

**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  
макаронних виробів збагачених борошном  
амаранту та ситарії**

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

\_\_\_\_\_ Альона ЦУПРИК

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Олексій СТАСЬ

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**

Цуприк Альоні Олександрівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва макаронних виробів збагачених борошном амаранту та сетарії».  
Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 року № 4085.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 12 лютого 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: 1 Технологія виробництва макаронних виробів збагачених борошном амаранту та сетарії. 2 Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Матеріали і методи дослідження. 3 Експериментальні дослідження та їх результати. 4 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Стан питання. 2 Мета та задачі дослідження. 3 Експериментальна частина.  
4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	доцент КОШУЛЬКО Віталій	26.12.2023	12.02.2024
4	доцент КОШУЛЬКО Віталій	26.12.2023	12.02.2024
5	доцент КОШУЛЬКО Віталій	26.12.2023	12.02.2024

7. Дата видачі завдання 26 грудня 2023 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	27.12-31.12.23	виконано
2	Огляд літератури	01.01-08.01.24	виконано
3	Матеріали і методи дослідження	09.01-15.01.24	виконано
4	Експериментальні дослідження та їх результати	16.01-29.01.24	виконано
5	Охорона праці та захист навколишнього середовища	30.01-01.02.24	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.02-06.02.24	виконано
7	Загальні висновки та бібліографія	07.02-08.02.24	виконано
8	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	09.12.2024	виконано

**Здобувач вищої освіти** \_\_\_\_\_ Альона ЦУПРИК  
( підпис )

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва макаронних виробів збагачених борошном амаранту та сетаїї»

**Кваліфікаційна робота містить:** 77 с., 18 рис., 17 табл., 50 літературних джерел посилань.

**Об'єкт дослідження** – технологія макаронних виробів з підвищеною харчовою цінністю.

**Предмет дослідження** – макаронні вироби з підвищеною харчовою цінністю з хлібопекарського борошна м'якої пшениці із застосуванням збагачувальних добавок.

**Мета роботи:** обґрунтування досліджень, спрямованих на розробку технології макаронних виробів підвищеної харчової цінності з хлібопекарської борошна м'якої пшениці із застосуванням збагачувальних добавок, а також вивчення реологічних властивостей макаронного тіста, хімічного складу макаронних виробів та впливу технологічних факторів.

Одним із шляхів вирішення проблеми збагачення макаронних виробів біологічно активними речовинами є використання цільнозмеленого борошна із зерна амаранту і цільнозмеленого борошна із зерна сетаїї, які мають порівняно з пшеничним борошном підвищеним вмістом білків, ліпідів, вітамінів, харчових волокон і мінерів. Спільне використання борошна амаранту та борошна сетаїї сприятиме підвищенню харчової цінності макаронних виробів практично за всіма незамінними факторами харчування та дозволить коригувати вміст окремих найважливіших нутрієнтів у готових виробах.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

*Макаронні вироби, борошно, амарант, сетаїя, нутрієнти, робота, харчові добавки, ефективність, дослідження, експеримент, біологічна цінність.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Застосування харчових добавок у виробництві макаронних виробів	9
1.2 Перспективи застосування зернових культур у виробництві макаронних виробів	12
Висновки до розділу	19
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1 Методи дослідження сировини	21
2.2 Методи приготування макаронних виробів	21
2.3 Методи дослідження властивостей тіста	22
2.4 Методи визначення якості макаронних виробів	23
2.5 Матеріали дослідження	23
Висновки до розділу	24
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ	25
3.1 Дослідження хімічного складу борошна амаранту та борошна ситарії	25
3.1.1 Визначення амінокислотного та фракційного складів білків	25
3.1.2 Визначення вмісту мінеральних елементів	28
3.1.3 Визначення вмісту вітамінів	29
3.1.4 Визначення вмісту харчових волокон	31
3.1.5 Визначення жирнокислотного складу ліпідів	32
3.2 Розробка композитної суміші, що містить борошно пшеничне, борошно амаранту і борошно ситарії	33
3.2.1 Вплив борошна амаранту на якість макаронних виробів	34
3.2.2 Вплив борошна ситарії на якість макаронних виробів	38
3.2.3 Органолептичні та фізико-хімічні показники якості макаронних виробів із композитної суміші	40
3.2.4 Вивчення реологічних властивостей макаронного тіста з композитної суміші	42
3.2.5 Визначення реологічних властивостей тіста на альвеографі	45

3.2.6 Характеристика періоду релаксації макаронного тіста	46
3.2.7 Визначення швидкості пресування макаронного тіста композитної суміші	48
3.2.8 Реологічні властивості зварених макаронних виробів	49
3.3 Визначення харчової цінності макаронних виробів композитної суміші	51
3.3.1 Визначення амінокислотного складу білків	52
3.3.2 Вміст мінеральних елементів, вітамінів та харчових волокон у макаронних виробах з композитної суміші	54
3.3.3 Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості макаронних виробів у процесі зберігання	57
Висновки до розділу	61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	62
4.1 Розробка карти безпеки праці під час виробництва макаронних виробів	62
4.2 Утилізація відходів макаронного виробництва	63
Висновки за розділом	63
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	64
5.1 Організація проведення дослідження	64
5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	65
5.3 Розрахунок вартості дослідження	69
Висновки за розділом	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
БІБЛЮГРАФІЯ	72

## ВСТУП

Макаронні вироби, в порівнянні з іншими борошняними виробами, мають ряд переваг: висока засвоюваність основних поживних речовин, тривалий термін зберігання, низька вартість та доступність для будь-яких верств населення. Однак макаронні вироби виробляють переважно з хлібопекарської борошна м'якої озимої пшениці, білок якої має дефіцит найважливіших незамінних амінокислот, борошно має також нестачу мінеральних речовин, вітамінів та харчових волокон. Одним із шляхів підвищення харчової цінності макаронних виробів є використання рослинної сировини, що містить збалансований комплекс білків, ліпідів, мінеральних речовин, вітамінів та сприяє формуванню високих поживних, смакових та лікувально-профілактичних властивостей готових виробів. Працюючи у цьому напрямі, вчені та дослідники зробили суттєвий внесок у технологію макаронних виробів підвищеної харчової цінності.

Одним із шляхів вирішення проблеми збагачення макаронних виробів біологічно активними речовинами є використання цільнозмеленого борошна із зерна амаранту і цільнозмеленого борошна із зерна сетарії, які мають порівняно з пшеничним борошном підвищеним вмістом білків, ліпідів, вітамінів, харчових волокон і мінерів. Спільне використання борошна амаранту та борошна сетарії сприятиме підвищенню харчової цінності макаронних виробів практично за всіма незамінними факторами харчування та дозволить коригувати вміст окремих найважливіших нутрієнтів у готових виробах.

Якість макаронних виробів більшою мірою обумовлена технологічними властивостями пшеничного хлібопекарського борошна, необхідного для вироблення макаронних виробів, відповідного стандарту. Однак на підприємства, що виробляють макаронні вироби, також надходить пшеничне борошно за окремими показниками, що не відповідає вимогам макаронного виробництва. У зв'язку з цим необхідно як мінімум на регіональному рівні проводити постійний контроль технологічних властивостей зерна пшениці, що йде на вироблення борошна для макаронного виробництва. Теоретичні та експериментальні дослідження в цьому напрямку сприятимуть підвищенню органолептичних та

фізико-хімічних показників якості макаронних виробів та стабілізації властивостей хлібопекарського борошна, призначеного для макаронної промисловості.

У зв'язку з вищесказаним можемо сформулювати мету досліджень, яка полягає в обґрунтуванні досліджень, спрямованих на розробку технології макаронних виробів підвищеної харчової цінності з хлібопекарської борошна м'якої пшениці із застосуванням збагачувальних добавок, а також вивчення реологічних властивостей макаронного тіста, хімічного складу макаронних виробів та впливу технологічних факторів.

У відповідності до поставленої мети передбачається виконання наступних завдань досліджень:

- з пошуку нових видів сировини, що містять біологічно активні речовини;
- з розробки способів застосування нових видів сировини у технології макаронних виробів;
- вивчення впливу збагачувальних добавок на хід технологічних процесів приготування макаронних виробів;
- розрахунку кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – технологія макаронних виробів з підвищеною харчовою цінністю.

Предмет дослідження – макаронні вироби з підвищеною харчовою цінністю з хлібопекарського борошна м'якої пшениці із застосуванням збагачувальних добавок.

## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Застосування харчових добавок у виробництві макаронних виробів

Необхідність підвищення харчової цінності макаронних виробів обумовлюється тим, що основна вихідна сировина для їх приготування – борошно пшеничне вищих сортів має низький вміст білка, до того ж збідненого незамінними амінокислотами, низький вміст вітамінів, особливо жиророзчинних, і мінеральних речовин.

Макаронні вироби, виготовлені зі збагачувачами, за поживною цінністю наближаються до збалансованих продуктів харчування. Слід мати на увазі, що добавки, що вводяться, не повинні послаблювати структуру виробів, руйнуватися при варінні і в мінімальній кількості переходити у варильне середовище.

Завдання підвищення харчової цінності макаронних виробів вирішується за трьома основними напрямками:

- застосування нетрадиційних видів білоквмісної сировини тваринного та рослинного походження (яєчні, молочні, соєві продукти та інші);
- раціональне використання поживних речовин зерна, закладених у ньому природою (зародкові пластівці, висівки, дисперговане зерно та інші);
- використання різних джерел мінеральних речовин, вітамінів, вітамінно-мінеральних препаратів, овочевих добавок [27, 34]

Додавання яєць в борошно при виробництві макаронних виробів має велике значення, тому що ці добавки необхідні для покращення зовнішнього вигляду продукту (особливо кольору та еластичності) та підвищення його поживної цінності [43]. Яєчні добавки збагачують макаронні вироби дефіцитними амінокислотами: лізином, треоніном, лейцином, валіном, триптофаном. При додаванні 5 яєць на 1 кг борошна макаронні вироби містять 15 % білка та повний набір основних амінокислот.

Крім позитивного впливу на біологічну цінність, додавання яєчних продуктів у тісто при виробництві макаронних виробів дозволяє отримати й інші важливі

переваги: білок яйця покращує структуру тіста та готових виробів, а жовток надає їм приємного жовтого кольору [42].

Цінними добавками, що підвищують харчову цінність макаронних виробів, є молочні продукти. Застосування добавок натурального молока трохи збільшує вміст білка в макаронних виробах, тому зазвичай в рецептуру вводять сухе молоко в кількості 8 – 10 %, що підвищує вміст білка на 4 %, покращує його амінокислотний склад [25]. Також для збільшення біологічної цінності та підвищення якості виробів із крупки твердої пшениці, рекомендується додавати при замісі тіста 30 – 35 % кисломолочного продукту «Айран» [46].

При внесенні в тісто добавок, які в першу чергу не містять сполучний білок (зокрема, вітаміни, овочеві продукти), треба мати на увазі, що при варінні, виготовлених з цього тіста, виробів у варильну воду переходить від 20 до 50 % внесених добавок [41]. Тому такі добавки доцільно вносити в короткі вироби, призначені для приготування супів, тобто без зливу варильної рідини.

Також як білкові збагачувачі використовуються бобові культури – горох, квасоля, сочевиця, соя. За хімічним складом та харчовою цінністю вони найбільш близькі до джерел тваринного білка – м'яса, риби, а також молока. Ці бобові культури містять найбільшу кількість протеїну, що перетравлюється, амінокислот, лізину і метіоніну.

В джерелі [41] досліджували вплив різних дозувань горохового та сочевичного борошна на властивості клейковини пшеничного борошна, на реологічні показники макаронного тіста та якість готових виробів. У досліджуваних зразках спостерігалось зміцнення клейковини, покращення реологічних показників макаронного тіста.

Проведені дослідження показали, що найбільш позитивний вплив на властивості клейковини пшеничного борошна, реологічні показники тіста та якість готових макаронних виробів надали добавки горохового та сочевичного борошна у кількості 10 %.

Як добавка в макаронні вироби може вводитися клейковина, як в сирому, так і в сухому вигляді. Однак сира клейковина дає помітніше поліпшення якості макаронних виробів, ніж суха. Додаванням клейковини можна збільшити вміст

білкових речовин у макаронних виробках до 22 %. Використовувана клейковина має бути чистою та не підданою дії протеолітичних ферментів та високих температур при сушінні [22].

Розроблено технологію виробництва макаронних виробів з диспергованого зерна пшениці. Зернові макаронні вироби, одержувані за цією технологією, містять харчові волокна, білки, ліпіди, вуглеводи, вітаміни групи В, Е, РР, мінеральні речовини та інші харчові нутрієнти і можуть бути рекомендовані людям з підвищеним вмістом холестерину в крові для профілактики серцево-судинних захворювань, діабету, ожиріння, і навіть жителів екологічно несприятливих зон [22, 34].

У Китаї для вітамінізації макаронних виробів використовують пшеничні зародки після пропарювання або обсмажування, у цьому випадку вироби збагачуються сполуками жиру і кальцію [12].

Проводили дослідження з вивчення фізико-хімічних властивостей макаронних виробів із додаванням харчових волокон, отриманих під час переробки цукрових буряків. Встановлено, що збагачення борошна харчовими волокнами підвищувало загальний вміст харчових волокон у макаронних виробках і негативно впливало на структуру зварених макаронних виробів. Кількість сухих речовин, що перейшли у варильну воду, зростала зі збільшенням дозування харчових волокон. Відзначено негативний вплив додавання харчових волокон на колір макаронних виробів. Зроблено висновок, що побічний продукт цукрового виробництва - харчові волокна цукрових буряків, може бути альтернативним джерелом харчових волокон при виробництві макаронних виробів [15].

Розроблено технічні умови на макаронні вироби «З підвищеним вмістом харчових волокон», згідно з якими виробляються макаронні вироби з борошна пшеничного 1 сорту з додаванням пшеничних висівок. Макаронні вироби з підвищеним вмістом харчових волокон рекомендується вживати при хронічних захворюваннях шлунково-кишкового тракту.

Результати досліджень, проведених у США, показали, що додавання спеціально виготовлених висівок у кількості 10 % майже не змінює смаку виробів. Аналіз макаронних виробів з додаванням висівок підтверджує загальне збільшення

всіх мінералів, особливо олігоелементів, марганцю, фосфору. Ці мінерали у кількості 80 % присутні у макаронних виробках після варіння [35].

В результаті досліджень [23] встановлено ефективність застосування для покращення якості макаронних виробів харчових добавок — студнеутворювачів: желатину, пектину, карбюлози, а також метилцелюлози, які з цією метою вносили до тіста в невеликій кількості. Крім того, розроблено рецептури макаронних виробів з пектином і карбюлозою для профілактичного харчування, що володіють радіозахисними властивостями та комплексоутворювальною здатністю до важких металів. Ці вироби містять зазначені добавки в кількості, що забезпечує споживання з порцією макаронних виробів 50-100% денної дози, що рекомендується. При використанні цих добавок покращується стан поверхні виробів, колір, склоподібність, фізико-хімічні властивості, зростає міцність виробів [23].

В даний час широко використовують харчову добавку, що містить  $\beta$ -каротин. При внесенні в макаронні вироби в кількості 3 – 5 мг діючої речовини на 1 кг борошна  $\beta$ -каротин надає готовій продукції бурштиново-жовтий колір, який не втрачається в процесі варіння, але руйнується під впливом прямих сонячних променів. Однак при внесенні діючої речовини в кількості 10 мг і більше на 1 кг борошна  $\beta$ -каротин є не тільки харчовим барвником, але й біологічно активною добавкою, яка сприяє виведенню радіонуклідів з організму людини [24]. Збагачення раціону харчування людини  $\beta$ -каротином сприяє підвищенню стійкості організму на вплив несприятливих факторів, у тому числі у зонах, забруднених хімічними агентами та радіоактивними ізотопами; нейтралізації промислових отрут в організмі; збільшення опірності організму до різноманітних захворювань і стимулювання імунної системи [32].

## 1.2 Перспективи застосування зернових культур у виробництві макаронних виробів

Відомо, що в процесі переробки зерна в муку втрачається ряд багатьох життєво необхідних елементів і мука містить невелику кількість біологічно

активних компонентів. Природно, що протягом багатьох років проводяться дослідження щодо підвищення харчової цінності виробів із пшеничного борошна, поставлені на основі різних принципів та пропонують різні варіанти вирішення питання.

Одним із вивчених та обґрунтованих напрямів підвищення харчової цінності макаронних виробів є використання як збагачувальні добавки продуктів переробки зернових культур.

В останні роки з метою економії ресурсів пшениці набуло поширення виробництво макаронних виробів з додаванням 10 – 15 % безклейковинної крохмалевмісної сировини та борошна інших злакових культур. Ці види борошна можуть використовуватися самостійно або у сумішах для виробництва макаронних виробів швидкого приготування або коротких виробів за допомогою технологій, що передбачають високу температуру сушіння, а також використання високоефективних замісів [32].

Встановлено, що макаронні вироби з додаванням 20 % знежирених зародків кукурудзи містять 14,2 % білка [29].

Проводились дослідження складу та властивостей, а також сенсорна оцінка збагачених білком спагетті, що виробляються з додаванням кукурудзяної клейковини у кількості 5 % та 10 % до маси борошна. У разі збільшення вмісту кукурудзяної клейковини знижується вміст жовтого компонента кольору макаронних виробів. Фізико-хімічні властивості макаронних виробів із додаванням кукурудзяної клейковини незначно змінюються порівняно з контролем. Вміст білка у макаронних виробах при внесенні 5 % кукурудзяної клейковини становить 17,4 %. Дослідження амінокислотного складу показало значне збільшення вмісту незамінних амінокислот. За висновком дегустаційної комісії органолептичні показники якості макаронних виробів з додаванням 5 % кукурудзяної клейковини дещо поступаються контрольним зразком [18].

У Японії в макаронному виробництві, поряд з пшеничною, використовують борошно рисове (іноді – кукурудзяне) у поєднанні з рибою, м'ясом, водоростями та прянощами.

При використанні ячмінного борошна у виробництві макаронних виробів спостерігається істотне потемніння одержуваних продуктів. Досліджували можливість застосування відбілюючих речовин для надання макаронним виробам привабливого вигляду. Процес відбілювання ячмінного борошна призводив до поліпшення кольору макаронних виробів, проте впливав на органолептичні показники якості [12].

