

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технологій тваринництва та продовольства
Кафедра харчових технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття рівня вищої освіти
бакалавр

на тему: **«РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МАКАРОНИХ ВИРОБІВ,
ЗБАГАЧЕНИХ РИБНИМ СУБПРОДУКТОМ ТА ЕКСТРАКТОМ
РОЗМАРИНУ»**

Виконала: здобувачка вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
Харчові технології
спеціальності 181 Харчові технології
рівня вищої освіти бакалавр
групи 181 ХТ бд 2022
Любов МАЦАЛА
Керівник: проф. д.т.н. Валерій СУКМАНОВ
Рецензент: проф. д.т.н. Вячеслав СКРИПНИК

Полтава – 2024 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технологій тваринництва та продовольства
Кафедра харчових технологій

Освітньо-професійна програма Харчові технології
 Спеціальність 181 Харчові технології
 Рівень вищої освіти бакалаврський

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри харчових технологій

к.т.н., доцент Ніна БУДНИК

« 23 » « вересня » 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

МАЦАЛА ЛЮБОВ СТАНІСЛАВІВНА

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Розробка технології макаронних виробів, збагачених рибним субпродуктом та екстрактом розмарицу», керівник роботи докт. техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій Сукманов В. О.

Затверджено засіданням кафедри, протокол № 11 від «4» «березня» 2024 р

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи « 27 » « травня » 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: при дослідженні віддавати перевагу властивостям, яким віддають перевагу споживачі даної продукції; для екстрагування рекомендовано обрати метод субкритичного екстрагування.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. 1.1. Макаронні вироби як об'єкт харчування.

1.2. Сучасні підходи до підвищення харчової цінності макаронних виробів.

1.3. Вдосконалення технології макаронних виробів шляхом їх збагачення рибною сировиною. 1.4. Вдосконалення технології макаронних виробів шляхом їх збагачення екстрактами рослинної сировини. 1.5. Обґрунтування

мети, об'єкту та предмету дослідження.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Опис використаної сировини. 2.2. Використана сировина та методика

отримання екстрактів з розмарину у середовищі субкритичної води. 2.3.

Методика підготовки дослідних зразків. 2.4. Методика визначення

оптимального часу приготування. 2.5. Методика аналізу профілю текстури

макаронних виробів 2.6. Методика оцінювання коліру макаронних виробів.

2.7. Методики дослідження технологічні параметри. 2.7.1. Методика

визначення збільшення маси продукту та індексу набухання. 2.7.2. Методика визначення втрати варінні. 2.7.3. Методика визначення вмісту вологі.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСПІДЖЕНЬ. 3.1. Визначення раціональних параметрів екстрагування цільових речовин з розмарину 3.2. Визначення оптимального часу приготування макаронних виробів. 3.3. Визначення показників текстури макаронних виробів. 3.4. Результати досліджень коліру макаронних виробів. 3.5. Результати досліджень технологічних властивостей макаронних виробів.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

5. Перелік графічного матеріалу: схеми, рисунки, графіки, діаграми за темою та об'єктом дослідження.

6. Дата видачі завдання: « 25 » « вересня » 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Вибір і затвердження теми роботи.	25.09.2023-02.10.2023	викон.
2	Складання і затвердження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу	03.10.2023-06.10.2023	викон.
3	Опрацювання літературних джерел	09.10.2023-06.11.2023	викон.
4	Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи	07.11.2023-15.12.2023	викон.
5	Виконання теоретичного розділу роботи	05.10.2025-12.10.2025	викон.
6	Засвоєння та опробування методик досліджень	22.01.2024-09.02.2024	викон.
7	Виконання власних досліджень	12.02.2024-01.01.2024	викон.
8	Оформлення тексту роботи	04.03.2024-10.05.2024	викон.
9	Попередній захист роботи на кафедрі	13.05.2024-17.05.2024	викон.
10	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій	20.05.2024-22.05.2024	викон.
11	Нормоконтроль	23.06.2024-10.06.2024	викон.
12	Захист кваліфікаційної роботи	17.06.2024-20.06.2024	

Здобувач вищої освіти Мацала Любов МАЦАЛА

Керівник роботи Сукманов Валерій СУКМАНОВ

ВСТУП

Макаронні вироби є основним продуктом харчування в усьому світі, включаючи країни, що розвиваються, і їх споживають люди різного віку, від дітей до літніх людей, незалежно від їх соціально-економічного статусу.

Обсяги виробництва макаронних виробів в Україні на сьогодні становить понад 75 тис. тон на рік та постійно зростає. Один мешканець України споживає в середньому 1,8 кг макаронів на рік, тоді як в країнах ЄС аналогічний показник становить 12 кг на людину.

Макаронні вироби за харчовою цінністю перевищують пшеничний хліб, тому що виготовляють їх із пшеничного борошна з максимальним вмістом білкових речовин. Підвищити біологічну цінність макаронних виробів можна, збагативши їх повноцінним білком, вітамінами, макро- та мікроелементами.

Макаронні вироби мають ряд переваг перед найбільш поширеними харчовими продуктами. При зберіганні макаронні вироби не черствіють, як хліб, і менш гігроскопічні в порівнянні з сухарями, добре транспортуються і зберігаються (до року і більше) без погіршення смакових і поживних властивостей [1].

Слід зазначити, що імпорт макаронних виробів переважає над експортом майже на 30%, що свідчить про те, що український споживач віддає переваги макаронним виробам з Італії, Німеччині, Китаю. Цей факт підкреслює актуальність проведення досліджень, спрямованих на підвищення якості макаронних виробів вітчизняних виробників.

Враховуючи вище наведене, слід вважати, що тема дослідження, спрямована на вдосконалення технології макаронних виробів шляхом їх збагачення рибною сировиною та екстрактом розмарину є **актуальною**.

Мета дослідження – вдосконалення технології макаронних виробів шляхом їх збагачення рибною сировиною та екстрактом розмарину.

Об’єкт дослідження – технологія макаронних виробів, виготовлених з додаванням рибною сировиною та екстракту розмарину.

Предмет дослідження – органолептичні та технологічні властивості зразків макаронних виробів, колір, текстура та органолептичні властивості.

Для досягнення мети дослідження нами було сформульовані завдання дослідження:

- проаналізувати технологічні показники зварених макаронних виробів;
- проаналізувати текстуру досліджуваних зразків;
- провести аналіз коліру досліджуваних зразків;
- виконати аналіз сенсорних властивостей досліджуваних зразків.

Дана робота виконується в рамках бюджетної теми кафедри харчових технологій ДР №0115U006745 «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв».

Результати досліджень представлені у вигляді кваліфікаційної роботи на 56 сторінках та містять 7 рисунків та 8 таблиць. Список використаних джерел містить 106 позицій.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Макаронні вироби як об'єкт харчування

На сьогодні у світі вироблюється більш як 100 найменувань макаронних виробів, які відрізняються між собою сортом борошна, використанням різних видів збагачувачів або смакових добавок, формою, довжиною, шириною, розміром поперечного розрізу (діаметром) [1].

Згідно ДСТУ 7043:2020 «Вироби макаронні. Загальні технічні умови», залежно від сорту борошна, яке використовують для виготовлення макаронних виробів, їх поділяють на сорти: вищий - з борошна вищого сорту та I - з борошна I сорту.

В залежності від рецептурного складу макаронні вироби можуть бути рекомендовані для загального використання, або у функціональному, дитячому, дієтичному харчуванні.

При використанні збагачувачів або смакових добавок до назв сорту додають назву збагачувача або смакової добавки. Іноді, до складу деяких макаронних виробів можуть входити кілька видів збагачувачів.

При виготовленні вітамінізованих макаронних виробів використовують вітамін B₁ (4 г на 100 кг борошна) або вітамін B₂ (4г/100 кг), або вітамін PP (22 г/100 кг). Існують рецептури безбілкових макаронних виробів для дієтичного і дитячого харчування.

Характеристики, які визначають високоякісні макаронні вироби, включають твердість і еластичність, менші втрати при варінні і липкість, простоту приготування і хорошу твердість після приготування. Проте, що стосується харчування, макаронні вироби, як правило, є висококалорійними продуктами з низьким вмістом поживних мікроелементів, таких як вітаміни та

дієтичні мінерали, а також біологічно активних сполук [1]. Паста виготовляється з тіста без бродіння і є одним з найпопулярніших продуктів завдяки простоті приготування та обробки [2]. Макаронні вироби, як правило, можуть бути виготовлені з манної крупи з твердих сортів пшениці або борошна з м'якої пшениці, до яких додають воду і потім піддають різним механічним впливам для отримання остаточної текстури [3]. Коли пшеничне борошно замішується та гідратується, його білки утворюють мережу, звану глютенем, яка надає пасті такі властивості, як еластичність, міцність, зчеплення і утримання газів [4, 5]. Гідротермальна обробка макаронних виробів дозволяє желатинізувати крохмаль і зшивати білки. Крім вмісту вологи в тісті, робочі умови, такі як температура або тиск, або присутність невеликих молекул (сіль, цукор, кислоти) або макромолекул (гідроколлоїдів), можуть впливати на взаємодію крохмалю з водою і кінцеві властивості [6].

В даний час макаронні вироби представлені у всьому світі, будучи одним з найбільш споживаних продуктів харчування у всьому світі завдяки своїй живильній цінності, органолептичними характеристиками та простоті приготування [7-9].

1.2. Сучасні підходи до підвищення харчової цінності макаронних виробів

Сучасні вимоги споживачів вимагають підвищення якості харчових всіх харчових продуктів, в тому числі і макаронних виробів. Основними шляхами підвищення якості макаронних виробів на сьогодні є використання комбінованого рецептурного складу, використання нетрадиційної рослинної та вторинної сировини у якості збагачувачів.

При виробництві макаронних виробів використовують такі злакові культури, як пшениця, жито, ячмінь, жито, овес, рис, сорго, просо, кукурудза, гречка та ін. [10, 11]. При визначенні доцільності і ефективності використання добавок-збагачувачів для макаронного тесту необхідно враховувати вплив внесених добавок на якість готового продукту і технологічні параметри виробництва, що змінюються при зміні рецептури макаронного тесту.

При розробці рецептур і технологій макаронних виробів підвищеної харчової цінності необхідно проводити комплексні теоретичні та експериментальні дослідження для обґрунтування застосування добавок-збагачувачів і нетрадиційних видів сировини. Правильно підібрані сировину і добавки допоможуть гарантувати функціональність готових виробів, збільшення харчової та біологічної цінності, а також якість і безпечність готової продукції [12].

Дослідження в області виробництва макаронних виробів проводяться в багатьох країнах [13-16].

Авторами роботи [17] досліджено зміни білків макаронних виробів в процесі сушіння і вплив на варильні властивості. В роботі [18] представлені дослідження зміни кольору макаронних виробів з різними добавками в процесі сушіння і варіння. В роботах [19, 20] досліджено використання різних харчові волокна макаронних виробів.

Для розробки рецептури і технології виробництва макаронних виробів підвищеної харчової цінності представляють інтерес дослідження, спрямовані на оцінку впливу внесення збагачують добавок на технологічні властивості і якість готової продукції.

Результати досліджень мікроструктури і вичислених властивостей збагачених ячменем макаронних виробів при різних технологічних параметрах представлені у роботі [21]. В роботах [22, 23] досліджували якість

і перевариваємость макаронних виробів з ячменю і манної крупи. Автори робіт [24, 25] досліджували якість безглютенова макаронних виробів.

У роботі [25] описаний спосіб виробництва макаронних виробів з пшеничного борошна з харчової збагачувальної добавкою: зерновий і овочевий амарант. Виявлено, що додавання в макаронне тісто продуктів переробки амаранту овочевих і зернових сортів здатне збільшити біологічну цінність готових виробів і, що важливо, зменшити показники мікробного обсіменіння готових макаронних виробів.

У дослідженні [26] представили нові рецептури тіста для виробництва макаронних виробів з підвищеним вмістом білка і високими показниками якості. У рецептурний склад макаронного тесту запропоновано додавати до пшеничного борошна відомі білоквмісні бобові культури (горох, квасоля і сочевиця) у вигляді борошна, а також рябинове пюре. Внесення в тісто горобинового пюре сприяє збагаченню біологічно активними речовинами і покращує показник коліру.

Використання нетрадиційної сировини у виробництві макаронних виробів підвищеної харчової цінності розглянуто у роботі [26]. Так, в рецептуру макаронних виробів запропоновано додавання дієтичних пшеничних висівок які є джерелом біологічно активних речовин, таких як клітковина, мінеральні речовини, різні вітаміни, в тому числі групи В. Інша запропонована рецептура макаронного теста включає, крім пшеничного борошна і води, гороховий крохмаль. Описана рецептура тіста для виробництва макаронних виробів з пшеничного борошна і комплексної добавки. Добавка складається з горохової муки 10%, морквяної пасти 8,5% і кефіру 7,5% до маси пшеничного борошна.

Отримано хороші результати при додаванні до пшеничного борошна порошоків лікарських трав, багатих на вміст біологічно активних речовин:

валеріана, пустирник, звіробій, подорожник, чебрець, ромашка, а також плодів глоду і шипшини. Описаний спосіб виробництва макаронних виробів з порошками плодів горобини сибірської, листя зніту, листа брусниці. При додаванні до пшеничного борошна порошку, отриманому з обліпихової шроту, готові макаронні вироби мають приємний жовтуватий колір і підвищену біологічну цінність [26].

Для виробництва макаронних виробів для споживачів з харчовою непереносимістю глютену описані дослідження борошна, що не містить глютен культур, таких як рисова, гречана, кукурудзяна [26]. До безглютенового борошна було додано різні овочеві і фруктові порошки, крохмаль, а також борошно гороху, сої, амаранту, пшона. Розглянутий ряд досліджених добавок в макаронне тісто дозволяє розширити асортимент продукції, що випускається макаронної продукції з лікувально-профілактичними властивості з використанням місцевої рослинної сировини.

