

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ
СПРАВИ

«Допущено до захисту»
протокол засідання кафедри
№ _____ від « _____ » _____ 2026 року
Зав. кафедрою ХТГРС
д.т.н, професор _____ Олеся ПРИСС

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

СВО «Магістр»
за освітньо-професійною програмою «Індустрія здорового харчування»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»
(освітній ступень, ОПП, спеціальність)

на тему: **Розроблення технології рибного суфле на основі гідрогелей**

23ХТД. 2378037.02.26

Виконав: <u>студент</u>	<u>22 Мб ХТ групи</u>	(підпис)	Позняк М.М. (прізвище та ініціали)
Керівник:	<u>д.с.-г.н. професор</u> (науковий ступінь, вчене звання)	(підпис)	Олена ДАНЧЕНКО (прізвище та ініціали)
Консультант з ОП:	<u>к.т.н., доцент</u> (науковий ступінь, вчене звання)	(підпис)	Михайло ЗОРЯ (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>к.-с.г.н., доцент</u> (науковий ступінь, вчене звання)	(підпис)	Людмила КЮРЧЕВА (прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет агротехнологій та екології

Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи
(назва кафедри)

Ступінь вищої освіти Магістр

Галузь знань 18 «Виробництво та технології»
(шифр і назва)

Спеціальність 181 «Харчові технології»
(шифр і назва)

Освітня програма «Індустрія здорового харчування»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ХТГРС
д.т.н., професор Олеся Прісс
(підпис)(ініціали та прізвище)

« _____ » вересня 2025_р

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

СТУДЕНТУ Позняку Миколі Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології рибного суфле на основі гідрогелей

керівник роботи д.с.-г.н, Данченко Олена Олександрівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « _____ » вересня 202_р. № _____

2. Строк подання студентом роботи « _____ » _____ 202_р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Перелік питань, які потрібно розробити вступ, аналітичний огляд літератури; об'єкти, методика та умови проведення досліджен; результати досліджень та їх узагальнення, технологічна частина, SWOT-аналіз впровадження нової технології, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновки, список літературних джерел

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Вступ	вересень	
Аналітичний огляд літератури	жовтень	
Об'єкти, методика та умови проведення досліджень	жовтень	
Результати досліджень та їх узагальнення	листопад	
Технологічна частина	листопад	
SWOT-аналіз впровадження нової технології	грудень	
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	грудень	
Висновки	січень	
Список використаної літератури	січень	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Позняк М.М.

(ініціали та прізвище)

Данченко О.О.

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Позняк М.М. Розроблення технології рибного суфле на основі гідрогелей. – Кваліфікаційна робота. Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи. – Запоріжжя, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2026.

Текст викладений на 79 сторінках, містить 6 розділів, 14 таблиць, 8 рисунків, 64 літературних джерел.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці технології рибного суфле із застосуванням гідрогелевих систем природного походження як ефективних структуроутворювачів. Встановлено, що поєднання обрізі судака і сома у співвідношеннях 70:30, 60:40 та 50:50 дозволяє цілеспрямовано регулювати харчову, енергетичну та технологічну цінність рибного суфле. Зі збільшенням частки сома підвищується вміст жиру та калорійність продукту, не погіршуючи біологічної цінності білка. Встановлено, що використання гідрогелевих систем суттєво підвищує ВЗЗ рибного суфле, зменшує кулінарні втрати під час теплової обробки у 1,7...2,0 рази, істотно підвищує емульсійно-структурну стабільність піноутворювальну здатність рибної маси. Стабільність піни після витримки зростала на 10...15 %, що забезпечувало формування більш однорідної та ніжної структури суфле. Доведено, що білок рибного суфле має високу біологічну цінність. Лімітуючі амінокислоти відсутні у всіх варіантах рецептур. SWOT-аналіз показав, що розроблена технологія рибного суфле на основі гідрогелів має суттєві конкурентні переваги завдяки високим функціонально-технологічним показникам, стабільній якості та можливості керування харчовою й енергетичною цінністю продукту. У процесі виконання роботи проведено комплексний аналіз умов праці при виробництві рибного суфле на основі гідрогелів.

Ключові слова: рибна сировина, судак, сом, гідрогелі, пектин, желатин, альгінат натрію.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ТЕХНОЛОГІЙ.....	11
1.1 Сучасний стан виробництва рибних пастоподібних продуктів	11
1.2 Функціонально-технологічні властивості рибної сировини.....	15
1.3 Гідрогелі як структуроутворювачі в харчових системах.....	18
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
2.1 Програма досліджень та схема дослідів.....	24
2.2 Об’єкти та матеріали досліджень	27
2.3 Методика проведення досліджень.....	32
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ.....	36
3.1 Дослідження фізико-хімічних показників рибного суфле.....	36
3.2 Дослідження технологічних характеристик рибного суфле	38
3.3 Дослідження органолептичних властивостей рибного суфле.....	44
3.4 Визначення біологічної та енергетичної цінності рибного суфле.....	46
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	50
4.1 Принципова технологічна схема виготовлення рибного суфле.....	50
4.2 Розроблена технологія виробництва рибного суфле на основі гідрогелів... ..	52
РОЗДІЛ 5. SWOT-АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РИБНОГО СУФЛЕ НА ОСНОВІ ГІДРОГЕЛІВ.....	54
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60
6.1 Нормативно-правова база з охорони праці при виробництві рибного суфле на основі гідрогелів.....	60
6.2 Вимоги до території підприємства та облаштування споруд і приміщень	61

6.3 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	63
6.4 Заходи, щодо оптимізації умов праці	65
6.5 Засоби індивідуального захисту	67
6.6 Пожежна безпека та заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях	68
Висновки	71
Список використаної літератури.....	73

ВСТУП

Одним із сучасних трендів у сфері харчових технологій є формування м'яко текстурних продуктів, які поєднують високу харчову цінність, поліпшену біодоступність нутрієнтів та адаптовані сенсорні характеристики, що відповідають потребам різних груп споживачів – дітей, людей літнього віку, осіб із порушенням жувальної функції та прихильників здорового харчування [1].