До провідних зернових культур крім пшениці, жита, кукурудзи, рису, ячменю відноситься також і сорго, яке обробляється та використовується у південних областях України. Проводили дослідження якості макаронних виробів, приготованих із сумішей борошна сорго та пшеничного. Встановлено, що додавання 20 % борошна сорго до пшеничного борошна практично не надають помітного впливу на зміну кольору макаронних виробів, кількість сухої речовини, що перейшла у варильну воду і ступінь злипання зварених виробів. Макаронні вироби, виготовлені із суміші борошна сорго з пшеничною, відрізнялися вищим вмістом окремих амінокислот [26].

Одним із способів підвищення харчової та біологічної цінності макаронних виробів є використання люпинового борошна, що має певні функціональні властивості. У борошні з насіння люпину міститься до 40 % білка, в якому є всі незамінні амінокислоти, підвищена кількість вітамінів, мікро- та макроелементів. При внесенні люпинового борошна в кількості до 15 % суттєво покращується колір макаронних виробів, збільшується вміст білка, клітковини, каротиноїдів. При цьому виявлено високий ступінь збереження білка та каротиноїдів після варіння макаронних виробів [35].

Вивчали можливість застосування білкових концентратів або борошна з пророщеного та непророщеного зерна нуту, безалкалоїдного люпину та машу при виробництві макаронних виробів. Зернобобові добавки суттєво збільшували вміст білка (на 1,35 – 7,41 %) та сирової клітковини (на 0,32 – 0,84 %). Поліпшення фізико-хімічних властивостей макаронних виробів було помітнішим у разі використання пророщених продуктів. Не встановлено залежність органолептичних властивостей поліпшених макаронних виробів від кількості зернобобових добавок, що вносяться [19].

Перспективним напрямом для отримання макаронних виробів, підвищеної харчової цінності є застосування продуктів переробки нетрадиційних зернових культур, які мають цінний хімічний склад. До таких культур можна віднести амарант [41].

Амарант – це однорічна пурпурно - або жовто-зелена трав'яниста рослина, висота якої може досягати 2,5 – 4 м, зерно подібно до піщинок, а число їх величезне (до 500 тис. в одному волоті). Урожай насіння амаранту досягає 20 центнерів з гектара посіву. Найбільш перспективним для використання є амарант віком 5 місяців. В цьому випадку врожай зеленої маси та зерен максимальні, а концентрація біологічно активних речовин досягає найбільшого значення. Вважають, що амарант цінніший дієтичний продукт, ніж пшениця, кукурудза, рис, соя. Зерновий амарант дає насіння за характеристиками та властивостями подібні до зернових злаків, але ця культура не належить до сімейства злакових, тому її називають псевдозлаком [39, 41]. Однак, у деяких країнах насіння амаранту відносять до злакових культур [14].

Відомо 60 видів роду *Amaranthus* (сімейство *Amaranthaceae*), більшість з них вважається бур'янами, 12 видів окультурені та використовуються як овочеві, зернові, кормові та декоративні рослини. Вони різняться за хімічним складом та технологічними властивостями [47]. Серед зернових видів амаранту найбільш вивчені *A. hypochondriacus* L., *A. cruentus* L., *A. caudatus* L., оскільки саме їх використовують у їжу.

Для нашої країни амарант є новою культурою, що привертає до себе увагу дослідників та працівників сільського господарства вмістом та збалансованістю білка, високою врожайністю, підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин. У XXI столітті ця рослина здатна зайняти провідне становище не тільки як продовольчу, кормову, але також і лікарську культуру [11].

Хімічний склад зелені та плодів залежить від сорту амаранту та від фази вегетативного дозрівання. Встановлено, що найбільше цінних компонентів зосереджено у зерні [43].

Біохімічні дослідження амаранту як джерела збалансованого за незамінними амінокислотами білка почали інтенсивно розвиватися з середини 80-х років.

Амарант – найбагатше джерело білка, що легко засвоюється. За його кількістю та якістю він значно перевершує сою, пшеницю, жито, кукурудзу, гречку, коров'яче молоко [26, 31].

Зерно амаранту на відміну інших зернових містить дуже мало глютеїнової фракції. Це важливо для харчування тих, хто має підвищену чутливість до зернових через відсутність у них ферментів, що глютеїн гідролізують, і тому потребують аглютеїнової дієти [46].

Вміст ліпідів у насінні амаранту більший, ніж у зернових культур. Унікальність олії амаранту полягає в тому, що в ній знаходиться досить велика кількість сквалену [12]. З легко відновлюваних рослинних ресурсів сквален у невеликих кількостях знаходиться в олії із зародків пшениці та рисових висівок, а також у дріжджах. Найбільш високий вміст сквалену виявлено в амарантовій олії – від 8 % до 15 %, залежно від технології отримання. Останні два десятиліття у зв'язку з інтенсивним вивченням біологічних функцій ліпідів отримано нову інформацію про біологічну роль ненасичених жирних кислот олії амаранту. В амарантовій олії міститься до 50 % лінолевої кислоти [39].

Як зернова, так і зелена маса амаранту багата на мінеральні речовини. Вважається, що значна кількість мінеральних речовин (до 60 %) зосереджена в оболонках насіння та паростках зернового матеріалу. З'єднання заліза та міді концентруються в паростку, а кальцію, натрію та марганцю – в оболонці. Високий рівень кальцію і магнію в насінні амаранту призводить до того, що фітинова кислота присутня як нерозчинна соль з двовалентним каротином [39].

Деякі види амаранту містять до 3 % рутину або вітаміну Р, які використовуються для отримання аскорутину, входячи до складу різних полівітамінів. Рутин і продукт його гідролізу, застосовують як лікувальний засіб при різних геморагічних проявах, гіпертонічної хвороби, променевого ураження, а також як антиоксидант.

Вміст каротиноїдів у листі амаранту коливається в межах від 46 до 90 мг/100г сухої ваги. Максимальна кількість міститься у *A. lividus* и *A. cruentus* у фазу цвітіння [11].

Насіння амаранту готують до застосування за допомогою операцій: лущення, подрібнення, дроблення, розмелювання. При використанні амаранту цілий рік, його висушують і розмелюють в борошно, для отримання борошна з листя їх висушують м'яким способом і зберігають у закритих ємностях без доступу світла, що практично не позначається на вмісті біологічно активних речовин, за винятком вітаміну С, що частково руйнується.

Насіння амаранту у вигляді борошна, що має запах горіха, або крупи можуть бути використані як харчові (5 – 20 %) добавки для виробництва багатьох дієтичних продуктів: каш, хлібобулочних, макаронних та кондитерських виробів. Ця продукція рекомендується для хворих на серцево-судинні та онкологічні захворювання, для працюючих в екологічно шкідливих умовах середовища, а також для всіх бажаючих зберегти своє здоров'я [11]. Однак споживання амаранту більше 150 г на день може завдати шкоди організму через великий вміст щавлевої кислоти.

Як барвник з антиоксидантними властивостями розроблена нова харчова добавка. Це водні та водно-спиртові екстракти амаранту. Хімічний склад цих екстрактів різноманітний і включає білки, вуглеводи, пектини, антиоксиданти, флавоноїди, вільні амінокислоти. Розроблено технології борошняних виробів, що містять барвник-антиоксидант [16].

Результати роботи проведеної [16] показали можливість використання при виготовленні макаронних виробів, продуктів переробки овочевого сорту амаранту *A. tricolor*: шроту, отриманого подрібненням макухи насіння після вилучення з неї олії, цільнозмеленого борошна з насіння амаранту та подрібненого листя. Враховуючи вплив зазначених продуктів на технологічні властивості борошна, а також на якість та споживчі переваги готового продукту, дослідники рекомендували наступні дозування: шрот із насіння амаранту – до 5 %, листя овочевих сортів амаранту – до 3 %, цільнозмелене борошно – до 10 % від маси пшеничного борошна

Досить новим і маловивченим сировинним джерелом є Сетарія італійська – (*Setaria italicum*, *Panicum italicum*, *Pennisetum italicum*) – давня харчова та кормова рослина, що має багато різновидів, що і відображено у великій кількості

латинських синонімів. Численні представники цього виду поділені на два підвиди сетарії: могоар (*mocharicum*) та чуміза (*maxima*), яку в деяких каталогах також називають сетарія щетиниста (*S. pycnostachya*). Однорічні трав'янисті рослини висотою від 40 до 100 см, з широколінійним листям шириною до 1,5 см. Стебла прямостоячі. Суцвіття циліндричне, густе, довжиною до 25 см, пухнасте, із щетинками зеленого, жовтуватого або темно-фіолетового кольору. У сетарії волоть довга і красиво поникає, а у могоара коротше і росте майже прямо.

Сетарія дуже світлолюбна, холодостійка, щодо посухостійка і не вимоглива до ґрунтів [20].

Представлено сетарію різноманітними сортами, тільки в Китаї їх нараховується не менше 500, там же знаходиться 1/4 світових площ сетарії. За даними Американської асоціації виробників зерна (2022 р), частку сетарії припадає близько 1 % світового виробництва. Розрізняються сорти за швидкістю (100 – 130 днів період вегетації), забарвлення стебел і листя, за величиною і формою мітелок, властивостями ендосперму зерна та інших ознак. Налічується 4375 різних зразків сетарії [20].

Важливе значення у харчуванні сетарію набуває завдяки високому вмісту у її зерні білків, жиру, клітковини, мінеральних речовин та вітамінів.

За вмістом білка сетарія поступається амаранту та сої, але значно перевершує такі традиційні культури як кукурудза та пшениця. Ліпіди сетарії переважно представлені ненасиченими жирними кислотами. Сетарія містить вітаміну В, майже втричі більше ніж пшеничне борошно, вітаміну В<sub>2</sub> у два рази більше, ніж рис, більше жиру та азотистих речовин, порівняно з насінням гречки, проса та ячменю. Враховуючи важливе харчове, біологічне та фізіологічне значення клітковини, рекомендується використовувати її у харчуванні дорослої людини до 10 – 12 г на добу. Недолік цієї важливої харчової речовини може спричинити різні шлунково-кишкові захворювання. Введення в раціон харчування продуктів із додаванням зерен сетарії забезпечує добову норму споживання клітковини.

Крупа сетарії (ТУ У 15.6-30378663-003-2002) відрізняється високим вмістом білків, жиру, вуглеводів, має високу енергетичну цінність і містить у середньому 1,5 % золи. До складу золи входять: кремній, кальцій, калій, фосфор, сірка, магній,

переважають сполуки кремнієвої та фосфорної кислоти. З ситарії готують безліч різноманітних страв: з крупи - каші, борошно з ситарії використовується для приготування пампушок, коржів, млинців, особливих китайських макаронів. Ці продукти мають лікувально-профілактичні властивості. Будучи природним сорбентом, ситарія добре поглинає радіонукліди цезію і стронцію.

Борошно з насіння ситарії може успішно використовуватися для поліпшення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна.

### Висновки до розділу

З метою підвищення харчової цінності макаронних виробів дослідницькі та впроваджувальні роботи ведуться у таких напрямках: пошук нетрадиційних видів сировини, що містить білок; раціональне використання складових нативних частин зерна пшениці; розробка комплексних добавок, що містять незамінні компоненти харчування, на основі продуктів тваринного та рослинного походження.

Перспективними є маловивчені культури – амарант та ситарія. Проведені біохімічні дослідження амаранту, як джерела білка, збалансованого за незамінними амінокислотами, а також дані щодо використання продуктів переробки зерна амаранту в окремих харчових технологіях дають хороші передумови застосування цих продуктів у технології макаронних виробів.

Новим та маловідомим джерелом біологічно активних речовин є культура ситарія італійська. За вмістом білка ситарія неістотно поступається амаранту.

У зв'язку з вищесказаним можемо сформулювати мету досліджень, яка полягає в обґрунтуванні досліджень, спрямованих на розробку технології макаронних виробів підвищеної харчової цінності з хлібопекарської борошна м'якої пшениці із застосуванням збагачувальних добавок, а також вивчення реологічних властивостей макаронного тіста, хімічного складу макаронних виробів та впливу технологічних факторів.

У відповідності до поставленої мети передбачається виконання наступних завдань досліджень:

- з пошуку нових видів сировини, що містять біологічно активні речовини;
- з розробки способів застосування нових видів сировини у технології макаронних виробів;
- вивчення впливу збагачувальних добавок на хід технологічних процесів приготування макаронних виробів;
- розрахунку кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – технологія макаронних виробів з підвищеною харчовою цінністю.

Предмет дослідження – макаронні вироби з підвищеною харчовою цінністю з хлібопекарського борошна м'якої пшениці із застосуванням збагачувальних добавок.

## 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Методи дослідження сировини

Для відбору проб, складання середнього зразка та визначення показників якості зерна пшениці використовували такі методи.

Відбір проб зерна пшениці здійснювали відповідно до ДСТУ ISO 13690-2003; визначення запаху, кольору та знебарвлення зерна пшениці здійснювали відповідно до ДСТУ 3768-2019; вологість визначали за методом, зазначеним у ДСТУ 3768-2019; вміст бур'янів та зернових домішок визначали відповідно до ДСТУ 3768-2019; типовий склад зерна визначали за методом, описаним у ДСТУ 3768-2019; натуру зерна пшениці визначали відповідно до ДСТУ 3768-2019; склоподібність зерна пшениці – відповідно до ДСТУ 3768-2019; число падіння зерна пшениці – за методом, зазначеним у ДСТУ ISO 3093:2009; кількість та якість клейковини зерна пшениці – відповідно до ДСТУ ISO 21415-1:2009.

Органолептичні показники якості пшеничного борошна; крупність пшеничного борошна; вміст металомагнітної домішки; кислотність пшеничного борошна; кількість та якість клейковини пшеничного борошна – відповідно до ДСТУ 46.004-99.

### 2.2 Методи приготування макаронних виробів

У лабораторних умовах макаронні вироби – вермішель, що виробляли з пшеничного борошна і з додаванням ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна амаранту або сетарії, і з композитної суміші. Процес виробництва макаронних виробів складається з наступних основних операцій: підготовка сировини, заміс тіста, пресування тіста, обробка сирих виробів, сушіння, стабілізація та охолодження висушених виробів, упаковка готових виробів.

Вермішель звичайну виробляли на макаронному пресі MIMI-50 за дотримання таких технологічних властивостей: вологість тіста – 28 % - 30 %;

температура води для замісу тіста – 45 – 50 °С, тривалість замісу – до 15 хв, частота обертання шнека 60 хв<sup>-1</sup>, тиск пресування – 6 МПа.

Приготування цільозмеленого борошна із зерна амаранту або сетарії, проводили шляхом подрібнення зерна на лабораторному млині ЕМЛ до розмірів частинок 150 – 180 мкм. Для приготування макаронних виробів з додаванням борошна амаранту або сетарії борошно вносили при замісі тіста. Приготування макаронних виробів із композитної суміші здійснювалося за дотримання таких технологічних параметрів: вологість тіста – 28 % - 30 %; температура води для замісу тіста – 45 – 50 °С, тривалість замісу – до 15 хв, частота обертання шнека 60 хв<sup>-1</sup>, тиск пресування – 6 МПа.

Обробка сирих виробів здійснювалася відрізним 2-х лезовим ножом вузла різання. Оброблені вироби обдувалися повітрям за температури 20 – 25 °С. Сушіння макаронних виробів проводили на лотках у сушильній шафі при температурі повітря 60 °С та відносної вологості повітря 50 – 60 % протягом 4 – 4,5 години до вологості виробів 13,5 %. Стабілізацію готової продукції здійснювали на лотках до вологості макаронних виробів 13,0 %, при температурі 20 – 22 °С відносної вологості повітря 65 – 70 %. Готові вироби пакували в поліпропіленові пакети.

### 2.3 Методи дослідження властивостей тіста

При визначенні вологості макаронного тіста використовували метод попереднього підсушування. При розрахунку вологості враховували, що видалення вологи проводилося два прийоми, тому для обчислення вологості (%) використовували формулу:

$$W_m = [1 - (b_1 b_2) / (a_1 a_2)] 100, \% \quad (2.1)$$

де  $b_1$  – маса першої навішування після підсушування, г;

$b_2$  – маса другої навішування після сушіння, г;

$a_1$  – маса першої навішування до підсушування, г;

$a_2$  – маса другої навішування до сушіння, г.

Кислотність тіста та сирих макаронних виробів визначали за методом водної бовтанки (ДСТУ 7043:2020).

Реологічні властивості тіста визначали за допомогою альвеографа.

#### 2.4 Методи визначення якості макаронних виробів

Для оцінки якості макаронних виробів застосовували органолептичні та фізико-хімічні методи дослідження.

Тривалість варіння до готовності – характеризували проміжком часу від занурення виробів у киплячу воду до моменту зникнення борошнистого шару, що не проварився.

Кількість поглиненої води – характеризували коефіцієнт збільшення маси виробів (іноді обсягу) під час варіння. Вироби нормальної якості зазвичай мають коефіцієнт збільшення маси (об'єму) у межах 1,5 – 2,5.

Сушу речовину, що перейшла у варильну воду, визначали відповідно до ДСТУ51865-2002.

#### 2.5 Матеріали дослідження

Цільнозмелена амарантова мука характеризувалася такими показниками якості: вологість – 11,0 %, кислотність – 3 град., гранулометричний розмір частинок – 160 – 180 мкм, зольність – 2,8 %.

Цільнозмелене борошно із зерна сетарії характеризувалася наступними фізико-хімічними показниками якості: вологість – 12,5 %, кислотність – 2,2 град., гранулометричний розмір часток – 160 – 180 мкм, зольність – 3,2 %.

## Висновки до розділу

В даному розділі розглянуто методи дослідження сировини, методи приготування макаронних виробів, методи дослідження властивостей тіста, методи визначення якості макаронних виробів та приведено характеристику матеріалів дослідження.