Цікаві результати щодо вивчення поживної цінності безглютенових макаронних виробів з нетрадиційної сировини представлені у роботі [27].

Для збільшення біологічної цінності макаронної продукції і надання їм лікувально-профілактичних властивостей описані результати досліджень часткової заміни пшеничного борошна вищого гатунку на борошно з насіння льону [28]. Білки льняної муки істотно перевершують білки пшениці за амінокислотним складом, клітковини в лляної борошні міститься до 30% від загальної маси. Також лляна мука містить мінеральні речовини і вітаміни в легкозасвоюваній формі. У даній роботі автори також досліджували варильні властивості розроблених макаронних виробів, так як ці властивості визначають основні якісні показники і отримали хороші результати. У дослідженні дозування льняної муки в рецептурі рекомендується авторами 10% до маси пшеничного борошна, що підтверджено ними експериментально.

У роботі [29] представлена порівняльна характеристика рослинних компонентів розроблених авторами макаронних виробів за змістом в них білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон, вітамінів, макро- і мікроелементів. Досліджували пшеничну, гречану і льяну борошно. Гречана і льяна борошно характеризуються більш високими показниками як харчової, так і біологічної цінності, ніж пшеничне борошно. Авторами відзначено, що вітаміни і мінеральні речовини представлені в гречаної борошні більш широко. Доведено, що використання гречаної або льняної муки як окремо, так і в суміші з іншими видами борошна, розширить сировинну базу і асортимент макаронної продукції з лікувально-профілактичними і функціональними властивостями, в тому числі для хворих на цукровий діабет і на целиацію.

Вивчена можливість та доцільність використання порошоків пастернаку і гарбуза з метою підвищення якості готових макаронних виробів [30]. Авторами дослідження визначено найбільш прийнятне кількість внесеного в макаронне тісто овочевого порошку. У роботі детально представлені результати дослідження впливу внесеного овочевого порошку на фізико-хімічні та механічні властивості готових макаронних виробів, а також вплив на показники якості та структуру тіста. Було доведено, що додавання в макаронне тісто досліджених овочевих порошоків тягне за собою зниження адгезії тіста [30]. Зниження адгезії при введенні в макаронне тісто овочевих порошоків покращує технологічні характеристики, полегшує процес виробництва макаронних виробів.

Додавання овочевих порошоків в тісто для макаронних виробів покращує показники якості готових виробів, зовнішній вигляд, стан поверхні, колір; зміцнює структуру тіста, знижує його адгезію, а також, надає готовим макаронним виробам функціональні властивості корисні для організму людини.

Одним з перспективних глянхів підвищення якості макаронних виробів є оптимізація параметрів технологічного процесу - замісу макаронного тесту з композитного борошна [31]. При дослідженні впливу типу замісу макаронного тесту з композитної борошна на якість готових виробів варіювали вологість макаронного тесту і температуру води для замісу. У роботі використовували, в залежності від вологості тесту, три типи замісу: твердий (28-29%), середній (29-31%), м'який (31-32%).

Залежно від температури тесту: холодний заміс - при температурі нижче 35 °С, теплий заміс - при температурі 35-65 °С, гарячий заміс – при температурі 65-75 °С. Для підвищення харчової і біологічної цінності макаронних виробів з зерна м'якої пшениці досліджували вплив внесення нутової борошна в макаронне тісто. Для визначення оптимальних параметрів замісу тіста готові вироби аналізували по міцності макаронних виробів і коефіцієнтам збільшення маси і об'єма. Визначено оптимальне співвідношення компонентів суміші (борошно пшеничне твердих сортів - 5%, борошно хлібопекарська м'яких сортів - 85%, борошно нутова - 10%) [31].

Склад макаронних виробів можна легко урізноманітнити для отримання різноманітних продуктів за допомогою відповідного збагачення і технологічних процесів [32]. Згодом макарони стали урізноманітнити не тільки своєю формою, але і додаванням інших інгредієнтів, таких як злаки, яйця, овочі, спеції, барвники та вітаміни [33]. Сучасні тенденції показують, що все більше уваги приділяється вживанню збагачених продуктів. Отже, оскільки макаронні вироби є основним продуктом харчування, який можна легко збагачувати нетрадиційними інгредієнтами, були розроблені конкретні макаронні вироби, що включають інгредієнти, які сприяють поліпшенню профілю амінокислот і жирних кислот, або ті, які націлені на збільшення

вмісту харчових волокон або наявність вітамінів і дієтичних мінералів [34-37]. Крім того, біоактивні сполуки також можуть бути додані в макарони для збільшення їх користі для здоров'я, наприклад фенольні сполуки з антиоксидантною активністю, які можуть бути включені з природних джерел, таких як квіти, фрукти або кулінарні трави [38-40]. Однак, крім впливу на живильну цінність і захисну дію для здоров'я, додавання диференційованих інгредієнтів в рецептуру макаронних виробів може впливати на ефективність приготування (втрати при варінні, час приготування) та сенсорні характеристики (зовнішній вигляд, колір і текстура) [41-45].

1.3. Вдосконалення технології макаронних виробів шляхом їх збагачення рибною сировиною

Макаронні вироби визнані такими, що містять низький вміст натрію та жиру, не містять холестерину та є багатим джерелом складних вуглеводів; він бідний на клітковину і не містить деяких незамінних амінокислот, таких як лізин і треонін. Для покращення поживного складу макаронних виробів можна збагачувати нетрадиційними інгредієнтами: успіх і поширення макаронних виробів також залежить від можливості додавання таких добавок, як рибна сировина та екстракти з рослинної сировини, які є потужними антиоксидантами. Ці інгредієнти цікаві з точки зору джерел клітковини та білка, щоб задовольнити попит на здорову їжу та ряд можливостей для харчової промисловості щодо якості приготування та текстурних характеристик. Якість макаронних виробів і характеристики варіння залежать від білково-крохмальної матриці екструдованого макаронного продукту: такі характеристики, як твердість, втрати при варінні та липкість макаронних виробів, можуть бути пов'язані з вмістом білка в макаронних виробах, міцністю клейковини, а також крохмалю у їх складі. У зв'язку з цим при

приготуванні макаронних виробів з нетрадиційної сировини можуть виникнути деякі проблеми: необхідно правильно підібрати добавки, які не тільки не змінюють сенсорні та технологічні властивості продукту, але й мають доречно їх покращити [46].

Паста без глютену, збагачена рибою, може підтримувати поживний і відповідний варіант для людей з целіакією, що дозволяє досягти переваг споживання риби, особливо споживання Ω -3 жирних кислот; однак для цього необхідно, щоб макарони мали відповідні технологічні та сенсорні властивості. З цією метою у роботі [47] було проаналізовано чотири оптимальні рецептури, отримані за допомогою ітераційного процесу, щоб визначити вплив різних інгредієнтів (жовтого кукурудзяного борошна, білого кукурудзяного борошна та рисового борошна) у макаронних виробках без глютену порівняно з порівняно з промисловими макаронами.

Метою дослідження [48] було порівняння поживного складу, технологічних властивостей і сенсорної якості двох макаронних виробів, що містять субпродукти тунця і морського окуня. Для виготовлення макаронних виробів використовували крупу твердої пшениці та концентрати рибних субпродуктів. Профіль жирних кислот, оптимальний час приготування, аналіз профілю текстури, колір, збільшення ваги, індекс набухання, втрати при варінні та вологість були визначені та порівняні з еталонною рибою без вмісту. Також був проведений сенсорний аналіз. Загалом результати показали вищий вміст жирних кислот у пасті з тунцем, ніж у пасті з морським окунем. Аналіз профілю текстури (ТРА) показав нижчу твердість і розламуваність рибної пасти. Додавання риби призвело до зменшення збільшення ваги та індексу набухання та збільшення втрат при варінні. Сенсорний аналіз встановив відмінності в однорідності, типовому ароматі, рибному смаку, рибному запаху

та еластичності. Було зроблено висновок, що використання цих побічних продуктів призводить до отримання більш поживної пасти.

Макаронні вироби були розроблені з використанням рафінованого пшеничного борошна (*Triticum aestivum*), манної крупи (*Triticum durum*), зеленого граму (*Pharus aureus Roxb*), чорного граму (*Phaseolus mungo Roxb*), сиру та рибного фаршу (*Katla Katla*) за допомогою лабораторного екструдера. Дослідження прийнятності макаронних виробів були проведені спочатку та в кінці періоду зберігання, через 2 місяці. Результати цього дослідження вказують на те, що рибний фарш можна використовувати для розробки добре прийнятних макаронних виробів, тим самим покращуючи вміст поживних речовин у розробленому продукті [49].

У роботі [50] манна крупа в макаронних виробках була замінена порошком червоної тріски (*Pseudophycis bachus*) на рівнях 5, 10, 15 і 20 г/100 г. Вплив на хімічний склад, фізичні властивості (оптимальний час варіння, втрати при варінні, індекс водопоглинання, індекс набухання та колір) і текстурні властивості (твердість і розтяжність) зразків макаронних виробів з добавками були оцінені порівняно з контрольним зразком. Збагачення рибним порошком значно підвищувало вміст білка, ліпідів і золи. Втрати при варінні зросли зі збільшенням рівня рибного порошку. Проте всі зразки макаронних виробів були в прийнятному діапазоні. Додавання рибного порошку значно зменшило оптимальний час варіння, індекс набухання та водопоглинання, одночасно збільшуючи твердість і стійкість до одновісного розширення макаронних виробів. Додавання рибного порошку значно збільшило жовтизну (b^*) макаронних виробів порівняно з контрольним зразком. Було зроблено висновок, макаронні вироби, збагачені рибним порошком, можуть стати альтернативою для отримання збагачених макаронних виробів.

Враховуючи актуальність та перспективність розробки технологій макаронних виробів з використанням рибної сировини, у роботі [51] було проведено огляд можливих шляхів вдосконалення макаронних виробів та зроблено аналіз вже виконаних наукових досліджень у даному питанні.

1.4. Вдосконалення технології макаронних виробів шляхом їх збагачення екстрактами рослинної сировини

Використання екстрактів з рослинної сировини, а саме, з листя розмарину, в технологіях макаронних виробів суттєво впливає на всі їх показники. Екстракти з розмарину мають потужний антиоксидантний ефект, який в першу чергу позитивно впливає на тривалість зберігання харчових продуктів [53].

Додавання екстракти з розмарину до рецептурного складу макаронних виробів не тільки дозволить збільшити термін їх зберігання, але і позитивно впливає на сироваткові білки [53], харчову цінність, технологічні та споживні властивості як сирих, так і сушених макаронних виробів [54].

Для забезпечення вищого виходу зі значною концентрацією біологічно активних компонентів необхідний правильний метод екстракції. Різна структура біоактивних компонентів може ускладнити процес екстракції через різницю в полярності та розчинності [56]. Крім того, метод екстракції та різні параметри обробки сильно впливають на вихід, склад та антиоксидантну активність екстракту; отже, необхідно оптимізувати цей процес [57, 58]. В останнє десятиліття увага була зосереджена на методах екстракції, щоб обмежити використання небезпечних речовин, таких як токсичні розчинники для здоров'я людини та навколишнього середовища, одночасно мінімізуючи потреби в енергії та використовуючи відновлювані матеріали як частину стратегії зеленої хімії [59, 60]. Крім того, у харчовій промисловості перевагу

надають нетоксичним і простим у використанні розчинникам для екстракції рослин [57]; наприклад, вода є найбезпечнішим і найменш дорогим зеленим розчинником [61]. Вода є ефективним розчинником для вилучення полярних молекул, тоді як у випадку менш полярних сполук більшої ефективності можна досягти за допомогою органічних розчинників або бінарних розчинників [61 - 63]. Наприклад, біологічно активні компоненти, такі як поліфеноли, можуть бути погано розчинними у воді, але мають кращу розчинність в органічних розчинниках [64]. Вода може підвищити ефективність процесу екстракції, сприяючи дифузії екстрагованих компонентів, таких як поліфеноли, через тканини рослин [65, 66]. Крім того, розчинник з низькою в'язкістю може бути кращим для приготування рослинного екстракту через можливість прискорення масопереносу [67]. Аналіз існуючих методів екстрагування біологічно активних речовин з рослинної сировини, в тому числі, і з розмарину, дозволяє нам стверджувати, що найбільш інноваційною технологією є екстрагування у субкритичному середовищі з використанням у якості реагента дистильованої води [75]. Ефективність використання саме цього методу екстрагування з розмарину доведено авторами роботи [76].

1.5. Обґрунтування мети, об'єкту та предмету дослідження

Макаронні вироби є одними з найбільш споживаних продуктів у світі завдяки своїй універсальності, простоті приготування та умов зберігання [77]. Властивості пасти при варінні визначаються різними параметрами, такими як оптимальний час варіння, збільшення ваги та гідратація, втрати при варінні та текстура [78]. Якість макаронних виробів під час варіння залежить від їх структури, яка визначається як компактна матриця, що складається з набряклих крохмальних гранул, ув'язнених у сітці білків. Оптимальний час

варіння — це час, необхідний для зникнення непрозорої центральної серцевини пасти [79]. Макаронні вироби, приготовлені при оптимальній тривалості варіння, характеризуються високою твердістю, малим об'ємом, відсутністю липкості та низькими втратами при варінні [80].

Білок, який міститься в зерні пшениці, впливає на технологічні властивості макаронних виробів. У цьому сенсі протеїни глютену надають масі твердість і еластичність. Утворення безперервної та стабільної білкової сітки на стадіях змішування та екструзії визначає текстуру макаронних виробів, яку можна виміряти інструментальними методами [81]. Найпоширенішим інструментальним методом є ТРА (аналіз профілю текстури), який використовувався в багатьох дослідженнях макаронних виробів [82 - 85].

