділено декілька основних факторів, які певним чином впливають на ризик розвитку целиакії.

Першим фактором розвитку хвороби виділяють генетичний. Відомо, що близько 95 % осіб з целиакією є носіями генів класу HLA. Наявність у організмі цих генів з ймовірністю 40 % призводить до розвитку целиакії [4–7].

Основним катализатором, який за поєднання з наявністю генів HLA у організмі призводить до розвитку целиакії, є вживання глютену. Саме він у тяжких формах целиакії призводить до погіршення стану хворих, а саме до запалення слизової оболонки кишківника, мальабсорбції, атрофії ворсинок та інших патологічних станів шлунково-кишкового тракту.

Серед інших факторів, які теж становлять ризик розвитку хвороби виділяють вірусні кишкові інфекції, перенесені в дитячому віці, незадовільні санітарно-гігієнічні умови життя, дієтичні тенденції певних країн, а також низький економічний статус осіб [4, 6, 7].

Загалом целиакія розвивається при поєднанні декількох факторів впливу на організм людини. На сьогоднішній день не існує превентивних заходів щодо попередження хвороби, однак вчасне діагностування дозволяє зупинити прогресування целиакії і забезпечити належну якість життя за умови дотримання рекомендацій лікарів.

Для проведення якісного діагностування пацієнтів, які не входять до груп підвищеного ризику необхідно розрізняти симптоми целиакії. Основні симптоми целиакії поділяють на кишкові та некишкові. До кишкових (абдомінальних) належать: закрепи, діарея, синдром подразненого кишківника, біль у животі, симптоми мальабсорбції (блідість шкіри, зниження маси тіла, стоматит, глосит, гіпотрофія, рецидивуючі ерозії слизової оболонки ротової порожнини). Наразі целиакія змінює свою клінічну картину і частіше виявляється саме некишковими проявами. До них належать: синдром хронічної втоми, акне, артрит, гепетиформний дерматит, екзема, біль у суглобах, анемія, ламкість нігтів, гіпоплазія емалі, депресія, периферична нейропатія, м'язова слабкість. Також частіше почали зустрічатися випадки безсимптомного протікання хвороби, а також целиакії, яка супроводжується лише легкими симптомами протягом усього періоду хвороби, тому таких пацієнтів можна виявити лише за допомогою скринінгу в групах високого ризику [4, 6].

Основною складовою у лікуванні целиакії є дотримання безглютенової дієти. Ця дієта полягає у повній відмові від вживання продуктів, що мають у

своєму складі білок глютен. Він міститься у таких зернових як пшениця, ячмінь, жито, овес та у всіх схрещених з ними сортах. Оскільки ці зернові є основою багатьох круп, борошняних виробів, хліба, входять у якості загусника до соусів та підлив, то 100 %-ва відмова від продуктів, які містять глютен, є важкою.

Згідно актів Європейської комісії та Управління з продовольства і медикаментів США безглютенові харчові продукти мають містити менше 20 мг глютену на кг продукту. Такі продукти доволі складно знайти і зазвичай вони дорожче своїх глютенівмісних аналогів. Вченими доведено, що дотримання безглютенової дієти призводить до покращення стану пацієнтів уже в перші тижні після її призначення. Можливе зокрема загоєння стінок тонкого кишківника і загальне полегшення симптомів. Однак навіть маркування «без глютену» є не завжди коректним, що шкодить здоров'ю хворих на целиакію. Тому наразі проводять дослідження щодо створення медикаментозного лікування целиакиї [3–6].

1.2 Характеристика зерна сорго та продуктів його переробки

Сорго – це посухостійка культура, яка займає понад 51 млн га посівної площі у всьому світі і посідає за обсягами вирощування п'яте місце, поступаючись лише пшениці, ячменю, рису та кукурудзі. Ця перспективна рослина витримує прохолодну погоду (12–15 °С), перезволоження (на короткі періоди) і росте в районах з великою кількістю опадів. Зерно сорго є основним продуктом для харчування в деяких частинах Африки, Азії та інших регіонах з низьким рівнем доходу, а також кормовою та фуражною культурою для худоби. Основними країнами-виробниками сорго є США, Нігерія, Ефіопія, Судан, Мексика, Індія, Китай, Аргентина та Бразилія. На сьогоднішній день використання сорго здійснюють за трьома основними напрямками: біоенергетика, камбікормове виробництво та харчова промисловість (круп, борошно, спирт, крохмаль) [8–10].

Саме із сортів високоякісного зернового сорго виробляють борошно. Хімічний склад борошна сорго значно відрізняється залежно від сорту та умов вирощування. Однак загалом соргове борошно має поживний склад, оскільки містить понад 60 % вуглеводів та близько 15 % білків. Основною позитивною відмінністю соргового борошна від пшеничного є відсутність у його складі глютену, що дозволяє його особам, що хворіють на целиакію. Також борошно сорго багате на антиоксиданти, мінеральні речовини (K, Mg, P, Zn), які сприяють роботі серцево-судинної системи та вітаміни групи B, які позитивно впливають на роботу нервової системи та шлунково-кишкового тракту. Також доведено, що соргове борошно має кращий жирнокислотний склад, ніж деякі безглютенові зернові. Кількість поліненасичених жирних кислот у жирнокислотному складі соргового сягає становить понад 50 %, переважаючою кислотою є лінолева [8, 9, 11, 12].

Технологія помелу зерна сорго на борошно не так добре розвинена порівняно з пшеницею, і різні традиційні методи помелу все ще широко застосовують в багатьох країнах. Як правило, першим етапом помелу є декортикація – процес, спрямований на видалення шарів висівок (перикарпцію і зародка), що зменшує вміст таніну та фітинової кислоти. Декортикацію, як правило, виконують за допомогою луцильного обладнання, що працює за принципом сухого стирання. Ці технології не є особливо ефективними, а якість борошна може бути різною. Це призводить до низького виходу борошна і високих втрат білка через м'якість ендосперму, що є характерною особливістю деяких сортів сорго з високим вмістом таніну. Після цього здійснюють механічний помел за допомогою дискових або молоткових млинів.

Нещодавно розроблені малі вальцьові верстати, які працюють по типу тих, які використовують для помелу пшениці, але вони налаштовані під параметри і особливості зерна сорго. Ці верстати поєднують в собі як декортикацію, так і зменшення розміру частинок. Дослідження показують, що малі вальцьові верстати мають перевагу над іншими технологіями помелу сорго, оскільки вони виробляють борошно з вищим ступенем вилучення (виходом борошна) і набагато

вищою продуктивністю. Важливим питанням щодо розмелювання сорго є те, що його ендосперм складається з двох основних компонентів твердої зовнішньої частини, рогового (також званого склоподібним) ендосперму, і м'якшої внутрішньої частини, борошнистого ендосперму. Твердий роговий ендосперм протистоїть подрібненню до дрібних частинок. Отже, подрібнення рогового ендосперму до розміру борошна часто призводить до високого рівня пошкодження крохмалю, що може негативно вплинути на хлібопекарську якість борошна. Використання вальцьових верстатів дозволяє виробляти дрібнодисперсне соргове борошно, придатне для використання у хлібопеченні. Як правило, видаляється 5–20 % початкової ваги, залежно від бажаного ступеня очищення.

Видалення висівок сильно впливає на склад борошна. Відбувається збільшення вмісту білка за рахунок видалення багатого на харчові волокна перикарпію. Однак, якість білка погіршується, оскільки кількість лізину – першої незамінної амінокислоти в сорго, зменшується приблизно на 20 % через видалення принаймні частини зародка, який багатий на високоякісний білок. Видалення зародків також зменшує вміст ліпідів, у тому числі токоферолів, у борошні. Мінерали та вітаміни групи В також суттєво зменшуються, оскільки вони зосереджені в зародку та алейроновому шарі. Однак біодоступність мінералів може бути покращена, якщо видалити висівки, оскільки вони багаті на антипоживну фітинову кислоту, яка зв'язує і робить марними двовалентні мінерали, такі як цинк, залізо та кальцій.

Антиоксидантна активність борошна також знижується при видаленні висівок. Оскільки феноли, які в першу чергу відповідають за антиоксидантну активність сорго, розташовані у верхніх шарах зернівки [10, 13, 14]. Для підвищення гідролітичної активності та біодоступності біологічно активних речовин зерно сорго можуть пророщувати [9].

Соргове борошно користується більшою популярністю у країнах, що розвиваються, зокрема у африканських країнах та Індії. Існує безліч рецептів традиційних хлібів різних народів, основою для яких є саме борошно сорго. У

Судані поширеним є хліб кісра, у Сомалі – лахух, у Ефіопії та Еритреї готують коржики, які називаються інджера (готують на заквасці), у Індії поширені роті або чапатті, у країнах Центральної Америки готують тортильї [9, 13, 14].

Оскільки сорго є основним продуктом для харчування в тропічних країнах, що розвиваються, переважна більшість харчових продуктів із соргового борошна виготовляється в домашніх умовах, і вони часто виробляються з власного вирощеного зерна. Важливим питанням є збагачення соргового борошна. Можливим варіантом збагачення є біофортифікація. Її можна визначити як збільшення концентрації поживних речовин у зернових культурах за допомогою звичайної селекції рослин або технології рекомбінантної ДНК. Доведено, що ефективна біофортифікація основних зернових продуктів може бути здійснена для бідних верств населення в сільській місцевості; має низькі поточні витрати; є стійкою в довгостроковій перспективі; і, у випадку генетичного поліпшення, вимагає лише початкових інвестицій. Біосорго, грандіозне завдання Фонду Білла і Мелінди Гейтс «Великі виклики глобальної охорони здоров'я», використовує технологію рекомбінантної ДНК для розробки біофортифікованих сорго, спеціально для дрібних фермерів в Африці. Біосорго матиме підвищену біодоступність заліза та цинку завдяки зниженню рівня фітатів, поліпшення складу незамінних амінокислот і засвоюваності протеїну за рахунок пригнічення специфічних кафіринових білків, а також міститиме значні рівні провітаміну А (β -каротину) за рахунок експресії синтезу β -каротину.

Біофортифікація сорго потребує подальшого розвитку та впровадження в країнах, в яких сорго є основним зерновим продуктом для харчування, щоб покращити стан харчування сільського населення [13].

Оскільки в країнах, які розвиваються сорго є набагато поширенішою культурою, ніж пшениця, то з соргового борошна виготовляють також, окрім хліба, кондитерські та макаронні вироби.

Дослідження показали, що соргове борошно є підходящим компонентом для виробництва хліба для людей, що хворі на целиакію, оскільки воно у своєму складі не містить глютен. Однак кафіринові білки у складі соргового борошна не є

функціональними з точки зору забезпечення необхідних в'язко-пружних характеристик тіста, тому часто для виготовлення якісного безглютенового хліба з сорго та інших зернових потрібні дорогі добавки, такі як гідроколоїди. Однак це дуже здорожчує технологію виробництва, тому проводять дослідження щодо внесення зміни в технологію приготування тіста. Пропонують змішувати борошно з розчинником при підвищеній температурі (75 °C), що дозволяє отримати тісто з необхідними в'язкопружними властивостями. Або попередньо проварювати борошно, що дозволяє отримати клейстеризований крохмаль, що зв'язує тісто до купи. Незважаючи на використання цих технологій, безглютеновий хліб незмінно щільніший за текстурою, ніж пшеничний хліб. Він має грубішу структуру м'якушки, з пропорційно більшими газовими клітинами та товстішими клітинними стінками [12–14].

Безглютенові торти і кекси більше нагадують їхні аналоги з пшеничного борошна. Це, ймовірно, тому, що роль глютену менш важлива у приготуванні тортів. Борошно містить значно меншу частку розчинених речовин, через високий вміст цукру і жиру, а також яйця, які відіграють певну роль у стабілізації газових комірок.

Печиво також легко виготовляється з соргового борошна, оскільки, на відміну від хліба і тістечок, воно не заквашується. Не потрібно ніяких спеціальних інгредієнтів. Однак соргове печиво, як правило, щільніше і має твердішу текстуру, ніж пшеничний аналог, і може мати дещо грубуватий присмак у роті [11, 13].

Також можливим є виробництво макаронних виробів з борошна сорго. Чим тонше помел борошна, тим якісніше отримують вироби. Однак успішним є використання при приготуванні локшини саме суміші безглютенової сировини (борошно соргове, рисове, крохмаль картопляний).

Біле сорго можна використовувати як повну заміну кукурудзи у виробництві чіпсів тортильї, з м'якшим смаком, ніж у кукурудзи, що може бути корисним у певних застосуваннях [15].

Основною причиною того, що харчові продукти на основі сорго не користуються популярністю в усьому світі порівняно з іншими зерновими продуктами, є їхні нижчі смакові якості (легка гірчинка у деяких сортах) [10].

Також соргове борошно з менш високоякісних сортів використовують не тільки у харчовій промисловості. Досліджують можливість його використання у виробництві розкладних плівок для упаковки харчових продуктів [10].

Поживні речовини, що містяться в зерні сорго, відіграють позитивну роль у здоров'ї та харчуванні людини, особливо у людей, які страждають на такі захворювання, як целіакія, діабет та ожиріння.

В умовах зростаючої поширеності целіакії та зростаючого споживчого попиту на безглютенові продукти, споживачам рекомендується вибирати цільозернові альтернативи у випічці, щоб отримувати клітковину та мікроелементи, що містяться у всіх частинах зерна. Сорго – це більше, ніж просто заміник пшениці, воно також є хорошим джерелом розчинної пребіотичної клітковини (ферментованої клітковини) [10, 15].

Доведено, що поліфеноли сорго мають високу антиоксидантну здатність *in vitro* порівняно з іншими зерновими. Серед різних видів сорго таніновмісні сорти мають найсильнішу антиоксидантну здатність *in vitro*, що пояснюють вищою здатністю танінів поглинати вільні радикали порівняно з простими флавоноїдами [16].

Загалом споживання продуктів з сорго тісно пов'язане з профілактикою різних видів раку, особливо шлунково-кишкового тракту. Виявлено, що ризик раку товстої кишки у жінок знижується на 33 % за умови щоденного споживання продуктів з сорго. Споживання цілого зерна також було пов'язане зі зниженням ризику розвитку раку верхніх відділів травного тракту на 50 %. Антиоксидантна активність та інші клітинні регуляторні механізми цілого зерна сприяють цим перевагам. Серед зернових культур сорго, схоже, виділяється своїм потенціалом для хіміопрофілактики. Виявлено зниження захворюваності на рак стравоходу в різних частинах світу (Африка та Азія), де споживання сорго було високим, тоді як споживання кукурудзи та пшениці корелювало з підвищеним рівнем

захворюваності. Епідеміологічне дослідження виявило подібні висновки для провінції Саксі, Китай. Це дослідження показало, що регіони, які споживають найбільшу кількість сорго, мали в 1,4–3,2 рази нижчу смертність від раку стравоходу, ніж у регіонах, де споживають переважно пшеницю або кукурудзу [10, 16].

Ці дані свідчать про те, що поліфеноли сорго мають вищий потенціал пригнічення проліферації ракових клітин, ніж їхні аналоги, знайдені в інших харчових продуктах, і, таким чином, можуть бути актуальними для дієтичного застосування при низьких рівнях споживання. Можливі причини цих спостережень незрозумілі, але можуть бути частково пов'язані з кращою біодоступністю флавоноїдів сорго через їх відносно нижчу гідрофільність порівняно з аналогами з інших харчових джерел. При цьому флавоноїди сорго, як правило, мають меншу кількість гідроксильних груп і нижчу частоту глікозилування.