## 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

### 3.1 Дослідження хімічного складу борошна амаранту та борошна сетарії

Одна з найважливіших причин, що викликали негативні тенденції в стані здоров'я населення України – порушення раціону харчування через дефіцит повноцінних білків, макро-і мікроелементів, вітамінів та їх незбалансованого співвідношення. В даний час при виробництві продуктів харчування найбільшого поширення набувають функціональні компоненти: харчові волокна, вітаміни, поліненасичені жирні кислоти, антиоксиданти. Розробка технологій макаронних виробів підвищеної харчової цінності одна із рішень проблеми раціонального харчування. Для цього можливе використання у виробництві макаронних виробів цільозмеленого борошна із зерна амаранту та сетарії, що мають підвищений вміст основних поживних речовин. Проведено вивчення хімічного складу зернових культур за такими показниками: амінокислотний та фракційний склад білків, жирнокислотний склад ліпідів, вміст мінеральних елементів, вітамінів та харчових волокон.

#### 3.1.1 Визначення амінокислотного та фракційного складів білків

Макаронні вироби в Україні в основному виробляють із хлібопекарської борошна м'якої озимої пшениці. Проте білок пшеничного борошна має дефіцит найважливіших незамінних амінокислот – лізину, треоніну та метіоніну. Тому першочерговим завданням у технології борошняних виробів є збагачення неповноцінних білків пшеничного борошна незамінними амінокислотами інших сировинних джерел.

Провели вивчення амінокислотного та фракційного складів білків пшеничного борошна, цільозмеленого борошна зерна амаранту та зерна сетарії.

Амінокислотний склад білків пшеничного борошна та борошна цільозмеленого зерна амаранту та зерна сетарії представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вміст амінокислот у пшеничному борошні та борошні цільозмеленого із зерна амаранту та сетарії, мг/100г

Найменування амінокислоти	Борошно пшеничне хлібопекарське	Борошно сетарії сорту «Стачумі-3»	Борошно амаранту:		
			лінія А-3	лінія А-4	лінія А-6
Аспарагінова	485	670	1256	1328	1295
Глутамінова	2658	2120	2956	3210	3112
Серін	390	540	713	769	755
Гліцин	515	320	1254	1390	1350
Гістидин	298	310	383	407	398
Треонін	402	360	588	699	613
Аланін	650	790	869	909	896
Пролін	489	420	487	523	511
Аргінін	956	560	1548	1597	1569
Тирозин	399	240	378	403	399
Валін	856	710	613	678	652
Метіонін	148	280	324	348	333
Цистин	210	215	140	158	160
Ізолейцин	563	490	574	604	598
Лейцин	896	1300	913	957	945
Триптофан	125	145	180	189	175
Фенілаланін	552	540	612	642	632
Лізін	395	380	792	891	854
Сума, г	10,987	10,390	14,580	15,702	15,247

Дані показали, що сума незамінних амінокислот в цільномолотому амарантовому борошні ліній А-3, А-4 і А-6 перевищує їх суму в борошні пшеничного на 16,7 %, 27,2 %, 21,9 % відповідно. Максимальний вміст незамінних амінокислот виявлено в амарантовому борошні лінії А-4. Кількість лізину, треоніну і метіоніну перевищувало їх вміст у пшеничному борошні на 126 %, 74 % і 135 %, тому до подальших досліджень прийняли цільозмелене борошно амаранту лінії А-4.

Вміст окремих амінокислот в цільнозмеленому борошні із зерна сетаїї перевищував їх вміст у борошні пшеничного: метіоніну на 89,2 %, лейцину на 45,1 %, аланіну на 21,5 %, серину на 38,5 %.

Біологічна цінність білка макаронних виробів за амінокислотним складом була оцінена відповідно до значень таблиці ФАО/ВООЗ – вміст незамінних амінокислот у 100 г «ідеального білка». У пшеничному борошні лімітуючими амінокислотами є: лізин (скор 0,58), метіонін+цистин (скор 0,71), треонін (скор 0,80).

В амарантовому борошні лінії А-4 першою лімітує амінокислотою є метіонін + цистин (скор 0,70), другий – лейцин (скор 0,75), скор по лізину становить 0,90. У цільнозмеленому борошні сетаїї лімітуючими амінокислотами є: лізин (скор 0,63) і треонін (скор 0,82), скор амінокислот метіонін + цистин становить 1,13. Можна зробити висновок, що білки цільнозмеленого борошна амаранту і сетаїї, що в сумі містять у більшій кількості лізин, треонін і метіонін в порівнянні з білками пшеничного борошна, можуть виконувати роль біологічного збагачувача пшеничного борошна.

Визначали співвідношення фракцій водосолерозчинних, спирто-і лужнорозчинних білків пшеничного борошна, цільнозмеленого борошна амаранту лінії А-4 та сетаїї сорту «Стачумі-3» (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Фракційний склад білків пшеничного борошна, цільнозмеленого борошна з амаранту лінії А-4 та сетаїї, %

Найменування фракції	Пшеничне борошно в/г	Ціліснозмелене борошно із зерна:	
		амаранту	сетаїї
Альбуміни	12,4	38,8	24,1
Глобуліни	11,2	22,3	16,7
Проламіни	36,8	5,2	18,3
Глютеніни	28,2	22,8	25,7
Нерозчинний залишок	П,4	10,9	15,2

Фракційний склад білків цільнозмеленого борошна амаранту лінії А-4 характеризувався високим вмістом водорозчинних білків – 61,2 % та невеликою

кількістю спирторозчинних білків – 5,2 % від загальної суми білків, лужнорозчинна фракція становила – 22,8 %. Білки цільозмеленого борошна сетарії відрізнялися підвищеним вмістом водорозчинної фракції – 24,1 % і лужнорозчинної – 25,7 %, соле-і спирторозчинні фракції містилися в меншій кількості – 16,7 % і 18,3 % відповідно. Як показали дослідження, фракційний склад білків амаранту і сетарії характеризувався низьким вмістом водонерозчинних фракцій, порівняно з пшеничним борошном, що впливатиме на реологічні властивості макаронного тіста.

### 3.1.2 Визначення вмісту мінеральних елементів

Мінеральні речовини беруть участь у найважливіших процесах життєдіяльності. Вміст мінеральних елементів визначали в борошні пшеничному хлібопекарському, цільозмеленому борошні із зерна сетарії та зерна амаранту лінії А-4. Отримані дані подано у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вміст мінеральних елементів у борошні пшеничному та цільозмеленому з амаранту та сетарії, %

Найменування елементів	Борошно пшеничне хлібопекарське	Ціліснозмелене борошно із зерна:	
		сетарії сорту «Стачумі-3»	амаранту Лінії А-4
Мідь	0,0005	0,001	0,0006
Цинк	0,003	0,003	0,003
Фосфор	0,1	0,3	0,3
Марганець	0,01	0,02	0,02
Нікель	-	0,0001	0,0001
Залізо	0,002	0,01	0,01
Калій	0,35	0,6	0,6
Натрій	0,02	0,03	0,02
Кальцій	0,1	0,5	0,1
Магній	0,3	1,0	0,5
Алюміній	0,002	0,01	0,01
Кремній	0,01	0,03	0,5

Дані показали наступний вміст мінеральних речовин у цільнозмеленому амарантовому борошні лінії А-4, %: фосфор – 0,3; залізо – 0,01; калій – 0,6; натрій – 0,02; кальцій – 0,1; магній – 0,5; мідь – 0,0006; цинк – 0,003; марганець – 0,02; нікель – 0,0001; алюміній – 0,01; кремній – 0,5.

Визначено макро- та мікроелементи в цільнозмеленому борошні із зерна сетарії, %: фосфор - 0,3; залізо – 0,01; калій – 0,6; натрій – 0,03; кальцій – 0,5; магній – 1,0; мідь – 0,001; цинк – 0,003; марганець – 0,02; нікель – 0,0001; алюміній – 0,01; кремній – 0,03.

Вміст амарантового борошна лінії А-4 мінеральних речовин – фосфору, калію, магнію перевищував їх вміст у пшеничному борошні на 0,2 %, 0,25 % і 0,2 % відповідно, а окремих елементів цільнозмеленого борошна сетарії: кальцію – на 0,4 %, магнію – на 0,7 %, калію – на 0,25 %, заліза – на 0,008 %, фосфору – на 0,2 %. Враховуючи, що в борошні сетарії містяться необхідні мінеральні елементи у великій кількості, борошно сетарії на основі проведених досліджень можна рекомендувати для підвищення мінеральної цінності макаронних виробів.

Миш'яку, свинцю, вольфраму, кадмію, талію, цирконію, урану, тангату, в золі не було виявлено, що свідчило про безпеку цих видів борошна відповідно до норм Сан.ПіН 2.3.2.1078.

### 3.1.3 Визначення вмісту вітамінів

Метою цього етапу досліджень стало проведення порівняльного аналізу вітамінного складу пшеничного борошна і цільнозмеленого борошна з амаранту та сетарії. Отримані дані представлені у таблиці 3.4.

Встановлено, що в цільнозмеленому борошні з амаранту та сетарії міститься аскорбінова кислота 2,5мг/100г і 1,3 мг/100г відповідно, відсутня в пшеничному хлібопекарському борошні. Біотин, що бере участь у біосинтезі ліпідів, амінокислот, вуглеводів, виявлений у кількості 0,05мг/100г і 0,07мг/100г в цільнозмеленому борошні з амаранту і сетарії, що перевищує його вміст у пшеничному борошні на 0,05мг/100г відповідно. Ніацин є коферментом, що бере участь в окисно-відновних реакціях, що протікають у клітинах, також сприяє

засвоєнню білка. Вміст ніацину в ціЛЬНОЗМЕЛЕНОМУ борошні з амаранту і сетаїї становить 1,9 мг/100г і 2,8 мг/100г відповідно, що перевищує його вміст у борошні пшеничному на 0,5 мг/100г і 1,4 мг/100г. Тіамін, що бере участь у регулюванні вуглеводного обміну, міститься в кількості 1,2 мг/100г в ціЛЬНОЗМЕЛЕНОМУ борошні з сетаїї, що практично покриває добову норму рекомендованої потреби в даному вітаміні для дорослого організму. Рибофлавін, що бере участь в якості коферменту флавінмонуклеотиду в ферментних системах, що каталізують транспорт електронів і протонів в окислювально-відновних реакціях, виявлений в кількості 0,24мг/100г і 0,32 мг/100г в ціЛЬНОЗМЕЛЕНОМУ борошні з амаранту і сетаїї пшеничного борошна на 0,14 мг/100г та 0,22 мг/100г відповідно. Фолієва кислота активна в процесах кровотворення, перенесення одновуглецевих радикалів, синтезі аміно- і нуклеїнових кислот, міститься в більшій кількості в ціЛЬНОЗМЕЛЕНОМУ борошні із зерна сетаїї – 0,68 мг/100г і перевищує її вміст у пшеничному борошні на 0,36 мг.

Таблиця 3.4 – Вміст вітамінів у пшеничному і ціЛЬНОЗМЕЛЕНОМУ борошні амаранту та сетаїї

Найменування вітамінів	Вміст вітамінів, мг/100г		
	Борошно пшенична хлібопекарське	ЦіЛЬНОЗМЕЛЕНЕ борошно із зерна:	
		амаранту лінії А-4	сетаїї сорту «Стачумі-3»
Вітамін С	-	2,50	1,3
Вітамін Н	0,02	0,05	0,07
Вітамін РР	1,40	1,90	2,8
Вітамін В1	0,17	0,35	1,2
Вітамін В2	0,1	0,24	0,32
Вітамін В9	0,32	0,35	0,68

Дані досліджень показали, що продукти переробки зерна амаранту і сетаїї мають підвищений вміст вітамінів у порівнянні з пшеничним борошном.

### 3.1.4 Визначення вмісту харчових волокон

До незасвоюваних вуглеводів відносять різноманітні за складом і будовою волокнисті речовини рослинного походження: полімери неуглеводної природи (лігнін) та некрохмальні полісахариди. Останні поділяють на целюлозу (клітковину) та нецелюлозні полісахариди (геміцелюлози, пектинові речовини, камеді, слизу, інουλін).

Незасвоювані вуглеводи в травному тракті організму людини не розщеплюються, але вони дуже важливі для нормального функціонування травлення та становлять так звані харчові волокна. Харчові волокна відіграють позитивну роль в організмі людини: стимулюють моторну функцію кишечника, нормалізують трансформацію холестерину, впливають на ліпідний обмін, сприяють зниженню активності токсичних речовин, а також відновлюють якісний та кількісний склад кишкової мікрофлори.

Крім цього, розчинні (пектин) і нерозчинні (клітковина) харчові волокна мають детоксикуючі властивості, зв'язуючи токсичні елементи і радіонукліди і виводячи їх з організму.

Вміст клітковини визначали у борошна пшеничного хлібопекарського, ціЛЬНОзмеленого, борошна з сетарії та амаранту лінії А-4, результати досліджень наведені на рисунку 3.1.

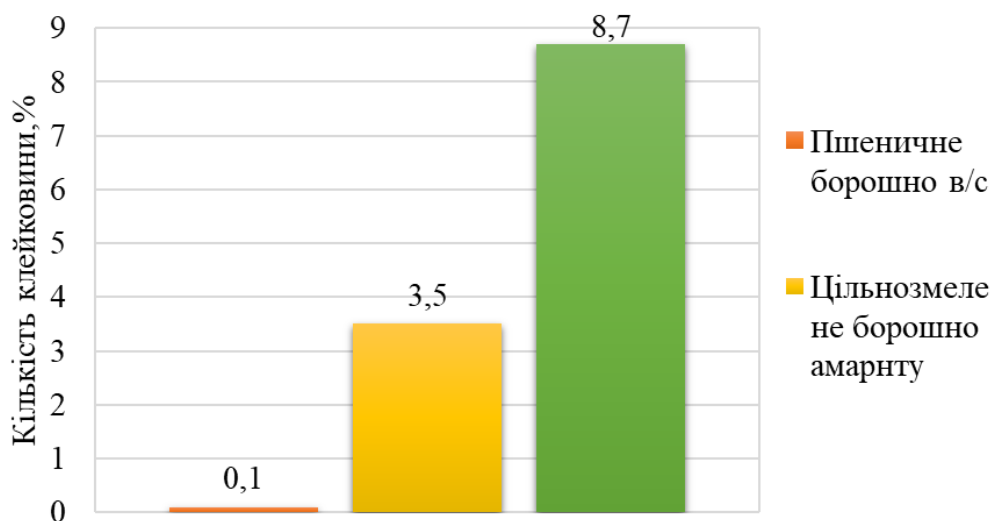


Рисунок 3.1 – Вміст клітковини в борошні пшеничного хлібопекарського, борошно ціЛЬНОзмеленого і зерна амаранту лінії А-4 і зерна сетарії

Встановлено, що кількість клітковини в цільнозмеленому борошні з сетарії максимальна і становить 8,7 %, що перевищує її вміст в цільнозмеленого борошна амаранту на 5,2 %. Збільшення вмісту клітковини в цільнозмеленому борошні амаранту і сетарії в порівнянні з пшеничним борошном становило 3,4 % і 8,6 %, відповідно. Дослідження вмісту клітковини в цільнозмеленому борошні із зерна амаранту і зерна сетарії дозволили розглядати зазначену сировину як збагачувачі харчовими волокнами. Борошно із зерна сетарії має першорядне значення збільшення харчової цінності готових виробів за показником вмісту харчових волокон.

### 3.1.5 Визначення жирнокислотного складу ліпідів

Ліпіди є необхідним компонентом у раціоні харчування людини, виконують в організмі переважно енергетичну та пластичну функції, постачають низку необхідних для нього речовин. До харчових функціональних інгредієнтів відносять поліненасичені жирні кислоти, що мають високу біологічну активність і нормалізують обмінні процеси. Вони входять до складу клітинних мембран, кровоносних судин, різних органів, сприяють виведенню з організму надлишкової кількості холестерину, беруть участь у синтезі стероїдних гормонів, жовчних кислот та простагландинів. Ненасичені жирні кислоти відносяться до незамінних факторів харчування та відіграють першочергову роль при створенні цілісності ліпідних структур клітинних мембран.

Проводили порівняльний аналіз жирнокислотного складу ліпідів пшеничного борошна та цільнозмеленого борошна з амаранту та сетарії. Отримані дані подано у таблиці 3.5.

Аналіз жирнокислотного складу ліпідів амаранту показав, що вміст ненасичених жирних кислот становить: лінолевої – 43,6%, олеїнової – 21,4%, ліноленої – 9,1%, що становить близько 79,1% вмісту всіх жирних кислот. Вміст ліноленої та олеїнової кислот у цільнозмеленому борошні амаранту більше на 5% та 7,1% відповідно, ніж у пшеничному борошні.

Таблиця 3.5 – Жрнокислотний склад ліпідів борошна пшеничного та борошна амаранту та ситарії, % від загальної кількості ліпідів

Найменування жирної кислоти	Борошно		
	пшениці	амаранту	ситарії
Насичені жирні кислоти			
Пальмітінова	15,2	14,7	7,3
Стеаринова	1,9	4,3	6,5
Ненасичені жирні кислоти			
Ліноленова	9,1	14,1	6,2
Лінолева	59,0	43,6	64,8
Олеїнова	14,3	21,4	13,5
Сума ненасичених жирних кислот	82,4	79,1	84,5

Цільнозмелене борошно з ситарії містить цінні ненасичені жирні кислоти, за рівнем яких суттєво перевершує деякі злакові та просяні культури, лінолеву кислоту 64,8 %, олеїнову – 13,5 %, ліноленову – 6,2 %. На частку ненасичених жирних кислот припадає 84,5 % від загального їх вмісту. Вміст лінолевої кислоти в цільнозмеленому борошні ситарії перевищує її вміст у борошні пшеничного на 5,8 %.

3.2 Розробка композитної суміші, що містить борошно пшеничне, борошно амаранту і борошно ситарії

Для визначення кількості цільнозмеленого борошна амаранту і цільнозмеленого борошна ситарії, що вводяться в композитну суміш, виробляли макаронні вироби з додаванням борошна амаранту і борошна ситарії, внесених окремо в борошно пшеничне. Для приготування цільнозмеленого борошна зерно амаранту або ситарії подрібнювали на лабораторному млині ЕМЛ до розміру частинок 150 – 180 мкм і в сухому вигляді вносили в борошно пшеничне при замісі тіста.