Крім того, колір є важливою характеристикою макаронних виробів, яка впливає на їх сприйняття споживачами, які зазвичай віддають перевагу яскраво-жовтому кольору, пов'язаному з каротиноїдами, присутніми в пшеничному зерні. Втрата цього типового кольору може бути спричинена ліпоксигеназою, яка руйнує каротиноїди. Таким чином, зменшення цього ферменту під час обробки становить інтерес з технологічної точки зору [86]. Колір пасти також залежить від суміші різних інгредієнтів у її рецептурі, тому зазвичай можна знайти макарони різного кольору.

Здорове харчування запобігає хворобам [87]. У цьому сенсі морська їжа є важливим ресурсом для отримання здорових інгредієнтів і біоактивних сполук, таких як олії, білки, пептиди та мікроеlementи [88]. Окрім цього, промислова переробка рибних продуктів створює велику кількість недостатньо використаних побічних продуктів, які також потребують дорогих процесів для їх усунення [89]. Рибні концентрати - це продукти, отримані в результаті переробки риби, які є дешевим джерелом високоякісних поживних

речовин, придатних для раціону людини. Його включення в макарони може допомогти збільшити вміст незамінних амінокислот і поліненасичених $\Omega 3$ жирних кислот, особливо ейкозапентаєнової кислоти (EPA-) і докозагексаєнової кислоти (DHA) [90]. Однак додавання інгредієнтів до макаронних виробів може змінити їх фізико-хімічні властивості та текстуру [91].

За даними авторів роботи [92], трьома найважливішими атрибутами якості є кулінарні властивості, колір і реологічні властивості.

Тому метою нашого дослідження є вдосконалення технології макаронних виробів шляхом їх збагачення рибною сировиною – поршку з морського окуня (*Dicentrarchus labrax*) та екстрактом розмарину і оцінка впливу додавання даних інгредієнтів на фізичні та технологічні характеристики макаронних виробів.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Опис використаної сировини

Враховуючи результати аналітичного огляду наявної наукової літертури, було розроблено рецептурний склад для виготовлення дослідних зразків макаронних виробів з борошно пшениці твердих сортів (сорт *Triticum durum*), призначених для всіх типів споживачів, та з борошна пшениці м'яких сортів (сорт *Triticum spelt*), призначених для вживання при профілактичному харчування або споживачам, які піклуються про здоровіше харчування.

В якості рибної сировини, яка була додана до частки зразків макаронних виробів, було обрано філе лаврака звичайного (*Dicentrarchus labrax*). Інші назви – сібас, морський вовк, морський судак. М'ясо лаврака містить рекордну кількість поліненасичених жирних кислот ω -3, вітаміну А, D, Е які є потужними антиоксидантами та сприяють профілактиці захворювань серця і судин. Даний продукт корисний для відновлення клітин та очищення організму, гальмують розвиток артриту, порушень роботи імунної системи.

Заморожені шматки риби було придбано у магазині Метро. Сировину розморожували 24 години перед використанням. Після цього їх занурювали в 8% сольовий розчин, далі сушили в печі з повільною швидкістю повітря (60°C протягом 24 годин) і подрібнювали до однорідної маси на кухонному блендері.

Через подальше використання екстракту розмарину, як антиоксиданту, було виготовлено дві партії зразків (з антиоксидантом і без антиоксиданту).

2.2. Використана сировина та методика отримання екстрактів з розмарину у середовищі субкритичної води

Розмарин (*R. officinalis*) було придбано на місцевому ринку в м. Полтава. Сировину висушували у сушильній шафі до вологості 4% та подрібнювали на кавомолці до розміру фракції $0,5\pm 0,1$ мм.

Екстрагування цільових речовин проводили згідно Інструкції на використання реактора високого тиску РВД-02-500 в науково-дослідній лабораторії ПДАУ «Субкритичні технології в харчових виробництвах».

2.3. Методика підготовки дослідних зразків

Макаронні вироби виготовляли у форматі екструзії фузиллі довжиною приблизно 4 см. Фузиллі - класичні італійські макаронні вироби у вигляді спіралі. Назва походить від слова "fuso", з італійського "веретено", за допомогою якого пряди шерсть.

Було використано два способи зберігання виготовлених макаронних виробів: сухі (кімнатна температура) і заморожені свіжі макарони (-20 °C).

Попередні органолептичні оцінювання смаку зразків макаронних виробів, виготовлених з додаванням різної кількості рибної сировини та екстракту розмарину дозволили визначити максимальну кількість цих інгредієнтів за умови, що зміни у рецептурному складі зразків не погіршили їх смакові властивості. За основу рецептурного складу було використано рецептурний склад контрольних зразків макаронних виробів.

Контрольні зразки не містили додаткових інгредієнтів, що дозволило оцінити ефект додавання риби та екстракту розмарину. Усі рецептури макаронних виробів і їх кодові позначення наведені в табл. 2.1. Рецептурний склад досліджуваних зразків макаронних виробів наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Зразки, виготовлені для дослідження, та їх кодові позначення

Кодове позначення	Сорт використаної пшениці	Стан макаронних виробів	Додавання екстракту
1	2	3	4
Експериментальні зразки			
ДС	Дурум	Сушені	Без екстракту
ДСЕ	Дурум	Сушені	З екстрактом
ДН	Дурум	Несушені	Без екстракту
ДНЕ	Дурум	Несушені	З екстрактом
СС	Спельта	Сушені	Без екстракту

Продовження таблиці 2.1

ССЕ	Спельта	Сушені	З екстрактом
СН	Спельта	Несушені	Без екстракту
СНЕ	Спельта	Несушені	З екстрактом
Контрольні зразки			
ДСК	Дурум	Сушені	Без екстракту
ДНК	Дурум	Несушені	Без екстракту
ССК	Спельта	Сушені	Без екстракту
СНК	Спельта	Несушені	Без екстракту

Таблиця 2.2 - Рецептний склад досліджуваних зразків макаронних виробів

Кодове позначення	Вміст інгредієнтів, %				
	Борошно сорту Дурум	Борошно сорту Спельта	Сухий екстракт розмарину	Рибна сировина	Вода

Експериментальні зразки					
ДС	65	—	—	10	25
ДСЕ	64	—	1	10	25
СС	—	65	—	10	25
ССЕ	—	64	1	10	25
Контрольні зразки					
ДСК	75	—	—	—	25
ССК	—	75	—	—	25

2.4. Методика визначення оптимального часу приготування

Визначення оптимального часу варіння проводили за двома методами: шляхом вимірювання твердості зварених макаронних виробів за допомогою текстурометра (модель ТА-ХТ2і) з плоским зондом. Суху пасту вимірювали в інтервалі часу варіння від 180 до 360 с (за винятком твердої контрольної пасти, яка досягала 520 с), а свіжу пасту варіювали від 30 до 180 с. Вимірювання для кожного часу приготування повторювали 7 разів.

Як альтернативу інструментальному методу оптимальний час варіння було визначено за методом ААСС 66–50.01 (ААСС, 2000). Під час варіння кожні 30 с екстрагували певну кількість фузиллів ($\approx 3-4$). Після загартування їх стискали за допомогою двох прозорих метакрилатних пластин. Час оцінювали візуально, коли біла серцевина макаронів повністю зникла.

2.5. Методика аналізу профілю текстури макаронних виробів

Аналіз профілю текстури (ТРА) макаронних виробів проводився за допомогою текстурометра (ANAME Scientific Instrumentation, мод. ТА-ХТ2і) з циліндричним плоским алюмінієвим зондом і полягав у застосуванні двох циклів стиснення з декомпресією 20 с, що дозволило визначення різних

властивостей текстури: твердість, адгезивність, пружність, когезійність, клейкість, розжовування та пружність. Використані зразки макаронних виробів були зварені до встановленого оптимального часу приготування. Умови були такими: швидкість випробування: 2 мм/с; деформація зразка: 75%; поріг сили: 10 г. Для кожної пасти було зроблено сім вимірювань.

2.6. Методика оцінювання коліру макаронних виробів

Вимірювання кольору проводили у варених макаронах за допомогою колориметра (Minolta. CM-2002. Японія). Для характеристики використовувалася система CIEL* a* b*, яка представлена L (яскравість), a* (червоність) і b* (жовтизна). Для кожного зразка знімали показання шість разів. Варіацію кольору, створювану рибою, розраховували за допомогою загальної різниці кольорів (ΔE) між контрольною пастою та кожною збагаченою пастою, яка визначається наступним рівнянням:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad (2.1)$$

де $\Delta L = L^*$ дослідні вироби – L^* контрольні зразки; $\Delta a = a^*$ дослідні вироби – a^* контрольні зразки та $\Delta b = b^*$ дослідні вироби – b^* контрольні зразки.

2.7. Методики дослідження технологічні параметри

2.7.1. Методика визначення збільшення маси продукту та індексу набухання

Збільшення маси та гідратацію макаронних виробів визначали з наступними модифікаціями: 3 г макаронних виробів варили в 180 мл дистильованої води на час розрахункового оптимального варіння для кожної пасти, охолоджували в 100 мл холодної води; потім макарони висушували та

зважували на аналітичних вагах. Збільшення ваги визначається наступним рівнянням:

$$WG(\%) = \frac{\text{Weight of cooked pasta} - \text{Weight of pasta after drying}}{\text{Weight after pasta drying}}, \quad (2)$$

Потім зварені вироби зневоднювали в духовці при 105 °С до досягнення постійної ваги (24 години). Цей індекс був розрахований за такою формулою:

$$SI(g/g) = \frac{\text{Weight of cooked pasta (g)}}{\text{Weight of dried pasta (g)}}, \quad (3)$$

2.7.2. Методика визначення втрат при варінні

Порцію (3 г) кожного готового зразка паста занурювали в 180 мл води і варили протягом оптимального часу варіння (ААСС, 2000). Воду, що утворилася після нагрівання, збирали в тиглі і давали випаруватися в печі при 105 °С до досягнення постійної ваги. Сухий залишок зважували на аналітичних вагах і визначали у відсотках до загальної маси макаронних виробів перед варінням.

2.7.3. Методика визначення вмісту вологи

Вологість оцінювали гравіметричним методом. Зразки зважували на аналітичних вагах і сушили в печі при 105°С до досягнення постійної маси. Їх охолоджували до кімнатної температури в ексікаторі протягом 60 хв і знову зважували.

$$\text{Moisture}(\%) = \frac{\text{raw pasta weight} - \text{dried pasta weight}}{\text{raw pasta weight}}, \quad (4)$$

2.8. Методика обробки результатів експериментальних досліджень

При проведенні експериментальних досліджень була забезпечена не менш, як 3-кратка повторність дослідів та кінцевий результат представляли з урахуванням числа дослідів n у вигляді середнього арифметичного з квадратичним (стандартним) відхиленням S (середньою квадратичною похибкою).

$$X = \sum x_i/n \quad (2.3)$$

де x_i – значення окремого показника;

Середнє значення похибки:

$$S_m = S\sqrt{n} \quad (2.4)$$

Таким чином, результати дослідів записували у вигляді:

$$X \pm S \text{ або } X \pm S_m. \quad (2.5)$$

Статистичну обробку результатів досліджень виконували у програмі STATISTICA 10.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Визначення раціональних параметрів екстрагування цільових речовин з розмарину

Аналіз апріорної інформації про параметри процесу субкритичного екстрагування біологічно активних речовин з розмарину дозволив визначити діапазон варіювання параметрів процесу: температура – від 125 до 175 °С; тривалість процесу – від 15 до 30 хв.; розмір фракції – $0,5 \pm 0,1$ мм; тиск – 4-8 МПа; гідромодуль (співвідношення маси сировини до маси розчинника) – від 1: 15 до 1: 25.

Серед вищезазначених параметрів найбільший вплив має температура процесу екстрагування, тривалість процесу та розмір використаної фракції сировини.

При субкритичному екстрагуванні високий тиск підтримує рідину у рідкому стані та забезпечує руйнування матриці сировини, що пришвидшує проникання екстрагенту у її структуру та вилучення з неї цільових речовин. Згідно фазової діаграми стану води, для того, щоб вона залишалася у рідкому стані при температурі до 200 °С потрібно прикласти тиск 4 МПа. Але, як показали експериментальні дослідження, подальше підвищення тиску до 6 МПа сприяє підвищенню виходу цільових речовин (у даному випадку – сухих речовин), що може бути результатом саме руйнування структури матриці сировини та прискорення вилучення цільової речовини. Подальше підвищення тиску вже не впливає на темпи руйнування структури матриці і подальше підвищення тиску не впливає на ефективність процесу (рис. 3.1).

Залежності виходу сухих речовин при екстрагуванні розмарину від температури субкритичної води та тривалості екстрагування наведені на рис. 3.2.