У цьому контексті рибні суфле становлять особливий інтерес, оскільки рибна сировина є природним джерелом повноцінного білка, ω -3 поліненасичених жирних кислот, вітамінів і мікроелементів, однак водночас характеризується недостатньо стабільною структурою, що ускладнює отримання рівномірної, однорідної та ніжної текстури готового продукту. Тому актуальним є використання природних структуроутворювачів, зокрема гідрогелів на основі гідроколоїдів, здатних цілеспрямовано моделювати функціонально-технологічні властивості рибної маси [2].

Гідрогелі, сформовані за участю альгінату, желатину, карагінану, пектину та їхніх композицій, належать до найбільш перспективних харчових інгредієнтів. Вони здатні формувати стабільні тривимірні мережі, поліпшувати вологоутримувальну здатність, сприяти структуроутворенню, стабілізувати піну та емульсії, а також регулювати реологічні властивості білкових систем [3]. Науковий інтерес до цих систем зумовлений їх здатністю взаємодіяти з білками риби на рівні міжмолекулярних зв'язків, утворюючи просторову сітку, яка підсилює структурні властивості продукту без необхідності застосування штучних або модифікованих домішок. У світлі глобальних тенденцій до зменшення кількості синтетичних харчових добавок, удосконалення технологій здорового харчування та формування продуктів з контрольованою текстурою гідрогелі стають основним інструментом харчового дизайну та текстурної інженерії продуктів із риби [4].

Незважаючи на наявність досліджень, спрямованих на оцінку окремих гідроколоїдів у білково-водних системах, питання комплексного застосування гідрогелевих структур для моделювання текстури рибних продуктів залишається

недостатньо вивченим. Зокрема, потребує поглибленого дослідження синергетичний вплив різних гідрогелів на водоутримувальну здатність, однорідність, пружність та термостійкість рибних суфле, що є основними характеристиками при створенні продуктів з оптимізованими технологічними параметрами. Саме тому розроблення технології рибного суфле на основі гідрогелів має як наукову, так і практичну актуальність.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано в межах науково-дослідної програми «Розроблення інноваційних технологій харчової та кулінарної продукції» (ДР № 0121U110200).

Мета і задачі досліджень.

Метою даної роботи було розроблення технології рибного суфле із застосуванням гідрогелевих систем природного походження як ефективних структуроутворювачів.

Реалізація поставленої мети передбачає вирішення наступних задач:

- на основі огляду сучасної літератури розробити дослідні рецептури рибного суфле на основі гідрогелів;
- встановити вплив особливостей рибної сировини та гідрогелевих систем на ВЗЗ рибного суфле;
- дослідити вплив особливостей рибної сировини та гідрогелевих систем на кулінарні втрати під час теплової обробки рибного суфле;
- визначити емульсійно-структурну стабільність дослідних зразків рибного суфле та провести порівняльний аналіз;
- визначити піноутворювальну здатність та стабільність піни після витримки у зразках рибного суфле;
- провести органолептичні дослідження зразків рибного суфле;
- розрахувати енергетичну та біологічну цінність зразків суфле;
- розробити технологію виготовлення рибного суфле на основі гідрогелів;
- провести SWOT-аналіз впровадження розробленої технології і оцінити її сильні та слабкі сторони;

- проаналізувати заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при виробництві рибного суфле на основі гірогелей.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виробництва рибного суфле.

Предмет дослідження: закономірності зміни структурних та якісних характеристик рибного суфле під впливом різних гідрогелевих систем.

Наукова новизна: У роботі вперше науково обґрунтовано доцільність використання комбінованих природних гідрогелевих систем на основі желатину, низькометоксильованого пектину та альгінату натрію для керування структуроутворенням рибного суфле, виготовленого з рибної сировини різного білково-жирового складу. Встановлено закономірності впливу співвідношення обрізі судака та сома на функціонально-технологічні властивості білково-пінної матриці, зокрема на вологозв'язувальну здатність, кулінарні втрати, піноутворювальну здатність і стабільність піни, а також емульсійно-структурну стабільність системи. Уперше показано синергічний ефект поєднання гідроколоїдів з міофібрилярними білками риби, що проявляється у формуванні більш однорідної та стабільної просторової структури суфле без використання синтетичних або хімічно модифікованих добавок. Обґрунтовано відмінності механізмів структуроутворення у системах «желатин-пектин» та «альгінат-пектин» залежно від вмісту жирової фази та іонної активації кальцієм. На основі комплексної оцінки амінокислотного складу та технологічних характеристик уперше визначено вплив гідрогелевих систем на збереження біологічної цінності білка та покращення сенсорного профілю готового продукту.

Практичне значення. Результати дослідження мають практичну цінність для підприємств рибопереробної та харчової промисловості, оскільки розроблені рецептури та технологічні рішення дозволяють підвищити стабільність і якість рибного суфле за рахунок використання доступних природних гідроколоїдів. Запропонована технологія може бути впроваджена у виробничі умови без суттєвої модернізації обладнання, що робить її економічно доцільною та технологічно гнучкою. Отримані дані можуть бути використані при розробленні нових видів функціональних рибних продуктів з покращеними текстурними та

органолептичними властивостями, а також для оптимізації рецептур із використанням рибної обрізи, що сприяє раціональному використанню сировинних ресурсів і зменшенню виробничих втрат. Практичні рекомендації щодо добору гідрогелевих систем, режимів обробки та порціонування можуть бути інтегровані в технологічні інструкції, стандарти підприємств та навчальні матеріали для підготовки фахівців з харчових технологій.