### 3.2.1 Вплив борошна амаранту на якість макаронних виробів

При використанні найбільш поширених у макаронному виробництві білкових збагачувачів і борошна злакових культур, з метою підвищення харчової цінності та смакових переваг макаронних виробів, маса добавок не повинна перевищувати 10 % маси борошна. При цьому знижується відносна частка основного структуроутворюючого компонента макаронного тіста – сирої клейковини. За такої кількості та за наявності у вихідному борошні не менше 30 % сирої клейковини внесення добавок не повинно відбиватися на структурі тіста, а отже, і на властивостях варочних макаронних виробів [32].

Вивчали вплив ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна із зерна амаранту на якість макаронних виробів. Для проведення досліджень борошно із зерна амаранту трьох ліній вносили у кількості 5, 10, 15 та 20 % від маси пшеничного хлібопекарського борошна вищого гатунку.

З хлібопекарського борошна пшениці з додаванням ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна амаранту виробляли макаронні вироби – вермішель та визначали їх органолептичні та фізико-хімічні властивості, за показниками: колір, стан поверхні, стан виробів після варіння, вологість, кислотність, збереження форми зварених виробів, суха речовина, що перейшла у варильну воду.

Згідно з отриманими результатами, хорошими органолептичними властивостями володіли макаронні вироби з додаванням борошна амаранту в кількості 5 і 10 %. Вироби добре зберігали форму, не розварювалися, проте трохи злипалися. Консистенція пружна, без борошнистого ядра, смак та запах добре виражені, з приємним зерновим ароматом. Макаронні вироби з додаванням ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна амаранту мали золотистий відтінок.

Таблиця 3.6 – Характеристика якості макаронних виробів з додаванням цільнозмеленого борошна амаранту за загальним показником ІЯ, бал

Показники	Макаронні вироби:												
	Контроль	З внесенням цільнозмеленого борошна амаранту:											
		А-3				А-4				А-6			
		співвідношення пшеничного та амарантового борошна:											
		95:5	90:10	85:15	80:20	95:5	90:10	85:15	80:20	95:5	90:10	85:15	80:20
Зовнішній вигляд	13	13	12	12	10	13	13	12	10	12	12	10	10
Смак	12	12	12	11	9	12	12	11	11	11	11	9	9
Колір	8	7	7	6	4	7	6	6	6	7	7	6	4
Запах	6	6	6	5	5	6	6	6	5	5	6	5	5
Суша речовина, що перейшла у варильну воду	18	15	15	12	9	15	15	12	9	15	12	12	9
Міцність зварених виробів	18	16	16	14	10	16	18	16	14	14	16	14	12
Безпека форми зварених виробів	18	14	14	1	1	18	14	7	3	10	9	1	1
ІЯ	93	83	82	61	48	87	84	70	58	74	73	57	50

Максимальна кількість сухої речовини, що перейшла у варильну воду, відмічена в пробах макаронних виробів, що містять 15 – 20 % борошна амаранту. Крім цього, в даних пробах спостерігалася низька безпека форми і міцність зварених виробів. За органолептичними показниками макаронні вироби з додаванням 20 % борошна амаранту були незадовільними за якістю – вироби мали неправильну форму, злипалися, консистенція м'яка, варильна рідина з великою кількістю зважених частинок, колір темніший за контрольну пробу.

Тривалість варіння до готовності макаронних виробів із збільшеним вмістом амарантового борошна становила від 10 до 13 хвилин, що більше на 1 – 3 хвилини порівняно з контрольними виробами.

Для проведення порівняльної оцінки макаронних виробів та більш об'єктивного відображення їх споживчих переваг, застосовували комплексну оцінку макаронних виробів за загальним показником ІЯ.

На рисунках 3.2, 3.3 представлено вплив ціЛЬНОЗМЕЛеного борошна амаранту лінії А-4 на окремі показники якості макаронних виробів.

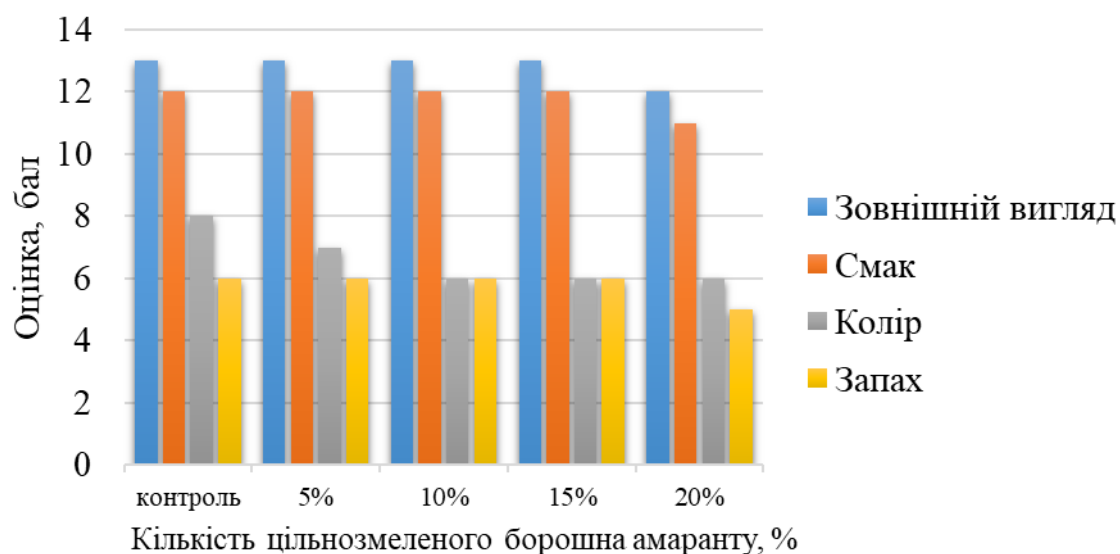


Рисунок 3.2 – Характеристика органолептичних показників якості макаронних виробів, бал

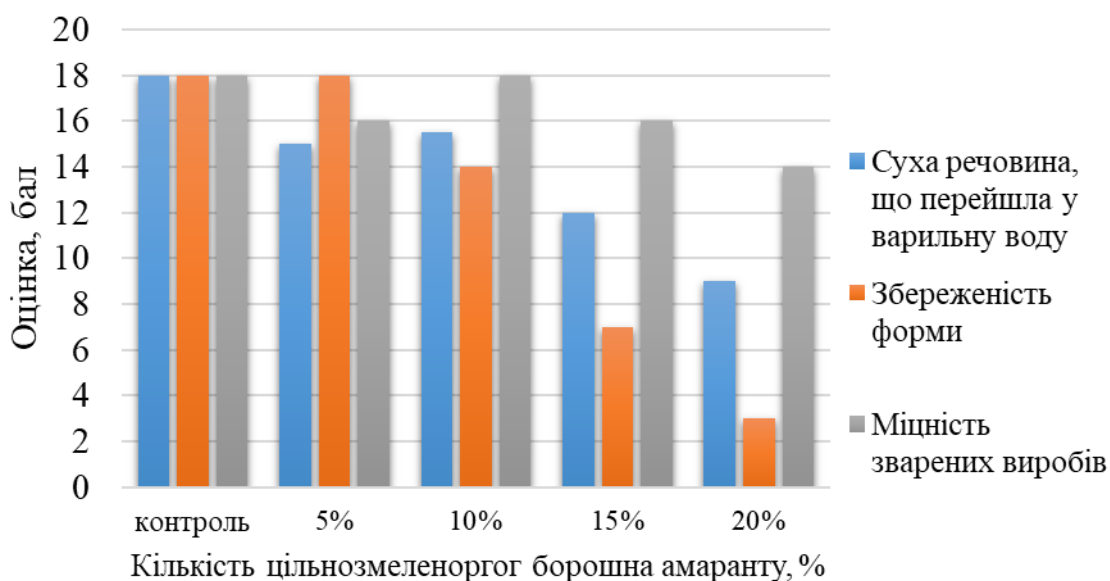


Рисунок 3.3 – Характеристика фізико-хімічних властивостей зварених макаронних виробів, бал

Індекс якості макаронних виробів за органолептичною оцінкою та показниками: суха речовина, що перейшла у варильну воду, збереження форми та міцність зварених виробів, представлені у вигляді діаграми (рисунок 3.4).

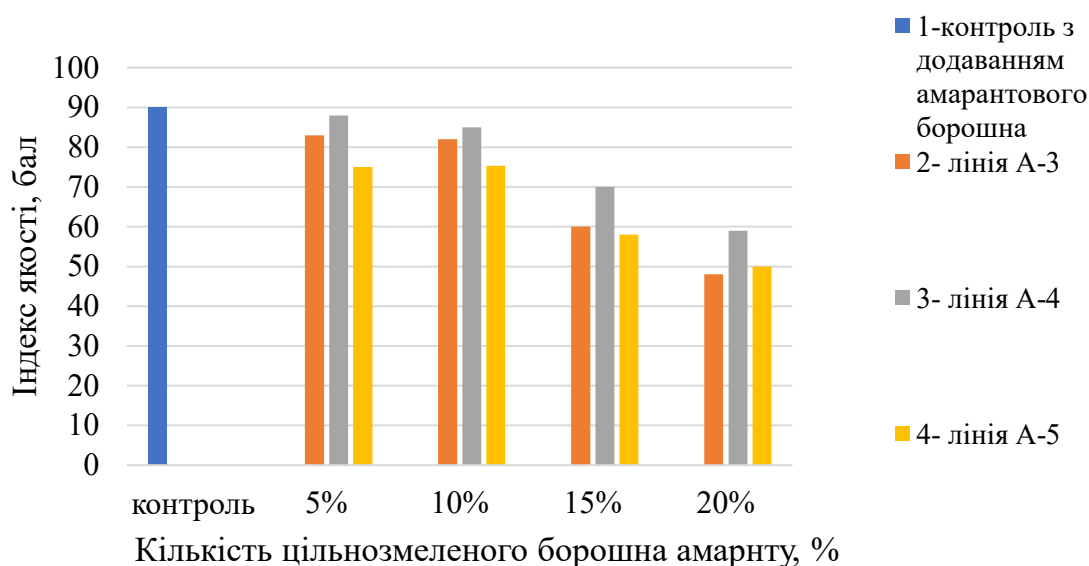


Рисунок 3.4 – Індекс якості макаронних виробів з додаванням цільнозмеленого борошна амаранта

На підставі комплексної оцінки макаронних виробів за показником ІЯ, можна зробити висновок, що макаронні вироби, що містять 5 і 10 % амарантового

борошна характеризувалися як добрі та задовільні за якістю. Однак, враховуючи несуттєві відмінності показників ІЯ виробів, що містять 5 або 10 % амарантового борошна, і відповідно до поставленого завдання щодо збільшення харчової цінності макаронних виробів, до подальших досліджень прийнято співвідношення пшеничного та цільнзмеленого борошна амаранту 90:10.

Макаронні вироби, виготовлені з додаванням 15 і 20 % амарантового борошна всіх досліджуваних проб, мали низький показник ІЯ, отже, зазначені кількості досліджуваної добавки недоцільно використовувати при виготовленні макаронних виробів.

### 3.2.2 Вплив борошна сетарії на якість макаронних виробів

Сетарія належить до малопоширених і маловивчених нашої країні культур, на відміну традиційніших злаків. Хімічний склад зерна сетарії уможливорює застосування продуктів її переробки для виробництва макаронних виробів підвищеної харчової цінності.

Визначали вплив цільнзмеленого борошна із зерна сетарії на якість макаронних виробів. Для проведення досліджень цільнзмелене борошно із зерна сетарії вносили в кількості 5, 10, 15 і 20 % від маси пшеничного хлібопекарського борошна вищого ґатунку.

З хлібопекарського борошна пшениці з додаванням борошна сетарії виробляли макаронні вироби – вермішель та застосовували комплексну оцінку макаронних виробів за показником ІЯ. Отримані результати представлені у таблиці 3.7

За результатами органолептичної оцінки хорошими властивостями володіли макаронні вироби, що містять цільнзмелене борошно сетарії в кількості 5 і 10 %. Вироби добре зберігали форму, не розварювалися, злипалися незначно, мали пружну консистенцію, смак та запах добре виражені. Однак, макаронні вироби з вмістом 15 % і 20 % цільнзмеленого борошна сетарії були деформовані, мали м'яку консистенцію, злипалися, варильна рідина була з великою кількістю зважених частинок.

Таблиця 3.7 – Характеристика якості макаронних виробів з додаванням борошна сетаїї за показником ІЯ, бал

Найменування показників	Макаронні вироби:				
	Контроль	із внесенням ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна сетаїї, %:			
		5	10	15	20
Зовнішній вигляд	13	13	12	10	10
Смак	12	12	12	11	11
Колір	8	7	6	6	6
Запах	6	6	6	6	5
Суша речовина, що перейшла у варильну воду	18	18	18	15	12
Міцність зварених виробів	18	14	12	12	10
Збереження форми зварених виробів	18	18	16	9	3
ІЯ	93	88	82	69	57

Аналіз показав, що внесення ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна сетаїї неоднозначно впливає на якість макаронних виробів. Додавання ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна з сетаїї в кількості 5 % призводило до незначного скорочення тривалості варіння, збільшення кількості сухої речовини, що перейшла у варильну воду. При внесенні ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна сетаїї в кількості 10 % спостерігалось зниження міцності зварених виробів, проте тривалість варіння виробів до готовності не змінювалась порівняно з контролем. Низька безпека форми зварених виробів – 95 % і 92 %, максимальні кількості сухих речовин, що перейшли у варильну воду – 6,2 % і 7,1 % відзначені в пробах макаронних виробів, що містять 15 % і 20 % ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна сетаїї відповідно. На рисунку 3.5 показано вплив борошна сетаїї на комплексний показник – індекс якості.



Рисунок 3.5 – Індекс якості макаронних виробів з додаванням цільозмеленого борошна із зерна сетаїї

За результатами комплексної оцінки макаронних виробів за показником ІЯ, можна зробити висновок, що макаронні вироби, що містять 5 і 10 % цільозмеленого борошна сетаїї характеризувались як хороші за якістю, так як індекс якості становив 88 та 82 відповідно.

Макаронні вироби, виготовлені з додаванням 15 і 20 % цільозмеленого борошна сетаїї, мали знижені показники індексу якості 69 і 57 відповідно. На підставі проведених досліджень для виробництва макаронних виробів рекомендується застосовувати цільозмелене борошно із зерна сетаїї в кількості до 10 %.

### 3.2.3 Органолептичні та фізико-хімічні показники якості макаронних виробів із композитної суміші

Згідно з отриманими даними оптимальним співвідношенням борошна пшеничного, борошна амаранту і борошна сетаїї в композитній суміші є співвідношення 90:(6 – 7):(4 – 3). У цій композиції суміші вміст незамінних амінокислот є максимальним з усіх варіантів, що розглядаються.

Визначали органолептичні та фізико-хімічні показники якості макаронних виробів, вироблених із розробленої композитної суміші.

Для отримання композитної суміші застосовували борошно хлібопекарське з пшениці – 90 %, цільнозмелене борошно амаранту – 6 % і цільнозмелене борошно сетарії – 4 %. З суміші виробляли макаронні вироби та проводили комплексну оцінку макаронних виробів за показником ІЯ. Отримані результати представлені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Характеристика якості макаронних виробів із композитної суміші за показником ІЯ, бал

Найменування показників	Макаронні вироби:	
	З пшеничного борошна	З композитної суміші
Зовнішній вигляд	13	12
Смак	12	12
Колір	8	8
Запах	6	6
Суша речовина, що перейшла у варильну воду	21	18
Міцність зварених виробів	16	14
Збереження форми зварених виробів	18	18
Індекс якості	94	87

Макаронні вироби з композитної суміші добре зберігали форму, не розварювалися, незначно злипалися, мали пружну консистенцію, смак і запах добре виражені.

Вироблення виробів із композитної суміші призводило до незначного збільшення кількості сухої речовини у варильній воді, при цьому тривалість варіння виробів до готовності не змінювалася порівняно з контролем. Зварені макаронні вироби з композитної суміші відрізнялися менш міцною структурою, ніж вироби із пшеничного борошна. Загалом макаронні вироби характеризувалися як добрі за якістю (рисунок 3.6).

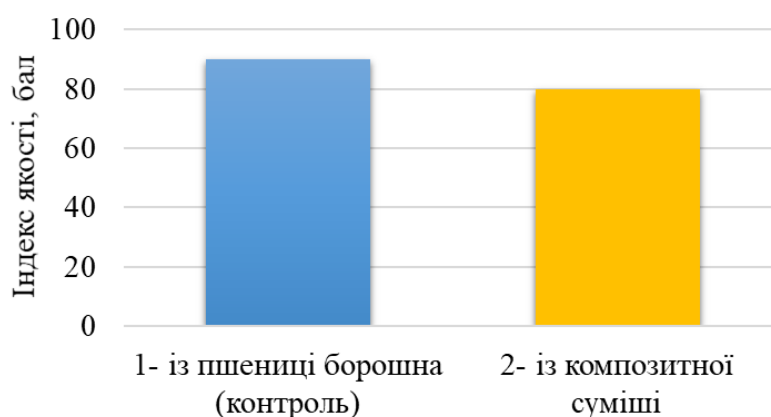


Рисунок 3.6 – Оцінка якості макаронних виробів із композитної суміші за індексом якості

### 3.2.4 Вивчення реологічних властивостей макаронного тіста з композитної суміші

Заміс тіста – складний процес, у якому механічні впливи супроводжуються фізико-хімічними змінами основних компонентів борошна – білків та крохмалю.

Реологічна поведінка тіста визначається переважно фізичними властивостями клейковини пшеничного борошна. Зниження масової частки клейковини призводить до зміни реологічних властивостей тіста.

У зв'язку з цим цікавило вивчення впливу ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна амаранта і сетаїї на кількість і властивості клейковини пшеничного борошна.

Вивчали реологічні властивості макаронного тіста із композитної суміші, залежність питомої роботи пресування від вологості тіста.

У зв'язку із вмістом у композитній суміші великої кількості водорозчинних речовин розглядали вплив вологості тіста на швидкість пресування макаронних виробів.

З метою обґрунтування реологічних та фізико-хімічних властивостей макаронних виробів із композитної суміші проводили вивчення їх мікроструктури.

Вплив борошна амаранта та борошна сетаїї на властивості клейковини пшеничного борошна.

Визначали кількість та якість сирого клейковини, отриманої з пшеничного борошна, борошна пшеничного з додаванням борошна амаранту, борошна пшеничного з додаванням борошна сетаїї та композитної суміші.