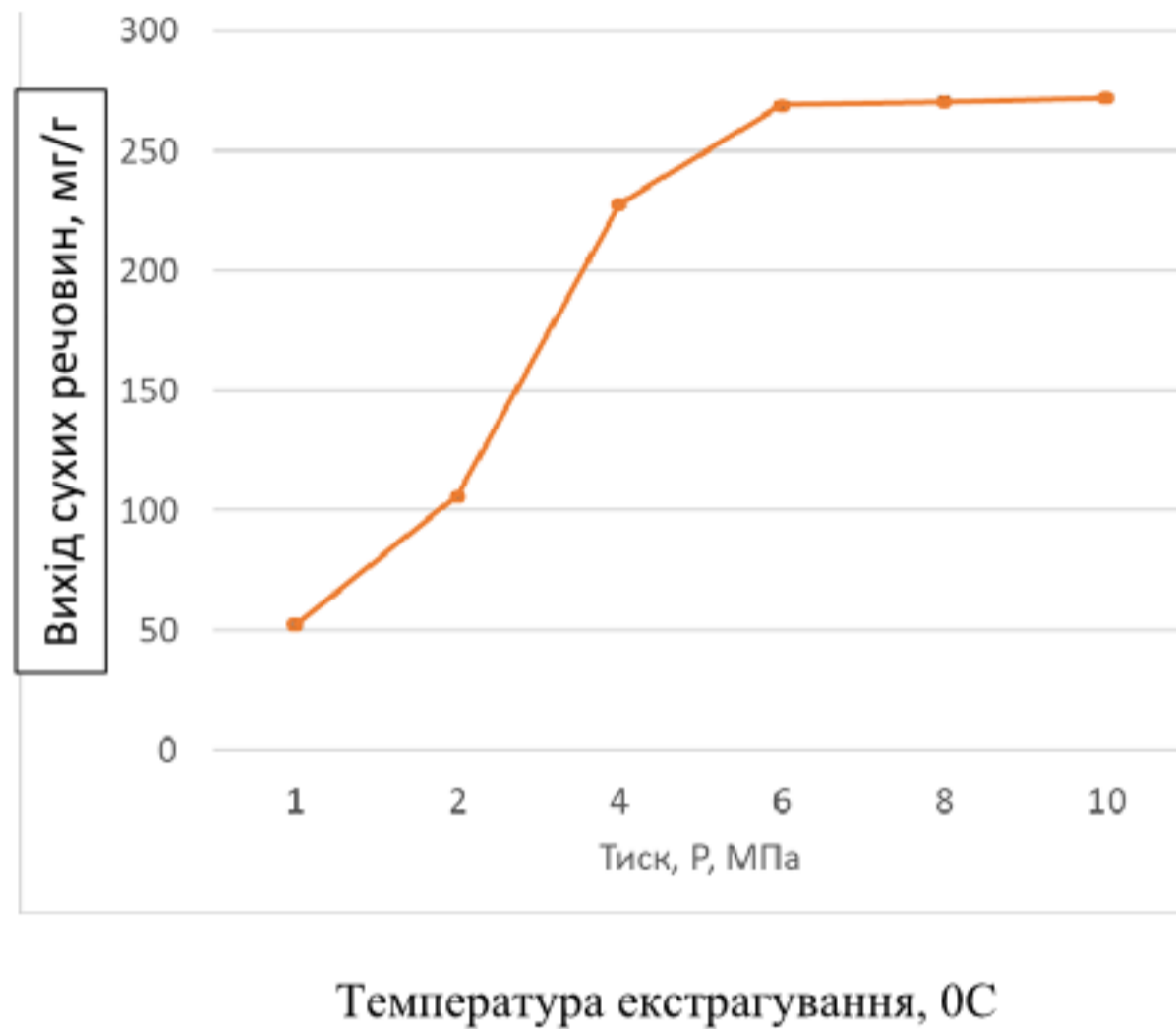


Рисунок 3.1 - Залежність виходу сухих речовин від тиску при температурі субкритичної води 150 °С, гідромодулі 1: 20; та розміру фракції сировини 0,5 мм

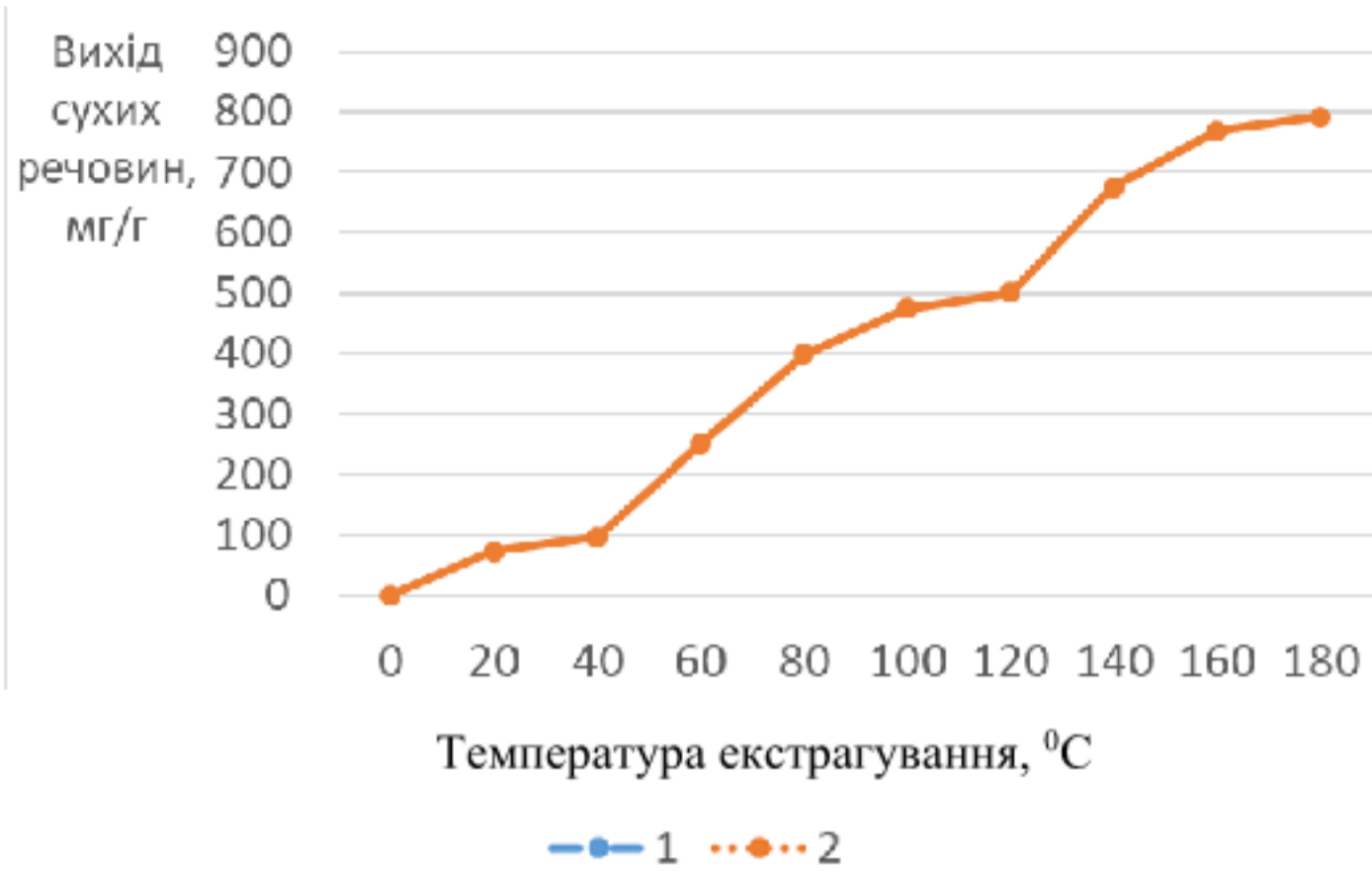
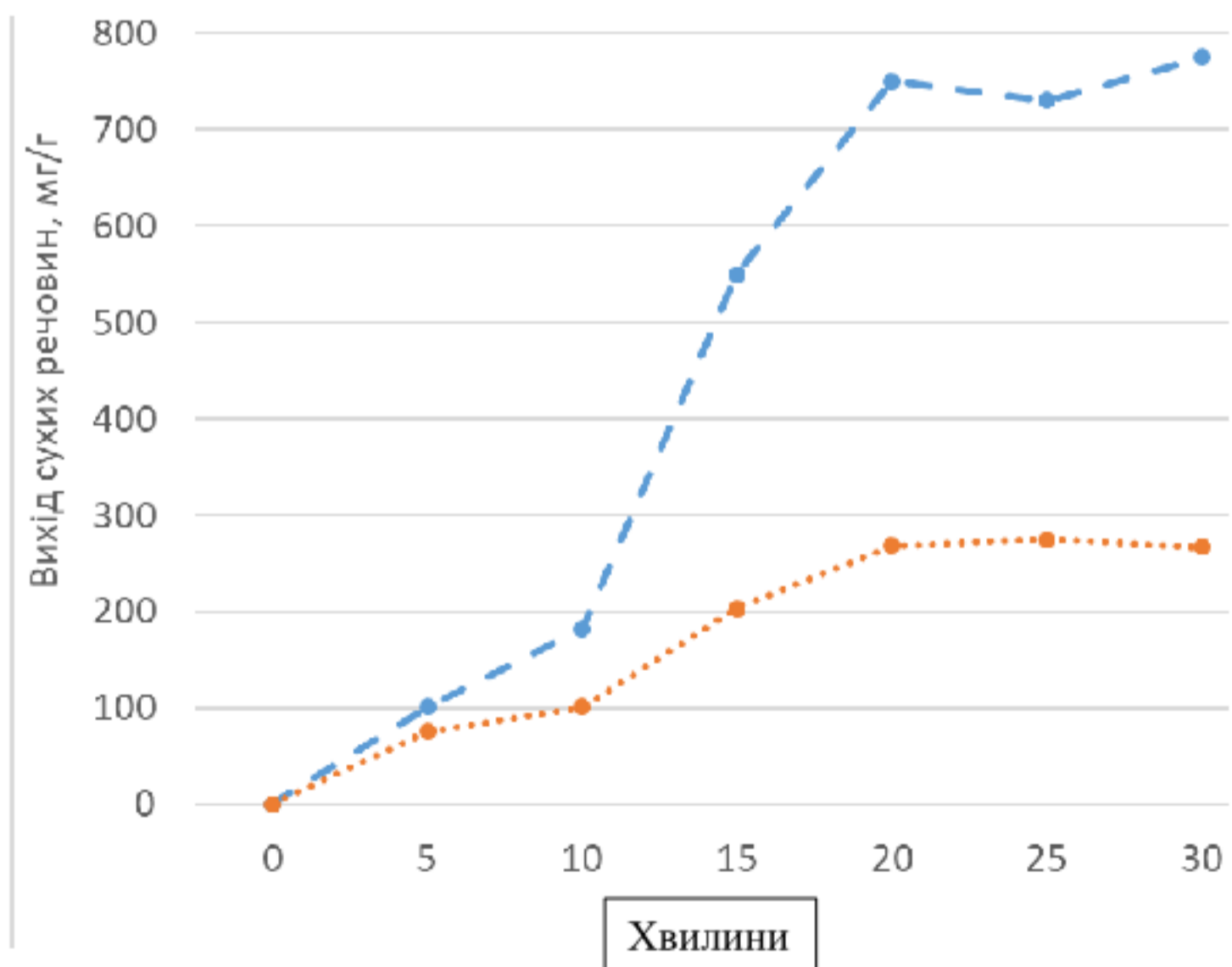


Рисунок 3.2 - Залежності виходу сухих речовин при екстрагуванні розмарину від температури субкритичної води при тиску 6 МПа, гідромодулі 1: 20; та розміру фракції сировини 0,5 мм



—●— 1 ●●● 2

Рисунок 3.3 - Залежності виходу сухих речовин при екстрагуванні розмарину від тривалості екстрагування при тиску 6 МПа, гідромодулі 1: 20; - та розміру фракції сировини 0,5 мм

1 – при температурі 160 °С; 2 – при температурі 100 °С

Аналіз та узагальнення результатів експериментальних досліджень дозволили обрати раціональні значення параметрів процесу екстрагування розмарину: температура – 160 ± 2 °С; тривалість процесу – 20 хв.; - розмір фракції – $0,5 \pm 0,1$ мм; тиск – 6 МПа; гідромодуль від 1: 20.

Біологічно активні речовини з екстракту розмарину були аналізовані методом вискоєфективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) в інших дослідженнях, що були описані у роботі [90] (табл. 3.1).

Отримані екстракти зберігали у холодильнику та були використані при виготовленні дослідних зразків макаронних виробів згідно з методикою, викладеною у п. 2.3.3.

Таблиця 3.1 - Вміст активних сполук в екстракті розмарину

активні сполуки в екстракті розмарину	Концентрація, мг/100 мг екстракта розмарину
Карнозол	38,90
Карнозова кислота	27,17
Розманол	18,25
Кірсімарітин	92,32
Генкванін	64,93

3.2. Визначення оптимального часу приготування макаронних виробів

Таблиця 3.2 показує оптимальний час варіння для кожного досліджуваного зразка, який було визначено як за тестом Warner-Bratzler cutting test (WB) [93], так і за результатами візуального визначення. Порівняння результатів за цими методами показало високу позитивну кореляцію. Оптимальний час варіння збагачених твердих макаронних виробів становив 300 с, тоді як для контрольних твердих виробів потрібно було 390 с. Однак у випадку з макаронами з борошна сорту полби оптимальний час варіння становив 270 с, на відміну від аналога без риби, який досягав 300 с. Для свіжої пасти оптимальний час варіння становив 90 с відповідно до Warner-Bratzler і 120 с щодо візуального тесту, тоді як для обох контрольних макаронних виробів він становив 120 с, тоді як він становив 150 с при візуальному тесті контрольної спельти.

Таблиця 3.2 - Оптимальний час варіння кожної пасти за обома способами

Зразки (борошно, сушіння, додавання екстракту)	Метод визначення оптимального часу готування, с	
	Warner-Bratzler (WB)	Візуальний, (ААСС 66–50.01)
Дурум, сушені контроль (ДСК)	390	390
Дурум, сушені, без екстракту (ДС)	300	300
Дурум сушені з екстрактом (ДСЕ)	300	300
Дурум свіжі, контроль (ДНК)	120	120
Дурум, свіжі, без екстракту (ДН)	90	120
Дурум, свіжі з екстрактом (ДНЕ)	90	120

Зразки (борошно, сушіння, додавання екстракту)	Метод визначення оптимального часу готування, с	
	Warner-Bratzler (WB)	Візуальний, (ААСС 66–50.01)
Спельта, сушені, контроль (ССК)	300	300
Спельта, сушені, без екстракту (СС)	270	270
Спельта, сушені з екстрактом (ССЕ)	270	270
Спельта, несушені, контроль (СНК)	120	150
Спельта, несушені (СН)	90	120
Спельта, несушені, з екстрактом (СНЕ)	90	120

Аналіз отриманих результатів показав, що збагачена паста потребувала меншого часу варіння, ніж контрольна паста. Це може бути пов'язано зі зміною фізико-хімічних характеристик через включення рибної сировини [82]. Через часткову заміну манної крупи рибною сировиною, зменшується вміст крохмалю, а отже, і кількість води, необхідної для її клейстеризації. Крім того, ця заміна передбачає зменшення вмісту глютеніну та збільшення компонентів з нижчою молекулярною масою, які вимагають менше часу для гідратації під час варіння [94].