Методи дослідження, що були використані в роботі: у процесі виконання роботи було використано комплекс теоретичних і емпіричних методів, що забезпечили наукову обґрунтованість, відтворюваність та достовірність отриманих результатів. На теоретичному етапі застосовували методи системного та порівняльного аналізу, критичної інтерпретації наукових джерел, дедукції, індукції, класифікації, узагальнення та абстрагування, що дозволило сформувані цілісну картину сучасного стану технологій рибних м'якотекстурних продуктів та гідрогелевих систем. Ці методи використовувалися під час підготовки аналітичного огляду літератури, обґрунтування вибору сировини, визначення ключових параметрів текстуроутворення та моделювання технологічних рішень. У практичній частині роботи застосовувалися емпіричні методи: спостереження, порівняння, вимірювання та лабораторний експеримент. Спостереження використовували для фіксації змін консистенції, піноутворення, стабільності емульсій та властивостей гідрогелевих систем. Метод порівняння забезпечував встановлення відмінностей між контрольними та дослідними зразками рибного суфле за показниками якості, водозв'язувальної здатності, структурно-механічних властивостей та органолептичних характеристик. Експеримент як комплексний метод дозволив варіювати концентрацію гідрогелів, параметри збивання, термообробки та визначати оптимальні технологічні умови формування структури рибного суфле. Додатково були використані методи математичної статистики для обробки експериментальних даних.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Сучасний стан виробництва рибних пастоподібних продуктів

Світові тенденції розвитку рибопереробної галузі демонструють стале зростання частки продуктів зі «зручною» формою споживання – паштетів, суфле, мусів, паст та інших пастоподібних виробів, які поєднують високий вміст повноцінного білка з м'якою керованою текстурою. Це пов'язано як із загальним трендом на продукти швидкого приготування, так і з розширенням сегментів функціонального, дієтичного, дитячого та геродієтичного харчування, де важливими є легкість жування та ковтання, рівномірність структури, відсутність кісткових включень і стабільні органолептичні показники [5].

У наукових джерелах рибні пастоподібні продукти зазвичай розглядають як окремий підклас гелевих або емульгованих систем на основі рибного білка, до яких відносять рибні паштети, суфле, муси, креми, паштетні намазки, а також певні види рибних паст і пюреподібних виробів з додаванням овочевих або злакових компонентів. Такі системи можуть бути піногелями (аеровані суфле та муси), емульсійно-гельовими структурами (жирова фаза рівномірно диспергована в білково-полісахаридній матриці) або суцільними гомогенізованими пастами з високою ступінню подрібнення [6].

Класифікація рибних суфле, паштетів і мусів ґрунтується на кількох ключових ознаках:

- видом рибної сировини: морська, прісноводна риба, відходи обробки, рибний білковий концентрат чи гідролізати,
- способом структуроутворення: теплова або холодне гелеутворення, збивання з наступною фіксацією піни, використання гідроколоїдів та білкових гелів,

- вмістом і типом жирової фази: традиційні жирні паштети, знижено-жирні або low-fat продукти, паштети з частковою заміною жиру на гідрогелі,
- цільовим призначенням: масове споживання, продукти для дитячого харчування, геродієтичні, дієтичні, лікувально-профілактичні, спеціальні продукти для пацієнтів із дисфагією [7].

У низці досліджень виділяють також групу функціональних рибних паст і паштетів, збагачених рослинними компонентами, клітковиною, антиоксидантами або мінеральними добавками, що дозволяє модифікувати жирнокислотний профіль, підвищити вміст вітамінів, каротиноїдів і мікроелементів без зниження сенсорної привабливості виробу [8].

Ряд робіт, виконаних у 2020-2024 рр., показує, що рибні паста й паштети характеризуються високою біологічною цінністю завдяки значній концентрації повноцінного білка, ліпідів із вмістом поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів і мінеральних елементів; при цьому вміст харчових волокон і антиоксидантів може бути суттєво підвищений за рахунок введення рослинної сировини. Показано, що сучасні рибні пастоподібні продукти здатні забезпечувати не лише базову нутрієнтну цінність, а й виконувати функціональну роль, наприклад, бути джерелом вітаміну Е, каротиноїдів, мікроелементів, що особливо важливо для вразливих груп населення [9-11].

Окремим напрямом досліджень є розроблення рибних паштетів та паст з використанням прісноводної риби та рослинних наповнювачів, які дають змогу «вирівняти» смак і аромат, пом'якшити специфічні рибні ноти, підвищити вміст харчових волокон і створити більш збалансований амінокислотний і мінеральний профіль [12].

На глобальному рівні ринок рибних паст і споріднених продуктів демонструє стабільне зростання: за аналітичними оглядами, світовий обсяг ринку рибних паст у 2024 р. становив понад 180 млн т з прогнозом подальшого приросту до 2034 р., що зумовлено зростанням попиту на готові до споживання рибні намазки, кулінарні соуси та пастоподібні компоненти для швидких страв [13].

Окрему нішу займають високобілкові концентровані продукти у вигляді рибних порошків і білкових концентратів, що використовуються як збагачувальна добавка в пастах, паштетах, супах-пюре і соусах [14].

Паралельно з кількісним зростанням виробництва відбувається якісна трансформація асортименту в напрямі розширення сегментів спеціалізованих продуктів. По-перше, сформувався стійкий тренд на високобілкові рішення, де рибні паштети й пасти позиціонуються як зручне джерело «натурального білка» для активних споживачів, спортсменів, офісних працівників, які шукають швидкі білкові перекуси [15].

По-друге, спостерігається інтенсивний розвиток дієтичних і low-fat рибних продуктів зі зниженим вмістом солі та жиру, з частковою заміною жирової фази гідрогелевими чи білково-полісахаридними системами, що дозволяє зберігати ніжну мазеподібну консистенцію при зменшенні калорійності та натрієвого навантаження [16].

Особливо динамічно розвивається сегмент продуктів для осіб старшого віку та пацієнтів із порушеннями жування і ковтання (дисфагія). Саме рибні суфле, муси та гомогенізовані пасти з риби розглядають як перспективну платформу для створення текстурно модифікованих страв, які відповідають вимогам міжнародних класифікацій (IDDSI) щодо консистенції, реологічних параметрів та безпеки ковтання [17].

Останні дослідження показують, що використання рибного білкового гідролізату та молочних білків дає змогу створювати охолоджені текстурно модифіковані вироби на основі лосося з підвищеним вмістом білка та контрольованою структурою, спеціально адаптовані для пацієнтів із дисфагією [18]. У більш широкому контексті розглядаються гелеві та пюреподібні продукти, у тому числі на основі риби, як ключовий елемент нутритивної підтримки геріатричних пацієнтів, де поєднуються завдання забезпечення білком і енергією з вимогами до безпечної текстури [19].

Дитячий сектор також формує стабільний запит на м'якотекстурні рибні продукти з контрольованим рівнем солі, відсутністю кісток і збалансованим

смаком. У сучасних підходах до дитячого харчування рибні суфле та пюреподібні вироби на основі риби розглядають як альтернативу традиційним м'ясним пюре, що дозволяє розширити джерела білка й поліненасичених жирних кислот у раціоні дітей раннього та дошкільного віку [20].