Нещодавно виявлено, що склад флавонів і флаванонів у певних сортах сорго підвищує їхню здатність активувати рецептор естрогену β (ER- β) у незлоякісних колоноцитах у низьких концентраціях, а вміст апігеніну був найсильнішим предиктором активації ER- β . Активація ER- β є загальновизнаним механізмом профілактики раку товстої кишки [16].

Наслідки надмірного споживання калорій на сьогоднішній день є більшою глобальною проблемою для здоров'я, ніж голод. Ожиріння стало однією з найбільших проблем у сфері охорони здоров'я, з якою стикається людство сьогодні. Ще більше занепокоєння викликає той факт, що випадки ожиріння та діабету все частіше зустрічаються в країнах, що розвиваються, і темпи їх поширення не поступаються темпам у розвинених країнах. Наприклад, надмірна вага і голод співіснують пліч-о-пліч у багатьох країнах Африки. Очікується, що проблеми, пов'язані з надмірним споживанням калорій, будуть домінувати серед глобальних проблем охорони здоров'я в найближчі десятиліття. Сорго має хороші можливості для того, щоб зробити позитивний внесок у боротьбу з надмірним споживанням калорій. Ендосперм сорго має відносно повільно перетравлюваний

крохмаль порівняно з іншими зерновими або крохмалистими продуктами. Як пояснюється, це в основному пов'язано з перехресним зв'язуванням білків γ -кафірінів, які оточують крохмаль в ендоспермі під час гідротермічної обробки. Утворення дисульфідних зв'язків значною мірою відповідає за зшивання білків сорго, і, схоже, ступінь варіння впливає на ступінь зшивання, причому більш тривале варіння призводить до більш інтенсивної полімеризації. Зшиті білки обмежують доступ ферменту амілази до крохмалю і, таким чином, сповільнюють швидкість вивільнення глюкози з крохмалю. Повільне перетравлення крохмалю має важливий вплив на відчуття ситості та зниження тяги до їжі.

Таким чином, сорго може фактично сприяти зменшенню деяких проблем, що виникають у споживачів щодо основних крохмалистих харчових продуктів, таких як пшениця, кукурудза чи картопля, як таких, що сприяють збільшенню ваги. Таніни сорго також представляють цікаву можливість модифікувати перетравлення крохмалю та калорійність харчових продуктів в цілому, утворюючи комплексні утворення з крохмалем, що перетравлюються тривалий час [16].

Глікемічний індекс борошна соргового нижчий за глікемічний індекс борошна пшеничного, що дозволяє споживати вироби з борошна соргового діабетикам. Такий низький глікемічний індекс пояснюють вмістом клітковини та різними методами приготування, які впливають на засвоюваність крохмалю [12, 15].

Сорго також відоме як гарне джерело вітамінів (вітаміни групи В, вітамін А), яке використовують для виробництва сумішей дитячого харчування для дітей з важким гострим недоїданням по всій Африці, в Гані, Танзанії, Уганді та Малаві [10, 15].

У табл. 1.1–1.5 наведено склад соргового борошна, виробленого у різних регіонах.

Таблиця 1.1 – Склад соргового борошна

Назва компоненту у борошні сорго	Вміст				
	Україна [8]	Камерун [17]	Бразилія [18, 19]	США [20]	Судан [21]
Масова частка, %:					
вологи		8,51–9,33	11,50–14,45	2,87–3,85	7,13±1,91
білків	9,53–10,60	19,62–23,78	8,01–13,43	8,96–11,13	12,25
жирів	1,24–3,30	2,74–3,62	2,49–5,43	2,87–3,85	4,24±0,21
вуглеводів	75,78	67,28–72,71	65,06–87,23		74,68±1,8
крохмаль	62,70–63,70			68,59–78,63	
клітковини		2,56–4,70	13,45–19,78	1,30–1,69	1,71±0,08
золи	0,45	1,15–1,59	1,19–2,06	1,25–1,59	1,75±0,04

Таблиця 1.2 – Мікро- та макроелементний склад соргового борошна

Назва компоненту у борошні сорго	Вміст, мг/100 г			
	Україна [8]	Камерун [17]	Бразилія [18, 19]	Судан [21]
Вміст мікроелементів:				
Ферум	0,95	2,75–3,28	6,04–8,67	2,24±0,40
Купрум	0,01	0,12–0,32		0,61±0,09
Манган	0,40–0,43	1,40–1,69		
Цинк		1,34–2,13	2,58–4,62	0,75±0,07
Вміст макроелементів:				
Фосфор	86,00	256,74–311,37		100,60±8,40
Калій	95,00	278,68–328,70		
Кальцій	6,00	10,81–12,91	10,81–19,99	3,75±0,39
Магній	62,50	130,47–149,11		75,02±3,61
Натрій		3,94–4,55		
Сульфур	95,00			

Таблиця 1.3 – Вітамінний склад соргового борошна

Назва вітаміну у борошні сорго	Вміст, мг/100 г
	Україна [8]
1	2
B ₁	0,35
B ₂	0,12

Продовження табл. 1.3

1	2
B ₃	4,23
B ₅	0,18–0,19
B ₆	0,06–0,07
B ₉	0,37–0,42
C	0,60
E	0,78–0,83

Таблиця 1.4 – Амінокислотний склад соргового борошна

Назва амінокислоти у борошні сорго	Вміст, мкг/100 г
	Судан [21]
Ізолейцин	187,50
Лейцин	643,28
Метіонін	93,45
Фенілаланін	290,88
Тирозин	138,05
Треонін	149,44
Валін	243,05
Лізин	115,80
Аргінін	176,24
Гістидин	97,93
Аланін	458,93
Аспарагінова кислота	311,81
Глутамінова кислота	1264,05
Гліцин	156,14
Пролін	397,58
Серин	202,55
Цистеїн	23,80

Таблиця 1.5 – Жирнокислотний склад соргового борошна

Назва жирної кислоти у борошні сорго	Вміст, г/100 г
	Україна [8]
1	2
Пентадеканова	0,003
Маргарінова	0,001
Стеаринова	0,018-0,025
Арахінова	0,003
Лігноцерінова	0,003

З даних табл. 1.1–1.5 видно, що соргове борошно має цінний склад. Це позиціонує його як перспективну сировину для виробництва безглютенових харчових продуктів.

1.3 Характеристика зерна амаранту та продуктів його переробки

Перспективним видом нетрадиційної сировини для харчових продуктів є зерно амаранта. Поживна цінність амаранту полягає в тому, що його зерно є джерелом білків (14,0–16,5 %), які є важливою групою біомакромолекул, що беруть участь у фізіологічних процесах. Білок знаходиться в зародку і, на відміну від звичайних зернових, таких як пшениця, білки амаранту складаються в основному з глобулінів і альбумінів, і містять дуже мало або зовсім не містять проламінових білків, які є основними запасуючими білками в зернових і токсичними білками при целіакії. Білки амаранту складаються приблизно з 40 % альбумінів, 20 % глобулінів, 25–30 % глютелінів та 2–3 % проламінів. У амаранті крохмаль є основним компонентом вуглеводів, але його вміст нижчий, ніж у зернових культурах. Вміст амілози в амарантовому крохмалі нижчий, ніж в інших зернових крохмалях, і коливається від 0,1 % до 11,1 %. Такі фізичні властивості, як в'язкість, вища сорбційна здатність при високому діапазоні активності води, вища розчинність, здатність до набухання, водозв'язуюча здатність і чутливість до ферментів, можна пояснити невеликим розміром крохмальної гранули, а також високим вмістом амілопектину в ньому. Однак при відборі генотипів для конкретних цілей переробки необхідно враховувати генетичну різноманітність фізичних властивостей крохмалю та варіації інших складових (білків, ліпідів, мінералів), які впливають на функціональні властивості крохмалю в межах видів амаранту [22].

Одним із основних продуктів, які одержують із зерна амаранту є борошно. Через розташування багатьох нутрієнтів у зерні амаранту більшість з них переходять до борошна в якомога більшій кількості. Якщо порівнювати з борошном пшеничним, то хімічний склад борошна амарантового переважає за

багатьма показниками. За вітамінами амарантове борошно містить більше у порівнянні з пшеничним борошном: ніацину – в 1,2 рази, тіаміну – у 33 рази, а рибофлавіну – у 74 рази більше. Вміст мінеральних речовин більше у порівнянні з пшеничним борошном: калію – у 4,2 рази, фосфору – у 5 разів, магнію – у 6 разів, кальцію – у 19 разів, натрію – у 24 рази, а заліза – у 36 разів. Білків у амарантовому борошні у майже 4 рази більше у порівнянні з пшеничним борошном, ліпідів – майже у 10 разів та клітковини – у 17 разів. Окрім вищезазначених складових амарантове борошно багате також на моно- і дисахариди, харчові волокна, крохмаль, пектин, амаринтин, сквален. Завдяки такому збалансованому складу амарантове борошно вирізняється гарною поживністю, що дозволяє застосовувати його у хлібопекарському та кондитерському виробництві [11, 23].

Однак при виборі цього борошна для виробництва різних продуктів необхідно враховувати, що його хімічний склад може різнитися залежно від сорту амаранту і навіть умов вирощування. Також необхідно врахувати, що амарантове борошно має відмінний від пшеничного борошна зовнішній вигляд. Якщо це борошно вищого сорту, то воно буде білого кольору з жовтуватим або сіруватим відтінком, для цільнозернового борошна також характерні видимі частинки оболонки. Також смак і запах амарантового борошна буде притаманний сировині, з якого його виготовили, але все одно дещо специфічним [17, 22]

Функціональні властивості амарантового борошна також можуть відрізнятися для різних фракцій помелу, отриманих при різних рівнях вологості зерна. Рівень вологості під час помелу зерна та співвідношення вуглеводів, білків і жирів у зерні є факторами, що впливають на профіль клейстеризації. Зерно амаранту переробляють різними способами для отримання різних типів продуктів залежно від їх використання або звичок споживачів. Помел цих дрібних зерен вимагає особливих підходів за допомогою зручного технічного обладнання. Основним продуктом переробки зерна амаранту є цільнозернове борошно. Для його отримання зазвичай використовують абразивні млини, якими розмелюють рис або сорго, рідше використовують вальцові млини. Планетарний кульовий

млин можна використовувати для домелу борошна після абразивного помелу. Відомий також диференціальний помел, який дозволяє адекватно відокремити зародок, ендосперм і висівки від зерен амаранту, отримуючи борошно, багате на білок, крохмаль та клітковину. Це сухий процес без утворення стічних вод, оскільки він не передбачає жодних етапів розчинення або фільтрації. Крім того, пневматична класифікація розмеленого продукту дозволяє отримати три гранулометричні фракції одночасно: 16,4–16,7 % борошна з високим вмістом білка, включаючи олійну фракцію, 46,2–47,6 % борошна з високим вмістом крохмалю та 6,5–7,1 % фракції з високим вмістом клітковини. Вихід клітковини можна збільшити за допомогою пневматичної класифікації до отримання продукту з 64 % нерозчинної клітковини і 7 % розчинної клітковини. Таким чином, продукти з високим вмістом волокна можуть бути отримані виключно фізичними методами з низьким або нульовим впливом на навколишнє середовище, що включають диференціальний розмел з подальшим просіюванням і пневматичну класифікацію.

Для отримання борошна з різними характеристиками для різних цілей можуть проводити різну підготовку зерна перед помелом. Пророщування зерна сприяє підвищенню біодоступності поживних речовин у борошні, а також знижує вміст фітатів. Попереднє обсмажування зерен амаранту підвищує антиоксиданту активність майбутнього борошна [24].

Вітчизняними вченими був розглянутий трохи інший підхід до технології помелу та поділу зерна амаранту на частини. Першим етапом зерно амаранту піддають очищенню, потім відбувається луцення від оболонки після цього відбувається його плющення. Внаслідок цього етапу отримують плющене зерно амаранту, яке поділяють на крупку зародкову та амарантові пластівці. Далі крупка надходить на вилучення олії, а амарантові пластівці подрібнюються на борошно [23].

Основним напрямком використання амарантового борошна є, звісно ж, виробництво харчових продуктів. Його використовують при приготуванні

хлібобулочних, кондитерських, макаронних виробів, соусів, дитячого харчування, готових сумішей для випічки, традиційних страв [23, 25].

Досліджено використання амарантового борошна при приготування хліба. Найчастіше розглядається саме часткова заміна пшеничного борошна на амарантове. На думку авторів, амарантове борошно має чудовий хімічний склад, однак не може виступати єдиною борошняною сировиною у хлібобулочних виробках, оскільки не містить клейковини [11].

Включення амарантового борошна значно підвищує вміст білка, ліпідів, золи, харчових волокон та мінералів. Хліб з амарантом має значно вищий вміст фітатів і нижчий вміст міоїнозитолфосфатів, що може передбачати низьку біодоступність мінералів при високих рівнях заміщення. Спостерігалось збільшення твердості та еластичності м'якушки, зниження пористості, а також виявлено значний вплив на показники кольору при підвищенні концентрації амаранту (понад 15 %). Амарантове борошно можна використовувати як часткову заміну борошна пшеничного в рецептурах хліба, підвищуючи поживну цінність продукту та збільшуючи вміст поживних речовин, з незначним погіршенням якості хліба при додаванні близько 10 % амарантового борошна від загальної маси борошнистої сировини [11, 25, 26].

Розроблені рецептури макаронних виробів з використанням амарантового борошна. Деякі з рецептур можна використовувати для виробництва безглютенових виробів, оскільки амарантове борошно єдина борошнеста сировина, а для надання необхідних властивостей до тіста додають альбумин, ксантанову та гуарову камеді. Деякі мають на меті просто підвищити поживну цінність локшини з борошна пшеничного шляхом введення у тісто борошна амарантового [27, 28].

Завдяки своєму збалансованому амінокислотному складу амарантове борошно також вводили до рецептури чіпсів на основі льону та кінзи [29].

Також досліджували застосування амарантового борошна для приготування бісквітних напівфабрикатів, кексів, печива (цукрового та здобного). Для бісквітного напівфабрикату доцільним було введення приблизно 25 %

амарантового борошна, у такому випадку кінцевий продукт мав еластичний, рівномірний та тонкостінний м'якуш. У випадку печива амарантове борошно позитивно впливає на органолептичні властивості виробу (колір та аромат), а також зменшує його твердість. Поєднуючи амарантове борошно з рисовим борошном вдалося отримати повністю безглютеновий виріб, що дозволяє споживати його людям хворим на целиакію [30].

Також можлива заміна пшеничного борошна на амарантове у складі щербету, що дозволяє підвищити біологічну цінність солодоців [23]. Амарантове борошно може замінювати пшеничне і у соусах (загусник) та м'ясних виробках (замінник паніровки), що розширює асортимент безглютенових виробів [23, 31].

Використання амарантового борошна також досліджують у напрямку харчових плівок та покриттів. Такі плівки мають гарні газобар'єрні властивості, еластичність, за певних добавок мають антиоксидантні властивості. Однак їх властивості також можуть відрізнятися залежно від сорту амаранту, який використовують [32].