3.3. Визначення показників текстури макаронних виробів

Як можна побачити в таблиці 3.3, збагачена паста мала значно нижчу твердість, ніж контрольна паста. Однак у свіжих макаронних виробих із борошна сорту полби не було суттєвих відмінностей у твердості між контрольною та макаронними виробами з рибою.

Таблиця 3.3 - Параметри текстури за оптимального часу варіння для кожного досліджуваного виду макаронних виробів

Зразки	Твердість (г)	Адгезія (г/с)	Пружинність, (%)	Згуртованість	Клейкість	Жувальна здатність	Стійкість
Сушені макарони							
ДСК	2530.12	3.47	0,71	0,40	1009.99	715.43	0,18
ДС	2264.00	35.79	0,47	0,44	988.08	470.32	0,16
ДСЕ	1990.77	32.95	0,49	0,41	813.36	397.85	0,15
ДНК	2140.90	6.73	0,64	0,50	1084.34	695.89	0,20
ДН	1718.81	28.41	0,42	0,36	616.60	260.14	0,11
ДНЕ	1515.42	13.52	0,42	0,33	497,00	211.23	0,11
Свіжі макарони							
ССК	3024.45	4.00	0,75	0,53	1594.61	1205.65	0,25

Зразки	Твердість (г)	Адгезія (г/с)	Пружинність, (%)	Згуртованість	Клейкість	Жувальна здатність	Стійкість
СС	2299.07	103.49	0,356	0,45	1019.27	355.04	0,14
ССЕ	1710.78	76.62	0,356	0,39	673,75	232,80	0,11
СНК	2346.19	9,95	0,70	0,59	1386.09	974.51	0,21
СН	2167.78	32,97	0,36	0,32	697.11	250,71	0,10
СНЕ	2100.3	21,86	0,33	0,31	646,55	217,78	0,10

Скорочення: дурум, сушені контроль - ДСК; дурум, сушені, без екстракту – ДС; дурум сушені з екстрактом – ДСЕ; дурум свіжі, контроль – ДНК; дурум, свіжі, без екстракту – ДН; дурум, свіжі з екстрактом – ДНЕ; спельта, сушені, контроль – ССК; Спельта, сушені, без екстракту – СС; спельта, сушені з екстрактом – ССЕ; спельта, несушені, контроль – СНК; спельта, несушені – СН; спельта, несушені, з екстрактом – СНЕ.

Додавання рибної сировини призвело до підвищення клейкості в обох видах макаронних виробів (дурум і спельта). Збагачені зразки були значно менш еластичними, ніж контрольні. Зв'язність збагачених макаронних виробів була значно нижчою, ніж контрольних макаронних виробів, за винятком твердих сухих збагачених макаронних виробів, які показали дуже подібну поведінку до контрольних. Так само всі інші параметри показали нижчі значення в пасті з рибою порівняно з виробами без рибної сировини.

Твердість макаронних виробів залежить головним чином від цілісності матриці, утвореної білками глютену під час варіння [95], окрім впливу таких компонентів, як крохмаль, ліпіди та інші додані інгредієнти, які можуть сприяти ослабленню структури макаронів [82]. Це зниження твердості пов'язане з ослабленням тривимірної структури в основному внаслідок додавання рибної сировини, оскільки вона забезпечує ліпіди та міофібрилярні білки, які втручаються в матрицю, утворену глютенем і крохмалем [96]. Цей ефект був оцінений під час виготовлення макаронних виробів з додаванням антиоксиданту (розмарину), який викликав зниження не тільки твердості, але й інших параметрів текстури, особливо у збагачених свіжих макаронних виробках твердих сортів. Інші дослідження вказують на те, що збагачення макаронних виробів спричиняє ослаблення їх структури, що супроводжується більшими втратами при варінні. Ці втрати пов'язані з вимиванням амілози з гранул крохмалю, що може бути причиною незначного зниження властивостей текстури [97]. Механічні властивості залежали від якості та кількості білків клейковини. Зокрема, його пружність визначається здатністю субодиниць глютеніну встановлювати міжмолекулярні водневі зв'язки [98]. Виходячи з цього, збагачена паста має нижчий вміст глютену, ніж контрольна паста, завдяки заміні пшеничної крупи рибою.

3.4. Результати досліджень кольору макаронних виробів

Вплив додавання нових інгредієнтів до рецептурного складу макаронних виробів з твердих сортів борошна дурум і м'якого сорту спельти оцінювали окремо, оскільки склади мали різний колір, як показано у табл. 3.4 та на рис. 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4 – Значення параметрів кольору досліджуваних зразків макаронних виробів у системі СІЕ

Кодовані позначення зразків	Параметри кольору		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
ДСК	62	-1,5	18
ДС	59	0,5	21
ДСЕ	59,5	0,6	21
ДНК	64	-2,5	16
ДН	53	0,2	19
ДНЕ	55,5	-0,5	18
ССК	54,5	5,5	16
СС	49	7	15
ССЕ	51,5	7,2	16
СНК	51,5	6	17
СН	47,5	7	14,5
СНЕ	48	7	17

Таблиця 3.5 містить результати визначення загальної різниці кольорів (ΔE), визначена за формулою (2.1).

Таблиця 3.5 - Загальної різниці кольорів (ΔE), визначена за формулою (2.1)

Кодовані позначення зразків							
Зразки з борошна сорту Дурум				Зразки з борошна сорту Спельта			
ДСК	ДСЕ	ДН	ДНЕ	СС	ССЕ	СН	СНЕ
4,1	4,55	12	9,75	5.88	3,65	4,95	4.65

Як видно на рисунку 3.4, яскравість (L^*) у твердих макаронних виробих зазнала значного зниження у збагачених макаронних виробих порівняно з контрольними. З іншого боку, значення червоного індексу (a^*) було значно вищим у збагачених макаронних виробих, ніж у контрольних. Крім того, жовтий індекс (b^*) показав значно вищу інтенсивність у збагачених макаронних виробих, ніж у твердих контрольних макаронних виробих.

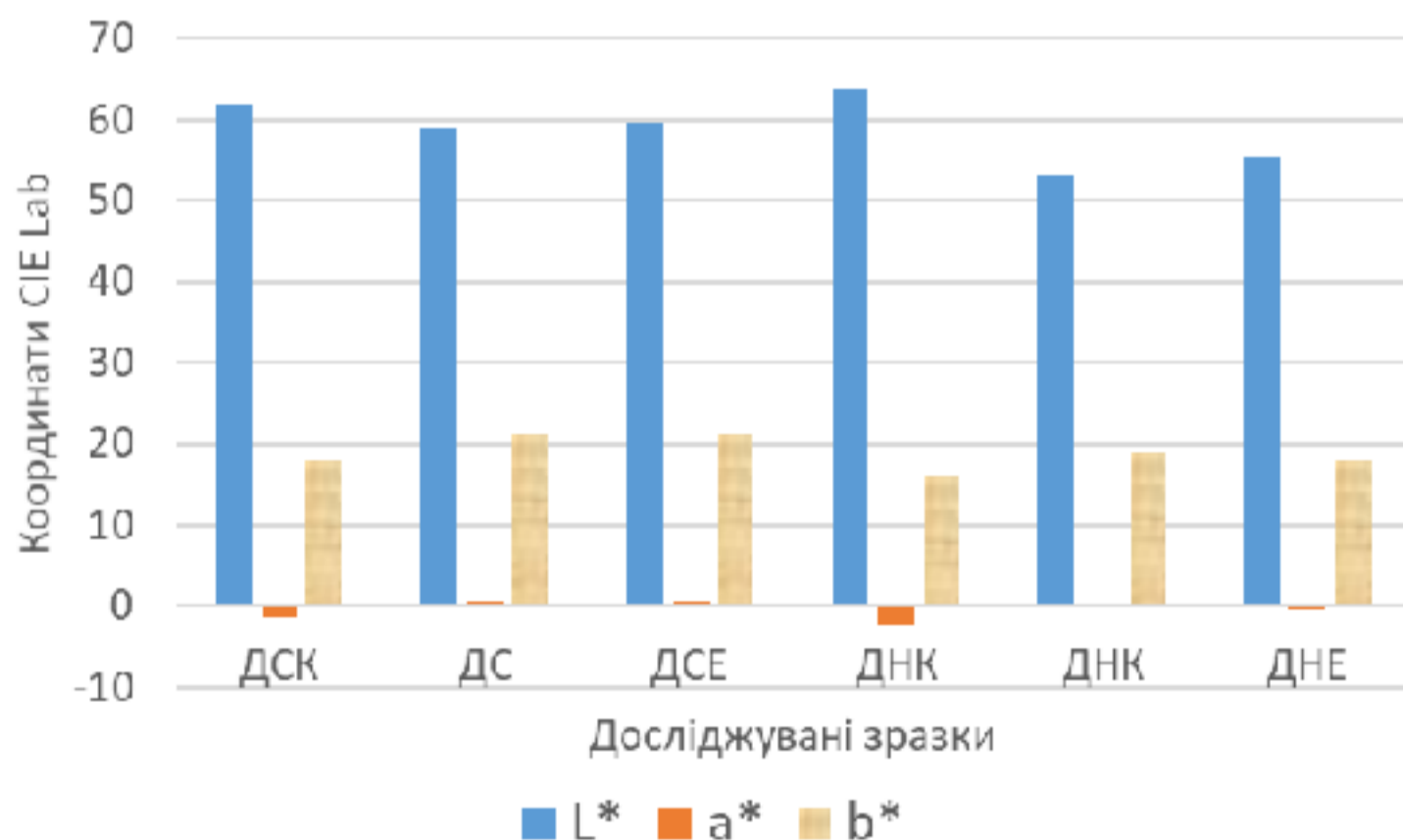


Рисунок 3.4 - Параметри кольору досліджуваних зразків, виготовлених з борошна сорту Дурум

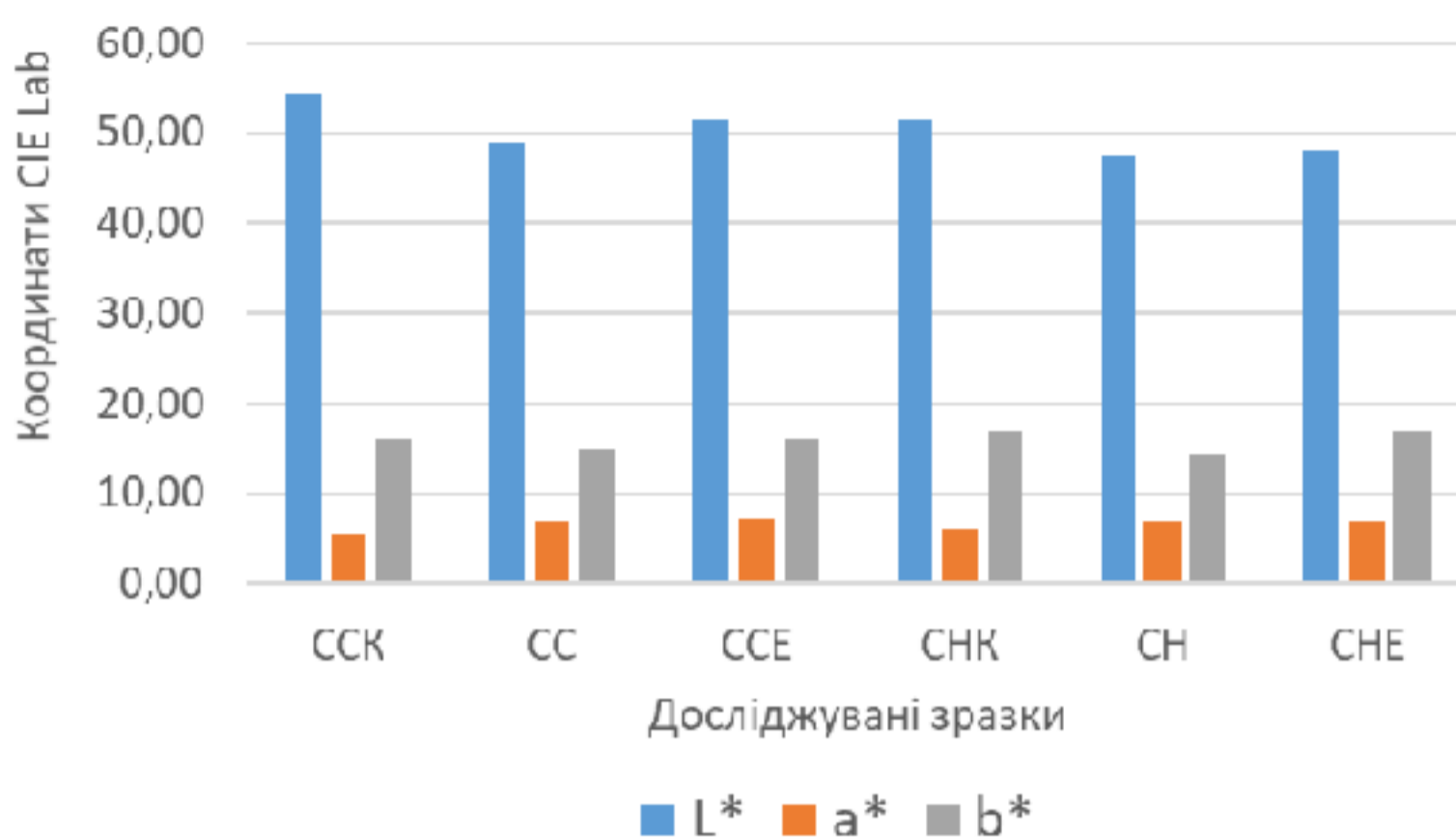


Рисунок 3.5- Параметри кольору досліджуваних зразків, виготовлених з борошна сорту Спельта