Щодо українського ринку, аналітичні огляди 2020-2024 рр. свідчать про зростання обсягів переробки рибної сировини, у тому числі в сегменті готових харчових продуктів та консервів, попри загальну нестабільність економічної ситуації та зниження рівня споживання риби в перерахунку на душу населення порівняно з рекомендаціями FAO та ВООЗ [21]. В структурі експорту України значну частку становлять рибні філе, інші види обробленого рибного м'яса та готові чи консервовані рибні вироби, що опосередковано відображає зацікавленість виробників у продуктах із доданою вартістю [22]. На внутрішньому ринку виявлено відносно невисоку частку рибних паст і паштетів у загальному асортименті кулінарних виробів з риби (приблизно 5 %), однак дослідження споживчих переваг показують готовність споживачів позитивно сприймати нові види рибних продуктів, особливо з підвищеною харчовою цінністю та покращеними сенсорними властивостями [22].

В українських публікаціях останніх років активно досліджуються можливості оптимізації рецептур рибних паштетів і паст через використання прісноводної риби, ікри, рослинної сировини, рослинних жирів та спецій з метою поліпшення смаку, аромату, кольору, підвищення вмісту вітаміну Е, каротиноїдів і мікроелементів, а також корекції жирнокислотного складу [23]. У цих роботах підкреслюється, що рибні пастоподібні продукти є зручним об'єктом для конструювання функціональних харчових систем, оскільки гомогенізована структура дозволяє рівномірно розподіляти як рибний білок, так і додаткові біологічно активні компоненти.

Узагальнюючи, можна відзначити, що сучасний стан виробництва рибних пастоподібних продуктів характеризується: по-перше, розширенням класифікаційних груп та асортименту за рахунок різних видів рибної сировини, структуроутворювальних систем і цільових споживчих ніш; по-друге, зміщенням

фокусу у бік високобілкових, дієтичних, дитячих і геродієтичних продуктів із керованою текстурою; по-третє, активним впровадженням науково обґрунтованих підходів до використання гідроколоїдів, білкових гелів і гідролізатів для формування стабільних пастоподібних структур. Саме в цьому контексті розроблення рибного суфле на основі гідрогелів вписується у загальні світові та національні тренди розвитку рибних продуктів із підвищеною біологічною цінністю та оптимізованими споживними властивостями.

1.2 Функціонально-технологічні властивості рибної сировини

Функціонально-технологічні властивості рибної сировини визначають її придатність до перетворення на м'якотекстурні продукти – пасти, суфле, муси, емульсійні гелі – та значною мірою обумовлюються структурною організацією м'язової тканини, співвідношенням білкових фракцій, вмістом і станом ліпідів, а також умовами технологічної обробки [23].

Білки риби розглядають як найголовніший макронутрієнт, що забезпечує широкий спектр функціональних властивостей: розчинність, вологоутримувальну здатність, здатність до гелеутворення, емульгування, піноутворення, зв'язування жиру, плівкоутворення, адгезію та когезію. Саме поєднання цих характеристик робить рибну сировину універсальною базою для створення структурованих харчових систем [24]. У сучасних публікаціях підкреслюється, що функціональні властивості рибних білків тісно пов'язані з їх нативною конформацією, ступенем денатурації, агрегування та взаємодії з іншими біополімерами, а також із режимами механічної, теплової й ферментативної обробки [25-27].

М'язова тканина риби складається переважно з міофібрилярних білків (міозин, актин, тропоміозин та ін.), саркоплазматичних білків (ензими, міоглобін) і стромальних білків сполучної тканини (колаген та інші білки сполучного матриксу). Саме міофібрилярні білки відповідають за гелеутворення та текстуроутворення в подрібнених рибних системах, оскільки за достатньої іонної сили та при термообробці вони здатні розгортатися, асоціюватися й утворювати

тривимірну білкову мережу, що утримує воду та жирові краплі [27]. Сучасні праці з технології сурімі та низькосольових сурімі-гелів чітко демонструють, що якість гелю міофібрилярних білків є найважливішим чинником для одержання стабільної текстури рибних гелевих продуктів, а зниження вмісту кухонної солі ставить складні задачі щодо збереження цих властивостей [28].

Водоутримувальна здатність (ВУЗ) рибної сировини є однією з базових функціонально-технологічних характеристик, що визначає соковитість, вихід, ступінь синерезису та стабільність структури готових виробів. Рибні білкові ізоляти та сурімі-продукти, отримані за м'яких умов екстракції, зазвичай характеризуються високою ВУЗ, здатністю утримувати позаклітинну й зв'язану воду, що особливо важливо для напівтвердих і пастоподібних систем.

Модернізовані технології, такі як ультразвукова обробка, високий тиск, ферментативна модифікація, дозволяють цілеспрямовано впливати на структуру білка, підвищуючи вологозв'язувальну здатність, однорідність гелевої мережі та стійкість до термообробки [29].

Здатність рибних білків до гелеутворення й формування контрольованих текстур лежить в основі технологій сурімі, рибних котлет, фаршевих виробів, гелевих закусок і текстурно модифікованих продуктів для дієтичного та геродієтичного харчування. Механізм гелеутворення міофібрилярних білків передбачає солюбілізацію та часткове розгортання білкових молекул у присутності NaCl, подальшу термоіндуковану денатурацію, утворення нових міжмолекулярних зв'язків і, відповідно, побудову тривимірної мережі. Для низькосольових рибних гелів особливо важливим стає використання підсилювачів гелеутворення – гідроколоїдів, білків рослинного походження, ферментів (трансглютаміназа), які компенсують зниження іонної сили й сприяють формуванню пружно-еластичної структури [30].

Окремим аспектом сучасних досліджень є розроблення м'яких рибних гелів і пастоподібних продуктів для осіб із дисфагією та літніх споживачів. У роботах, присвячених м'яким гелям із білка лосося та рибним гелям, модифікованим харчовими волокнами, підкреслюється, що варіювання концентрації білка, жиру,

гідроколоїдів і ступеня ферментативного гідролізу дозволяє отримувати структури з регульованими показниками жорсткості, клейкості та швидкості розтікання, які відповідають стандартам IDDSI для текстурно модифікованих продуктів [30].