Завдяки оптимальному співвідношенню амінокислот у білках, високому вмісту мінеральних речовин (магній, купрум та манган міститься майже у розмірі добової дози) та вітамінів амарантове борошно чинить загальнозміцнюючу і оздоровчу дію на організм. Однак воно здатне чинити і протизапальну, протидіабетичну, противірусну, фунгіцидну, протиракову, загоювальну, радіопротекторну та антигіпертинзивну дії. Також завдяки відсутності глютену у своєму складі амарантове борошно придатне до споживання людьми, які хворіють на целиакію [28, 33–35].

Амарантове борошно також сприяє покращенню стану при шлунково-кишкових розладах (діарея, виразки). Цей ефект, ймовірно, походить від вмісту сапонінів, протоалкалоїдів та бетаціанів. Також воно є корисним при шкірних захворюваннях (екзема, акне) та гінекологічних захворюваннях. У науковій літературі є повідомлення про сприятливий вплив амаранту на серцево-судинну та нервову системи, цукрознижувальну дію, антимікробну активність, антиоксидантну активність. Амарант широко використовують у фармацевтичній

промисловості для виробництва лікарських засобів проти атеросклерозу, виразки шлунку, туберкульозу, а також антисептичних, протигрибкових і протизапальних препаратів. Різні види амаранту проявляють також і гепатопротекторну активність. Зокрема на це впливає наявність сквалену у складі амаранту.

Також амарант виявляє антиоксидантну активність. Вченими точно доведена активність наступних видів: *A. hybridus*, *A. viridis*, *A. caudatus*. Основними компонентами, відповідальними за його антиоксидантну активність, є гулонова та хлорогенова кислоти, а також кемпферол.

Відомо про цукро- та холестеринознижувальну дію продуктів, що містять амарант. Білки рослини впливають на дію ключового ферменту біосинтезу холестерину – 3-гідрокси-3-метил-глутарил-КоА-редуктази. Є припущення, що амарант може бути корисним для лікування хронічного запалення, пов'язаного з нейродегенеративними захворюваннями. Види амаранту *A. lividus* та *A. tricolor* мають протизапальну активність і можуть зменшувати експресію генів прозапальних цитокінів.

Новий антимікробний пептид із сильною активністю проти кишкової палички був знайдений у лікарській рослині амаранту триколірного (*Amaranthus tricolor*). Цей пептид був виділений після аналізу білкової фракції з *A. tricolor* і охарактеризований як високо антимікробний. Антимікробну активність етанольного та водного екстрактів *Amaranthus caudatus* також досліджували [34].

Зерно амаранту містить фенольні сполуки (наприклад, флавоноїди) та відносно високу антиоксидантну здатність. Ідентифіковано та кількісно визначено три поліфеноли (рутин, ізокверцитин та нікотифлорин) та три флавоноїди (4-гідроксибензойна кислота, сирінгова кислота та ванільна кислота) з *A. hypochondriacus*. Рутин та його метаболіти можуть бути ефективно пов'язані з профілактикою багатьох захворювань, таких як невропатії, скутість суглобів, стареча катаракта, хвороба Альцгеймера та серцево-судинні захворювання. Нікотифлорин має захисну дію на зменшення погіршення пам'яті, а нещодавні дослідження виявили його терапевтичний потенціал при ішемії мозку.

Більшість поліфенолів гідролізується ферментами травного тракту та/або кишковою мікрофлорою. Біодоступність фенольних молекул збільшується, коли більша кількість цих сполук розпадається з утворенням мономерів та агліконів. Аглікони здебільшого всмоктуються в тонкому кишечнику у вигляді складних ефірів, глюкозидів та полімерів, але у своїй нативній формі вони не проходять через стінки шлунково-кишкового тракту.

У табл. 1.6–1.10 наведено склад амарантового борошна, виробленого у різних регіонах.

Таблиця 1.6 – Склад амарантового борошна

Назва компоненту у борошні амаранту	Вміст, %					
	Україна [36–38]	Нігерія [39, 40]	Єгипет [41]	Індія [24]	Мексика [25]	Іспанія [26]
Масова частка:						
вологи	11,46–15,20	4,17–8,30	8,62±0,33	6,20–11,60	10,50±0,01	11,04±0,01
білків	14,80–16,87	14,60–16,10	15,38±0,38	12,34–17,70	14,80±0,09	14,04±0,01
жирів	1,79–6,50	7,80–8,28		4,90–9,80	5,94±0,01	6,04±0,01
вуглеводів	54,50–60,54	61,20–71,09	65,69±1,71	54,50–72,70		
клітковини	4,34–7,05	3,90–4,10	3,55±0,51	8,80–11,30		
золи	2,73–5,15	1,87–3,10	2,54±0,10	1,70–5,10	2,62±0,02	2,44±0,08

Таблиця 1.7 – Мікро-та макроелементний склад амарантового борошна

Назва компоненту у борошні амаранту	Вміст, мг/100 г					
	Україна [36–38]	Нігерія [39, 40]	Єгипет [41]	Індія [24]	Мексика [25]	Іспанія [26]
1	2	3	4	5	6	7
Вміст мікроелементів:						
Ферум	21,00–104,00	11,00	27,50	8,21–13,90	8,34±0,02	8,21
Купрум	1,00–4,00		1,30	0,69–1,17		0,69
Манган	3,00–5,00	5,96	2,80	3,65–4,53		3,66
Цинк	4,00	6,27	21,00	3,45–4,23	3,81±0,01	4,21
Селен			0,50			
Вміст макроелементів:						
Фосфор	125,00–148,00		1693,00	478,00–565,00		530,00
Калій	520,00–564,00		2163,50	395,73–547,00		470,00

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7
Кальцій	96,00–650,00	33,29	687,00	204,00–241,00	270,30±1,00	204,00
Магній	50,00–340,00	18,23	705,75	269,00–272,00		269,00
Натрій	22,00–26,00		40,34			0,82

Таблиця 1.8 – Вітамінний склад амарантового борошна

Назва вітаміну у борошні амаранту	Вміст, мг/100 г	
	Україна [36–38]	Індія [24]
B ₁	0,10–0,14	0,02
B ₂	0,19–0,29	0,12
B ₃	1,00–1,50	
B ₇	0,05–43,12	
B ₉	42,00–44,00	
E	1,50–1,80	
A	0,02–0,14	
C	3,00–71,00	

Таблиця 1.9 – Амінокислотний склад амарантового борошна

Назва амінокислоти у борошні амаранту	Вміст, %	
	Нігерія [39, 40]	Єгипет [41]
1	2	3
Ізолейцин	2,09–2,55	0,51
Лейцин	4,96–5,19	0,79
Метіонін	0,75–0,80	0,43
Фенілаланін	3,01–3,19	0,56
Тирозин	2,23	0,53
Треонін	3,19–3,49	0,48
Валін	3,27–3,33	0,64
Лізін	3,55–3,71	0,82
Аргінін	5,16	1,23
Гістидин	2,04–2,20	0,38
Аланін	3,33–3,49	0,59
Аспарагінова кислота	8,25–8,31	1,23
Глутамінова кислота	9,31–10,52	2,47
Гліцин	3,37–3,46	0,95
Пролін	2,64–2,84	0,53
Серин	3,10–3,54	0,66
Цистеїн	0,78–0,84	0,54
Триптофан	0,97–1,05	

Таблиця 1.10 – Жирнокислотний склад амарантового борошна

Назва жирної кислоти у борошні амаранту	Вміст, %
	Єгипет [41]
Міристинова	0,18
Пальмітинова	17,04
Пальмітолеїнова	0,18
Стеаринова	3,41
Олеїнова	22,6
Лінолева	43,29
Ліноленова	1,16
Ейкозенова	0,30
Арахінова	0,85
Бегенова	0,34
Маргарінова	0,17
Докозадієнова	8,45
Докозатрієнова	0,78
Докозатетраєнова	0,83
Лігноцеринова	0,26

З даних табл. 1.6–1.10 видно, що амарантове борошно має цінний склад. Це позиціонує його як перспективну сировину для виробництва безглютенових харчових продуктів.

1.4 Характеристика технологій вафель функціонального призначення

Недоліком традиційних рецептур вафель є їх бідний нутрієнтний склад, високі калорійність, вміст вуглеводів та цукру, через що нами вивчено питання щодо науково обґрунтованих рецептур вафель із використанням інгредієнтів, які характеризуються вмістом біологічно цінних речовин.

З метою збагачення вафель використовують різні нетрадиційні інгредієнти: пюре обліпихи, грибний порошок, борошно пшеничне цільозернове, чорнозерної пшениці, цільозмелене з голозерного ячменю, лляне знежирене, соєве, крупа кукурудзяна, рисова, вівсяна, пластівці горохові тощо (табл. 1.11).

Таблиця 1.11 – Характеристика складу вафель, збагачених біологічно цінними інгредієнтами

Джерело	Назва вафель	Склад	Ефект
1	2	3	4
[42]	М'які вафлі	Борошно пшеничне вищого сорту, масло вершкове, пюре з обліпихи, цукор-пісок, цукор ванільний, яйця курячі, молоко, розпушувач	Знижена калорійність, підвищена біологічна цінність, збільшений вміст незамінних амінокислот, вітамінів (В ₁ , В ₂ , С, Е, К), підвищений вміст мінеральних речовин (Na, Mg)
[43]	М'які вафлі	Борошно пшеничне вищого гатунку, масло вершкове, борошно пшеничне цільнозернове, цукор-пісок, цукор ванільний, яйця курячі, молоко, розпушувач	Знижена калорійність, підвищений вміст мінеральних речовин (Ca, Fe, Mg, P) та вітамінів (В ₁₋₆ , Е, К)
[44]	М'які вафлі	Борошно пшеничне вищого гатунку, пластівці горохові подрібнені, жовток курячий, сіль кухонна, натрій двовуглекислий, вода	Підвищена біологічна цінність, збільшений вміст білка і рівень його засвоюваності
[45]	М'які вафлі	Борошно пшеничне вищого гатунку, борошно зі шроту льону, цукор-пісок, яйця курячі (меланж), масло вершкове, молоко незбиране, сіль кухонна, ванільний цукор, розпушувач	Підвищені поживна цінність, вміст харчових волокон, мінеральних речовин (К, Mg, P, Ca), вітамінів (В ₁ , В ₂ , В ₆ , Е, фолієва кислота). Збалансована кількість ліпідів у кінцевому продукті і

Продовження табл. 1.11

1	2	3	4
			збільшений вміст ω -3
[46]	М'які вафлі	Борошно цільозмелене з чорнозерної пшениці, крохмаль картопляний, цукор- пісок, меланж	Підвищена поживна цінність за рахунок підвищеного вмісту харчових волокон, вітамінів (групи В, С, Е), макро- та мікроелементів (Р, Са, Fe, Zn)
[47]	Цукрові вафлі	Борошно пшеничне вищого гатунку, борошно суцільнозмелене із чорнозерної м'якої пшениці, цукор- пісок, яйця курячі (меланж), сода харчова, масло вершкове	Підвищений вміст харчових волокон, вітамінів (групи В, С, Е), макро- та мікроелементів (Р, Са, Fe, Zn)
[48]	Цукрові вафлі	Борошно цільозмелене з білозерної екстра- м'якої пшениці, цукор-пісок, меланж, сода харчова, масло вершкове, вода	Підвищений вміст харчових волокон, вітамінів групи В, макро- та мікроелементів (К, Са, Mg, Na, P, Fe)
[49]	Цукрові вафлі	Борошно цільозмелене з голозерного ячменю, цукор-пісок, пудра ванільна, жовтки яєць курячих, сода харчова, масло вершкове, вода	Підвищений вміст харчових волокон (β - глюкани, аробіноксилани і целюлоза), мінеральних речовин, вітамінів групи В
[50]	Цукрові вафлі	Вода, пшеничне борошно, кукурудзяна крупа (або рисова, або вівсяна, або їх	Підвищений вміст харчових волокон

Продовження табл. 1.11

1	2	3	4
		<p>поєднання), коричневий цукор, мед (або фруктоза, або глюкоза, або глюкозний сироп, або декстроза, або кукурудзяний сироп, або інвертований цукор, або фруктовий сік, що містить редуючі цукри), молочний порошок, яєчний порошок, борошно соєве, сіль, лецитин, кристалічна ваніль</p>	
[51]	<p>Вафлі солоні без начинки «Крекіси рибні»</p>	<p>Борошно пшеничне першого гатунку, паста рибо-рослинна з додаванням висівок, меланж, крохмаль кукурудзяний, цукор- пісок, маргарин столовий, сіль харчова, лецитин соєвий, перець чорний мелений, амоній вуглекислий, сода харчова, вода питна або бульйон з побічних продуктів переробки риби та ламінарії, або кефір нежирний</p>	<p>Збільшений вміст легкозасвоюваних білків зі збалансованим вмістом амінокислот, підвищений вміст мінеральних речовин (Ca, Zn), харчових волокон (9 г на 100 г), вітамінів групи В</p>
[52]	<p>Вафлі з додаванням грибного порошку</p>	<p>Борошно пшеничне, грибне борошно (глива звичайна, глива степова, молочний гриб)</p>	<p>Збільшений вміст біологічно активних речовин, знижений вміст жирів</p>

Продовження табл. 1.11

1	2	3	4
		питна вода, сіль, гідрокарбонат натрію, яйця	

Аналізуючи дані табл. 1.11, бачимо, що відсутні дослідження з розробки рецептур безглютенових вафель. Встановлено, що соргове і амарантове борошно не використовують у сучасних технологіях вафель, тому цей напрям досліджень є новим.

Висновки за розділом

Описано целиакію як виклик для сучасної харчової промисловості. Охарактеризовано соргове та амарантове борошно як перспективні безглютеніві інгредієнти для виробництва харчових продуктів.

Відомим є додавання до традиційних рецептур вафель різних біологічно цінних інгредієнтів: пюре обліпихи, грибного порошку, борошна пшеничного цільнозернового, чорнозерної пшениці, цільнозмеленого з голозерного ячменю, лляного знежиреного, соєвого, крупи кукурудзяної, рисової, вівсяної, пластівців горохових тощо. Соргове і амарантове борошно не використовують у сучасних технологіях вафель, тому цей напрям досліджень є новим.

Сформовано мету кваліфікаційної роботи – розроблення рецептури безглютенових вафель, орієнтованих на споживачів, які хворіють на целиакію, мають непереносимість глютену без целиакії або мають алергію на пшеницю.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є технологія виробництва безглютенових вафель. Предмет дослідження – показники складу та якості вафель. Дослідження, передбачені завданням кваліфікаційної роботи проводили за стандартними методиками у навчальній лабораторії кафедри харчових технологій та лабораторіях Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК ДДАЕУ.

Сировина для виготовлення зразків вафель – молоко ультрапастеризоване 2,5 % жиру ТМ «Галичина», молоко ультрапастеризоване безлактозне 2,5 % жиру ТМ «Яготинське», борошно пшеничне ТМ «Дніпромлин», борошно соргове ТМ «Ms. Tally», борошно амарантове ТМ «Ms. Tally», масло солодковершкове «Селянське» ТМ «Богодухівський молзавод», масло солодковершкове безлактозне «Селянське» ТМ «Комо», цукор-пісок ТМ «Повна чаша», яйця курячі ТМ «Ясенвіт», цукор ванільний ТМ «Мрія», розпушувач тіста ТМ «Dr. Oetker» (рис. 2.1).