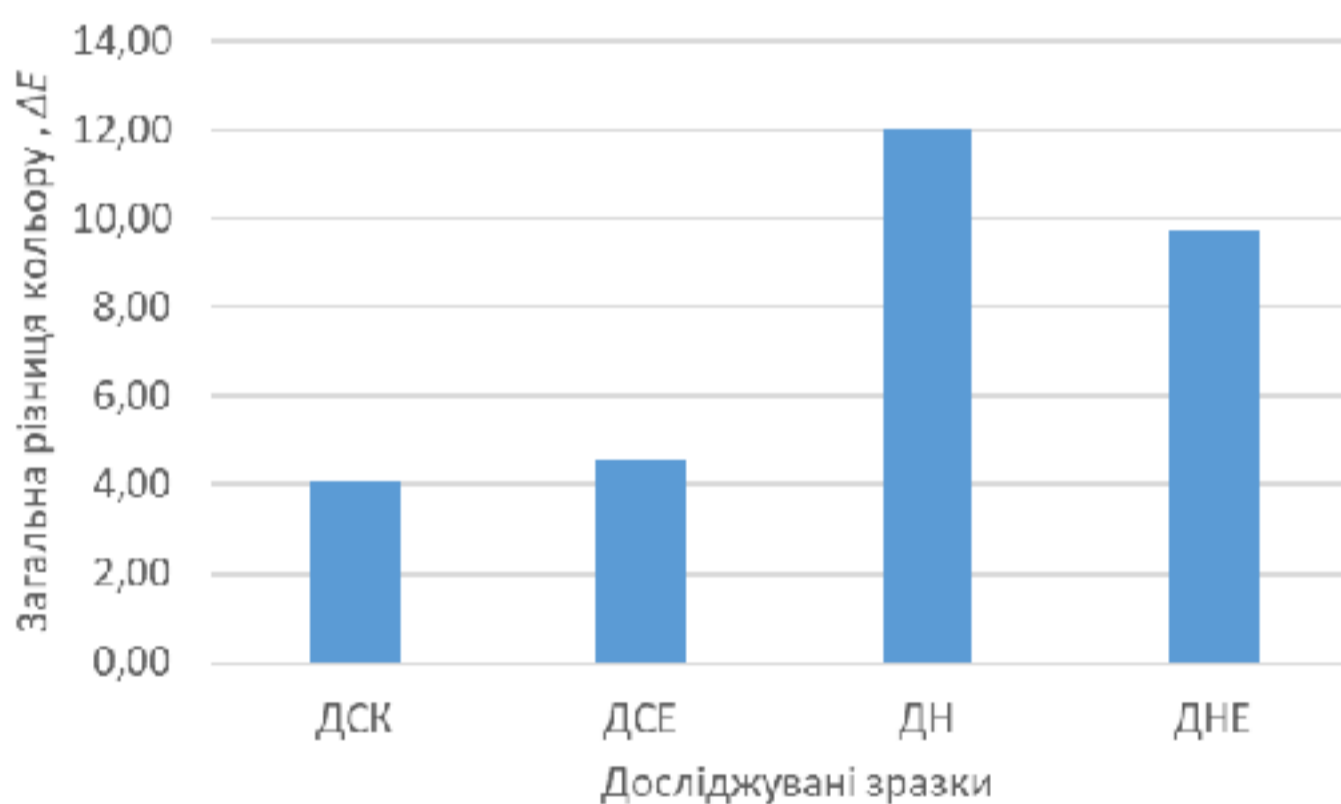


Рисунок 3.6 - Загальна різниця кольору між контролем і досліджуваними зразками, виготовленими з борошна сорту Дурум

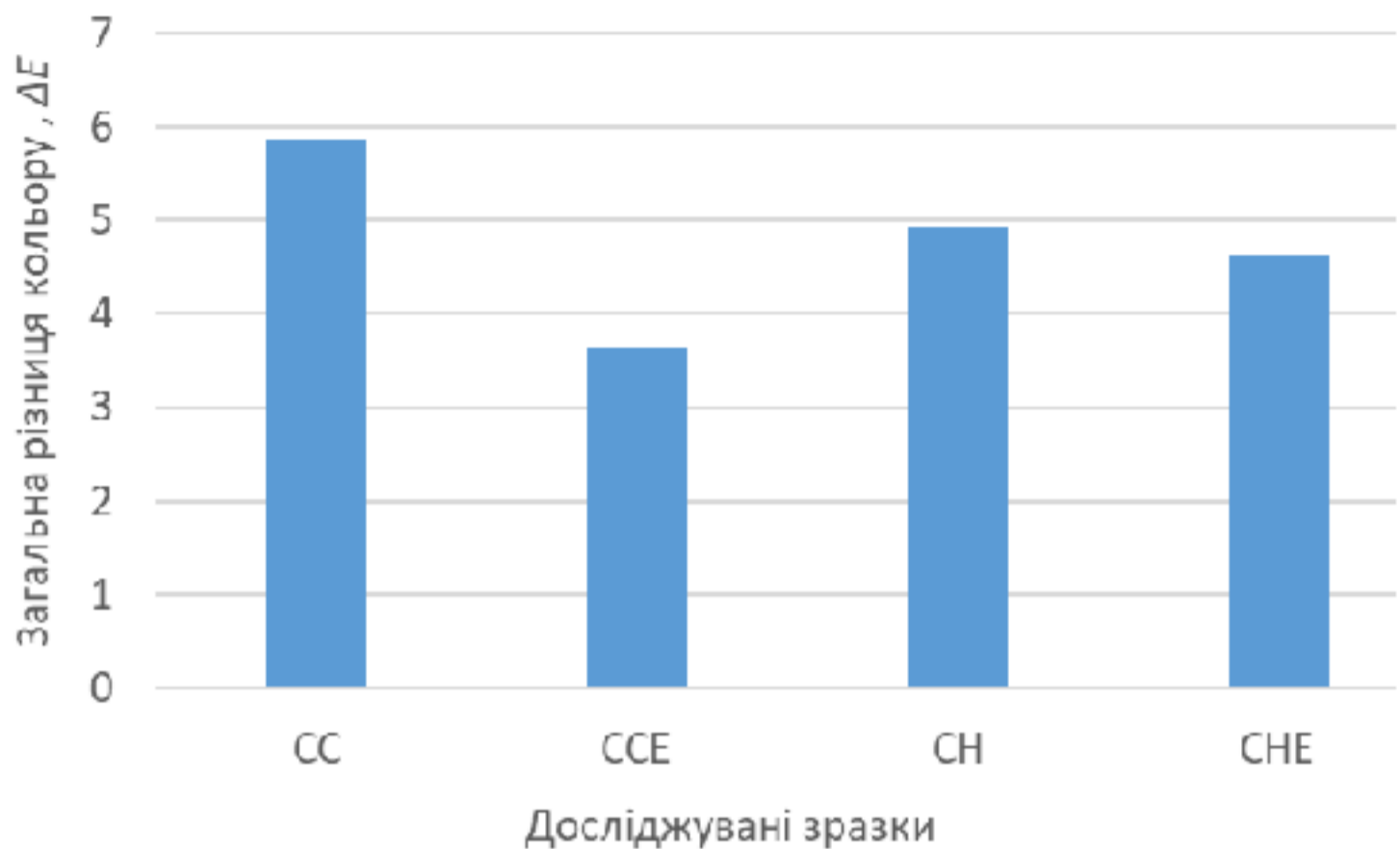


Рисунок 3.7 - Загальна різниця кольору між контролем і досліджуваними зразками, виготовленими з борошна сорту Спельта

Стосовно макаронних виробів із спельти (рис. 3.5), яскравість (L^*) збагачених макаронних виробів була значно нижчою, ніж контрольна. Значні відмінності також спостерігалися серед макаронних виробів, у яких застосовувалися різні методи зберігання. Крім того, вироби зі спельти з рибною сировиною мали більші значення, ніж зразки без додавання рибної сировини. Нарешті, інтенсивність жовтого індексу (b^*) була помірною у всіх збагачених макаронних виробках.

Щоб оцінити загальну різницю в кольорі пасти, пов'язану з додаванням риби, було оцінено загальну різницю кольорів (ΔE), як показано на рисунках 3.6 та 3.7. Що стосується макаронних виробів з твердих сортів борошна, сирі збагачені макаронні вироби продемонстрували більшу різницю, ніж сушені макаронні вироби з рибою. Крім того, сирі макарони без антиоксидантів змінювали колір більше, ніж макарони з антиоксидантами. Значення ΔE були дуже подібними для рецептур спельти (рис. 3.7), хоча у випадку сухих

макаронних виробів спостерігалися значні відмінності між макаронними виробами з антиоксидантом або без нього. Очевидно, що введення антиоксиданту послабило варіацію кольору в макаронних виробках з борошна з найнижчим значенням ΔE . Відмінності в кольорі макаронних виробів зі спельти, порівняно з контролем були меншими, ніж у випадку збагачених зразків з твердого сорту борошна і контрольних макаронних виробів. Це свідчить про те, що використання борошна зі спельти у технологіях макаронних виробів призводить до набуття темнішого кольору, який міг маскувати колір рибної сировини.

Зменшення яскравості розроблених зразкі макаронних виробів через включення рибної сировини також було виявлено в попередніх дослідженнях [99]. Жовтий індекс (b^*) викликає великий інтерес, оскільки в більшості випадків споживачі віддають перевагу макаронним виробам інтенсивного жовтого кольору, тому ця зміна виглядає вигідною з технологічної точки зору. Глобальна варіація кольору (ΔE) дозволила оцінити зміни кольору серед усіх проаналізованих макаронних виробів (контроль проти збагачених) щодо додавання інших інгредієнтів при їх виготовленні. Незважаючи на те, що найвище значення ΔE було виявлено у збагачених сирих макаронних виробках твердих сортів, що демонструє їх схильність до зміни кольору, значення, отримані в цьому експерименті, узгоджувалися з даними попередніх досліджень для збагачених твердих макаронних виробів з рибою ($\Delta E = 3,79$ – [82] та $\Delta E = 3,49$ – $9,59$ [99]). Крім того, у випадку макаронних виробів із спельти додавання антиоксиданту зменшило варіацію кольору.

Колір макаронних виробів без добавок залежить від властивостей борошна, що використовується, таких як каротиноїди та білковий склад [100]. Додавання розмарину як антиоксиданту захищало всі макаронні вироби від зміни кольору, пов'язаної з додаванням рибної сировини, згідно з роботою

[101], в які вказали, що меншу яскравість із збагаченням можна пояснити темним кольором більшості інгредієнтів для збагачення, відсутність ферментативного підрум'янювання, відновлюючих цукрів у збагачувальному інгредієнті.

Підсумовуючи, доцільно зробити висновок про відповідні зміни споживних властивостей. Так, враховуючи як зміни текстури розроблених зразків, так і колірні тести, наші висновки узгоджуються з результатами попередніх досліджень інших науковців, які показали, що основні відмінності, виявлені між макаронними виробами, збагаченими концентратами морського окуня, і твердими макаронними виробами були в основному пов'язані з властивостями кольору та текстури зразків [102].

3.5. Результати досліджень технологічних властивостей макаронних виробів

Значення технологічних параметрів наведені в табл. 3.6. Додавання риби викликало значне зменшення приросту ваги. Контрольні макарони продемонстрували більший приріст ваги, ніж макарони з рибною сировиною, на 167,1% для твердих виробів і 136,3% для полби. Порівнюючи макарони з рибою, приріст ваги був більшим у сухих твердих макаронних виробках, ніж у макаронних виробках із спельти, тоді як тверді макаронні вироби відрізнялися один від одного у свіжих макаронних виробках, як з антиоксидантами, так і без них. Була очевидна дуже чітка різниця у збільшенні ваги між свіжою та сухою пастою, яка була вищою в останніх.

Таблиця 3.6 - Значення технологічних властивостей для досліджуваних зразків макаронних виробів

Досліджувані зразки	Вихід готової продукції, WG (%)	Індекс набухання SI (г/г)	Втрати при варінні CL (%)	Вміст вологи Н (%)
ДСК	167.06	3.20	4.46	11.25
ДС	148.32	3.01	9.38	11.58
ДСЕ	148.59	3,04	9.38	10.70
ДНК	93.23	2.92	3.62	31.22
ДН	49.90	2.56	5.33	34.04
ДНЕ	58.89	2.70	5.46	34,46
ССК	136,33	2.91	5,71	12.57
СС	123.31	2,76	6.58	10.91
ССЕ	127.28	2,78	5.47	10.83
СНК	72,72	2.59	3.67	29.40
СН	51.74	2.44	4.26	34,20
СНЕ	65,85	2.44	4.37	32.01

Стосовно індексу набухання спостерігалось значне зниження у розроблених макаронних виробках, виготовлених з борошна дурум, порівняно з контрольними зразками з даного борошна, тоді як ці відмінності не були

суттєвими при порівнянні зразків виробів, виготовлених з борошна сорту спельта з рибною сировиною та контрольними зразками.

Загалом втрати при варінні були значно вищими у розроблених зразках макаронів. У цьому відношенні вони були більш вираженими у сушених зразках виробів з борошна сорту Дурум, втрати яких перевищували 9% від їх відповідної сухої маси. Це було на відміну від контрольних композицій, які не перевищували 6%. Порівнюючи збагачені макаронні вироби, збільшення було меншим для виробів з ороша сорту спельта, ніж для зразків з твердих сортів борошна. Втрати при варінні макаронних виробів, зі спельти, зросли менше ніж на 1% у порівнянні з контролем.

Що стосується вологи, то не виявлено суттєвих відмінностей у сушених розроблених твердих макаронних виробах порівняно з контрольними твердими; однак у зразках з борошна спельти з додавання екстракту розмарину спостерігалось значне зниження порівняно зі свіжою контрольною пастою зі спельти. Навпаки, вологість свіжих збагачених макаронних виробів становила близько 34%, що в результаті значно вища, ніж у свіжому контролі, який демонстрував значення приблизно 31% для твердих макаронних виробів і 29% для макаронних виробів із спельти.