Отримані дані подано на рисунках 3.6, 3.7, 3.8.

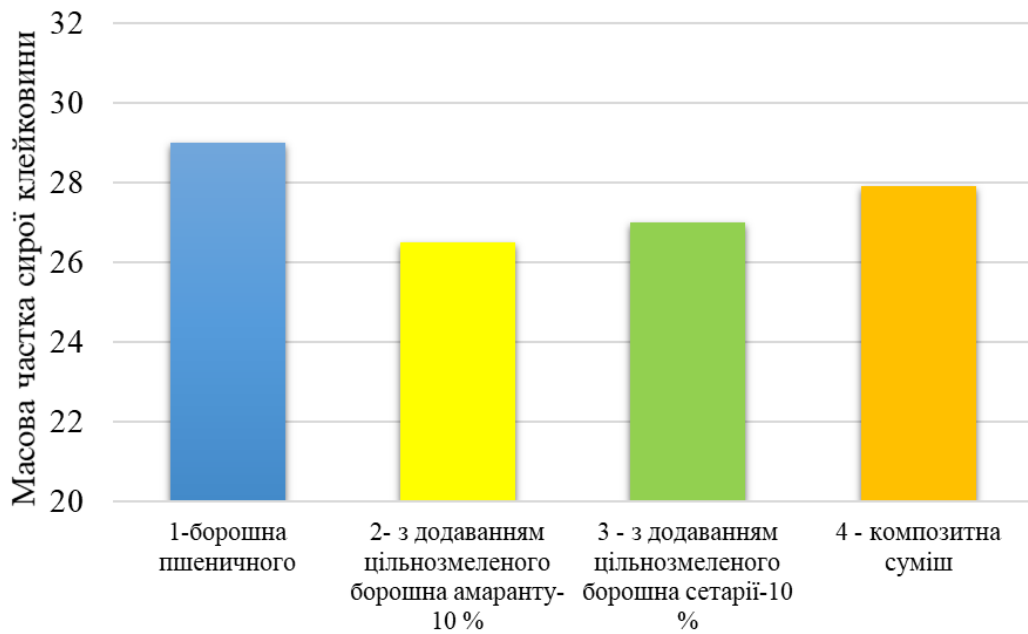


Рисунок 3.6 – Масова частка сирієї клейковини борошна та композитної суміші

Результати досліджень показали, що масова частка сирієї клейковини, відмитої з хлібопекарського борошна з додаванням борошна амаранту (10 % від маси пшеничного борошна), була меншою на 2 % порівняно з контрольною пробою. При внесенні цільнозмеленого борошна сетарії, у кількості 10 %, вміст сирієї клейковини зменшився на 1,4 %. Вміст клейковини з додаванням борошна амаранту або сетарії, знижується, мабуть, внаслідок введення водорозчинних фракцій білків амаранту та сетарії.

Пружність клейковини пшеничного борошна з додаванням цільнозмеленого борошна амаранту дещо підвищується (рисунок 3.7). Здатність клейковини чинити опір деформуючого навантаження стиснення збільшується порівняно з контролем на 8 %, що можна пояснити посиленням гідрофобних та іонних взаємодій у білкових молекулах клейковини. Спостерігається зниження гідратаційної здатності клейковини з додаванням борошна амаранту, обумовлене особливостями фракційного складу введених амарантових білків (рисунок 3.8).

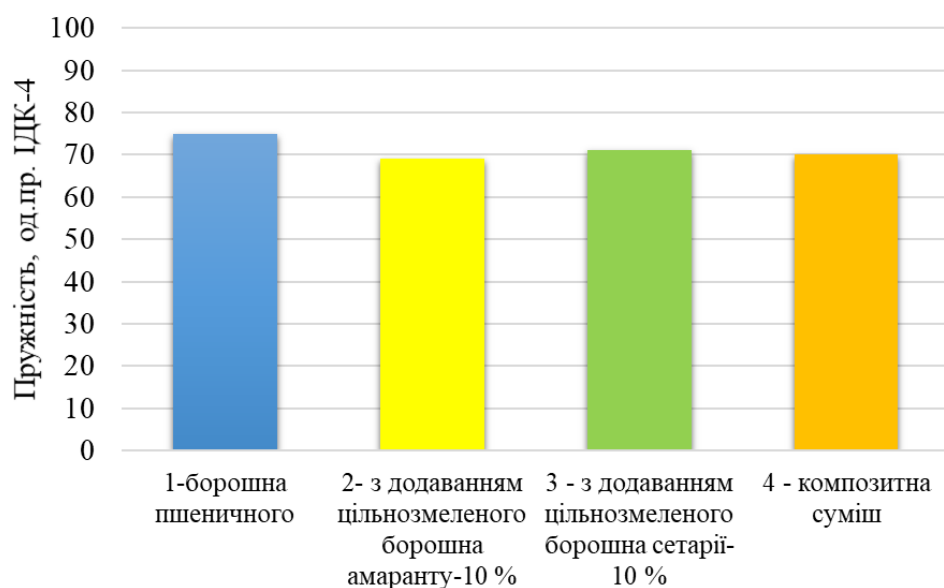


Рисунок 3.7 – Якість клейковини пшеничного борошна та композитної суміші

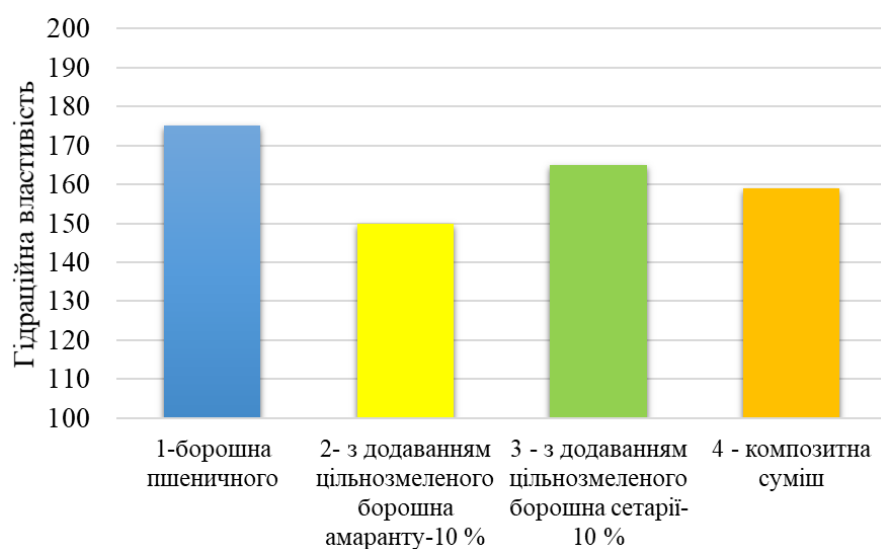


Рисунок 3.8 – Гідратаційна здатність клейковини пшеничного борошна та композитної суміші

Внесення цілінозмеленого борошна сетаїї мало менш істотний вплив на властивості клейковини.

### 3.2.5 Визначення реологічних властивостей тіста на альвеографі

Для вивчення структурно-механічних властивостей тіста з композитної борошна проводили дослідження за допомогою приладу альвеограф. Результати альвеографічних вимірів представлені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Реологічні властивості тіста, визначені на альвеографі

Показники	Пшеничне борошно	Пшеничне борошно з додаванням борошна:		Композитна суміш
		амаранту, 10%	сетарії, 10%	
Стійкість до деформації P, мм	154	141	123	138
Розтяжність L, мм	59	47	53	42
Коефіцієнт деформації	17,1	15,3	16,3	14,5
Хлібопекарська здатність W, $10^{-4}$ Дж	378	269	254	239
Вид кривої P/L	2,62	2,98	2,31	3,25
Коефіцієнт еластичності $le$ , %	64,8	53,2	53,0	49,0

Відповідно до результатів альвеографічного дослідження, проби пшеничного борошна з додаванням ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна амаранту показують зниження стійкості до деформації на 8,4 %, розтяжності на 20,3 %, відношення P/L зростає на 13,7 % порівняно з контрольною пробою. Внесення ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна сетарії сприяє зниженню стійкості до деформації на 20,1 %, розтяжності на 10,2 %, відношенню P/L на 11,8 % порівняно з контрольною пробою. Тісто з композитної суміші мало найменший показник розтяжності 42 мм, коефіцієнт еластичності 49,0 %, коефіцієнт деформації 14,5, але відношення P/L є максимальним і перевищує цей показник контрольної проби на 24,1 %, що позитивно впливає на структурно-механічні властивості.

### 3.2.6 Характеристика періоду релаксації макаронного тіста

Макаронне тісто має пружні та пластичні властивості, що впливають на швидкість випресування сирих макаронних виробів. Пружні та пластичні властивості тіста зумовлюють процес релаксації – тобто. зниження та вирівнювання внутрішніх напруг, що виникають у тісті при його деформації в процесі формування. Чим триваліший процес релаксації, тим більшою мірою виявляються пружні властивості тістової маси.

Вивчали періоди релаксації макаронного тіста з пшеничного борошна з додаванням цільнозмеленого борошна амаранту, сетарії та з композитної суміші на структурометрі. Дані представлені рисунку 3.9.

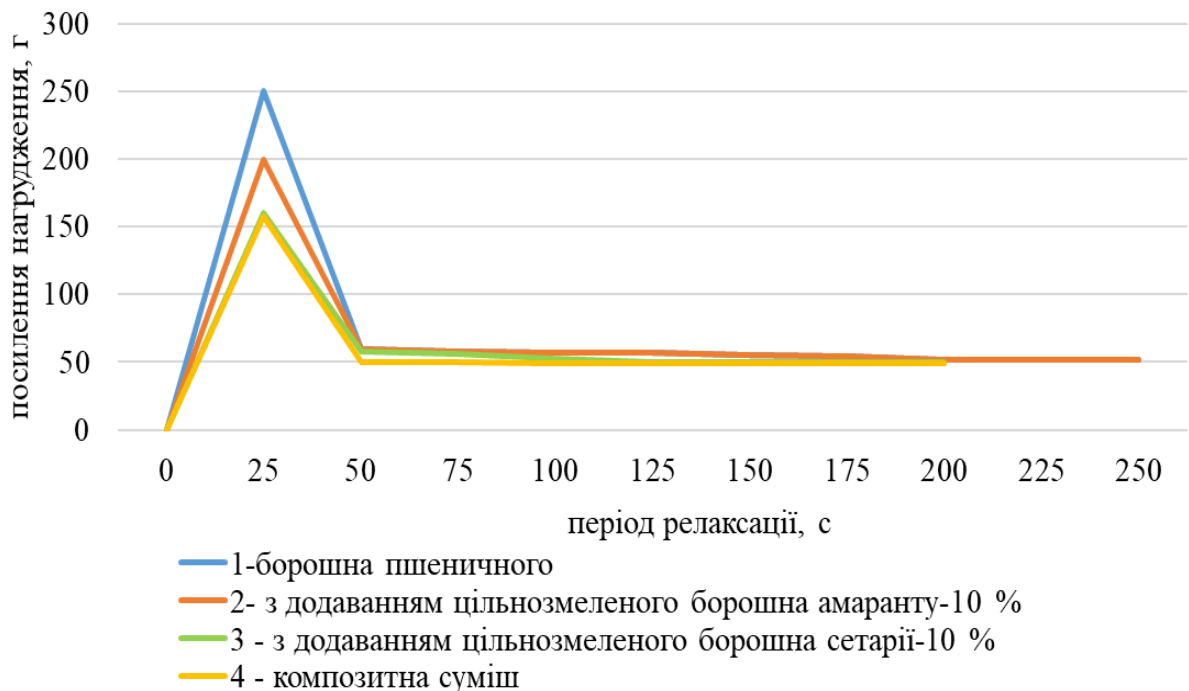


Рисунок 3.9 – Реологічні властивості тіста з композитного борошна

Отримані результати показали, що найбільший період релаксації – 235 с, характерний для контрольної проби. При внесенні цільнозмеленого борошна амаранту тривалість релаксації склала – 197 с, що на 16 % менше порівняно з показником контрольної проби. Додавання цільнозмеленого борошна сетарії також призводило до зменшення періоду релаксації до 172 с. Період релаксації тіста з композитної суміші становив 212 с, і більшою мірою наближався до показника

контрольної проби. Це свідчить про те, що тісто з композитної суміші має більшу пластичність і меншу пружність, ніж тісто з окремо внесеними амарантом або ситарією. Скорочення періоду релаксації тіста з композитної суміші, мабуть, обумовлено зниженням масової частки білків клейковини пшеничного борошна.

Структурно-механічні властивості характеризують поведінку макаронного тіста за умов напруженого стану, деформації у процесі докладання зусиль. На рисунку 3.10 показано залежність питомої роботи пресування макаронних виробів від вологості тіста.

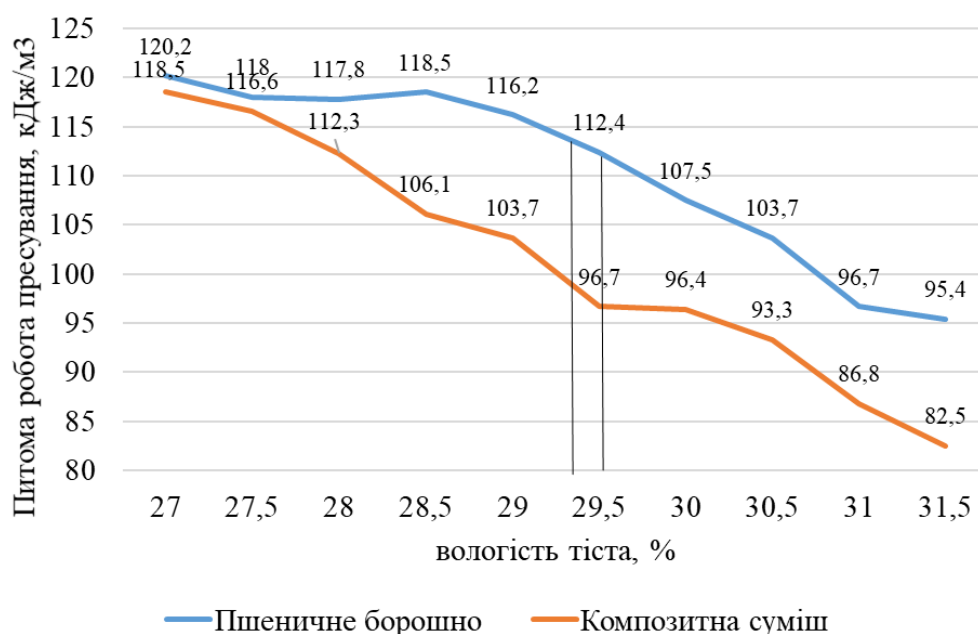


Рисунок 3.10 – Залежність питомої роботи пресування макаронних виробів від вологості тіста

Встановлено зниження питомої роботи пресування макаронних виробів, виготовлених із композитної суміші, порівняно з виробами з пшеничного борошна. Визначено вологість тіста з композитної суміші – 29,5 % – 29,7 %, при якій витрати енергії на пресування мінімальні – менші на 13,8 % – 16,2 % порівняно з контролем.

На підставі даних поданих у таблиці 3.9 показана залежність питомої роботи розрізання макаронних виробів від вологості тіста (рисунок 3.11).

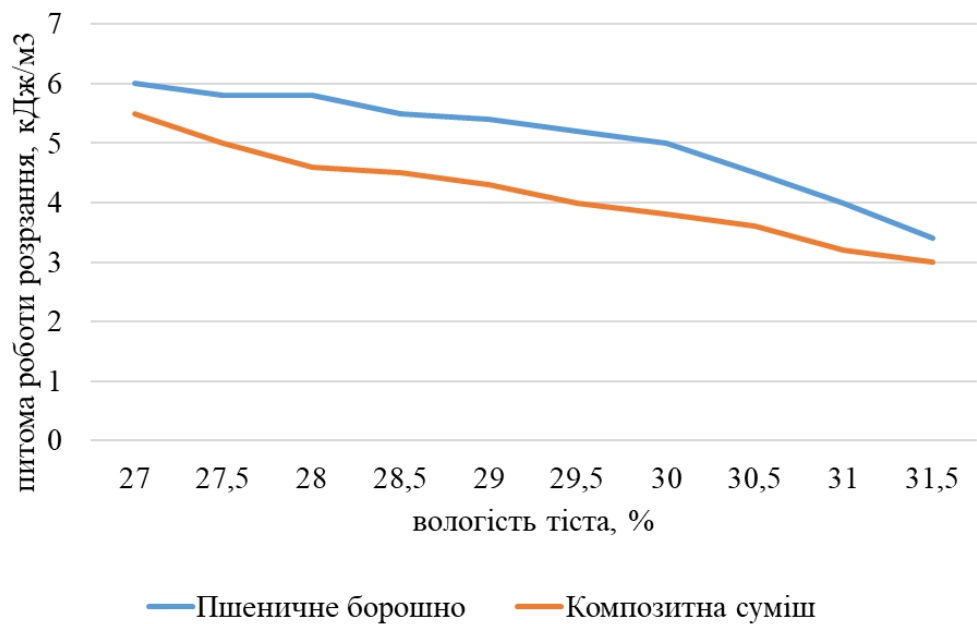


Рисунок 3.11 – Залежність питомої роботи розрізання макаронних виробів від вологості тіста

Встановлено зниження питомої роботи розрізання макаронних виробів, приготованих із композитної суміші, порівняно з виробами із пшеничного борошна. При вологості тіста з композитної суміші – 29,5% – 29,7%, витрати енергії на розрізання також мінімальні, тобто. на 15,2% - 15,7% менше у порівнянні з контрольними пробами - виробами з пшеничного борошна.

### 3.2.7 Визначення швидкості пресування макаронного тіста композитної суміші

Для вивчення впливу вологості тіста з композитної суміші на продуктивність макаронного преса, визначали швидкість пресування макаронних виробів. З даних, представлених на рисунку 3.12, видно, швидкість пресування макаронних виробів з композитної суміші була більшою порівняно зі швидкістю пресування виробів із пшеничного борошна.