1



2



3



4



5



6



7



8



9

10

Рисунок 2.1 – Сировина для дослідження: 1 – молоко безлактозне; 2 – борошно пшеничне, 3 – борошно амарантове, 4 – борошно соргове, 5 – масло солодковершкове «Селянське», 6 – масло солодковершкове безлактозне «Селянське», 7 – цукор-пісок, 8 – меланж, 9 – цукор ванільний, 10 – розпушувач

У складі борошна амарантового і соргового не міститься глютен, тому його можна позиціонувати як безглютеновий інгредієнт для виробництва харчових продуктів.

Соргове борошно складається з 8,01–23,78 % білків, 1,24–5,43 % жирів, 65,06–87,23 % вуглеводів, 0,45–2,06 % золи, мікро- (Феруму, Купруму, Мангану, Цинку) та макроелементів (Фосфору, Калію, Кальцію, Магнію, Натрію, Сульфур), вітамінів (В₁₋₃, В₅, В₆, В₉, С, Е), амінокислот (ізолейцину, лейцину, метіоніну, фенілаланіну, тирозину, треоніну, валіну, лізину, аргініну, гістидину, аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот, гліцину, проліну, серину, цистеїну), жирних кислот (пентадеканової, маргаринової, стеаринової, арахінової, лігноцеринової) [8, 17–21].

Амарантове борошно складається з 12,34–17,70 % білків, 1,79–9,80 % жирів, 54,50–72,70 % вуглеводів, 1,70–5,15 % золи, мікро- (Феруму, Купруму, Мангану, Цинку, Селену) та макроелементів (Фосфору, Калію, Кальцію, Магнію, Натрію), вітамінів (В₁₋₃, В₇, В₉, А, С, Е), амінокислот (ізолейцину, лейцину, метіоніну, фенілаланіну, тирозину, треоніну, валіну, лізину, аргініну, гістидину, аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот, гліцину, проліну, серину, цистеїну,

триптофану), жирних кислот (міристинової, пальмітинової, пальмітолеїнової, стеаринової, олеїнової, лінолевої, ліноленової, ейкозенової, арахінової, бегенової, маргаринової, докозадієнової, докозатрієнової, докозатетраєнової, лігноцеринової) [24–26, 36–41].

Якість використаних інгредієнтів, використаних для приготування зразків вафель, відповідає вимогам чинної нормативної документації (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Відповідність якості інгредієнтів вимогам чинної нормативної документації

№ з/п	Інгредієнт	Нормативна документація, якій повинна відповідати інгредієнт
1	2	3
1	Молоко ультрапастеризоване	ДСТУ 2661:2010 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови»
2	Молоко ультрапастеризоване безлактозне	ТУ У 10.8-34480442-004:2012
3	Борошно пшеничне	ГСТУ 46.004–99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»
4	Борошно соргове	ТУ У 10.6-31680679-003:2013
5	Борошно амарантове	ТУ У 10.6-31680679-003:2013
6	Масло солодковершкове «Селянське»	ДСТУ 4399:2005 «Масло вершкове. Технічні умови»
7	Масло солодковершкове безлактозне «Селянське»	ДСТУ 4399:2005 «Масло вершкове. Технічні умови»
8	Яйця курячі харчові столові	ТУ У 01.2-05477066-001:2008
9	Цукор білий кристалічний	ДСТУ 4623-2006 «Цукор білий. Технічні умови»
10	Цукор ванільний	ТУ У 10.8-01553439-008:2016

На рис. 2.2. зображене обладнання та прилади, використані для виготовлення зразків вафель.

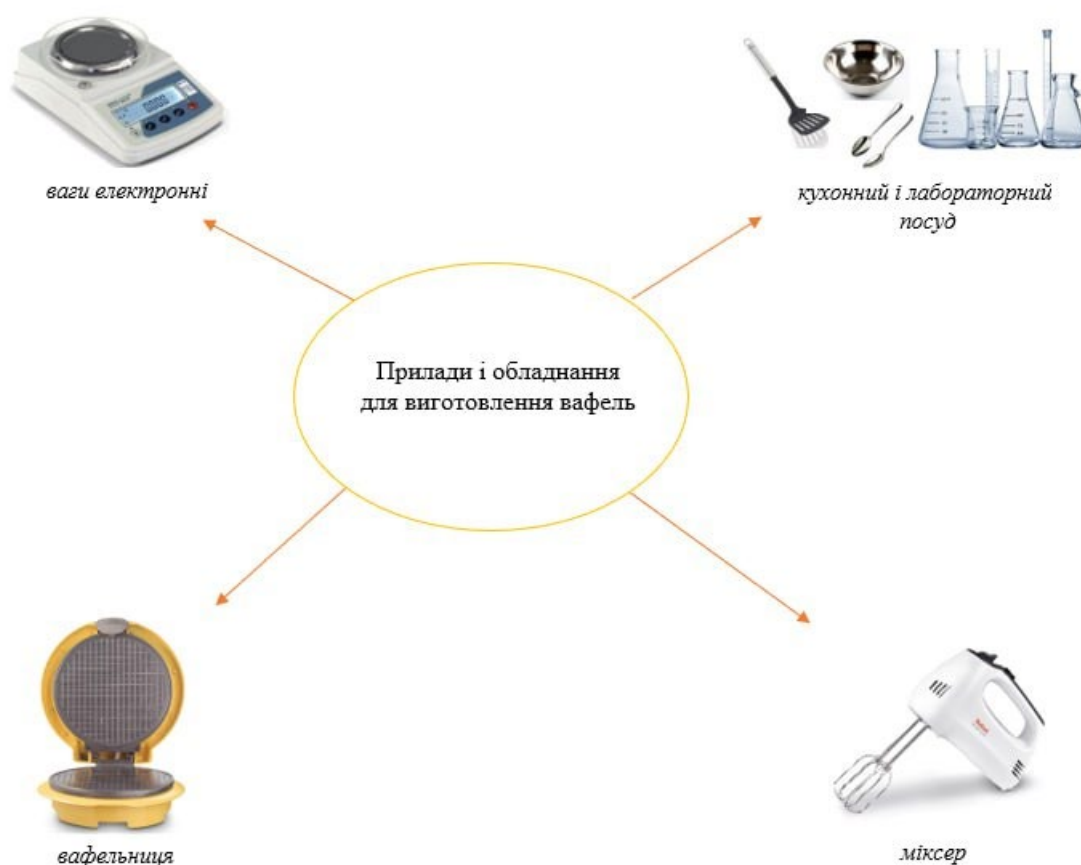


Рисунок 2.2 – Прилади і обладнання для виготовлення зразків вафель

Прототипом для проведення дослідження магістерської кваліфікаційної роботи обрано рецептуру м'яких вафель, взяту з [42], у якій повністю замінили борошно пшеничне борошном сорговим, амарантовим або їх сумішшю. У результаті одержано 6 зразків вафель з наступним відсотковим співвідношенням борошна:

- 1) контрольний зразок – прототип;
- 2) зразок №1 – 100 % борошна амарантового;
- 3) зразок №2 – 100 % борошна соргового;
- 4) зразок №3 – 50 % борошна амарантового, 50 % борошна соргового;
- 5) зразок №4 – 75 % борошна амарантового, 25 % борошна соргового;
- 6) зразок №5 – 25 % борошна амарантового, 75 % борошна соргового.

Виробництво зразків вафель включало наступні стадії: підготовчий етап, приготування тіста, випікання та охолодження виробів.

Підготовчий етап передбачав відважування всіх необхідних компонентів за відповідною рецептурою вафель, а також просіювання всіх сипких компонентів. Приготування тіста для вафель проходило наступним чином: міксером збивали розм'якшене масло вершкове протягом 7 хв, додавали половину кількості цукру-піску та цукор ванільний і збивали ще 5 хв. Окремо яйця збивали з рештою цукру-піску протягом 10 хв до утворення стійкої піни. До цієї суміші додавали суміш просіяного борошна та розпушувача. Далі поєднували утворену суміш із попередньо збитим маслом вершковим. Все ретельно перемішували. У кінці додавали молоко, все перемішували і залишали тісто на 20 хв. Тим часом розігрівали вафельницю. Вафлі випікали при температурі 200 °С протягом 40–75 с.

Блок-схема виготовлення зразків вафель зображена на рис. 2.3.

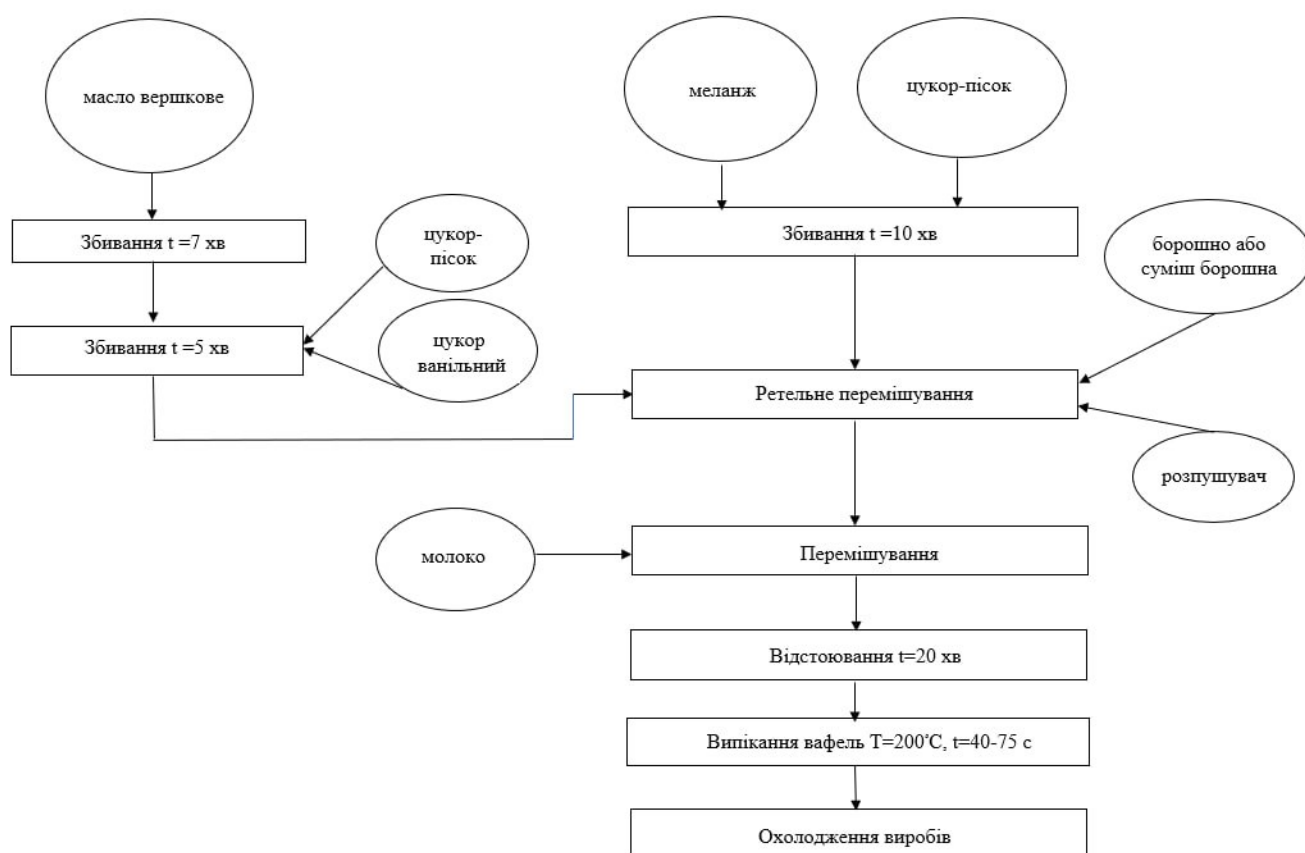


Рисунок 2.3 –Блок-схема виготовлення зразків вафель

При відборі проб під час проведення аналізу показників складу та якості зразків вафель керувалися ДСТУ 4619:2006 «Вироби кондитерські. Правила приймання, методи відбору та підготовки проб».

Відповідно до ДСТУ 4033:2018 «Вафлі. Загальні технічні умови» за органолептичними показниками вафлі без начинки мають відповідати вимогам, зазначеним в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Органолептичні показники якості вафель [53]

Назва показника	Характеристика вафель
Смак та запах	Характерні для конкретного виду вафель, без сторонніх присмаків та запахів
Зовнішній вигляд	Поверхня з чітким малюнком з рівним обрізом, без підтікань. Вафлі повинні мати однаковий розмір та правильну форму, встановлені для цієї назви рецептурою. Допустимо до 10 % у партії ломаних вафельних листів
Вигляд у розрізі	Вафельні листи рівномірно пропечені, з вираженою пористістю і хрусткими властивостями
Колір	Від світло-жовтого або білого до жовтого або коричневого залежно від рецептури. Не допустимо плям та підгорілості

Сенсорний аналіз проводили відповідно до ДСТУ 4683:2006 «Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників якості, розмірів, маси нетто і складових частин». При дегустації для оцінки якості зразків вафель використовували бальну систему оцінювання із застосуванням вагових коефіцієнтів. Показники складу та якості зразків вафель визначали за нормативною документацією, наведеною у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Показники складу та якості вафель

Показник	Методи дослідження
1	2
Вологість, %	ДСТУ 4910:2008 «Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин»

Продовження табл. 2.3

1	2
Вміст сирого протеїну, %	ДСТУ 7169:2010 «Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначання вмісту азоту і сирого протеїну»
Вміст сирого жиру, %	ДСТУ 5060:2008 «Вироби кондитерські. Методи визначання масової частки жиру»
Вміст сирої клітковини, %	ДСТУ ISO 6865:2004 «Корми для тварин. Визначення вмісту сирої клітковини методом проміжного фільтрування»
Вміст загальної золи, %	ДСТУ 4672:2006 «Вироби кондитерські. Методи визначення золи і металомагнітних домішок»
Вміст золи, нерозчинної в розчині з масовою часткою соляної кислоти 10 %, %	ДСТУ 4672:2006 «Вироби кондитерські. Методи визначення золи і металомагнітних домішок»
Вміст макроелементів, г/кг	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
Вміст мікроелементів, мг/кг	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В

Висновки за розділом

Об'єкт дослідження – технологія виробництва безглютенових вафель. Предмет дослідження – показники складу та якості вафель. Наведено прилади й обладнання, використані для виготовлення зразків вафель. Охарактеризовано соргове та амарантове борошно як безглютенову та біологічно цінну сировину для виготовлення вафель. Описано методикку виготовлення зразків вафель. Наведено чинну нормативну документацію щодо методик визначення показників складу та якості зразків вафель.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Постановка задачі дослідження

Необхідність розробки рецептур безглютенових харчових продуктів спричинена зростанням населення, яке має непереносимість глютену. Якщо раніше, безглютенові продукти розробляли більше як тренд, то сьогодні це вже вимушена дія. Основою більшості борошняних кондитерських виробів, у тому числі і вафель, які користуються попитом серед вітчизняних споживачів, є традиційне пшеничне борошно. Але вміст глютену у харчових продуктах, вироблених на основі пшеничного борошна, не дає можливості вживати їх людям, які мають непереносимість глютену або хворіють на целиакію. На сьогодні ринок безглютенових продуктів розвивається, але вони мають і високу вартість, що заганяє людину, яка може споживати лише такі продукти, у скрутне становище, адже єдиним способом лікування зазначених вище хвороб є сувора безглютенова дієта. Окрім того, все найчастіше зустрічаються випадки, особливо серед дітей, одночасної непереносимості і глютену і лактози, що ще більше обмежує раціон харчування. І знайти харчові продукти, виготовлені на основі одночасно і безглютенової сировини і безлактозної, стає ще важчим завданням для такої групи людей. Це і спонукало нас розробити вафлі, використовуючи безглютенову та безлактозну сировину.