Не менш важливими для рибної сировини є емульгуючі та піноутворювальні властивості. Білки риби, завдяки своїй амфіфільній природі, можуть ефективно адсорбуватися на межі «олія-вода», знижувати міжфазний натяг і стабілізувати дрібнодисперсні емульсії, що використовується при створенні емульсійних гелів, паштетів, соусів і рибних намазок. Останні дослідження, присвячені рибному білку як новому природному емульгатору, показали, що шляхом фізичної, хімічної або ферментативної модифікації (теплова обробка, глікозилювання, частковий гідроліз) можна суттєво підвищити емульгуючу здатність і стабільність емульсій [31].

Піноутворювальні властивості також мають істотне значення для технології суфле й мусів: протеїни, здатні швидко дифундувати на межу «повітря-вода» й формувати еластичні плівки, забезпечують утворення стійкої піни, яка згодом «фіксується» при тепловій обробці; на піноутворення й стабільність піни впливають рН, іонна сила, температура та наявність поверхнево-активних домішок. Для рибних суфле це означає, що правильний підбір ступеня подрібнення, часу збивання та солевого складу дає змогу сформувати дрібнопористу, рівномірну структуру м'якуша [32].

Ліпідний компонент риби, представлений переважно триацилгліцеридами з високою часткою ω -3 ПНЖК, впливає на технологічні властивості опосередковано – через участь у формуванні емульсійної фази, зміну реологічної поведінки та сприйняття текстури. Водночас високий вміст ПНЖК підвищує схильність до окиснення, що може призводити до змін функціональних характеристик білків та погіршення сенсорних властивостей [33]. В багатьох роботах показано, що контроль окиснення дозволяє зберігати або навіть покращувати функціональні властивості рибних білків, у тому числі гелеутворення й емульгування [31-34].

Таким чином, підсумовуючи наведені дані слід зазначити, що функціонально-технологічні властивості рибної сировини формуються на перетині

внутрішніх чинників, зокрема вид, вік, активність ендогенних протеаз, вміст колагену, початковий рН, жирність та зовнішніх технологічних параметрів, таких як подрібнення, соління, заморожування й розморожування, термообробка, застосування ферментів, ультразвуку, високого тиску та гідролоїдів. Для розроблення рибного суфле на основі гідрогелів особливо важливими є: висока розчинність і здатність міофібрилярних білків до гелеутворення, достатня водоутримувальна здатність, керовані емульгуючі та піноутворювальні властивості, а також стабільність структури при низьких концентраціях солі та жиру.

1.3. Гідрогелі як структуроутворювачі в харчових системах

У сучасній науці про харчові системи гідрогелі розглядаються як тривимірні гідрофільні полімерні мережі, здатні зв'язувати значну кількість води (до 90–99 % маси), зберігаючи при цьому цілісну структуру та не розчиняючись у рідкій фазі. Такі системи формуються за рахунок фізичних (водневі зв'язки, гідрофобні взаємодії, іонні містки, асоціація спіралей і клубків) або хімічних (ковалентне зшивання) взаємодій між макромолекулами, що зумовлює їхню унікальну здатність комбінувати твердоподібну механічну поведінку з властивостями високогідратованих середовищ [35].

Гідрогелі класифікують за:

- природою полімеру: полісахаридні, білкові, змішані білково-полісахаридні, синтетичні,
- походженням: натуральні, напівсинтетичні, повністю синтетичні,
- механізмом структуроутворення: фізичні/термореверсивні, іон-індуковані, рН-чутливі, ковалентно зшиті,
- функціональним призначенням: текстуроутворювачі, носії біологічно активних речовин, 3D-друковані структури, матриці для контрольованого вивільнення нутрієнтів.

Для харчових продуктів найбільш актуальними є гідрогелі на основі природних біополімерів, які поєднують біосумісність, харчову безпеку, можливість ферментативної деградації та здатність тонко налаштовувати реологічні й сенсорні властивості продукту [36].

Серед натуральних гідроколоїдів, що широко використовуються для створення харчових гідрогелів, ключове місце посідають альгінат, карагінан, пектин, желатин та крохмальні гелі.

Альгінат – це аніонний полісахарид бурих водоростей, побудований із блоків мануронової та гулууронової кислот. Його здатність до іон-індукованого гелеутворення у присутності двовалентних катіонів, насамперед кальцію, зробила його одним із базових структуроутворювачів у харчових гідрогелях, емульсійних гелях і 3D-друкованих композиціях [36].

Карагінани – сульфатовані галактани з червоних водоростей – утворюють жорсткі або еластичні гелі в присутності іонів калію, кальцію та певних білків, відіграючи роль потужних гелеутворювачів і стабілізаторів емульсій, пін і молочних та м'ясних продуктів [36].

Пектин, представлений переважно у вигляді високо- та низькометоксильованих форм, здатний формувати гелі через механізми цукрово-кислотного гелеутворення (для високометоксильованого пектину) або іон-індукованого гелеутворення за участю кальцію (низькометоксильований пектин), що широко використовують у желейних виробках, фруктових начинках, м'ясних та молочних системах [37].

Желатин, як частково денатурований колаген, формує термореверсивні гелі шляхом самозбирання поліпептидних ланцюгів у потрійні спіралі та їх подальшої асоціації. Він забезпечує характерну еластичну, «пружно-м'яку» текстуру, що є надзвичайно цінною для десертів, м'ясних та рибних суфле [37].

Крохмальні гелі, які утворюються внаслідок желатинізації та ретроградації амілози й амілопектину, відіграють роль як структурного каркаса, так і носія для інших біополімерів, причому модифіковані крохмалі здатні формувати гідрогелі зі

стабільними механічними властивостями та контрольованою в'язкістю, перспективні для пастоподібних та 3D-друкованих продуктів [37].

У сучасних технологіях харчових продуктів зазначені гідролоїди часто застосовуються не ізольовано, а в композиціях із білками, іншими полісахаридами та ліпідами з метою досягнення необхідного поєднання пружності, крихкості, мазкості, водоутримувальної здатності та стабільності при зберіганні [38].