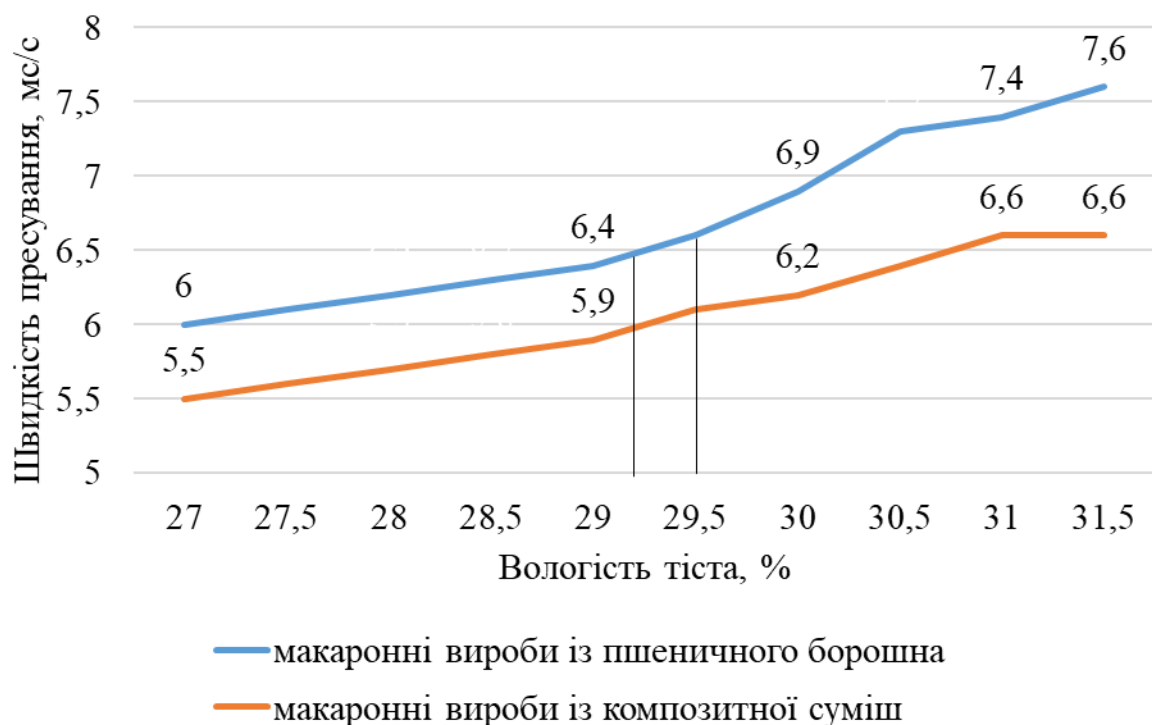


Рисунок 3.12 – Вплив вологості тіста на швидкість пресування макаронних виробів (матриця з фторопластовими вставками)

При вологості тіста 29,5 % – 29,7 % швидкість пресування була більшою на 9,8 % – 10,5 %. Збільшення швидкості пресування виробів дозволяє збільшити продуктивність шнекових макаронних пресів. Макаронні вироби з композитної суміші, вироблені за дотримання вологості тіста 29,5 %, мали органолептичні та фізико-хімічні показники близькі до контролю. Залежність, представлена рисунку 3.12 показує, що швидкість пресування макаронних виробів з композитної суміші при вологості 29,5 % – 29,7 % перевищує цей показник контрольної проби на 9,8 % – 10,5 %. Збільшення швидкості пресування виробів дозволяє збільшити продуктивність шнекових макаронних пресів.

### 3.2.8 Реологічні властивості зварених макаронних виробів

Реологічні властивості – пружність та пластичність зварених макаронних виробів, що визначали на приладі структурометр (режим 1). Дані представлені рисунку 3.13.

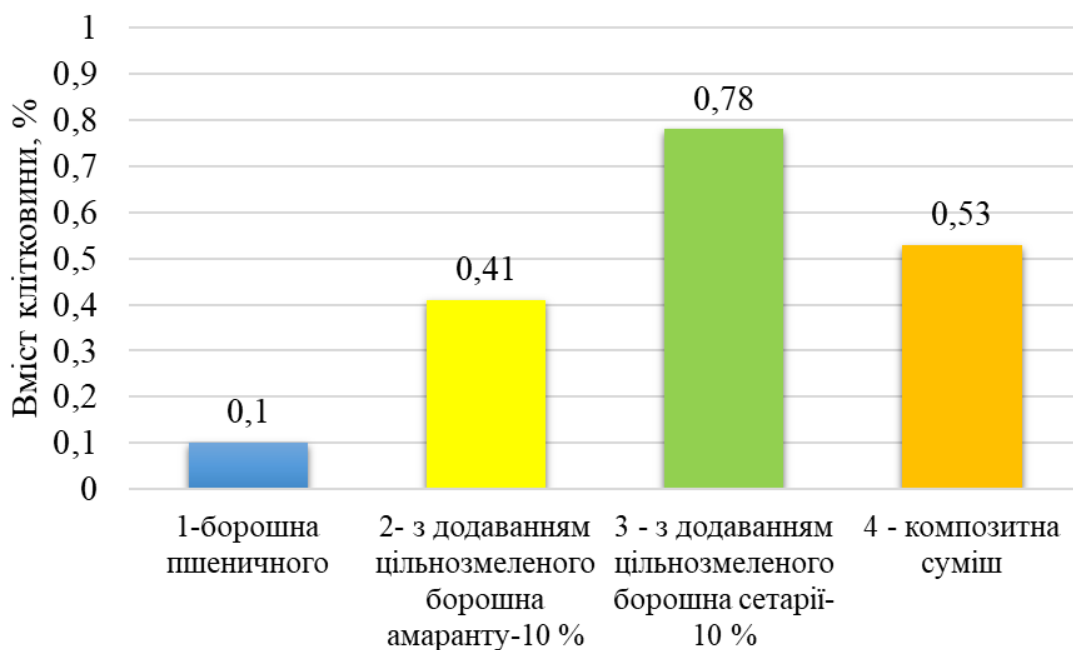


Рисунок 3.13 – Пластична деформація зварених макаронних виробів

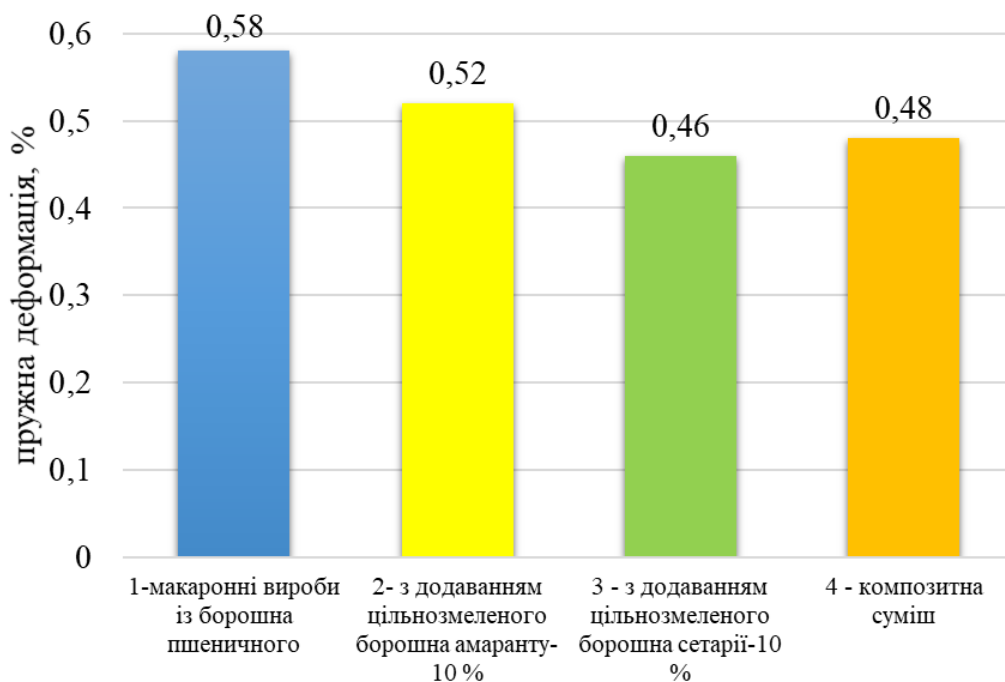


Рисунок 3.14 – Пружна деформація зварених макаронних виробів

При порівняльному аналізі даних встановлено, що внесення цільнозмеленого борошна амаранту або сетарії сприяло підвищенню пластичності зварених макаронних виробів у середньому на 15 – 30 % порівняно з контрольною пробою. Проба зварених виробів з композитної суміші, що містить пшеничне борошно, борошно амаранту і борошно сетарії у співвідношенні 90:6:4, мала показник

пластичної деформації – 0,52 %, що було більшим на 24 % порівняно з пластичною деформацією виробів із пшеничного борошна.

Пружна деформація, що характеризує здатність відновлювати початкову форму при знятті навантаження, у виробках, що містять борошно амаранту або сетарії, а також з композитної суміші в середньому знижувалася на 15 %.

Отримані дані реологічних властивостей макаронних виробів зварених корелювали зі значеннями періоду релаксації макаронного тіста. Зміна реологічних властивостей зварених макаронних виробів з композитної суміші відбувається, можливо, через підвищення їх пластичності та зниження пружної деформації, обумовлених властивостями білків переважно амаранту, що характеризуються наявністю водорозчинних білкових речовин у більшій кількості порівняно з пшеничним борошном.

### 3.3 Визначення харчової цінності макаронних виробів композитної суміші

Результати дослідження хімічного складу цільнозмеленого борошна амаранту та сетарії показали, що за вмістом необхідних харчових речовин вони перевершують пшеничне борошно. У зв'язку з цим визначали харчову цінність макаронних виробів з композитної суміші, що містить борошно амаранту та борошно сетарії та втрати білка в процесі варіння. Проведено вивчення хімічного складу макаронних виробів із композитної суміші за показниками: амінокислотний склад білка, вміст мінеральних елементів, вітамінів та харчових волокон.

Вплив борошна амаранта та борошна сетарії на втрати білка в процесі варіння макаронних виробів.

У зв'язку з цим необхідно було визначити кількість білка, що перейшов у варильну воду, тобто. втрати білка в процесі варіння виробів із композитної суміші, а також виробів з пшеничного борошна з вмістом борошна амаранта або борошна сетарії (рисунок 3.15).

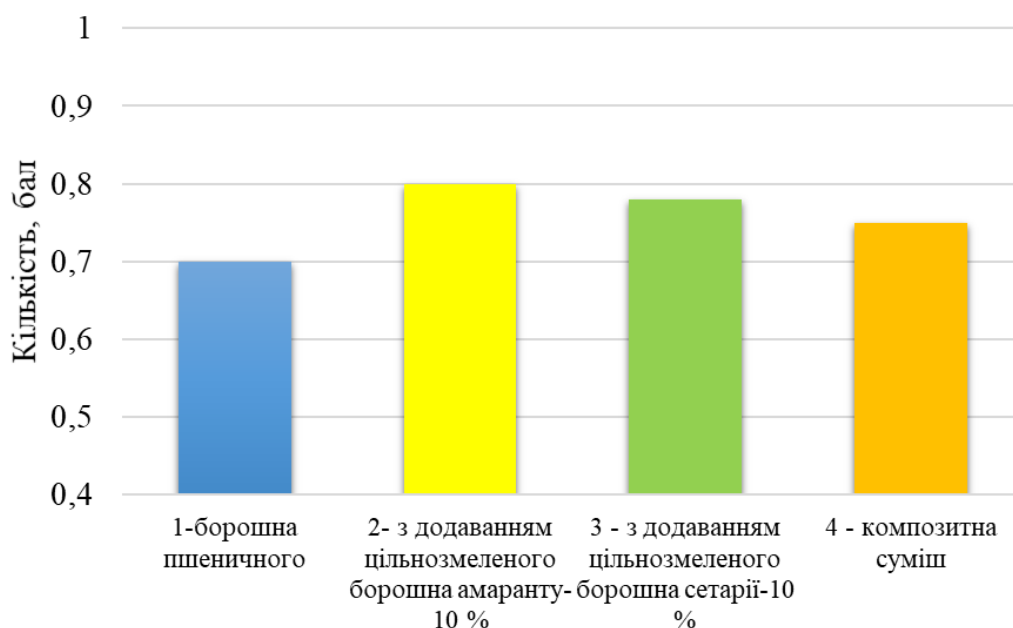


Рисунок 3.15 – Втрати білка внаслідок варіння макаронних виробів

З даних видно, що після варіння макаронних виробів із пшеничного борошна (контроль), вміст білка зменшився на 0,72 %. Макаронні вироби з додаванням цільозмеленого борошна амаранту або сетарії в процесі варіння втрачали 0,8 % і 0,79 % білка відповідно. У виробах із композитної суміші втрати білка у варильне середовище склали 0,77 %, що зберігає біологічну цінність макаронних виробів. Можливо, збільшення втрат білка у виробах із композитної суміші обумовлено введенням у вироби водорозчинних білків, які і переходять у варильну воду.

### 3.3.1 Визначення амінокислотного складу білків

З метою визначення біологічної цінності макаронних виробів із композитної суміші досліджували амінокислотний склад білків сухих та зварених макаронних виробів. Дані представлені у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Вміст амінокислот у макаронних виробах до та після варіння, мг/100г

Найменування амінокислоти	Макаронні вироби							
	контроль		з додаванням 10% борошна:				з композитної суміші	
			амаранту		сетарії			
	сухі	зварені	сухі	зварені	сухі	зварені	сухі	зварені
Аспарагінова	512	263	598	337	530	291	548	303
Глутамінова	2956	1520	3125	1731	2875	1497	2905	1515
Серін	485	245	526	315	490	258	498	261
Гліцин	385	198	501	254	380	212	410	224
Гістидин	310	159	331	211	310	162	315	163
Треонін	408	210	439	249	403	217	415	221
Аланін	624	315	659	360	640	318	646	319
Пролін	487	217	489	293	480	218	485	223
Аргінін	1015	522	1168	571	970	516	1001	532
Тирозин	378	194	399	237	365	192	370	196
Валін	915	470	856	580	896	448	893	444
Метіонін	165	70	201	101	178	78	180	81
Цистин	201	89	195	86	205	94	198	92
Ізолейцин	574	295	583	342	565	293	570	295
Лейцин	913	469	938	531	950	465	940	460
Фенілаланін	556	279	626	332	555	284	558	287
Триптофан	120	64	127	70	123	67	125	68
Лізін	405	198	474	245	411	187	437	218
Сума, г	11,409	5,778	12,235	6,845	11,326	5,797	11,494	5,902

Аналіз отриманих даних показав, що кількісний вміст окремих амінокислот у зварених макаронних виробах з використанням амарантового борошна вище порівняно з контролем, зокрема: лізину на 23,7 %, метіоніну – 44,3 %, гліцину – 28,3 %, проліну – 35,0 %, аргініну – 9,4 %, фенілаланіну – 18,9 %. Зварені макаронні

вироби з додаванням борошна сетаїї перевершують контрольну пробу за вмістом амінокислот: аспарагіну на 10,6 %, метіоніну на 11,4 %, серину на 5,3 %, гліцину на 7,1 %. При приготуванні макаронних виробів з композитної суміші в зварених макаронних виробках зростає вміст амінокислот: лізину на – 10 %, метіоніну – 15,7 %, гліцину – 13,1 %, треоніну – 5,2 %, аспарагіну – 15,2 %.

Біологічна цінність білка макаронних виробів за амінокислотним складом була оцінена відповідно до значень таблиці ФАО/ВООЗ – вміст незамінних амінокислот у 100г «ідеального білка». У макаронних виробках із пшеничного борошна лімітуючими амінокислотами є: лізин (скор 0,60 %), метіонін+цистин (скор 0,71 %) треонін (скор 0,80%). Виготовлення макаронних виробів із композитної суміші дозволяє підвищити амінокислотний скор лізину на 7 %, треоніну на 2,5 %, метіонін+цистин на 8,5 %.

### 3.3.2 Вміст мінеральних елементів, вітамінів та харчових волокон у макаронних виробках з композитної суміші

За хімічним складом цільнозмелене борошно амаранту і борошно сетаїї значно відрізняється від пшеничного борошна за вмістом функціонально значущих харчових інгредієнтів: мінеральних речовин, вітамінів та клітковини. При виробництві макаронних виробів з додаванням цільнозмеленого борошна амаранту або сетаїї вміст зазначених інгредієнтів у них зростає, тому доцільно вивчити хімічний склад макаронних виробів за вмістом мінеральних речовин, вітамінів і клітковини.

Вміст мінеральних елементів визначали в макаронних виробках з пшеничного хлібопекарського борошна і з додаванням цільнозмеленого борошна амаранту або сетаїї, і з композитної суміші, результати досліджень наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Вміст мінеральних елементів у макаронних виробках, %

Найменування елементів	Макаронні вироби із пшеничного борошна			
	Без добавок	з додаванням 10% цільнозмеленого борошна:		з композитної суміші
		амаранту	сетарії	
Мідь	0,0005	0,0005	0,00055	0,00053
Цинк	0,003	0,003	0,003	0,003
Фосфор	0,1	0,12	0,12	0,12
Марганець	0,01	0,011	0,011	0,011
Залізо	0,002	0,0028	0,0028	0,0028
Калій	0,35	0,38	0,38	0,38
Натрій	0,02	0,02	0,021	0,021
Кальцій	0,1	0,1+0,01	0,14	0,13
Магній	0,3	0,32	0,37	0,35
Алюміній	0,002	0,0028	0,0028	0,0028
Кремній	0,01	0,059	0,012	0,026

У макаронних виробках з додаванням цільнозмеленого борошна амаранту вміст деяких мінеральних елементів: фосфору, заліза, калію та алюмінію перевищував їх вміст у контрольній пробі на 20 %, 40 %, 9 % та 40 % відповідно. Додавання цільнозмеленого борошна сетарії підвищило вміст у макаронних виробках: фосфору на 20 %, заліза – 40 %, кальцію – 40 %, магнію – 23 % порівняно з контрольною пробою. Вміст окремих мікроелементів у макаронних виробках із композитної суміші був більшим порівняно з контролем, зокрема: фосфору на 20 %, заліза – 40 %, кальцію – 30 %, магнію – 17 %.