Метою наших досліджень сформовано розроблення рецептури безглютенових вафель, орієнтованих на споживачів, які хворіють на целиакію, мають непереносимість глютену без целиакії або мають алергію на пшеницю. Задачі, поставлені для досягнення зазначеної мети, наведені на рис. 3.1.

3.2 Асортиментний аналіз вафель оздоровчого призначення

На сьогодні розробка безглютенових харчових продуктів є сучасним викликом вітчизняної харчової промисловості.

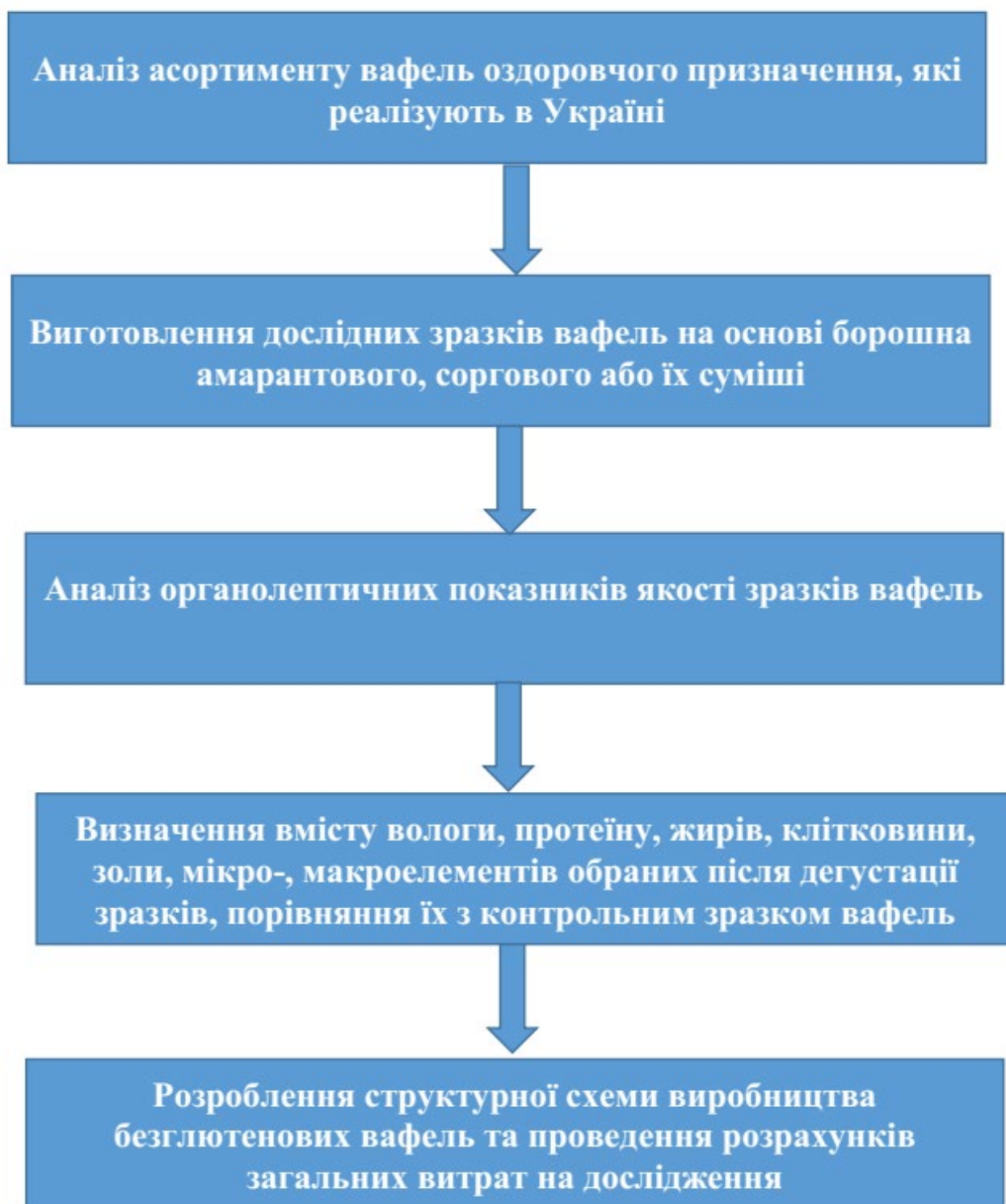


Рисунок 3.1 – Задачі кваліфікаційної роботи

Цікавим було дослідити асортимент вафель оздоровчого призначення, які реалізують в Україні (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Асортимент вафель оздоровчого призначення

№	Назва	Виробник	Регіон	Інгредієнти	Ефект
1	2	3	4	5	6
1.	Вафлі з начинкою осінній сад з фруктозою	Житомирські ласощі	Україна	Борошно пшеничне вищого гатунку, жир кондитерський, фруктоза, молоко сухе знежирене, какао-порошок, розпушувач, порошок яєчний, сіль харчова, ароматизатор ваніль	Стабілізація рівня глюкози у крові, зміцнення імунітету
2.	Вафлі ванільні без глютену, лактози та цукру	БЕТ	Польща	Крохмаль кукурудзяний, жир кокосовий, підсолоджувач, борошно рисове, молоко сухе знежирене без лактози, крохмаль картопляний, волокно бамбукове, порошок яєчний, сіль, волокно з вівса безглютенового, ваніль	Зниження рівня цукру та холестерину, легке засвоєння вітамінів та мінералів з інших харчових продуктів
3.	Вафлі без глютену з лісовими горіхами «Wafers alle nocciole»	Dr. Schär	Італія	Крохмаль картопляний, цукор, жири рослинні, борошно рисове, горіхи лісові, сироватка суха з молока, борошно соєве, какао-порошок	Дієтичний вплив, прискорення обміну речовин, покращення травного процесу

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
				знежирений, розпушувач	
4.	Рисові вафлі з шоколадом	Verival	Нідерланди	Рис, цукор, какао- масло, молоко сухе, какао терте, сироватка молочна суха, ваніль	Зміцнення серцево- судинної системи, зниження рівня шкідливого холестерину
5.	Вафлі з горіховим кремом без глютену	Galbusera	Італія	Начинка вершкова цукор, крохмаль кукурудзяний, фундук какао, борошно соєве, харчові волокна, молочні білки, ароматизатори	Покращення імунітету
6.	Вафлі з кокосом	Crich	Італія	Борошно пшеничне, масло кокосове рослинне, цукор, крохмаль пшеничний, глюкоза, молоко сухе знежирене, борошно соєве, порошок кокосовий, сіль харчова, розпушувач	Підвищення імунітету, нормалізація процесу травлення, клітинне оновлення
7.	Вафлі з медом органічні	Verival	Нідерланди	Борошно пшеничне, сироп глюкози, мед, олії рослинні, цукор тростинний, борошно пшеничне цільозернове, порошок яєчний,	Зниження рівня холестерину, відновлення функцій печінки та нирок

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
				сіль морська, розпушувач, кориця	

Виявлено, що асортимент вафель оздоровчого призначення, які реалізують в Україні, доволі малий. Це підтверджує правильність обраного нами напряму досліджень. Використання безглютенової сировини зустрічається в досліджених продуктах, але тільки рисового та соєвого борошна. Для наших подальших досліджень ми вирішили обрати безглютенові види борошна, а саме соргове та амарантове, які за результатами аналітичного огляду літературних джерел є перспективною безглютеновою сировиною, яка окрім цього, володіє ще й цінним нутрієнтним складом.

3.3 Обґрунтування доцільності виготовлення безглютенових вафель

Вафлі – один з найпоширеніших і давно відомих споживачам кондитерських виробів. Доцільним на сьогодні є використання у борошняних кондитерських виробках безглютенових інгредієнтів, що пов'язано з приростом населення, яке має непереносимість глютену. Це дає можливість розширити асортимент продукції, яку зможуть вживати відповідні споживачі, яким це є дуже необхідним.

Аналізуючи опрацьовані дані літературних джерел, слід зазначити, що значна кількість вчених вивчають питання удосконалення рецептурного складу традиційної рецептури вафель за рахунок додавання різних добавок, таких як: пюре обліпихи, грибний порошок, борошно пшеничне цільозернове, чорнозерної пшениці, цільозмелене з голозерного ячменю, лляне знежирене, соєве, крупа кукурудзяна, рисова, вівсяна, пластівці горохові тощо.

Вважаємо, що повна заміна борошна пшеничного на безглютенове є доцільним способом удосконалення рецептури вафель. Взавши до уваги

функціональні властивості борошна амарантового та соргового, зазначені у першому розділі нашої кваліфікаційної роботи, нами вирішено розробити рецептуру безглютенових вафель за рахунок використання у якості основної сировини саме цих видів борошна. До цього їх не використовували у технологіях вафель. За прототип обрано рецептуру вафель згідно [42].

У табл. 3.2 наведено поживну та енергетичну цінність соргового та амарантового борошна ТМ «Ms. Tally» за інформацією з етикеток.

Таблиця 3.2 Поживна та енергетична цінність амарантового та соргового борошна, використаних у дослідженні

Назва борошна	Поживна цінність, г/100 г продукту			Енергетична цінність, кКал
	білків	жирів	вуглеводів	
Амарантове	8,9	1,7	61,0	298
Соргове	10,6	4,1	60,0	323

Рецептури зразків безглютенових вафель представлено в таблиці 3.3. Вафлі виготовляли згідно п.п. 2.3.

Таблиця 3.3 – Рецептури вафель на 100 г готового продукту

№ з/п	Сировина	Вміст в рецептурі, г					
		Прото- типу	зразків				
			№1	№2	№3	№4	№5
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Молоко традиційне	62,2	-	-	-	-	-
2	Молоко безлактозне	-	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2
3	Борошно пшеничне вищого гатунку	49,78	-	-	-	-	-
4	Борошно амарантове	-	49,78	-	24,89	37,34	12,44
5	Борошно соргове	-	-	49,78	24,89	12,44	37,34
6	Масло вершкове традиційне	37,34	-	-	-	-	-
7	Масло вершкове безлактозне	-	37,34	37,34	37,34	37,34	37,34

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Меланж	29,86	29,86	29,86	29,86	29,86	29,86
9	Цукор-пісок	14,94	14,94	14,94	14,94	14,94	14,94
10	Цукор ванільний	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98
11	Розпушувач	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

Після виготовлення зразків вафель (рис. 3.2) визначили їх органолептичні показники якості.



Контрольний зразок



Зразок №1 (100 % амарантового борошна)



Зразок №2 (100 % соргового борошна)



Зразок №3 (50 % амарантового борошна, 50 % соргового борошна)



Зразок №4 (75 % амарантового борошна, 25 % соргового борошна)



Зразок №5 (25 % амарантового борошна, 75 % соргового борошна)

Рисунок 3.2 – Загальний вигляд зразків вафель

3.4 Визначення органолептичних показників якості вафель

Після виготовлення зразків вафель за рецептурами, передбаченими дослідженням, провели їх сенсорний аналіз. На рис. 3.3 можна побачити різницю впливу відсотку використаного борошна на зовнішній вигляд та структуру готового виробу.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд безглютенових вафель (зліва направо) – контрольний зразок, зразок №1, зразок №2, зразок №3, зразок №4, зразок №5

Контрольним зразком були вафлі з 100 %-вим вмістом борошна пшеничного. Тісто гарно себе показало при виготовленні виробів. Дослідні зразки безглютенових вафель мали велику кількість отворів, особливо зразки з використанням амарантового борошна. Помічена тенденція, чим більший був вміст амарантового борошна, тим більшу кількість отворів мали вироби. У всіх зразках були не чіткі краї, що пов'язано з використаним обладнанням.

Результати органолептичної оцінки показників якості готових вафель наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Органолептична оцінка якості готових вафель

Номер зразку	Показники			
	Смак та запах	Зовнішній вигляд	Вигляд у розрізі	Колір
1	2	3	4	5
К*	Приємні, без стороннього присмаку та запаху	Прослідковується чіткий рисунок, поверхня рівна, не бугриста, отвори у готовому виробі майже відсутні	Рівномірно пропечені вироби з гарними хрусткими властивостями	Світло-жовтий
1	Приємні, без стороннього присмаку та запаху	Прослідковується чіткий рисунок, поверхня бугриста, наявна велика кількість отворів у готовому виробі	Рівномірно пропечені вироби з гарними хрусткими властивостями	Світло-жовтий
2	Приємні, без стороннього присмаку та запаху	Прослідковується чіткий рисунок, поверхня рівна, не бугриста, наявна незначна кількість отворів у готовому виробі	Рівномірно пропечені вироби з гарними хрусткими властивостями	Шоколадний
3	Приємні, без стороннього присмаку та запаху	Прослідковується чіткий рисунок, поверхня рівна, не бугриста, наявні отвори у готовому виробі	Рівномірно пропечені вироби з гарними хрусткими властивостями	Кремний

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5
4	Приємні, без стороннього присмаку та запаху	Прослідковується чіткий рисунок, поверхня рівна, не бугриста, наявна значна кількість отворів у готовому виробі	Рівномірно пропечені вироби з гарними хрусткими властивостями	Кремовий
5	Приємні, без стороннього присмаку та запаху	Прослідковується чіткий рисунок, поверхня рівна, не бугриста, отвори у готовому виробі майже відсутні	Рівномірно пропечені вироби з гарними хрусткими властивостями	Світло-шоколадний

*Примітка:

К – контрольний зразок – прототип;

- 1) зразок №1 – 100 % борошна амарантового;
- 2) зразок №2 – 100 % борошна соргового;
- 3) зразок №3 – 50 % борошна амарантового, 50 % борошна соргового;
- 4) зразок №4 – 75 % борошна амарантового, 25 % борошна соргового;
- 5) зразок №5 – 25 % борошна амарантового, 75 % борошна соргового.

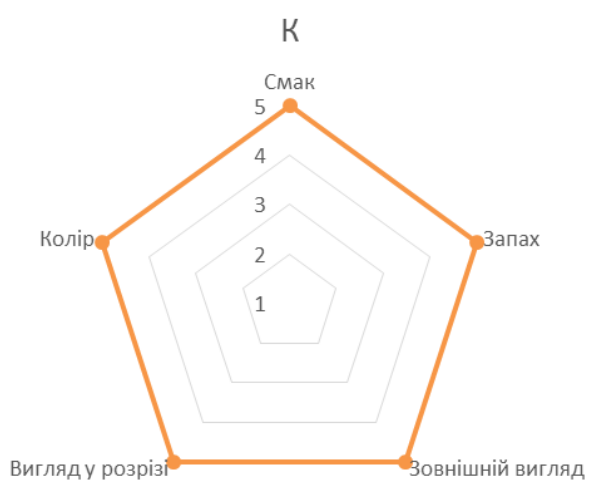
Всі зразки вафель відповідають вимогам ДСТУ 4033:2018 «Вафлі. Загальні технічні умови», окрім відмінних від вимог стандарту зразків №1, №3 та №4, що не задовольняють вимоги за зовнішнім виглядом – мають бугристу поверхню, та значну кількість отворів у готових виробах.

Для надання готовим виробам бальної оцінки працювало 11 експертів серед пересічних споживачів. Оцінювали за показниками: смак, запах, зовнішній вигляд, вигляд у розрізі та колір. Загальна середня бальна оцінка наведена у табл. 3.5. Застосували наступні коефіцієнти вагомості: для смаку – 3, для запаху – 2, для зовнішнього вигляду – 2, для вигляду у розрізі – 1, для кольору – 2.