Важливу роль у формуванні текстури харчових гідрогелів відіграють синергетичні системи, де поєднання різних макромолекул забезпечує властивості, недосяжні для окремих компонентів. Класичним прикладом є система альгінат–кальцій, у якій гелеутворення відбувається через формування так званих «egg-box»-структур: іони кальцію координаційно зв'язують послідовності G-блоків сусідніх полімерних ланцюгів, утворюючи періодичні зони зшивання, що визначають механічну міцність та пористість гелю [39]. В оглядах останніх років підкреслюється, що змінюючи співвідношення гідролоїдних блоків, концентрацію кальцію, тип солі та умови внутрішнього або зовнішнього гелеутворення, можна цілеспрямовано регулювати модуль пружності, ступінь синерезису та швидкість вивільнення інкапсульованих речовин, що критично важливо як для структуроутворення в напівтвердих харчових продуктах, так і для систем контрольованого вивільнення біоактивних компонентів [40].

Іншим показовим прикладом є карагінан-білкові системи: взаємодія негативно заряджених сульфатованих ланцюгів карагінану з білками призводить до утворення змішаних гелів, де одночасно реалізуються електростатичні, гідрофобні й асоціативні взаємодії. Встановлено, що додавання карагінану до білкових гелів суттєво підвищує твердість, модуль зсуву, водоутримувальну здатність і термостійкість, що особливо помітно в емульсійних гелях і текстурно модифікованих продуктах для спеціального харчування [41].

Системи желатин-пектин є ще одним прикладом синергетичних гідрогелів, де поєднання термореверсивного білкового гелю з полісахаридною матрицею забезпечує регульовану пружність, липкість, ступінь набухання та контрольоване вивільнення інкапсульованих сполук. Сучасні дослідження показали, що

композитні гелі на основі желатину та пектину можуть слугувати ефективними носіями для антоціанів, забезпечуючи їх захист від деградації та кероване вивільнення в умовах імітованого травлення, що відкриває перспективи для створення функціональних продуктів із антиоксидантними властивостями [42]. Аналогічні композитні гідрогелі, де желатин поєднують із гелланом, крохмалем чи іншими аніонними полісахаридами, демонструють покращену механічну міцність і більш однорідну мікроструктуру завдяки комбінованому внеску водневих, електростатичних та гідрофобних взаємодій, що підтверджено мікроструктурним аналізом і реологічними дослідженнями [43]. Такі синергетичні системи особливо цікаві для проектування м'якотекстурних рибних виробів, де необхідно поєднати делікатну суфлеподібну консистенцію з достатньою структурною стабільністю та мінімальним синерезисом під час термообробки й зберігання.

Механізми гелеутворення в харчових гідрогелях різняться залежно від природи полімеру та умов середовища, однак загалом базуються на формуванні тривимірної мережі із зон зшивання між макромолекулами. Для альгінату та низькометоксильованого пектину характерне іон-індуковане гелеутворення за «egg-box»-моделлю, де двовалентні катіони (Ca^{2+}) виступають як містки між карбоксильними групами сусідніх ланцюгів. При цьому морфологія гелю залежить від режиму дифузії іонів та стехіометрії взаємодії [39]. Для карагінану гелеутворення здійснюється через спіраль-клубковий перехід: при зниженні температури лінійні ланцюги переходять у впорядковані подвійні спіралі, які далі агрегують у тривимірну мережу; присутність іонів K^+ , Ca^{2+} та білків може істотно посилювати цей процес, змінюючи температуру гелеутворення, міцність і крихкість гелю [44]. Желатин утворює гелі шляхом відновлення частини колагеноподібних потрійних спіралей при охолодженні та їх асоціації у просторову мережу; сила гелю визначається концентрацією полімеру, співвідношенням фракцій із різною молекулярною масою, ступенем денатурації та умовами охолодження [45]. Пектинові гелі формуються або через «зшивання» ланцюгів за участю Ca^{2+} (низькометоксильовані пектини), або через гідрофобні взаємодії та водневі зв'язки в присутності високих концентрацій сухих речовин і органічних

кислот (високометоксильовані пектини), що дозволяє тонко керувати жорсткістю, крихкістю та здатністю до утримання води [46].

Для білково-полісахаридних гідрогелів принциповим є поєднання декількох механізмів – термоіндукованої денатурації білка та утворення білкових агрегатів, електростатичного комплексоутворення з аніонними полісахаридами, можливого фазового розшарування або коацервації та подальшої «фіксації» структури при охолодженні чи зміні іонної сили середовища [38].

Узагальнені огляди підкреслюють, що саме кероване поєднання цих механізмів – термореверсивного гелеутворення, іон-індукованого зшивання, рН-чутливих переходів і стимул-сприйнятливих змін структури – відкриває можливості для створення «розумних» харчових гідрогелів із запрограмованою текстурою, стабільністю та поведінкою в травному тракті [47].

Таким чином, гідрогелі на основі натуральних гідроколоїдів і білків, включно з синергетичними системами та композитними полісахаридними гелями, виступають основними структуроутворювачами в сучасних харчових системах. Їхня класифікація за природою полімерів, типом структуроутворення та функціональним призначенням, а також детально вивчені механізми гелеутворення створюють наукове підґрунтя для цілеспрямованого проектування м'якотекстурних продуктів, зокрема рибних суфле на основі гідрогелів, де необхідно досягти поєднання ніжної, однорідної структури, високої водоутримувальної здатності та стабільності при технологічній обробці й зберіганні.

Висновки до розділу 1

1. Аналітичний огляд свідчить, що рибні пастоподібні продукти, зокрема суфле, належать до перспективного сегмента м'якотекстурних виробів, орієнтованих на здорове та спеціалізоване харчування. Зростання попиту на високобілкові та низькожирові продукти визначає актуальність застосування гідрогелів як структуроутворювачів нового покоління.
2. Функціонально-технологічні властивості рибної сировини, зумовлені поведінкою міофібрилярних білків, визначають формування структури суфле.

Зовнішні фактори – рН, іонна сила, тепловий режим, взаємодія з полісахаридами – істотно впливають на якість кінцевого продукту.