Також змінювався вміст вітамінів у макаронних виробках з додаванням цільнозмеленого борошна амаранту або сетарії. Отримані дані подано на рисунку 3.16.

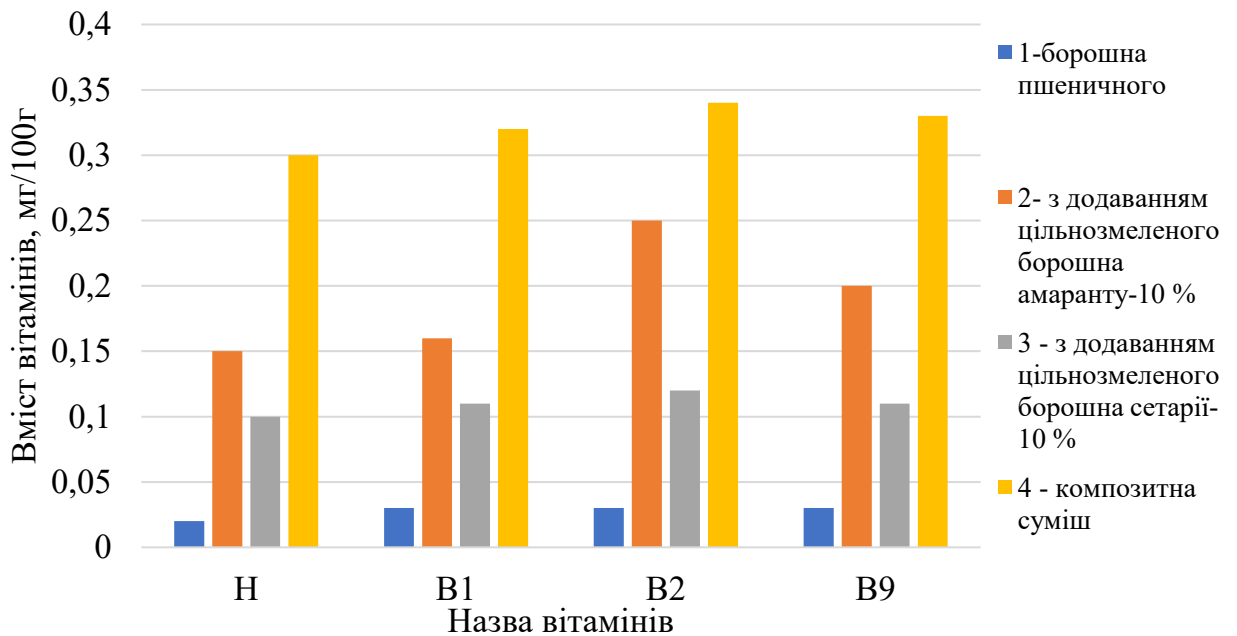


Рисунок 3.16 – Вміст вітамінів у макаронних виробках

Вміст біотину, ніацину, рибофлавіну та фолієвої кислоти в макаронних виробках з додаванням ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна амаранту перевищував вміст їх у контрольних пробах на 15 %, 13 %, 10 % та 6,6 % відповідно.

Максимальна кількість вітамінів містилася в макаронних виробках з додаванням ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна сетарії, мг/%: біотину – 0,025, ніацину – 0,26, рибофлавіну – 0,12 і фолієвої кислоти – 0,34, що відповідно перевищувало їх вміст на 25 %, 20 % та 13 % у виробках із пшеничного борошна.

У виробках з композитної суміші збільшення вмісту вітамінів порівняно з виробками з пшеничного борошна склало: біотину – на 20 %, ніацину – на 33 %, рибофлавіну – на 15 % та фолієвої кислоти – на 10 %.

У зв'язку з тим, що у виробництві макаронних виробів використовували борошно амаранту або сетарії без видалення оболонок, визначали вміст клітковини в готових виробках. Дані представлені рисунку 3.17.

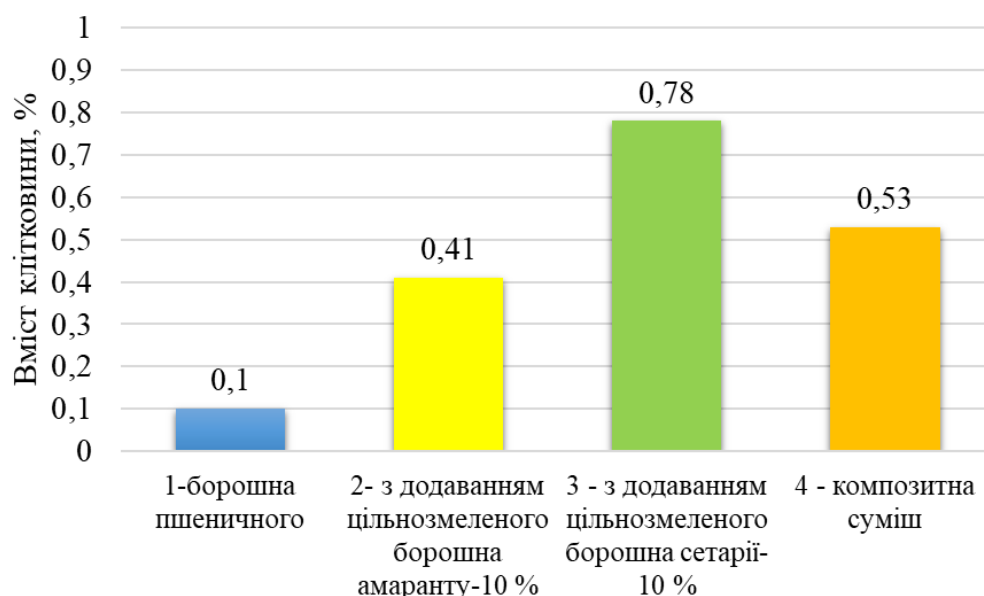


Рисунок 3.17 – Вміст клітковини в макаронних виробах

Встановлено, що з додаванням борошна сетарії макаронні вироби містили максимальну кількість клітковини, її кількість становила 0,78 %, що перевищувало її вміст у виробах з борошна пшеничного майже в 8 разів. Макаронні вироби з додаванням борошна амаранту містили 0,41 % клітковини – перевищення порівняно з контрольною пробою становило 4 рази. У макаронних виробах із композитної суміші вміст клітковини склав 0,67 %, тобто. Перевищував в 6,7 разів її вміст у макаронних виробах з пшеничного борошна (таблиця 3.12).

### 3.3.3 Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості макаронних виробів у процесі зберігання

Однією з основних переваг макаронних виробів, як продукту харчування, є здатність до тривалого зберігання без зміни початкових властивостей. Це пояснюється тим, що макаронні вироби консервують за допомогою зневоднення. У зневодненому продукті сповільнюється перебіг біохімічних та мікробіологічних процесів, що погіршують органолептичні та фізико-хімічні властивості макаронних виробів.

Вивчали якість макаронних виробів та їх мікробіологічний стан у процесі зберігання.

Таблиця 3.12 – Харчова цінність макаронних виробів

Хімічний склад	Добова норма	Макаронні вироби з:			
		пшеничного борошна, без добавок		композитної суміші	
		в 100 г продукту	харчова цінність, %	в 100 г продукту	харчова цінність, %
Вода, г	1750 – 2200	13,0	5,9-7,4	13,0	5,9-7,4
Білки, г	85	12,5	14,7	12,5	14,7
Жири, г	102	1,1	1,1	1,5	1,5
Вуглеводи засвоювані, г	382	66,5	17,4	65,7	17,2
Клітковина, г	25	0,1	0,4	0,67	2,7
Na, мг	4000	20	0,5	21	0,5
K, мг	2500	355	14,2	380	15,2
Ca, мг	800	100	12,5	130	16,3
Mg, мг	400	310	77,5	350	87,5
P, мг	1200	105	8,8	120	10,0
Fe, мг	14	2	14,3	2,8	20,0
B <sub>1</sub>	1,7	0,17	10,0	0,24	14,1
B <sub>2</sub>	2,0	0,1	5,0	0,12	6,0
PP	19,0	1,4	7,4	1,6	8,4
Енергетична цінність, ккал	2775	326	11,8	329	11,9

Показники якості макаронних виробів при зберіганні не повинні перевищувати норми, зокрема: кількість сухої речовини у варильній воді – 9 %, кислотність – 4 град, смак та запах, що відповідають даному виду виробів.

Визначення показників якості макаронних виробів проводили після вироблення виробів через 1, 2, 3 та 4 місяців зберігання.

Органолептичні показники якості макаронних виробів із пшеничного борошна протягом усього періоду зберігання не змінювалися, втрати сухої речовини у варильну воду та кислотність зросли незначно, на 0,5 % та 0,2 град, відповідно. Макаронні вироби без добавок після зберігання протягом 4 місяців за всіма показниками якості відповідали вимогам нормативної документації.

Аналіз отриманих даних показав, що при зберіганні протягом 3 місяців макаронних виробів з додаванням 10 % цільозмеленого борошна амаранту органолептичні властивості та кількість сухої речовини, що перейшла у варильну воду, не змінювалися, проте кислотність зростала до 3,6 град. При подальшому зберіганні (до 4 місяців) з'явилися слабкі прогірклі присмак та запах, кислотність зростала до 5,2 град., що не відповідало вимогам ДСТУ.

Органолептичні властивості макаронних виробів, що містять 10 % цільозмеленого борошна сетарії, протягом усього періоду зберігання (4 місяці) не змінювалися. Показник кислотності зростав до 3,2 град, кількість сухої речовини, що перейшла у варильну воду, становила 6,2 %, що не перевищувало значень, зазначених у ДСТУ.

Макаронні вироби з композитної суміші при зберіганні протягом 3 місяців мали органолептичні показники відповідні даному виду виробів, втрати сухої речовини у варильне середовище зросли до 6,0 %, кислотність – до 3,0 град. При подальшому зберіганні (до 4 місяців) з'явився слабкий присмак і запах, кислотність становила 3,8 град.

Органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості макаронних виробів представлені у таблиці 3.13.

На основі отриманих результатів можна рекомендувати наступні терміни зберігання макаронних виробів:

Таблиця 3.13 – Органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості макаронних виробів у процесі зберігання

Найменування показників	Термін зберігання макаронних виробів, місяців															
	з пшеничного борошна без добавок				з додаванням цільнозмеленого борошна, 10% від маси борошна								з композитної суміші			
					амаранту ‘				сетарії							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Смак	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	злегка прогірклий	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	Злегка прогірклий
Колір	білий	білий	білий	білий	бежевий	бежевий	бежевий	бежевий	кремовий	кремовий	кремовий	кремовий	бежевий	бежевий	бежевий	бежевий
Запах	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	не відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	відпов.	не відпов.
Суша речовина, що перейшла у варильну воду, %	5,2	5,2	5,4	5,5	6,8	6,8	7,0	7,0	5,9	6,2	6,1	6,2	5,8	5,8	6,0	6,0
Кислотність, град	1,8	1,8	2,0	2,0	2,7	3,2	3,6	5,2	2,3	2,5	2,7	3,2	2,6	2,8	3,0	3,8
Вміст мікроорганізмів, ДЕЯ/г	4500	5300	6100	8200	5500	6800	9200	13000	5100	5900	7100	8500	5200	6200	7400	8800

## Висновки до розділу

Проведені дослідження показали доцільність застосування ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна амаранту та сетарії у виробництві макаронних виробів з метою підвищення їх харчової цінності. Борошно із зерна амаранту більшою мірою може забезпечувати біологічну цінність, а борошно з зерна сетарії - мінеральну та вітамінну цінність, а також підвищення вмісту харчових волокон.

Макаронні вироби з композитної суміші за органолептичними показниками якості були близькі до макаронних виробів з пшеничного борошна. Проте за показником міцність зварених виробів, макаронні вироби з композитної суміші поступалися на 28 % традиційним макаронним виробам, що свідчить про зміну структури при варінні виробів. Індекс якості макаронних виробів з композитної суміші склав 87, що характеризує дані вироби як хороші за якістю.

На підставі органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних досліджень якості макаронних виробів рекомендовано наступні терміни зберігання:

- для макаронних виробів з додаванням 10 % ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна амаранту та виробів з композитної суміші - не більше 3 місяців;
- для макаронних виробів з додаванням 10 % ціЛЬНОЗМЕЛЕНОГО борошна сетарії трохи більше 4 місяців.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Розробка карти безпеки праці під час виробництва макаронних виробів

Для того щоб впровадити безпечні умови праці на підприємствах з виробництва макаронних виробів, ми розробили карту охорони праці (рисунок 5.1), що враховує всі характеристики та умови праці операторів ліній з виробництва макаронних виробів у ТОВ "Стас і К".

<p><b>1. Загальна інформація</b></p> <p>Дана картка безпеки праці розроблена для робітників цеху з виробництва макаронних виробів ТОВ «Стас і К».</p> <p><b>Важливо!</b> Обов'язково ознайомитись з інформацією цієї картки перед виконанням робіт.</p>	<p><b>2. Опис робочого місця</b></p> <p>Посада: апаратник лінії з виробництва макаронних виробів.</p> <p>Місце роботи: цех з виробництва макаронних виробів ТОВ «Стас і К».</p> <p>Робочий час: 1 зміна (8:00-20:00) 2 зміна (20:00-8:00)</p>
<p><b>3. Заходи безпеки</b></p> <p>До роботи допускаються особи, що досягли 18-річного віку та пройшли відповідний інструктаж з ОП і медичний огляд.</p> <p>Заборонено приступати до роботи в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння. В разі поганого самопочуття негайно повідомити майстра цеху.</p> <p>Уважно готувати робоче місце, дотримуватись правил охорони праці. Обов'язково використовувати засоби індивідуального захисту при виконанні робіт з налагодженням роботи технологічного обладнання лінії.</p>	
<p><b>4. Надзвичайні ситуації</b></p> <p>1) <b>Пожежа:</b> негайно повідомити про це відповідні служби та натиснути на пожежну сигналізацію. Використовувати вогнегасник або інші засоби пожежогасіння, якщо ви натрапили на невелике загоряння та можете безпечно його загасити.</p> <p>2) <b>Аварія:</b> негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Уникайте зони аварії та слідуйте вказівкам служб безпеки.</p> <p>3) <b>Травма:</b> негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Зверніться до медичного працівника або запросіть медичну допомогу, якщо потрібно.</p>	
<p><b>5. Потенційні ризики</b></p> <p>а) наявність борошняного пилу, б) можливість враження струмом, в) ризик пожежі та вибуху.</p>	<p><b>6. Контакти екстрених служб</b></p> <p>Черговий: вн.т. <b>35-12-03</b> Державна служба надзвичайних ситуацій: <b>101</b> Невідкладна медична допомога: <b>103</b> Служба екстреної допомоги: <b>112</b></p>

Рисунок 4.1 – Карта безпеки праці оператора лінії з виробництва макаронних виробів в ТОВ «Стас і К»

## 4.2 Утилізація відходів макаронного виробництва

Забруднювачами виробництва є органічний пил, що потрапляє в атмосферу з вихлопних систем, і забруднені різними домішками стічні води, які використовуються в побутових і промислових цілях і змінюють первісний хімічний склад і фізичні властивості [15].

Щоб уникнути порушення технічних умов, було розроблено різні заходи щодо зниження забруднення повітря. У місцях виділення пилу встановлюють вбудовані вентиляційні укриття, зонти та відсмоктувальні пристрої. Технічні процеси, пов'язані з викидами пилу (навантаження, подрібнення, дозування і транспортування сипких матеріалів), містять у собі відсмоктування і водопридушення, тобто розпилення води на джерела пилу.

На підприємстві одні відходи утилізуються разом зі стічними водами, а інші поміщаються в контейнери як тверді відходи. Потім компанія транспортує промислові відходи на спеціальний полігон.

### Висновки за розділом

У пропонованому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено карту безпеки праці для операторів лінії з виробництва макаронних виробів у ТОВ «Стас і К» і визначено використання та шляхи утилізації відходів макаронного виробництва.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Організація проведення дослідження

Метою розрахунків була оцінка отриманих результатів і доцільності реалізації проєкту з демонстрації технології виробництва макаронів з підвищеною харчовою цінністю та профілактичною користю завдяки додаванню в рецептуру харчових добавок і нетрадиційних інгредієнтів.

Витрати на проєкт охоплюють купівлю обладнання для виробництва макаронів, амортизацію, закупівлю тестових зразків борошна, заробітну плату та електроенергію. У таблиці 5.1 наведено перелік найбільш витратних заходів, таких як вимірювання показників якості сировини та напівфабрикатів, вимірювання впливу різних видів борошна на якість макаронів і вимірювання впливу харчових добавок на показники якості макаронів.

Таблиця 5.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{ij}$ , днів
1	2	3
1-2	Вибір напрямку наукових досліджень	1
2-3	Літературний пошук та постановка проблематики	10
3-4	Складання плану виконання досліджень	2
4-5	Розробка методики проведення досліджень	2
5-6	Підготовка основних матеріалів для проведення досліджень	2
6-7	Підготовка та налаштування устаткування для проведення досліджень	25
7-8	Визначення показників якості сировини основної та додаткової при виробництві макаронних виробів	3
7-9	Визначення впливу борошна різних сортів на якісні показники макаронних виробів	8
7-10	Визначення впливу харчових добавок на якісні показники макаронних виробів	12
7-11	Дослідження якості макаронних виробів та технологічних режимів їх виготовлення	10

1	2	3
8-12	Аналіз та обробка результатів дослідження	1
9-12		1
10-12		3
11-12		2
12-13	Обробка результатів експериментальних даних	6
13-14	Підготовка матеріалів досліджень до публікації та оприлюднення	8
14-15	Формування демонстраційного матеріалу	6

Для оперативного управління перебігом робіт було складено сітьовий графік (рис. 5.1)..