Органолептичний профіль зразків вафель наведений на рис. 3.4.

Таблиця 3.5 – Органолептичні показники якості зразків вафель

Показник	Зразки вафель					
	К	1	2	3	4	5
Смак	5	4	4,6	4,8	4,4	5
Запах	5	4,6	4,8	5	4,8	5
Зовнішній вигляд	5	3	4,6	4,4	4,2	5
Вигляд у розрізі	5	5	5	5	5	5
Колір	5	4	5	4,8	4,6	5
Загальна органолептична оцінка	50,0	40,2	47,6	47,8	45,4	50,0



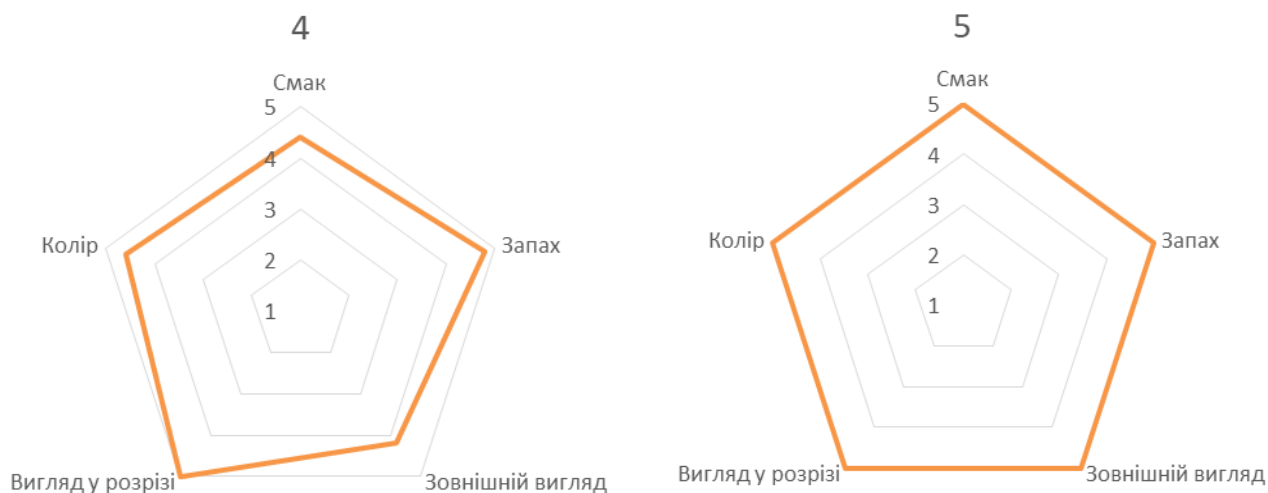


Рисунок 3.3 – Органолептичний профіль зразків вафель

На основі значення загальної органолептичної оцінки побудовано гістограму (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Загальна органолептична оцінка

Усі зразки вафель одержали достатньо високий бал. Найменше балів отримали зразки №1 (100 % борошна амарантового) та №4 (75 % борошна амарантового, 25 % борошна соргового). Найвищу оцінку отримали контрольний і зразок №5 (25 % борошна амарантового, 75 % борошна соргового).

Далі досліджували вміст вологи, протеїну, жирів, клітковини, золи, мікро- та макроелементів зразку №5 (25 % борошна амарантового, 75 % борошна соргового) та контролю.

3.5 Визначення показників якості та складу зразків вафель

У табл. 3.6. наведено результати визначення показників складу зразків вафель, обраних для аналізу на підставі результатів дегустації.

Таблиця 3.6 – Характеристика показників якості зразків вафель

Назва показника	Контрольний зразок (вафлі на основі борошна пшеничного)	Зразок №5 (25 % борошна амарантового, 75 % борошна соргового)
Масова частка*, %:		
вологи	4,11	7,85
протеїну	11,03	11,87
жиру	32,41	33,19
клітковини	0,65	2,88
золи	1,41	1,82
золи, нерозчинної в розчині з масовою часткою соляної кислоти 10 %	1,41	1,82

*у перерахунку на сухі речовини

За результатами аналізу табл. 3.6 можна сказати, що за складом зразок безглютенових вафель переважає контрольний зразок за всіма показниками. Одержані дані не порівнювали з вимогами ДСТУ, адже рецептура передбачає виготовлення м'яких вафель, вимоги до яких не передбачені у ДСТУ 4033:2018 «Вафлі. Загальні технічні умови».

Результати визначення мікро- та макроелементного складу зразків вафель представлені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Вміст макро- і мікроелементів у зразках вафель

Назва показника	Контрольний зразок (вафлі на основі пшеничного борошна)	Зразок №5 (25 % борошна амарантового, 75 % борошна соргового)
Макроелементи		
Кальцій, г/кг	1,21	1,36
Фосфор, г/кг	2,70	3,25
Магній, г/кг	0,23	0,71
Натрій, %	0,20	0,20
Мікроелементи		
Залізо, мг/кг	менше 0,0001	менше 0,0001
Цинк, мг/кг	25,54	18,17
Мідь, мг/кг	1,12	1,91
Марганець, мг/кг	3,43	8,00

За результатами аналізу табл. 3.7 можна сказати, що зразок вафель №5 (25 % борошна амарантового, 75 % борошна соргового) переважає контроль за вмістом Кальцію, Фосфору, Магнію, Міді та Марганцю.

Перспективними будуть подальші дослідження щодо умов пакування, зберігання та транспортування одержаних вафель.

3.6 Структурна схема виробництва безглютенових вафель

Опрацювавши всі одержані результати досліджень, передбачені завданням кваліфікаційної роботи, нами обрано до впровадження зразок безглютенових вафель №5 (75 % борошна соргового, 25 % борошна амарантового), блок-схема виробництва якого зображена на рис. 3.5.

Всі компоненти зважують (г/100 г готового продукту: молоко безлактозне – 62,22; масло вершкове безлактозне – 37,34; борошно соргове – 37,34; меланж – 29,86; цукор-пісок – 14,94; борошно амарантове – 12,44; цукор ванільний – 4,98; розпушувач – 0,88), сипкі компоненти просіюють, далі готують тісто наступним чином: міксером збивають розм'якшене масло вершкове протягом 7 хв, додають

половину кількості цукру-піску та цукор ванільний і збивають ще 5 хв. Окремо яйця збивають з рештою цукру-піску протягом 10 хв до утворення стійкої піни. До цієї суміші додають суміш просіяного борошна і розпушувача. Далі поєднують утворену суміш із попередньо збитим маслом вершковим. Все ретельно перемішують. У кінці додають молоко, все перемішують і залишають тісто на 20 хв. Тим часом розігрівають вафельницю. Вафлі випікають при температурі 200 °С протягом 50 с.

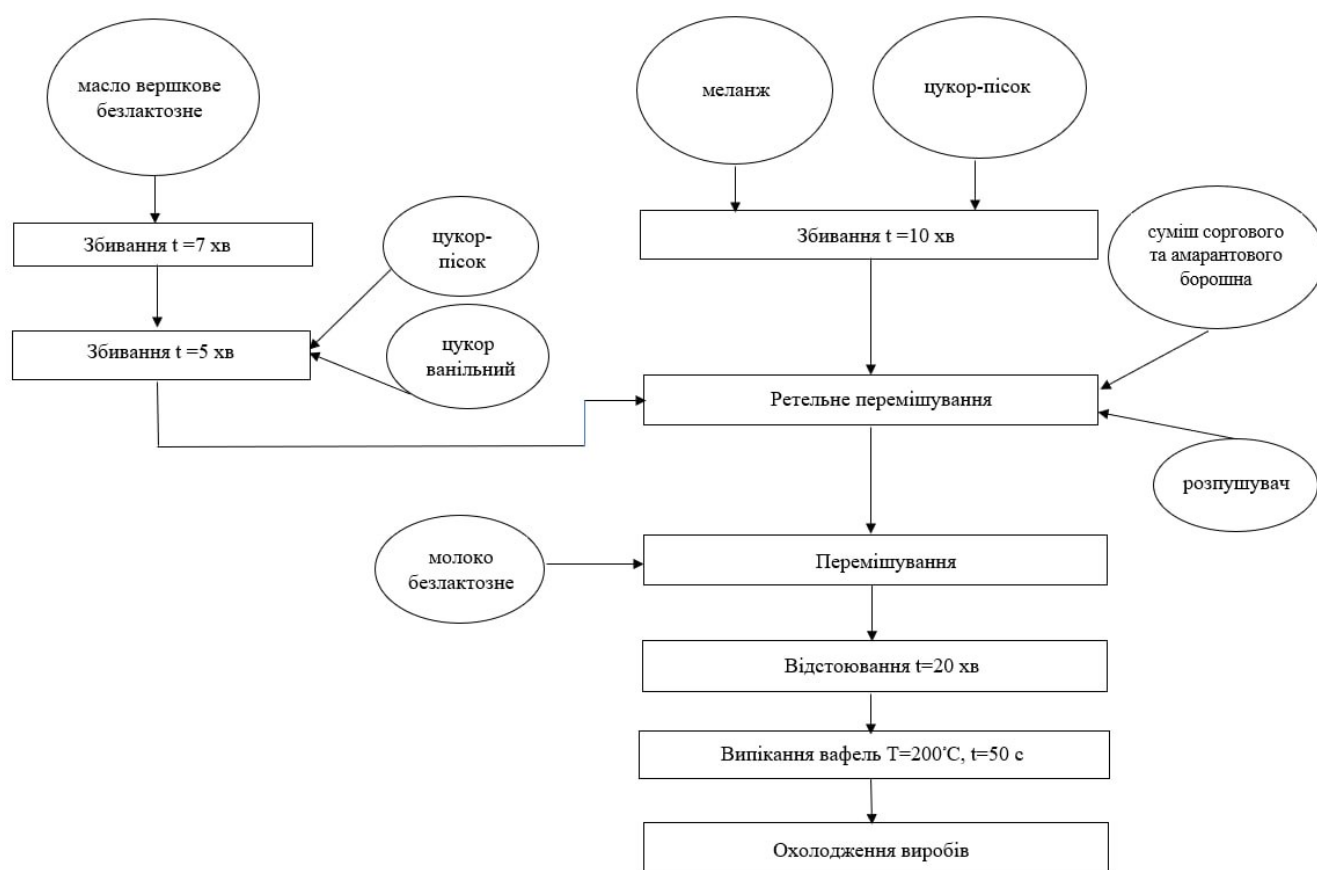


Рисунок 3.5 – Блок-схема виготовлення безглютенових вафель

Висновки за розділом

1. Асортимент вафель оздоровчого призначення, які реалізують в Україні, доволі малий. Це підтверджує правильність обраного нами напряму досліджень.

2. Виготовлено 5 зразків вафель, у рецептурах яких використовували у якості безглютенової сировини соргове та амарантове борошно. Контрольний зразок – прототип на основі борошна пшеничного.

3. Всі зразки вафель відповідали вимогам за всіма показниками згідно ДСТУ 4033:2018 «Вафлі. Загальні технічні умови», окрім відмінних від вимог стандарту зразків №1, №3 та №4, що не задовольняли вимоги за зовнішнім виглядом – мали бугристу поверхню, та значну кількість отворів у готових виробках. Всі зразки вафель одержали достатньо високий бал при дегустаційній оцінці. Найменше балів при дегустації отримали зразки №1 (100 % борошна амарантового) та №4 (75 % борошна амарантового, 25 % борошна соргового). Найвищу оцінку при дегустації отримали контрольний і зразок №5 (75 % борошна соргового, 25 % борошна амарантового).

4. За вмістом протеїну, жирів, клітковини, золи, Кальцію, Фосфору, Магнію, Міді та Марганцю зразок №5 (75 % борошна соргового, 25 % борошна амарантового) переважає контрольний.

5. Опрацювавши всі одержані результати досліджень нами обрано до впровадження зразок безглютенових вафель №5 (75 % борошна соргового, 25 % борошна амарантового).

Всі компоненти зважують (г/100 г готового продукту: молоко безлактозне – 62,22; масло вершкове безлактозне – 37,34; борошно соргове – 37,34; меланж – 29,86; цукор-пісок – 14,94; борошно амарантове – 12,44; цукор ванільний – 4,98; розпушувач – 0,88), сипкі компоненти просіюють, далі готують тісто наступним чином: міксером збивають розм'якшене масло вершкове протягом 7 хв, додають половину кількості цукру-піску та цукор ванільний і збивають ще 5 хв. Окремо яйця збивають з рештою цукру-піску протягом 10 хв до утворення стійкої піни. До цієї суміші додають суміш просіяного борошна і розпушувача. Далі поєднують утворену суміш із попередньо збитим маслом вершковим. Все ретельно перемішують. У кінці додають молоко, все перемішують і залишають тісто на 20 хв. Тим часом розігрівають вафельницю. Вафлі випікають при температурі 200 °С протягом 50 с.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Розробка картки безпеки праці

Виготовлення зразків вафель, їх органолептичний аналіз, передбачені завданням магістерської кваліфікаційної роботи, проводили у навчальній лабораторії з харчових технологій (кафедра харчових технологій ДДАЕУ), у якій наявне обладнання і прилади для виготовлення зразків вафель: столовий та лабораторний посуд, водонагрівач, вафельниця, технічні ваги, міксер тощо. Дана лабораторія відповідає сучасним вимогам до освітнього процесу за спеціальністю «Харчові технології». Відмітимо, що в дані навчальній лабораторії створені всі умови для реалізації науково-дослідних занять з дотриманням вимог пожежної безпеки та охорони праці.

Так як об'єктом дослідження магістерської роботи є технологія виробництва безглютенкових вафель, нами розроблено картку безпеки праці (рис. 4.1) для оператора лінії з виробництва вафель.

4.2 Утилізація відходів від виробництва вафель

Процес виробництва вафель впливає на навколишнє середовище через такі основні елементи, як забруднення повітря викидами пилу, виробничим шумом та викидами стічних вод. Оскільки забруднення повітря є основною загрозою, найважливішим питанням у системах захисту навколишнього середовища кондитерських підприємств є забезпечення чистого повітря. За статистикою ВООЗ ООН на сьогодні 9 із 10 людей дихають забрудненим повітрям, що дуже впливає на стан здоров'я населення планети, тому питання забруднення повітря є глобальним на сьогодні.