Здатність макаронних виробів поглинати воду визначається як їх складом, так і умовами обробки [103]. Насправді рибні білки та ліпіди взаємодіють і конкурують із крохмалем за поглинання води під час варіння, зменшуючи гідратацію крохмалю та гелеутворення, що призводить до меншого збільшення ваги макаронних виробів. Додавання рибної сировини змінює фізико-хімічні характеристики макаронних виробів, індукуючи утворення комплексів між крохмалем зернових і ліпідами риби, що може зменшити поглинання води, а також желатинізацію крохмалю [99]. Обидва типи зернових продемонстрували різні значення збільшення ваги, як і

очікувалося, залежно від різниці між типом зернових, показаних у дослідженнях інших науковців [104].

Відповідно до висновків роботи [105], втрати якості макаронних виробів при варінні не повинні перевищувати 8% від сухої ваги, тому розроблені макаронні вироби з рибною сировиною відповідали цим вимогам. Збільшення втрат при варінні явно пов'язане з наявністю рибної сировини, оскільки це передбачає включення білків іншої природи, ніж глютен, головним чином міофібрилярних білків [99]. Збагачення злаковою клітковиною (макарони з борошна сорту спельта) зменшило втрати при варінні. Це може відображати подвійний вплив клітковини на втрати при кулінарній обробці [101].

Що стосується вологи, вміст сухої збагаченої твердої пасти ($\approx 11,5\%$) і збагаченої спельти ($\approx 11\%$) показав значення, нижчі від тих, що відзначені нормативними документами [106], які встановлюють максимальні межі вологості 12,5% для сухих макаронних виробів. Однак свіжі збагачені тверді макаронні вироби та макарони зі спельти мали вміст вологи трохи вищий, ніж зазначено нормативними документами ($> 32\%$), що, можливо, має місце через регідратацію макаронних виробів після приготування.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз сучасної науково-технічної літератури з проблеми підвищення якості макаронних виробів підтвердив, що одним зі шляхів вирішення цього завдання є збагачення макаронних виробів рибною сировиною та екстрактом розмарину, як антиоксиданту.

Виготовлення та дослідження зразків за запропонованою технологією показало, що макаронні зразки мають певні переваги, у порівнянні з контрольними зразками.

Так, збагачені рибною сировиною та екстрактом розмарину зразки показали менший час варіння. Аналіз показників текстури збагачених макаронних виробів (твердість, адгезія, пружинність, згуртованість, клейкість, жувальна здатність, стійкість) були відмінними у порівнянні з контролем для зразків з обох зернових культур (борошно з твердого сорту Дурум та м'якого сорту Спельта), демонструючи значне зниження всіх параметрів, за винятком клейкості.

Що стосується кольору, макарони з рибною сировиною та екстрактом розмарину були трохи темнішими, червонішими та більш жовтими, ніж контрольні макарони, хоча цей ефект був частково зменшений присутністю розмарину. Додавання антиоксиданту (екстракту розмарину) призвело до позитивних змін щодо приросту кольору та маси, які були найбільш дискримінаційними технологічними параметрами.

Збагаченим макаронним виробам присутній покращений харчовий профіль, тому їх можна рекомендувати як функціональні продукти харчування.

Дослідження у даному напрямку доцільно продовжити з метою визначення мікробіологічних показників макаронних виробів та визначення динаміки показників їх якості при тривалому зберіганні.

Отримані результати мають практичне значення та їх доцільно використовувати на підприємствах макаронної промисловості.

Результати досліджень було представлено на II-й Міжнародній науково-практичній конференції «Промисловість та крафт для HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації», травень 2024 року, НУХТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Coello, K.E., Peñas, E., Martínez-Villaluenga, C., Elena Cartea, M., Velasco, P., Frias, J. Pasta Products Enriched with Moringa Sprout Powder as Nutritive Dense Foods with Bioactive Potential. *Food Chem.* 2021, 360, 130032.
2. Brochard, M. Placement Report-Development of Innovative Pasta Formulations; Polytechnic Institute of Viseu: Viseu, Portugal, 2019.
3. Arcangelis, E., Cuomo, F., Trivisonno, M.C., Marconi, E., Messia, M.C. Gelatinization and Pasta Making Conditions for Buckwheat Gluten-Free Pasta. *J. Cereal Sci.* 2020, 95, 103073.
4. Singh, S., Singh, N. Relationship of Polymeric Proteins and Empirical Dough Rheology with Dynamic Rheology of Dough and Gluten from Different Wheat Varieties. *Food Hydrocoll.* 2013, 33, 342–348.
5. Bondt, Y., Hermans, W., Moldenaers, P., Courtin, C.M. Selective Modification of Wheat Bran Affects Its Impact on Gluten-Starch Dough Rheology, Microstructure and Bread Volume. *Food Hydrocoll.* 2020, 106348.
6. Donmez, D., Pinho, L., Patel, B., Desam, P., Campanella, O. Characterization of Starch–Water Interactions and Their Effects on Two Key Functional Properties: Starch Gelatinization and Retrogradation. *Curr. Opin. Food Sci.* 2021. *Appl. Sci.* 2021, 11, 6617 17 of 19.
7. Thomas, J.M., Dourish, C.T., Higgs, S. Effects of Awareness That Food Intake Is Being Measured by a Universal Eating Monitor on the Consumption of a Pasta Lunch and a Cookie Snack in Healthy Female Volunteers. *Appetite* 2015, 92, 247–251.
8. Martini, D., Brusamolino, A., Del Bo, C., Laureati, M.; Porrini, M., Riso, P. Effect of Fiber and Protein-Enriched Pasta Formulations on Satiety-Related Sensations and Afternoon Snacking in Italian Healthy Female Subjects. *Physiol. Behav.* 2018, 185, 61–69.

- Intakes, Increased Whole Grain and Vegetable Consumption and Nutrient Adequacy in US Adults. *J. Acad. Nutr. Diet.* 2019, 119, A147.
10. Dawczynski C, Schubert R, Jahreis G. 2007. Amino acids, fatty acids and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem.* 103(3):891–99.
11. Debbarma J, Viji P, Rao BM, Prasad MM. 2017. Nutritional and physical characteristics of noodles incorporated with green seaweed (*Ulva reticulata*) and fish (*Pangasianodon hypophthalmus*) mince. *Indian J Fish.* 64(2):90–95.
12. Dehghan-Shoar Z, Mandimika T, Hardacre A, Reynolds G, Brennan C. 2011. Lycopene bioaccessibility and starch digestibility for extruded snacks enriched with tomato derivatives. *J Agric Food Chem.* 59:12047–53.
12. Корячкина, С. Я. Способ производства макаронных изделий из нетрадиционного сырья / С. Я. Корячкина, Г. А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – Т. 295, № 6. – С. 33–35.
13. Influence of High-Temperature Drying on Structural and Textural Properties of Durum Wheat Pasta / C. Zweifel, S. Handschin, F. Escher et al. *Cereal Chemistry.* – 2003. – Vol. 80, № 2. – P. 159–167.
14. Effect of milling, pasta making and cooking on minerals in durum wheat / F. Cubadda, F. Aureli, A. Raggi et al. // *Journal of Cereal Science.* – 2009. – Vol. 49, № 1. – P. 92–97.
15. Effect of β -Glucan on Technological, Sensory, and Structural Properties of Durum Wheat Pasta / N. Aravind, M. Sissons, N. Egan et al. *Cereal Chemistry.* – 2012. – Vol. 89, № 2. – P. 84–93.
16. Drying of Durum Wheat Pasta and Enriched Pasta: A Review of Modeling Approaches / S. Mercier, M. Mondor, C. Moresoli et al. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* – 2016. – Vol. 56, № 7. – P. 1146–1168.
17. Changes in pasta proteins induced by drying cycles and their relationship to cooking behaviour / C. Lamacchia, A. Di Luccia, A. Baiano et al. *Journal of Cereal Science.* – 2007. – Vol. 46, № 1. – P. 58–63.

- ... Colour changes of pasta produced with different supplements during drying and cooking. M. Jukić, Ž. Ugarčić-Hardi, D. Koceva Komlenić *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. – 2007. – Vol. 103, № 4. – P. 159–163.
19. Synergistic effect of different dietary fibres in pasta on in vitro starch digestion? / M. Foschia, D. Peressini, A. Sensidoni et al. *Food Chemistry*. – 2015. – Vol. 172. – P. 245–250.
20. Tudorică, C. M. Nutritional and Physicochemical Characteristics of Dietary Fiber Enriched Pasta / C. M. Tudorică, V. Kuri, C. S. Brennan *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2002. – Vol. 50, № 2. – P. 347–356.
21. Microstructure and cooking quality of barley-enriched pasta produced at different process parameters / I. Kosović, M. Benšić, Đ. Ačkar et al. *Foods and Raw Materials*. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 281–290.
22. Polymeric protein formation during pasta-making with barley and semolina mixtures, and prediction of its effect on cooking behaviour and acceptability / C. Lamacchia, A. Baiano, S. Lamparelli et al. *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 129, № 2. – P. 319–328.
23. Quality characteristics and in vitro digestibility study of barley flour enriched ditalini pasta / A. Montalbano, L. Tesoriere, P. Diana et al. *LWT – Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 72. – P. 223–228.
24. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour / G. Giuberti, A. Gallo, C. Cerioli et al. *Food Chemistry*. – 2015. – Vol. 175. – P. 43–49.
25. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta / V. Larrosa, G. Lorenzo, N. Zaritzky et al. *LWT – Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 70. – P. 96–103.
26. Non-Traditional Raw Materials in Pasta Production of High Nutrition Value S.O. Smirnov, O.F. Fazullina. *Техніка і технологія харчових виробництв*. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 454–469.

27. Milde Laura, B. Nutritional characterization of gluten free non-traditional pasta / B. Milde Laura, S. Chigal Paola, O. Chiola Zayas María *International Journal of Food Science and Nutrition*. – 2018. – Vol. 3, № 5. – P. 19–24.
28. Giullon F, Champ M. 2000. Structural and physical properties of dietary fibers, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int.* 33(3–4):233–45.
29. Goes Esdr, Souza Mlrd, Michka Jmg, Kimura KS, Lara Jafd, Delbem A., Gasparino E. 2016. Fresh pasta enrichment with protein concentrate of tilapia: Nutritional and sensory characteristics. *Food Sci Technol.* 36(1):76–82.
30. Gry P. 1981. Extrusion of fish/starch mixture. Extrusion Foods-SIK Rapport No. 492:18–19.
31. Gu L, House S, Rooney L, Prior R. 2008. Sorghum extrusion increases bioavailability of catechins in weanling pigs. *J Agric Food Chem.* 56:1283–88.
32. Martini, D., Brusamolino, A., Del Bo', C., Laureati, M., Porrini, M., Riso, P. Effect of Fiber and Protein-Enriched Pasta Formulations on Satiety-Related Sensations and Afternoon Snacking in Italian Healthy Female Subjects. *Physiol. Behav.* 2018, 185, 61–69.
33. Brochard, M. Placement Report-Development of Innovative Pasta Formulations; Polytechnic Institute of Viseu: Viseu, Portugal, 2019.
34. Peña, E., Manthey, F.A., Patel, B.K., Campanella, O.H. Rheological Properties of Pasta Dough during Pasta Extrusion: Effect of Moisture and Dough Formulation. *J. Cereal Sci.* 2014, 60, 346–351.
35. Ciccioritti, R., Taddei, F., Nicoletti, I., Gazza, L., Corradini, D., D'Egidio, M.G., Martini, D. Use of Bran Fractions and Debranned Kernels for the Development of Pasta with High Nutritional and Healthy Potential. *Food Chem.* 2017, 225, 77–86.
36. Ungureanu-Iuga, M., Dimian, M., Mironeasa, S. Development and Quality Evaluation of Gluten-Free Pasta with Grape Peels and Whey Powders. *LWT* 2020, 130, 109714.

37. Sharma, R., Dar, B.N., Sharma, S., Singh, B. In Vitro Digestibility, Cooking Quality, Bio-Functional Composition, and Sensory Properties of Pasta Incorporated with Potato and Pigeonpea Flour. *Int. J. Gastron. Food Sci.* 2021, 23, 100300.
38. Kowalczewski, P.L., Pauter, P., Smarzyński, K., Róžańska, M.B.; Jezowski, P., Dwiecki, K., Mildner-Szkudlarz, S. Thermal Processing of Pasta Enriched with Black Locust Flowers Affect Quality, Phenolics, and Antioxidant Activity. *J. Food Process. Preserv.* 2019, 43, e14106.
39. Bustos, M.C., Vignola, M.B., Paesani, C., León, A.E. Berry Fruits-Enriched Pasta: Effect of Processing and in Vitro Digestion on Phenolics and Its Antioxidant Activity, Bioaccessibility and Potential Bioavailability. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2020, 55, 2104–2112.
40. Armellini, R., Peinado, I., Pittia, P., Scampicchio, M., Heredia, A., Andres, A. Effect of Saffron (*Crocus sativus L.*) Enrichment on Antioxidant and Sensorial Properties of Wheat Flour Pasta. *Food Chem.* 2018, 254, 55–63.
41. Wood, J.A. Texture, Processing and Organoleptic Properties of Chickpea-Fortified Spaghetti with Insights to the Underlying Mechanisms of Traditional Durum Pasta Quality. *J. Cereal Sci.* 2009, 49, 128–133.
42. Seczyk, Ł., Swieca, M., Gawlik-Dziki, U. Effect of Carob (*Ceratonia siliqua L.*) Flour on the Antioxidant Potential, Nutritional Quality, and Sensory Characteristics of Fortified Durum Wheat Pasta. *Food Chem.* 2016, 194, 637–642.
43. Spinelli, S., Padalino, L., Costa, C., Del Nobile, M.A., Conte, A. Food By-Products to Fortified Pasta: A New Approach for Optimization. *J. Clean. Prod.* 2019, 215, 985–991.
44. Romero, H.M., Zhang, Y. Physicochemical Properties and Rheological Behavior of Flours and Starches from Four Bean Varieties for Gluten-Free Pasta Formulation. *J. Agric. Food Res.* 2019, 1, 100001.
45. El-Sohaimy, S.A., Brennan, M., Darwish, A.M.G., Brennan, C. Physicochemical, Texture and Sensorial Evaluation of Pasta Enriched with Chickpea Flour and Protein Isolate. *Ann. Agric. Sci.* 2020, 65, 28–34.