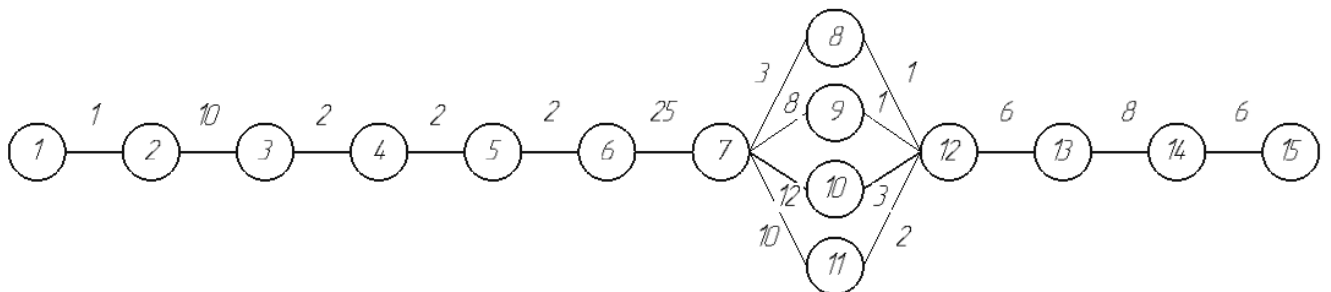


Рисунок 5.1 – Сітьовий графік проведення НДР

Використовуючи сітьовий графік, знаходять тривалість послідовних робіт.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14-15}^1 = 2 + 14 + 3 + 3 + 2 + 22 + 2 + 1 + 4 + 5 + 4 = 62;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13-14-15}^2 = 2 + 14 + 3 + 3 + 2 + 22 + 3 + 1 + 4 + 5 + 4 = 63;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13-14-15}^3 = 2 + 14 + 3 + 3 + 2 + 22 + 4 + 1 + 4 + 5 + 4 = 64;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13-14-15}^4 = 2 + 14 + 3 + 3 + 2 + 22 + 8 + 2 + 4 + 5 + 4 = 69.$$

Шлях із максимальною тривалістю є критичним. Його тривалість становить 69 днів.

## 5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Вартість основних і вторинних матеріалів:

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

де  $m_1$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_1$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку матеріальних витрат наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Борошно пшеничне, кг	5	14,00	70,00
Борошно амарантове, кг	1	76,00	76,00
Харчові ситарії, кг	1	180,00	180,00
Всього			326,00

Результати розрахунків заробітної плати представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

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

Нарахування на заробітну плату представлені таким чином:

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

Споживана електроенергія визначається за такою формулою

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

де  $M$  – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

$T$  – час роботи на установці, год;

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

Енергоспоживання змішувача становить

$$E_{\text{зміш.}} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 1,68 = 13,30 \text{ грн.}$$

Енергоспоживання макаронних пресів:

$$E_{\text{прес.}} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 1,68 = 30,24 \text{ грн.}$$

Енергоспоживання сушарок для харчових продуктів:

$$E_{\text{суш.}} = 2,0 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 48,38 \text{ грн.}$$

Споживання енергії, необхідної для роботи комп'ютера:

$$E_{\text{н.к.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 240 \cdot 1,68 = 326,59 \text{ грн.}$$

Загальне споживання електроенергії має такий вигляд:

$$E = E_{\text{зміш.}} + E_{\text{прес.}} + E_{\text{суш.}} + E_{\text{н.к.}} = 13,30 + 30,24 + 48,38 + 326,59 = 388,51 \text{ грн.}$$

Амортизація розраховується за такою формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (3.3)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн;

$\Phi$  – вартість устаткування, грн;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків амортизації наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунків витрат на амортизаційні відрахування

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Змішувач рецептурних компонентів	1200,00	15	1	0,49
Макаронний прес	2300,00	15	1	0,94
Сушарка харчових продуктів	1800,00	15	2	1,48
Персональний комп'ютер	12000,00	24	30	236,71
Всього				239,62

Накладні витрати:

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

Кошторис витрат на проведення дослідження приведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	326,00
Заробітна плата	741,00
Нарахування на заробітну плату	163,02
Електроенергія	388,51
Амортизація	239,62
Накладні витрати	592,80
Всього	2405,95

Аналіз показав, що зарплата і накладні витрати складають більшість витрат.

### 5.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна дослідження визначається за формулою:

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

де  $Ц$  – вартість дослідження, грн;

$C$  – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 2405,95 + \frac{30 \cdot 2405,95}{100} = 3141,23 \text{ грн.}$$

Вартість дослідження склала 3141,23 грн.

#### Висновки за розділом

За даними розрахунків найбільші витрати припадають на заробітну плату та накладні витрати, які склали 741,00 і 592,80 грн. відповідно. Загальна вартість дослідження становить 3141,23 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Запропоновано показник комплексної оцінки – індекс якості, виражений у балах та що передбачає визначення якості виробів відповідно до ДСТУ 7043:2009 «Вироби макаронні», а також характеристику міцності зварених виробів об'єктивним методом.

Встановлено, що борошно амаранту та сетарії містить необхідні для організму людини поживні речовини у більшій кількості порівняно з пшеничним борошном. У цілнозмеленому борошні амаранту вміст незамінних амінокислот перевищує їх вміст у борошні пшеничного на 26 %; мінеральних речовин: фосфору на 0,2 %; магнію на 0,2 %; калію на 0,25 %; вміст вітамінів: Н, РР, В), В<sub>2</sub>, В<sub>9</sub> – перевищує 0,03 мг/%, 0,5 мг/%, 0,18 мг/%, 0,14 мг/% і 0,03 мг/% відповідно; клітковини - на 3,4 % порівняно з пшеничним борошном. Ціліснозмелена борошно із зерна сетарії, порівняно з пшеничним борошном, містить більше незамінних амінокислот на 6,5 %, мінеральних речовин: фосфору на 0,2 %, заліза на 0,008 %, калію на 0,25 %, кальцію на 0,4 %, магнію на 0,7 %, вітамінів: В<sub>2</sub>, В<sub>9</sub>, Н, РР – на 1,03 мг/%, 0,22 мг/%, 0,36 мг/%, 0,05 мг/% та 1,4 мг/% відповідно, клітковини на 8,6 %.

Розроблено композитну суміш для виробництва макаронних виробів підвищеної харчової цінності, що містить в оптимальному співвідношенні борошно пшеничне, борошно амаранту, борошно сетарії – 90:(6-7):(4:3) та необхідні для організму людини нутрієнти у більшій кількості порівняно з макаронними виробами із пшеничного борошна.

Встановлено зміну реологічних властивостей макаронного тіста із композитної суміші порівняно з тестом із пшеничного борошна. Показано, що тісто з композитної суміші характеризується дещо зниженим періодом його релаксації та збільшенням пластичності тіста. Збільшення пластичності тіста сприяє зниженню питомої роботи на пресування, підвищенню швидкості пресування і, як наслідок, збільшенню продуктивності шнекового макаронного преса в середньому на 10%.

Встановлено, що харчова цінність макаронних виробів, вироблених із композитної суміші, перевищує харчову цінність виробів із пшеничного борошна за показниками біологічної (лізину на 7%, треоніну на 2,5%), мінеральної (кальцію на 10%, калію на 9%), заліза на 40%, фосфору на 20%, магнію на 13%) та вітамінної (В<sub>1</sub> на 40%, В<sub>2</sub> на 15%, В<sub>9</sub> на 10%, Н на 20%) цінності та вмісту клітковини в 5 разів.

За даними розрахунків найбільші витрати припадають на заробітну плату та накладні витрати, які склали 741,00 і 592,80 грн. відповідно. Загальна вартість дослідження становить 3141,23 грн.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Капрельянц Л. Функціональні продукти і нутрицевтики – сучасні підходи харчової науки. Л. Капрельянц // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2016. Вип. 73. С. 441
2. Лялик А., Криськова Л., Кравчук Л. Концепція функціональних харчових продуктів / Тези доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Стан і перспективи харчової науки та промисловості», 11-12 жовтня 2017 року. — Т.: ТНТУ, 2017. — С. 114–115.
3. Івашків Л.Я. Нові напрямки оздоровчого харчування населення України // Вісник ЛІЕТ. — 2008. — № 3. — С. 163–168.
4. Чепурда Л.М., Івашина Л.Л. Особливості застосування БАД у харчуванні різних верств населення. Стратегії сталого розвитку в туризмі та готельно-ресторанному бізнесі: можливості і проблеми запровадження в Україні : кол. монографія / за ред. д-ра іст. наук, проф. Чепурди Г. М.; Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. – С. 176. -180с.
5. Башта А. Скорцонера – перспективна інуліновмісна сировина для виробництва оздоровчих продуктів. Інноваційні технології в готельноресторанному бізнесі: матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції. (19 - 20 травня, 2020 р., м. Київ). Київ : НУХТ, 2020. С. 214-216.
6. Калина В. С. Розділ 5. Розробка нових функціональних продуктів харчового призначення / В. С. Калина, А. М. Пугач // Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв. Agricultural mechanics. Innovative technologies of food production : монографія / А. С. Кобець, С. П. Сокол, А. М. Пугач, Ю. О. Чурсінов, О. А. Півоваров, С. Ю. Миколенко, О. С. Ковальова, В. С. Калина, В. С. Кошулько, Д. О. Тимчак, Н. А. Сова, К. А. Худайбердієва ; МОН України ; Дніпровський держ. аграр.-екон. ун-т. – Дніпро : «Свідлер А. Л.», 2022. – Т. 4. Інноваційні технології харчових виробництв. – С.266-312. – 100-річчю Дніпровського держ. аграр.-екон. ун-ту, 20-річчю кафедри технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції присвячується.

7. Калина В. С., Гола А. В. Макаронні вироби на основі клітковини гречаної: 45(1321) // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. 2018. № 45(1321). С. 160–165.
8. Рожно О.В. Розробка технології безглютенових макаронних виробів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів» ; Національний університет харчових технологій. Київ, 2018. 22 с.
9. Голікова Т.П., Орлова О.О. Макаронні вироби з порошком глоду. Патент на корисну модель № 13495. 2017.
10. Горячова, О.О., Назаренко, В.О., Офіленко, Н.О., Котова, З.Я. Сенсорна характеристика цільнозернових та овочевих макаронних виробів. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки, 2018. № 1 (85). С. 104–113.
11. Дзюндзя О.В.; Шинкарук М.В. Вплив овочевих порошоків на якість макаронних виробів. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, 2021, 3: 72-78.
12. Кравченко О.А., Стеценко Н.О. Нові види макаронних виробів з антиоксидантними властивостями. Актуальні питання науки і техніки у XXI столітті. Природничі та медичні науки, технічні і математичні науки, науковий 59 форум: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 28 травня 2014 р. Київ, 2014. С. 166 – 172
13. ДСТУ 7043: 2009 Вироби макаронні. Загальні технічні умови.
14. Хомічак Л. М., Грушецький Р. І., Гриненко І. Г. Родина складноцвітих – перспективне джерело інуліну // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2013. №1. С. 117–122.
15. Грішин А. О. «Поліпшення споживних властивостей макаронних виробів на сучасному етапі.» Наукова конференція студентів: Сучасні напрями розвитку економіки, підприємництва, технологій та їх правового забезпечення: матеріали Наукової конференції студентів / □ відповід. за вип. : проф. Семак Б. Б. Львів : вид-во Львівського торговельно-економічного університету, 2020. □ С.240.

16. Карпик, Г.В. Удосконалення технології макаронних виробів, збагачених харчовими волокнами: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.01 / Г. В. Карпик // Укр. держ. ун-т харч. технологій. – К. – 2014. – 20 с
17. Карпик, Г.В. Удосконалення технології макаронних виробів, збагачених харчовими волокнами: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.01 / Г. В. Карпик // Укр. держ. ун-т харч. технологій. – К. – 2014. – 20 с
18. Паливода С.Д. Удосконалення технології макаронних та хлібних виробів з використанням харчових добавок структуро утворювальної дії: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / НУХТ – К., 2010 – 268 с.
19. Сандул, Р. О. Аналіз факторів, що впливають на формування якості макаронних виробів. Вісник студентського наукового товариства «ВАТРА» Вінницького торговельно-економічного інституту КНТЕУ. Вінниця: Редакційно-видавничий, 183.
20. Струк Ю. Збагачення макаронних виробів чорницею / Ю. Струк; наук. кер. Т. П. Голікова // Проблеми формування здорового способу життя у молоді: зб. матеріалів VI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учен. та студ. з міжнар. участю, Одеса, 5-6 листоп. 2013 р. / ОНАХТ, Пром. торг. компанія Шабо.-О., 2013. - С. 85-86.
21. Lenzion, K., Gornowicz, A., Bielawski, K., Bielawska, A. (2021). Phytochemical composition and biological activities of Scorzonera Species. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(10), 5128.
22. A. Bashta, N. Ivchuk and O. Bashta, Yacón and Scorzonera as functional enrichment of food, *Ukrainian J. Food Sci.* 3 (2015) 13–22.
23. Касіянчук, В. Д. Нові технології виробництва продукції оздоровчого і лікувально-профілактичного призначення. Концептуальні проблеми розвитку сучасної гуманітарної та прикладної науки: матеріали V Всеукраїнського науково-практичного симпозіуму (м. Івано-Франківськ, 14 травня 2021 року).–Івано-Франківськ: Редакційно-видавничий відділ Університету Короля Данила, 2021.– 388 с., 108.
24. Ощипок І. М. Використання нових харчових добавок з рослинної

сировини у харчовій промисловості // Вісник Львівської комерційної академії. Товарознавство. 2015. № 15. С. 77–81.

25. Самохвалова О. В., Олійник С. Г., Касабова К. Р. Інноваційні технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів: лаб. практи. для студ. спеціальності 181 "Харчові технології" спеціалізації "Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів" ступень вищої освіти – магістр; Харківський дер. ун-т харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2017. 55 с.

26. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Довідник : навч.посіб./2-ге вид., перероб. І допов. Київ, «ПрофКнига», 2019. 580 с.

27. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів : навчальний посібник / за ред. чл.-кор. В.І. Дробот – К.: Кондор-Видавництво, 2015.– 958 с.

28. Власенко М.В., Семенюк І.В., Слободянюк Г.Г. Цукровий діабет і ожиріння – епідемія ХХІ століття: сучасний підхід до проблеми // Український терапевтичний журнал.–2011. – № 2. – С. 50-55.

29. Азаренко, Ю. М.; Білокобильська К. А. Актуальність створення функціональних продуктів для профілактики та лікування діабету. Редакційна колегія. Сучасні досягнення фармацевтичної технології: матеріали Х міжнар. наук.-практи. конф., присвяч. 60-річчю з дня народж. д-ра фармацевт. наук, проф. Гладуха Євгенія Володимировича, м. Харків, 10-11 трав. 2023 р. – Харків : НФаУ, 2023. – С. 262

30. Тарасюк, О. Функціональні харчові продукти, для осіб, що хворіють цукровим діабетом / О. Тарасюк, Т. Горлова // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 82 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 13–14 квітня 2016 р. – К. : НУХТ, 2016. – Ч. 1. – С. 29

31. Дорохович В.В. Борошняні кондитерські вироби для хворих на цукровий діабет із застосуванням продуктів переробки моркви / В. В. Дорохович // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 238-244.

32. Карпик, Г. В. Визначення ступеня глікемічності макаронних виробів, збагачених харчовими волокнами / Г. В. Карпик, В. Г. Юрчак // Стан і перспективи харчової науки і промисловості : тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, 8-9 жовтня 2015 р. – Тернопіль, 2015. – С. 65–66.

33. Кожевнікова, В. О. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням лікарської та пряно-ароматичної сировини [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.01 "Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів" / Кожевнікова Вікторія Олегівна ; наук. кер. Т. Є. Лебеденко ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Одеса : ОНАХТ, 2016. - 23 с.

34. Єгоров Б., Мардар М. Стан харчування населення України // Товари і ринки. – 2011. – № 1. – С. 140–147.

35. Юрчак В.Г. Наукове обґрунтування та розроблення технології макаронних виробів поліпшеної якості та профілактичного призначення шляхом використання нетрадиційної сировини і харчових добавок / В. Г. Юрчак // Дис...д-ра техн. наук: 05.18.01. – К. – 2003. – 336 с.

36. [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&2\\_S21P03=FILE=&2\\_S21STR=VLNU\\_biol\\_2016\\_73\\_122](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=VLNU_biol_2016_73_122)

37. [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/22113/2/SPHNP\\_2017\\_Lialyk\\_A-The\\_concept\\_of\\_functional\\_114-115.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/22113/2/SPHNP_2017_Lialyk_A-The_concept_of_functional_114-115.pdf)

38. [http://elcat.pnpu.edu.ua/docs/visnuk\\_3%20%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BC.pdf#page=163](http://elcat.pnpu.edu.ua/docs/visnuk_3%20%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BC.pdf#page=163)

39. [https://www.researchgate.net/profile/Halyna-Kushniruk/publication/352976913\\_Chernobyl\\_tourism\\_current\\_trends\\_problems\\_and\\_prospects\\_Cornobilskij\\_turizm\\_sucasni\\_tendencii\\_problemi\\_ta\\_perspektivi\\_rozvitku/links/60e16b59299bf1ea9ede1940/Chernobyl-tourism-current-trends-problems-and-prospects-Cornobilskij-turizm-sucasni-tendencii-problemi-ta-perspektivi-rozvitku.pdf#page=176](https://www.researchgate.net/profile/Halyna-Kushniruk/publication/352976913_Chernobyl_tourism_current_trends_problems_and_prospects_Cornobilskij_turizm_sucasni_tendencii_problemi_ta_perspektivi_rozvitku/links/60e16b59299bf1ea9ede1940/Chernobyl-tourism-current-trends-problems-and-prospects-Cornobilskij-turizm-sucasni-tendencii-problemi-ta-perspektivi-rozvitku.pdf#page=176)

40. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/31826/1/hotel%20industry.pdf#page=213>
41. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/37612/1/1.pdf>
42. <https://core.ac.uk/download/pdf/270038417.pdf>
43. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14898/1/Pyvgmv.pdf>
44. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/15427/1/makaroni.pdf>
45. [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17892/1/Konspekt\\_lekcij\\_Bezvidhodni\\_tehnologiji\\_konservnyh\\_vyrobnictv.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17892/1/Konspekt_lekcij_Bezvidhodni_tehnologiji_konservnyh_vyrobnictv.pdf)
46. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1339/3/kvmnrkthkvmihuvep.pdf>
47. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/455/3/751.pdf>
48. [https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/35368/1/181\\_Haidashchuk%20Bohdan%20Mykhailovych.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/35368/1/181_Haidashchuk%20Bohdan%20Mykhailovych.pdf)
49. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/20610/1/sword%202015.pdf>
50. <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/article/view/264787>