<p>1. Загальна інформація</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Місце роботи – лінія з виробництва вафель. 2. Вид робіт – виробництво м'яких вафель. 3. Посада – оператор лінії. 4. Тривалість робочого часу – 2 зміни (07:00–18:30; 19:00–06:30). 5. Проходження медогляду – 1 раз на рік. 6. Проходження вторинного інструктажу з охорони праці – 1 раз на 6 місяців. 7. Термін дії картки: до 01.12.2029 р. 	<p>2. Забезпечення одягом та засобами індивідуального захисту</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Головний убір – 1 раз на рік. 2. Взуття шкіряне жаростійке – 1 раз на 6 місяців. 3. Нарукавники бавовняні – 1 раз на 3 місяці. 4. Рукавиці трикотажні, навушники протишумові, окуляри захисні – до зносу.
<p>3. Вимоги перед початком роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. До роботи допускають осіб, які досягли 18-річного віку, пройшли медичне обстеження та не мають медичних протипоказань, вступний інструктаж, спеціальне навчання. 2. Робітник повинен одягнути спецодяг, підготувати робочу зону. 3. Перевірити роботу штучної вентиляції, справність та наявність захисних огорожень приводів робочих органів. 4. Перед запуском обладнання перевірити, що нікому не загрожує небезпека від рухомих частин і механізмів. 5. Перевірити роботу обладнання на холостому ходу. 6. Про виявлені порушення і недоліки доповісти безпосередньому керівнику і до їх усунення до роботи не приступати. 	<p>4. Вимоги під час роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Робітнику дозволяється виконувати тільки ту роботу, за якою пройдено навчання, інструктаж з охорони праці, до якої допущений особою, відповідальною за безпечне проведення робіт. 2. Необхідно утримувати своє робоче місце у належній чистоті, своєчасно прибирати з підлоги розсипані сипкі продукти, розлиті рідини тощо. 3. Необхідно застосовувати засоби захисту рук під час роботи з гарячими поверхнями. 4. Можна використовувати тільки справне устаткування, пристосування, інструмент. 5. Не дозволяється доручати свою роботу іншим особам, які не пройшли відповідний інструктаж та навчання.
<p>5. Вимоги після закінчення роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Привести в порядок робоче місце, інструменти та пристосування прибрати у відведене місце. 2. Зняти і здати на збереження спецодяг і засоби індивідуального захисту. 3. Виконати правила особистої гігієни. 4. Про виявлені порушення і недоліки під час проведення робіт доповісти безпосередньому керівнику і змінному працівнику. 	<p>6. Вимоги в надзвичайних ситуаціях</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. негайно припинити всі роботи. 2. Вимкнути все обладнання; 3. Доповісти керівнику про виникнення надзвичайної ситуації.
<p>Контакти служб екстреної допомоги</p>	
<p>Внутрішні службові номери: Майстер відділення: 000-00-00 Служба охорони праці: 000-00-00 – головний інженер, 000-00-00 – медичний кабінет.</p>	 <p>Номери телефонів екстрених служб</p> <p>Номер телефону для всіх видів екстреної допомоги 112</p> <p>Служба пожежної безпеки 101</p> <p>Швидка медична допомога 103</p> <p>Поліція 102</p> <p>Аварійна газова служба 104</p>

Рисунок 4.1 – Картка безпека праці

У процесі просіювання, транспортування та подачі сировини утворюється певна кількість органічного пилу. Щоб пил не потрапляв в атмосферу і не забруднював територію навколо заводу, встановлена витяжна система, яка всмоктує пил з усіх точок викидів. Повітря надійно очищається циклонами і фільтрами різних конструкцій. Розташування технічних установок на кондитерських підприємствах має бути легкодоступним для обслуговування та очищення від пилу. Для полегшення видалення пилу в приміщеннях на підприємстві передбачені гладкі поверхні на стелях, стінах, несучих конструкціях, дверних заповненнях та підлогах. Прибирання пилу на підприємстві здійснюється відповідно до затвердженої керівниками програми, в якій зазначається частота прибирання певних виробничих зон.

Кондитерські підприємства повинні мати чіткий план управління відходами, який враховує всі етапи виробництва і типи відходів, що утворюються, такі як відходи сировини, відходи від просіювання сипучих продуктів, відходи водопідготовки, пил та брак.

Ці відходи повинні належним чином управлятися та утилізуватися для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та дотримання екологічних стандартів. Компанії повинні використовувати спеціалізовані технології та процеси, щоб зменшити кількість відходів і досягти більшої утилізації та переробки.

Висновки за розділом

Розроблено картку безпеки праці для операторів лінії з виробництва вафель, обговорено та визначено методи утилізації кондитерських відходів та місцеві впливи на екологічну безпеку.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Організація проведення дослідження

Популяризація безглютенових і безлактозних продуктів є сферою, пов'язаною з розвитком харчової промисловості, і врахована під час виконання кваліфікаційної роботи. Реалізація цього аспекту потребує певних витрат.

Перелік робіт при проведенні дослідження магістерської роботи з обґрунтування технології виробництва безглютенових вафель та матриця тривалості робіт наведені у табл. 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , дні
1	2	3
0-0	Одержання завдання	0
0-1	Огляд науково-технічної та патентної інформації відповідно до теми кваліфікаційної роботи	10
1-2	Вибір методики та підготовка робочого місця	1
1-3	Вибір основної безглютенової сировини, розрахунок рецептури зразків вафель	1
2-4	Підготовка сировини для проведення досліджень (придбання, просіювання сипких продуктів, дозування у відповідності до конкретних рецептур)	2
3-4	Виготовлення зразків вафель	2
4-5	Органолептичний аналіз вафель	2
5-6	Аналіз одержаних результатів з проведення органолептичної оцінки	1
6-7	Визначення вмісту вологи, протеїну, жиру, клітковини, золи, мікро- та макроелементів у зразках вафель.	7
7-8	Аналіз одержаних результатів щодо складу вафель	1
8-9	Розробка схеми виробництва безглютенових вафель	1
9-10	Виконання розділу «Охорона праці та захист навколишнього середовища»	3

Продовження табл. 5.1

1	2	3
9-11	Виконання розділу «Організаційно-економічна частина»	3
10-12	Підготовка тез	5
11-12	Оформлення магістерської роботи	5
12-13	Узгодження з кафедрою харчових технологій	2
13-14	Отримання рецензії	3
14-15	Захист кваліфікаційної роботи	1
Всього		50

Таблиця 5.2 – Матриця тривалості робіт

	J=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
I=1	10	1	1													
2				2												
3				2												
4					2											
5						1										
6							7									
7								1								
8									1							
9										3	3					
10												5				
11												5				
12													2			
13														3		
14															1	
Всього	10	1	1	4	2	1	7	1	1	3	3	10	2	3	1	100

За одержаними даними побудовано сітьовий графік (рис. 5.1).

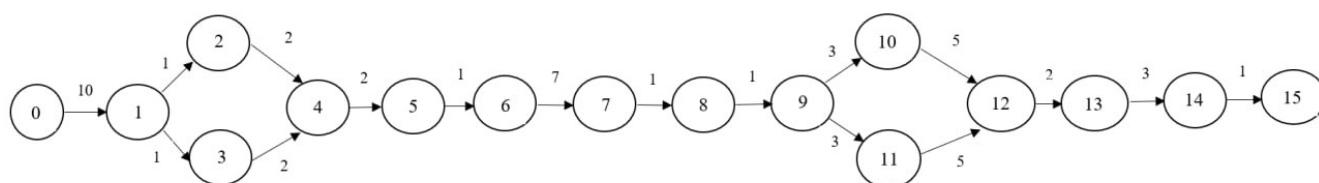


Рисунок 5.1 – Сітьовий графік проведення роботи

З матриці видно, що найбільш тривалими роботами є : 0-1; 6-7; 10-12; 11-12.

Тривалість критичного шляху дорівнює:

$$T_k = 10+1+2+2+1+7+1+1+3+5+2+3+1 = 39 \text{ днів}$$

Отже для того, аби виконати всі поставлені задачі та завдання магістерської роботи, необхідно витратити 39 днів.

5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження кваліфікаційної роботи

Розраховуємо витрати, пов'язані з проведенням дослідження магістерської роботи, які визначаємо за допомогою кошторису витрат.

Витрати на основні та допоміжні матеріали розраховували за формулою (5.1):

$$m = \sum m_1 \cdot C_1 \quad (5.1)$$

де, m_1 – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_1 – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

№ з/п	Найменування інгредієнту, одиниці	Ціна за одиницю, грн	Кількість	Сума, грн
1	2	3	4	5
1	Молоко ультрапастеризоване, 2,5 % жиру, л	31,90	0,2	6,38
2	Молоко безлактозне ультрапастеризоване, 2,5 % жиру, л	49,50	1	49,50
3	Масло солодковершкове, кг	329,45	0,1	32,95
4	Масло солодковершкове безлактозне, кг	473,00	0,5	236,50

Продовження табл. 5.3

1	2	3	4	5
5	Борошно пшеничне вищого сорту, кг	49,00	0,1	4,90
6	Борошно соргове, кг	102,00	0,3	30,60
7	Борошно амарантове, кг	115,00	0,3	34,50
8	Яйця, шт	6,59	12	79,08
9	Цукор-пісок, кг	34,40	0,4	13,76
10	Цукор ванільний, кг	270,00	0,06	16,20
11	Розпушувач, кг	450,00	0,02	9,00
			Всього	513,37

Результати розрахунку заробітної плати керівника наукового дослідження наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник кваліфікаційної роботи	13096,44	74,41	15	1116,15
			Всього	1116,15

Нарахування на заробітну плату приймали у розмірі 22 % від фонду робочого часу. Від загальної суми заробітної платні вони складають:

$$H = \frac{1116,15 \cdot 22}{100} = 245,55 \text{ грн}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначали за формулою (5.2):

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

де, M – потужність використаного електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи обладнання, год.;

a – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн./(кВт/год.);

$a = 5,86$ грн./(кВт/год.).

Під час приготування зразків вафель були використані лабораторні ваги, міксер, вафельниця, персональний комп'ютер.

Затрати електроенергії при використанні лабораторних вагів:

$$E_1 = 0,012 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 5,86 = 0,07 \text{ грн}$$

Затрати електроенергії при використанні міксера:

$$E_2 = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 3,0 \cdot 5,86 = 15,82 \text{ грн}$$

Затрати енергії при використанні вафельниці:

$$E_3 = 0,75 \cdot 0,9 \cdot 5,0 \cdot 5,86 = 19,78 \text{ грн.}$$

Затрати електроенергії на роботу персонального комп'ютера:

$$E_4 = 0,045 \cdot 0,9 \cdot 240 \cdot 5,86 = 56,96 \text{ грн}$$

Загальні затрати електроенергії складають:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 0,07 + 15,82 + 19,78 + 56,96 = 92,63 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію обладнання знаходили за формулою (5.3):

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

де, A – амортизаційні відрахування, грн;

Ф – вартість обладнання, грн;

Н – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на даному обладнанні, днів;

365 – кількість днів в році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Лабораторні ваги	9945,00	10	0,09	0,25
Міксер	6999,00	10	0,08	0,15
Вафельниця	1239,00	10	0,05	0,02
Персональний комп'ютер	4500,00	25	20	61,64
			Всього	62,06

Накладні витрати, що включають витрати пов'язані з обслуговуванням установки, приймаються рівними 80 % від розрахованої заробітної плати виконавців дослідження і становлять:

$$\frac{1116,15 \cdot 80}{100} = 892,92 \text{ грн}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	513,37
Заробітна плата	1116,15
Нарахування на заробітну плату	245,55
Електроенергія	92,63
Амортизація	62,06
Накладні витрати	892,92
Додаткові витрати (витрати дослідження в лабораторії)	4740,00
Всього	7662,68

Найбільшими серед усіх витрат виступають додаткові витрати на платні послуги з визначення вмісту протеїну, жиру, клітковини, золи, мікро- та макроелементів у зразках вафель.

5.3 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна робота належить до фундаментальних досліджень, тому ціну визначали на основі витрат на дослідження і рентабельності за формулою (5.4):

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

де, Ц – вартість дослідження, грн;

С – витрати на дослідження, грн;

Р – нормативна рентабельність (Р=30), %.

$$Ц = 7662,68 + \frac{30 \cdot 7662,68}{100} = 9961,48 \text{ грн}$$

Витрати на проведені дослідження кваліфікаційної роботи становлять 9961,48 грн.

Висновки за розділом

Побудовано оптимальний сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 39 днів. Найбільшими затратами під час нашого дослідження були додаткові витрати, а саме витрати на дослідження складу вафель – 4740,00 грн. З урахуванням 30 % нормативної рентабельності загальна вартість магістерського експериментального дослідження склала 9961,48 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Асортимент вафель оздоровчого призначення, які реалізують в Україні, доволі малий. Це підтверджує правильність обраного нами напряму досліджень.

2. Виготовлено 5 зразків вафель, у рецептурах яких використовували у якості безглютенової сировини соргове та амарантове борошно. Контрольний зразок – прототип на основі борошна пшеничного.

3. Всі зразки вафель відповідали вимогам за всіма показниками згідно ДСТУ 4033:2018 «Вафлі. Загальні технічні умови», окрім відмінних від вимог стандарту зразків №1, №3 та №4, що не задовольняли вимоги за зовнішнім виглядом – мали бугристу поверхню, та значну кількість отворів у готових виробках. Всі зразки вафель одержали достатньо високий бал при дегустаційній оцінці. Найменше балів при дегустації отримали зразки №1 (100 % борошна амарантового) та №4 (75 % борошна амарантового, 25 % борошна соргового). Найвищу оцінку при дегустації отримали контрольний і зразок №5 (75 % борошна соргового, 25 % борошна амарантового).

4. За вмістом протеїну, жирів, клітковини, золи, Кальцію, Фосфору, Магнію, Міді та Марганцю зразок №5 (75 % борошна соргового, 25 % борошна амарантового) переважає контрольний.

5. Опрацювавши всі одержані результати досліджень нами обрано до впровадження зразок безглютенових вафель №5 (75 % борошна соргового, 25 % борошна амарантового).

Всі компоненти зважують (г/100 г готового продукту: молоко безлактозне – 62,22; масло вершкове безлактозне – 37,34; борошно соргове – 37,34; меланж – 29,86; цукор-пісок – 14,94; борошно амарантове – 12,44; цукор ванільний – 4,98; розпушувач – 0,88), сипкі компоненти просіюють, далі готують тісто наступним чином: міксером збивають розм'якшене масло вершкове протягом 7 хв, додають половину кількості цукру-піску та цукор ванільний і збивають ще 5 хв. Окремо яйця збивають з рештою цукру-піску протягом 10 хв до утворення стійкої піни.

До цієї суміші додають суміш просіяного борошна і розпушувача. Далі поєднують утворену суміш із попередньо збитим маслом вершковим. Все ретельно перемішують. У кінці додають молоко, все перемішують і залишають тісто на 20 хв. Тим часом розігрівають вафельницю. Вафлі випікають при температурі 200 °С протягом 50 с.

6. Розроблено картку безпеки праці для операторів лінії з виробництва вафель, обговорено та визначено методи утилізації кондитерських відходів та місцеві впливи на екологічну безпеку.

7. Побудовано оптимальний сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 39 днів. Найбільшими затратами під час нашого дослідження були додаткові витрати, а саме витрати на дослідження складу вафель – 4740,00 грн. З урахуванням 30 % нормативної рентабельності загальна вартість магістерського експериментального дослідження склала 9961,48 грн.