46. Research. As the non-traditional raw materials can affect the properties of pasta. URL: <https://www.italianfoodtech.com/as-the-non-traditional-raw-materials-can-affect-the-properties-of-pasta/> (дата звернення 04 04.2024).
47. Andrea Aínsa, Alba Vega, Adrian Honrado, Pedro Marquina, Pedro Roncales, José A Beltrán Gracia, Juan B Calanche Morales. Gluten-Free Pasta Enriched with Fish By-Product for Special Dietary Uses: Technological Quality and Sensory Properties. *Foods*. 2021 Dec 8;10(12):3049.
48. Andrea Ainsa, Adrián Honrado, Pedro L. Marquina, Pedro Roncalés, José Antonio Beltrán and Juan B. Calanche M. Innovative Development of Pasta with the Addition of Fish By-Products from Two Species. *Foods* 2021, 10(8), 1889.
49. N. Lakshmi Devi, Kuna Aparna, Kalpana Kommi. Utilization of fish mince in formulation and development of pasta products. January 2013 *International Food Research Journal* 20(1):219-224.
50. Ajay Desai, Margaret A. Brennan, Charles S. Brennan. The effect of semolina replacement with protein powder from fish (*Pseudophycis bachus*) on the physicochemical characteristics of pasta. *LWT* Volume 89, March 2018, Pages 52-57.
51. Jisto Mathew, Lonappan Blossom, TK Srinivasa Gopal & Ancy Thomas. Nutritional and Quality Properties of Pasta and Noodles Incorporated with Fish/ and Fishery-Derived Ingredients Using Extrusion Technology- A Review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. Volume 31, 2022 - Issue 9. Pages 1002-1023 |
52. Jisto Mathew, Lonappan Blossom, TK Srinivasa Gopal & Ancy Thomas. Nutritional and Quality Properties of Pasta and Noodles Incorporated with Fish/ and Fishery-Derived Ingredients Using Extrusion Technology- A Review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. Volume 31, 2022 - Issue 9. Pages 1002-1023 |
53. Andrade, M.A.; Ribeiro-Santos, R.; Costa Bonito, M.C.; Saraiva, M.; Sanches-Silva, A. Characterization of Rosemary and Thyme Extracts for Incorporation into a Whey Protein Based Film. *LWT* 2018, 92, 497–508.
54. Andrea Ainsa, Pedro L. Marquina, Pedro Roncalés, José Antonio Beltrán and Juan B. Calanche M. Enriched Fresh Pasta with a Sea Bass By-Product, a Novel

- Food: Fatty Acid Stability and Sensory Properties throughout Shelf Life. *Foods* 2021, 10, 255.
55. Anna Plaskova, Jiri Mlcek. (2023) New insights of the application of water or ethanol-water plant extract rich in active compounds in food. *Front. Nutr., Sec. Nutrition and Food Science Technology*. Volume 10.
56. Thoo, Y, Ng, S, Khoo, M, Aida, W, and Ho, C. A binary solvent extraction system for phenolic antioxidants and its application to the estimation of antioxidant capacity in *Andrographis paniculata* extracts. *Int Food Res J.* (2013) 20:1103.
57. Awad, AM, Kumar, P, Ismail-Fitry, MR, Jusoh, S, Ab Aziz, MF, and Sazili, AQ. Green extraction of bioactive compounds from plant biomass and their application in meat as natural antioxidant. *Antioxidants*. (2021) 10:1465.
58. Taylor, TM. Handbook of natural antimicrobials for food safety and quality. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier (2015).
59. Sik, B, Ilanczné, EL, Kapcsándi, V, and Ajtony, Z. Conventional and nonconventional extraction techniques for optimal extraction processes of rosmarinic acid from six Lamiaceae plants as determined by HPLC-DAD measurement. *J Pharm Biomed Anal.* (2020) 184:113173.
60. Clarke, CJ, Tu, W, Levers, O, Bröhl, A, and Hallett, JP. Green and sustainable solvents in chemical processes. *Chem Rev.* (2018) 118:747–800.
61. Lim, KJA, Cabajar, AA, Lobarbio, CFY, Taboada, EB, and Lacks, DJ. Extraction of bioactive compounds from mango (*Mangifera indica* L. var. Carabao) seed kernel with ethanol–water binary solvent systems. *J Food Sci Technol.* (2019) 56:2536–44.
62. Shah, MA, Bosco, SJD, and Mir, SA. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Sci.* (2014) 98:21–33.
63. Reichardt, C. Solvents and solvent effects in organic chemistry. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA (2003). 418 p.
64. Giacobbo, A, do Prado, JM, Meneguzzi, A, Bernardes, AM, and de Pinho, MN. Microfiltration for the recovery of polyphenols from winery effluents. *Sep Purif Technol.* (2015) 143:12–8.

65. Borges, A, José, H, Homem, V, and Simões, M. Comparison of techniques and solvents on the antimicrobial and antioxidant potential of extracts from *Acacia dealbata* and *Olea europaea*. *Antibiotics*. (2020) 9:48.
66. Altıok, E, Bayçın, D, Bayraktar, O, and Ülkü, S. Isolation of polyphenols from the extracts of olive leaves (*Olea europaea* L.) by adsorption on silk fibroin. *Sep Purif Technol*. (2008) 62:342–8.
67. Brglez Mojzer, E, Knez Hrnčič, M, Škerget, M, Knez, Ž, and Bren, U. Polyphenols: extraction methods, Antioxidative action, bioavailability and Anticarcinogenic effects. *Molecules*. (2016) 21:901.
68. Dai, J, and Mumper, RJ. Plant Phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*. (2010) 15:7313–52.
69. Fraga-Corral, M, García-Oliveira, P, Pereira, AG, Lourenço-Lopes, C, Jimenez-Lopez, C, Prieto, MA, et al. Technological application of tannin-based extracts. *Molecules*. (2020) 25:614.
70. Kusuma, SB, Wulandari, S, Nurfitriani, RA, and Awaludin, A. The potential solvent for tannin extraction as a feed additive made of coffee husk (*Coffea canephora*) using Soxhlet method. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. (2022) 980:012024.
71. Strugała, P, Tronina, T, Huszcza, E, and Gabrielska, J. Bioactivity in vitro of quercetin glycoside obtained in *Beauveria bassiana* culture and its interaction with liposome membranes. *Molecules*. (2017) 22:1520.
72. Ferreira, O, and Pinho, SP. Solubility of flavonoids in pure solvents. *Ind Eng Chem Res*. (2012) 51:6586–90.
73. Heinrich, M, Mah, J, and Amirkia, V. Alkaloids used as medicines: structural Phytochemistry meets biodiversity—an update and forward look. *Molecules*. (2021) 26:1836.
74. Yubin, J, Miao, Y, Bing, W, and Yao, Z. The extraction, separation and purification of alkaloids in the natural medicine. *J Chem Pharm Res*. (2014) 6:338–45.

75. Субкритична екстракція біологічно активних речовин із виноградних вичавок: моногр. / В.О. Сукманов, А.І. Українець, В.Л. Зав'ялов та ін. — К.: НУХТ, 2019. — 415 с.
76. Elena Ibañ ez, Alena Kubaã Tovaã, F. Javier Sen Oraã ns, Sofia Cavero, Guillermo Reglero, and Steven B. Hawthorne. Subcritical Water Extraction of Antioxidant Compounds from Rosemary Plants. *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51, 375–382.
77. Krishnan, M., & Prabhasankar, P. (2012). Health based pasta: Redefining the concept of the next generation convenience food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(1), 9–20.
78. Ficco, D. B. M., De Simone, V., De Leonardis, A. M., Giovanniello, V., Del Nobile, M. A., Padalino, L., Lecce, L., Borrelli, G. M., & De Vita, P. (2016). Use of purple durum wheat to produce naturally functional fresh and dry pasta. *Food Chemistry*, 205, 187–195.
79. Sui, Z., Lucas, P. W., & Corke, H. (2006). Optimal cooking time of noodles related to their notch sensitivity. *Journal of Texture Studies*, 37(4), 428–441.
80. D'Egidio, M. G., Mariani, B. M., Nardi, S., Novaro, P., & Cubadda, R. (1990). Chemical and technological variables and their relationships: A predictive equation for pasta cooking quality. *Cereal Chemistry*, 67, 275–281.
81. Sissons, M. J. (2016). Pasta. In C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman & J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of food grains* (2nd ed., pp. 79–89). Academic Press.
82. Ainsa, A., Honorado, A., Marquina, P. L., Roncalés, P., Beltrán, J. A., & Calanche, J. B. (2021). Innovative development of pasta with the addition of fish by-products from two species. *Foods*, 10(8), 1889.
83. El-Sohaimy, S. A., Brennan, M., Darwish, A. M. G., & Brennan, C. (2020). Physicochemical, texture and sensorial evaluation of pasta enriched with chickpea flour and protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 28–34.
84. Odey, G. N., & Lee, W. Y. (2020). Evaluation of the quality characteristics of flour and pasta from fermented cassava roots. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(2), 813–822.

85. Olivera, D. F., & Salvadori, V. O. (2009). Effect of freezing rate in textural and rheological characteristics of frozen cooked organic pasta. *Journal of Food Engineering*, 90(2), 271–276.
86. Sicignano, A., Di Monaco, R., Masi, P., & Cavella, S. (2015). From raw material to dish: Pasta quality step by step: Pasta from raw material to dish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), 2579–2587.
87. Babuskin, S., Krishnan, K. R., Saravana, P. A., Sivarajan, M., & Sukumar, M. (2014). Functional foods enriched with marine microalga *nannochloropsis oculata* as a source of ω -3 fatty acids. *Food Technol. Biotechnol*, 52, 292–299.
88. Kadam, S. U., & Prabhasankar, P. (2010). Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. *Food Research International*, 43(8), 1975–1980.
89. Yan, N., & Chen, X. (2015). Sustainability: Don't waste seafood waste. *Nature*, 524(7564), 155–157.
90. Oliveira, I. S. D., Lourenço, L. D. F. II., Sousa, C. L., Peixoto Joêlc, M. R. S., & Ribeiro, S. D. C. D. A. (2015). Composition of MSM from Brazilian catfish and technological properties of fish flour. *Food Control*, 50, 38–44.
91. Liu, T., Hamid, N., Kantono, K., Pereira, L., Farouk, M. M., & Knowles, S. O. (2016). Effects of meat addition on pasta structure, nutrition and in vitro digestibility. *Food Chemistry*, 213, 108–114.
92. Mercier, S., Moresoli, C., Mondor, M., Villeneuve, S., & Marcos, B. (2016). A meta-analysis of enriched pasta: what are the effects of enrichment and process specifications on the quality attributes of pasta? *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 685–704.
93. Pasta and Noodle Cooking Quality—Firmness. <https://img67.chcm17.com/1/20170326/636261340426004715119.pdf>
94. Vernaza, M. G., Biasutti, E., Schmiele, M., Jaekel, L. Z., Bannwart, A., & Chang, Y. K. (2012). Effect of supplementation of wheat flour with resistant starch and monoglycerides in pasta dried at high temperatures: Resistant starch and

- monoglycerides in pasta. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(6), 1302–1312.
95. Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2016). Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. *LWT*, 70, 96–103.
96. Kowalczewski, P. Ł., Pauter, P., Smarzyński, K., Róžańska, M. B., Jeżowski, P., Dwiecki, K., & Mildner-Szkudlarz, S. (2019). Thermal processing of pasta enriched with black locust flowers affect quality, phenolics, and antioxidant activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10), e14106.
97. Islas-Rubio, A. R., Calderón de la Barca, A. M., Cabrera-Chávez, F., Cota-Gastélum, A. G., & Beta, T. (2014). Effect of semolina replacement with a raw: Popped amaranth flour blend on cooking quality and texture of pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 57(1), 217–222.
98. Sean, F., & Atwell, W. A. (2016). *Wheat flour* (2nd ed.). Woodhead Publishing and AACC International Press, Elsevier.
99. Desai, A. S., Brennan, M. A., & Brennan, C. S. (2018). Influence of semolina replacement with salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) powder on the physicochemical attributes of fresh pasta. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(5), 1497–1505.
100. Ohm, J.-B., Ross, A. S., Peterson, C. J., & Ong, Y.-L. (2008). Relationships of high molecular weight glutenin subunit composition and molecular weight distribution of wheat flour protein with water absorption and color characteristics of noodle dough. *Cereal Chemistry Journal*, 85(2), 123–131.
101. Mercier, S., Moresoli, C., Mondor, M., Villeneuve, S., & Marcos, B. (2016). A meta-analysis of enriched pasta: what are the effects of enrichment and process specifications on the quality attributes of pasta? *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 685–704.
102. Calanche, J., Beltrán, H., Marquina, P., Roncalés, P., & Beltrán, J. A. (2019). Eating fish in another way: Development of functional pasta with added

concentrates of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Cereal Chemistry*, 96(5), 856–865.

103. Marti, A., Fongaro, L., Rossi, M., Lucisano, M., & Pagani, M. A. (2011). Quality characteristics of dried pasta enriched with buckwheat flour: Quality characteristics of dried pasta. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(11), 2393–2400.

104. Frakolaki, G., Giannou, V., Topakas, E., & Tzia, C. (2018). Chemical characterization and breadmaking potential of spelt versus wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 79, 50–56.

105. Smatanová, N., & Lacko-Bartosová, M. (2014). Noodle quality of winter wheat cultivated in sustainable farming systems. *Journal of Central European Agriculture*, 15(2), 84–94.

106. Real Decreto (2181/1975). de 12 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de Pastas Alimenticias. Boletín Oficial del Estado No 220, de septiembre de 1975.

May