3. Встановлено, що натуральні гідролоїди та їх синергетичні комбінації формують контрольовані тривимірні мережі з передбачуваними реологічними та водоутримувальними властивостями. Розуміння механізмів гелеутворення є ключовим для проектування стабільних м'якотекстурних систем.
4. Гідрогелі позитивно впливають на основні показники якості рибних виробів: підвищують вологозв'язуючу здатність, стабілізують піни та емульсії, забезпечують термостійкість і покращують сенсорний профіль. Їх використання дозволяє знижувати синерезис, підвищувати соковитість і забезпечувати однорідну м'яку текстуру.
5. Отже, поєднання рибних білків із гідрогелевими системами є науково обґрунтованою та технологічно перспективною основою для розроблення рибного суфле нового покоління.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма досліджень та схема дослідів

Робота присвячена обґрунтуванню та розробленню технологічних рішень для виробництва рибного суфле з використанням гідрогелевих структуроутворювачів. Поєднання рибної сировини з контрастним амінокислотним і ліпідним профілем, представленої обрізю судака та сома, у комбінації з природними гідрогелевими системами на основі желатину, низькоетерифікованого пектину та альгінату дає підстави висунути узагальнену наукову гіпотезу про можливість цілеспрямованого керування структуроутворенням, вологозв'язувальною здатністю та органолептичними характеристиками рибного суфле без застосування синтетичних модифікаторів.

Відмінності у вмісті міофібрилярних білків і жиру між судаком та сомом формують передумови для різного впливу їх співвідношення на перебіг гомогенізації, стабільність піно-емульсійних систем і механічні властивості готового продукту. Передбачається, що зростання частки сома сприятиме формуванню більш м'якої, кремової структури завдяки збільшенню жирової фази, тоді як домінування судака забезпечуватиме більш щільний, пружний та еластичний каркас за рахунок вищої концентрації білків, здатних до термічного гелеутворення.

Особливу увагу зосереджено на поведінці комбінованих природних гідрогелів, оскільки система «желатин + пектин» здатна формувати термочутливу, високов'язку та рівномірну просторову мережу, що сприяє збереженню однорідності структури суфле та мінімізації синерезису під час охолодження. Пектин у такій системі відіграє роль водоутримувального та стабілізуючого чинника, тоді як желатин визначає еластичність та м'якість текстури. Натомість система «альгінат + пектин» у присутності іонів кальцію має потенціал до

формування більш міцного й пружного гелевого каркаса, що забезпечує підвищену формостійкість, зменшення кулінарних втрат і стабільність структури під час термічної обробки та зберігання. Передбачається, що механізм дії альгінатно-пектинової системи реалізується через формування так званої «ячної коробки», що створює значно жорсткішу та термостабільнішу тривимірну матрицю порівняно з желатиновими гелями.

Для проведення експериментальної частини досліджень була розроблена програма досліджень, яка візуалізована на рисунку рис. 2.1.

Для зручності побудови схеми дослідів були обрані наступні позначення: співвідношення судак:сом: А: 70:30, В: 60:40, С: 50:50. Відповідно до обраних гідрогелів позначення варіантів було наступним: К → контроль (без гідрогелів), G+P → желатин + пектин, Alg+P → альгінат + пектин.

Схема дослідів представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Схема експериментальних досліджень при розробці технології рибного суфле на основі гідрогелів

№ зразка	Позначення зразка	Співвідношення риби судак:сом (фактор А)	Гідрогелева система (фактор В)
1	А-К	70:30	К (без гідрогелю)
2	А-G+P	70:30	Желатин 1,2% + Пектин 0,4%
3	А-Alg+P	70:30	Альгінат 0,7% + Пектин 0,3% + Ca ²⁺
4	В-К	60:40	К (без гідрогелю)
5	В-G+P	60:40	Желатин + Пектин
6	В-Alg+P	60:40	Альгінат + Пектин
7	С-К	50:50	К (без гідрогелю)
8	С-G+P	50:50	Желатин + Пектин
9	С-Alg+P	50:50	Альгінат + Пектин

Рецептури дослідних зразків будуть наведені нижче.