Щодо подальших досліджень за темою кваліфікаційної роботи перспективними будуть дослідження щодо строку зберігання, умов пакування, зберігання та транспортування, визначення економічного ефекту від виробництва безглютенових вафель.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Дзюндзя О.В., Звагольська К.М., Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2021. №1. С. 22–29.
2. Butterworth J., Los L. Coeliac disease. *Medicine*. 2019. Vol. 47, no. 5. P. 314–319.
3. Хижняк О.О., Ніколаєв Р.С., Манська К.Г., Олексик О.Т., Плехова О.І. Захворювання щитоподібної залози та целиакія: огляд літератури та власні дослідження. *Проблеми ендокринної патології*. 2023. Вип. 80, №1. С. 73–81.
4. Lindfors K., Ciacci C., Kurppa K., Lundin K.E.A., Makharia G.K., Mearin M.L., Murray J.A., Verdu E.F., Kaukinen K. Coeliac disease. *Nature Reviews Disease Primers*. 2019. Vol. 5, no. 1. P. 1–18.
5. Lebowhl B., Sanders D.S., Green P.H.R. Coeliac disease. *The Lancet*. 2018. Vol. 391. P. 70–81.
6. Товкес А., Панчук О. Целиакія як захворювання зі спадковою схильністю. *Grail of Science*. 2023. №25. С. 514–516.
7. Mariné M., Farre C., Alsina M., Vilar P., Cortijo M., Salas A., Fernández-Bañares F., Rosinach M., Santaolalla R., Loras C., Marquès T., Cusí V., Hernández M.I., Carrasco A., Ribes J., Viver J.M., Esteve M. The prevalence of coeliac disease is significantly higher in children compared with adults. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2010. Vol. 33, no. 4. P. 477–486.
8. Третьякова С.О., Войтовська В.І., Євчук Я.В., Кононенко Л.М. Порівняльна оцінка хімічного складу цільозернового борошна сорго зернового (*Sorghum bicolor*) і чіа (*Salvia hispanica*). *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2020. №2. С. 168–177.
9. Elbaloula M.F., Yang R., Guo Q., Gu Z. Major nutrient compositions and functional properties of sorghum flour at 0–3 days of grain germination. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2013. Vol. 65, issue 1. P. 48–52.

10. Khoddami A., Messina V., Venkata K.V., Farahnaky A., Blanchard C.L., Roberts T.H. Sorghum in foods: Functionality and potential in innovative products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023. Vol. 63, issue 9. P. 1170–1186.
11. Овсієнко С.М., Науменко О.В. Використання нехлібопекарських видів борошна у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*. 2023. Т. 11, № 20. С. 99–110.
12. Шаніна О.М., Мінченко С.М., Гавриш Т.В. Дугіна К.В. Парові безглютенові вироби (теорія і практика): монографія. Харків: КП «Міська друкарня», 2022. 96 с.
13. Taylor J.R.N., Anyango J.O. Sorghum Flour and Flour Products: Production, Nutritional Quality, and Fortification. *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* / eds. Preedy V.R., Watson R.R., Patel V.B. Academic Press. 2011. P. 127–139.
14. Dahir M., Zhu K.X., Guo X.N., Aboshora W., Peng W. Possibility to utilize sorghum flour in a modern bread making industry. *Journal of Academia and Industrial Research*. 2015. Vol. 4, issue 4. P. 128–135.
15. McGinnis M.J., Painter J.E. Sorghum. *Nutrition Today*. 2020. Vol. 50, issue 1. P. 38–44.
16. Awika J.M. Sorghum: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. *Gluten-Free Ancient Grains* / eds. Taylor J.R.N., Awika J.M. Woodhead Publishing. 2017. P. 21–54.
17. Mawouma S., Condurache N.N., Turturică M., Constantin O.E., Croitoru C., Rapeanu G. Chemical Composition and Antioxidant Profile of Sorghum (*Sorghumbicolor* (L.) Moench) and Pearl Millet (*Pennisetumglaucum* (L.) R.Br.) Grains Cultivated in the Far-North Region of Cameroon. *Foods*. 2022. Vol. 11, issue 14. 2026.
18. de Oliveira L.L., de Oliveira G.T., de Alencar E.R., Queiroz V.A.V., Figueiredo L.F.A. Physical, chemical, and antioxidant analysis of sorghum grain and flour from five hybrids to determine the drivers of liking of gluten-free sorghum breads. *LWT*. 2022. Vol. 153. 112407.
19. Rebellato A.P., Orlando E.A., Theodoropoulos V.C.T., Greiner R., Pallone J.A.L. Effect of phytase treatment of sorghum flour, an alternative for gluten free foods

and bioaccessibility of essential minerals. *Journal of Food Science and Technology*. 2020. Vol. 57. P. 3474–3481.

20. Liu L., Herald T.J., Wang D., Wilson J.D., Bean S.R., Aramouni F.M. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. *Journal of Cereal Science*. 2012. Vol. 55, issue 1. P. 31–36.

21. Mohammed N.A., Ahmed I.A.M., Babiker E.E. Nutritional evaluation of sorghum flour (*Sorghum bicolor* L. Moench) during processing of injera. World Academy of Science, *Engineering and Technology*. 2011. Vol. 51. P. 72–76.

22. Chandra S., Dwivedi P., Baig M., Shinde L. Importance of quinoa and amaranth in food security. *Journal of Agriculture and Ecology*. 2018. Vol. 5, no. 5. P. 26–37.

23. Овсієнко С.М., Соломон А.М. Амарант: практичні аспекти використання. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 151 с.

24. Malik M., Sindhu R., Dhul S.B., Bou-Mitri C., Singh Y., Panwar S., Khatkar B.S. Nutritional Composition, Functionality, and Processing Technologies for Amaranth. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2023. Vol. 2023. Article ID 1753029. 24 p.

25. Miranda-Ramos K.C., Sanz-Ponce N., Haros C.M. Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour. *LWT*. 2019. Vol. 114. 108418.

26. Sanz-Penella J.M., Wronkowska M., Soral-Smietana M., Haros M. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT. Food Science and Technology*. 2013. Vol. 50, issue 2. P. 679–685.

27. Калина В.С., Родигін О.А. Макаронні вироби з амарантового борошна. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2022. № 3 (13). С. 57–62.

28. Спосіб виробництва локшини підвищеної поживної цінності: пат. 143798 Україна: МПК А23L 7/109. № у 202001695; заявл. 11.03.2020; опубл. 10.08.2020, Бюл. № 15/2020.

29. Чемелева Ю., Стеценко Н. Обґрунтування рецептурного складу та розроблення способу виробництва чіпсів на основі насіння льону з натуральними рослинними збагачувачами. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 17-18 листопада 2021 р. Київ : НУХТ, 2021. С. 34–36.

30. Миколенко С.Ю., Захаренко А.В. Дослідження впливу амарантового та льняного борошна на якість печива. *Технічні науки та технології*. 2020. №1 (19). С. 228–240.

31. Журба Н.О., Солецька А.Д. Розробка технології виготовлення м'ясних січених напівфабрикатів з використанням амарантового борошна: збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів / за гол. ред. Б.В. Єгоров. Одеса: ОНАХТ, 2018. С. 82–83.

32. Coelho L.M., Silva P.M., Martins J., Pinheiro A.C., Vicente A.A. Emerging Opportunities In Exploring The Nutritional / Functional Value Of Amaranth. *Food & Function*. 2018. Issue 11.

33. Martínez-Villaluenga C., Peñas E., Hernández-Ledesma B. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*. 2020. Vol. 137. 111178.

34. Baraniak J., Kania-Dobrowolska M. The Dual Nature of Amaranth – Functional Food and Potential Medicine. *Foods*. 2022. Vol. 11. 618.

35. Антоненко А., Бровенко Т., Василенко О., Земліна Ю., Криворучко М., Толок Г. Розроблення технології печива з підвищеною харчовою цінністю. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2021. № 3. С. 55–65.

36. Миколенко С.Ю., Царук Л.Ю., Чурсінов Ю.О. Вплив продуктів переробки амаранту і чіа на якість хліба. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2019. №5 (1330). С. 145–151.

37. Мельник І. Використання амарантового борошна в технології кексів. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека:

матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ 28-29 травня 2015 р. Київ: НУХТ, 2015. С. 65–66.

38. Мідлер Г.С., Мамченко Л.Є., Неміріч О.В., Ройко О.Є. Удосконалення технології біфштексів з використанням м'яса кролика і амарантового борошна. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2023. Вип. 3. С. 46–55.

39. Tanimola A.R., Otegbayo B., Akinoso R. Chemical, functional, rheological and sensory properties of amaranth flour and amaranth flour based paste. *African Journal of Food Science*. 2016. Vol. 10 (11). P. 313–319.

40. Esan Y.O., Omoba O.S., Enujiugha V.N. Biochemical and nutritional compositions of two accessions of *Amaranthus Cruentus* seed flour. *American Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 6, no. 4. P. 145–150.

41. Gebreil S.Y., Ali M.I.K., Mousa E.A.M. Utilization of Amaranth Flour in Preparation of High Nutritional Value Bakery Products. *Food and Nutrition Sciences*. 2020. Vol. 11. P. 336–354.

42. Склад м'яких вафель: пат. 123163 Україна: МПК А21D 13/36, А21D 13/45. № и 201709485; заявл. 28.09.2017; опубл. 12.02.2018, Бюл. №3/2018.

43. Склад м'яких вафель: пат. 132096 Україна: МПК А21D 13/80, А21D 13/02. №и 201809231; заявл. 10.09.2018; опубл. 11.02.2019, Бюл. №3/2019.

44. Склад м'яких вафель: пат. 140897 Україна: МПК А21D 13/00, А21D 2/36. №и 201909580; заявл. 02.09.2019; опубл. 10.03.2020, Бюл. №5/2020.

45. Композиція інгредієнтів для виробництва м'яких вафель: пат. 121973 Україна: МПК А21D 2/00, А21D 13/00, А23G 3/42. №и 201706003; заявл. 15.06.2017; опубл. 26.12.2017, Бюл. №24/2017.

46. Композиція інгредієнтів для виробництва м'яких вафель: пат. 143348 Україна: МПК А21D 13/45, А21D 13/02. №и 202000607; заявл. 03.02.2020; опубл. 27.07.2020, Бюл. №14/2020.

47. Композиція інгредієнтів для виробництва цукрових вафель: пат. 132375 Україна: МПК А21D 13/00. №и 201809289; заявл. 12.09.2018; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4/2019.

48. Композиція інгредієнтів для виробництва цукрових вафель: пат. 141837 Україна: МПК А21D 13/06. № u 201910874; заявл. 04.11.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8/2020.

49. Композиція інгредієнтів для виробництва цукрових вафель: пат. 118219 Україна: МПК А21D 13/06, А21D 13/45, А21D 10/04. №u 201701907; заявл. 27.02.2017; опубл. 25.07.2017, Бюл. №14/2017.

50. Збите рідке тісто для цукрових вафель, спосіб виготовлення цукрових вафель, цукрова вафля та кондитерський виріб, що містить цукрову вафлю: пат. 73095 Україна: МПК А23G 3/34, А21D2/18, А21D 2/36, А21D 10/00, А21D 13/00, А21D 13/08, А21D 15/00, А23G 3/00. №2001042320; заявл. 13.07.1999; опубл. 15.06.2005, Бюл. №6/2005.

51. Вафлі солоні без начинки «Крекіси рибні»: пат. 117028 Україна: МПК А21D 13/45. № а 201602769; заявл. 21.03.2016; опубл. 11.06.2018, Бюл. №11/2018.

52. Шеховцова Д.С., Бандура І.І. Органолептична оцінка вафлів з додаванням грибного порошку. ІХ Всеукраїнська науково-технічна конференція магістрантів і студентів ТДАТУ. Факультет агротехнологій та екології: матеріали ІХ Всеукр. наук.техн. конф., м. Мелітополь, 10–25 листопада 2021 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 99–100.

53. ДСТУ 4033:2018. Вафлі. Загальні технічні умови. Чинний від 2019-01-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 8 с.

ДОДАТКИ

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ СКЛАДУ ВАФЕЛЬ



ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Науково-дослідний центр біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК

Атестат акредитації ДНДКІВПКД № 027/вир.лаб., від 11.06.2017 р.
Сертифікат визнання вимірювальних можливостей ОС «УБСЦ»,
№ LB/13/19 від 26.12.2019 р.

Юридична адреса: вул. Сергія Єфремова,
25, м. Дніпро, Україна, 49600

Фактична адреса: вул. Мандриківська,
276, м. Дніпро, Україна, 49100
+38 (095) 063 05 31
+38 (095) 093 03 76
plppm@ua.fm

Затверджую
Директор НДЦ

Д.М.Масюк

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ
№ НТ/8987 від 30.08.2023

Замовник: ТОВ "ПЛАЗМА 2016"
Підприємство: Сова Н.А.
Об'єкт випробування та реєстраційний код зразків: вафлі пшеничні (В-42191/1), вафлі соргово-амарантові (В-42191/2)
Замовлення: Рахунок №П/23/08/077 від 18.08.2023
Дата одержання зразків: 21 серпня 2023 р.
Дата проведення випробувань: 30 серпня 2023 р.
Коментар: -

Результати випробувань

№ з/п	Показники, що визначали	Фактичне значення на натуральну вологу	НД на методи випробувань
вафлі пшеничні (В-42191/1)			
1	Сира зола, %	1,35	ДСТУ ISO 5984:2004
2	Вологість, %	4,11	ДСТУ 4910:2008
3	Сирий протеїн, %	10,58	ДСТУ 7169:2010
4	Масова доля нерозчинного залишку, %	1,35	ГОСТ 21138.6-78
5	Сирий жир, %	31,08	ДСТУ ISO 6492:2003
6	Сира клітковина, %	0,62	ДСТУ ISO 6865:2004
7	Кальцій, г/кг	1,16	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
8	Фосфор, г/кг	2,59	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
9	Магній, мг/кг	216,90	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
10	Натрій, %	0,19	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
11	Залізо, мг/кг	Менше 0,0001	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
12	Цинк, мг/кг	24,49	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
13	Мідь, мг/кг	1,07	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
14	Марганець, мг/кг	3,16	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В
вафлі соргово-амарантові (В-42191/2)			
1	Сира зола, %	1,68	ДСТУ ISO 5984:2004
2	Вологість, %	7,85	ДСТУ 4910:2008
3	Сирий протеїн, %	10,94	ДСТУ 7169:2010
4	Масова доля нерозчинного залишку, %	1,68	ГОСТ 21138.6-78
5	Сирий жир, %	30,58	ДСТУ ISO 6492:2003
6	Сира клітковина, %	2,76	ДСТУ ISO 6865:2004
7	Кальцій, г/кг	1,25	МВВ. НДЦБЕКРАПКДДАЕУ 7.2-16-В

8	Фосфор, г/кг	2,99	МВВ. НДЦБЕКРАПҚДДАЕУ 7.2-16-В
9	Магній, мг/кг	657,37	МВВ. НДЦБЕКРАПҚДДАЕУ 7.2-16-В
10	Натрій, %	0,18	МВВ. НДЦБЕКРАПҚДДАЕУ 7.2-16-В
11	Залізо, мг/кг	Менше 0,0001	МВВ. НДЦБЕКРАПҚДДАЕУ 7.2-16-В
12	Цинк, мг/кг	16,74	МВВ. НДЦБЕКРАПҚДДАЕУ 7.2-16-В
13	Мідь, мг/кг	1,76	МВВ. НДЦБЕКРАПҚДДАЕУ 7.2-16-В
14	Марганець, мг/кг	7,38	МВВ. НДЦБЕКРАПҚДДАЕУ 7.2-16-В

Відповідальні виконавці:

**Завідувач відділу фізіології, біохімії та
хіміко-токсикологічних досліджень**

Єфімов В.Г.

**Завідувач сектору фізико-хімічних методів досліджень
відділу фізіології, біохімії та хіміко-токсикологічного аналізу**

Лановенко А.В.

Примітки:

1. Цей протокол випробувань відноситься тільки до зразків, які пройшли випробування.
2. Цей протокол випробувань не підлягає тиражуванню, як повністю так і частково, без дозволу НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК ДДАЕУ.
"КІНЕЦЬ ДОКУМЕНТУ"