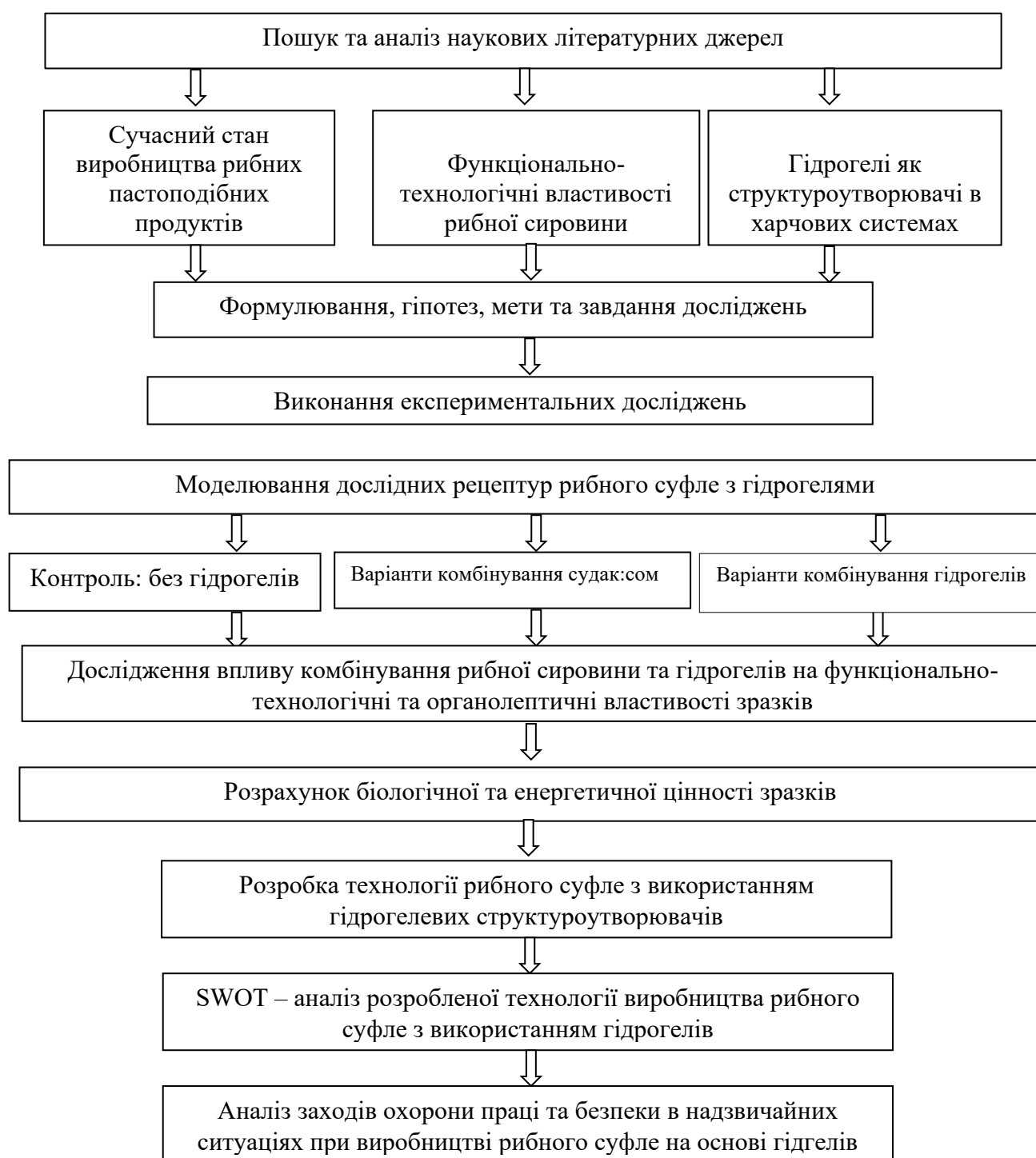


Рис. 2.1. Програма досліджень при розробці технології рибного суфле на основі гідрогелів.

2.2 Об'єкти та матеріали досліджень

Об'єктом дослідження виступають білково-жирові системи рибного суфле, сформовані на основі м'язової тканини судака (*Sander lucioperca*) та сома (*Silurus glanis*), які характеризуються контрастними фізико-хімічними властивостями та різними структуроутворювальними потенціалами. У якості основних матеріалів дослідження обрані стандартизовані гідрогелеві системи – желатину, низькометоксильованого пектину та альгінату, а також питна вода, кухонна сіль, спеції. Хімічний склад рибної сировини для виробництва суфле наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Хімічний склад м'яса судака (*Sander lucioperca*) та сома (*Silurus glanis*)

Показник	Судак (<i>Sander lucioperca</i>)	Сом (<i>Silurus glanis</i>)
Вода, г	79,0-81,5	73,0-76,0
Білки, г	18,0-19,5	16,0-18,0
Жири, г	0,5-1,2	4,5-8,0
Зола, г	1,1-1,3	0,9-1,1
Енергетична цінність, ккал	85-92	120-150
Насичені жирні кислоти, г	0,12-0,25	1,0-1,5
Мононенасичені жирні кислоти, г	0,15-0,35	1,8-3,2
Поліненасичені жирні кислоти, г	0,25-0,40	0,9-1,4
Омега-3, г	0,10-0,18	0,15-0,25
Омега-6, г	0,05-0,12	0,25-0,45
Кальцій, мг	15-22	10-18
Фосфор, мг	180-240	160-210
Калій, мг	280-340	250-310
Натрій, мг	55-70	40-60
Магній, мг	24-30	18-25
Залізо, мг	0,15-0,4	0,4-0,7
Цинк, мг	0,4-0,7	0,5-0,9
Вітамін В1 (тіамін), мг	0,05-0,09	0,08-0,12
Вітамін В2 (рибофлавін), мг	0,04-0,07	0,05-0,08
Вітамін В3 (ніацин), мг	3,0-3,8	2,8-3,5
Вітамін В6, мг	0,15-0,25	0,20-0,32
Вітамін В12, мкг	1,2-1,8	2,0-3,0
Холестерин, мг	50-65	70-95

З наведених в таблиці 2.2 даних видно, що хімічний склад м'яса судака та сома демонструє суттєві відмінності, які визначають їх функціонально-технологічні властивості та сенсорні характеристики і мають важливе значення для розроблення комбінованих рецептур.

Судак належить до пісних видів риби з високою часткою води (79...81,5 %) та відносно низьким вмістом жиру (0,5...1,2 %), що зумовлює його більш щільну, пружну структуру та підвищений вміст солюбілізованих міофібрилярних білків.

Саме білковий компонент (18...19,5 %) визначає здатність судака формувати еластичні й термостійкі гелі. Висока частка лізину, лейцину та треоніну в амінокислотному складі підсилює функціональні властивості білків судака та робить їх більш придатними до формування білково-водних матриць з високою пружністю.

Сом, навпаки, містить значно більше жиру (4,5...8,0 %), що сприяє формуванню м'якшої, кремової консистенції та підвищує енергетичну цінність м'язової тканини. Зниження частки води (73...76 % порівняно із судаком) у поєднанні з більшим вмістом ліпідів визначає нижчу щільність білкової матриці та меншу здатність білків сома до гелеутворення. Ліпідний компонент характеризується підвищеним вмістом мононенасичених та поліненасичених жирних кислот, що підвищує сприйняття соковитості, але зменшує формостійкість структури під час теплової обробки. Амінокислотний профіль сома відрізняється вищими концентраціями аланіну, гліцину та гістидину, що корелює з його м'якшою текстурою та нижчою пружністю м'язових волокон.

Мінеральний склад обох видів має спільні риси, однак судак містить дещо більше фосфору, калію та магнію, що відображає його вищий вміст структурних білків. У сома, натомість, дещо вищий рівень заліза та цинку, що може бути пов'язано з інтенсивнішим кровопостачанням м'язової тканини та специфікою кормової бази.

Отже, судак і сом представляють два контрастні типи рибної сировини: високобілкову, пісну та пружну текстурно активну – у судака, і жирнішу, м'якшу, сенсорно більш делікатну – у сома. Поєднання цих видів у рецептурі дозволяє

збалансувати білково-жирове співвідношення, оптимізувати текстурні властивості та досягти бажаної консистенції продуктів, а використання гідрогелевих систем посилює ефект взаємодії цих компонентів, забезпечуючи стабільність, однорідність та високий рівень органолептичних характеристик.

Рибна сировина, обрана для приготування зразків за вимогами до якості повинна відповідати ДСТУ 2284:2010 Риба жива. Загальні технічні вимоги [48].

Як було зазначено вище, для досліджень були обрані наступні гідрогелеві структуроутворювачі: желатин, пектин, альгінат натрію.

Желатин, пектин і альгінат належать до групи природних біополімерів, які широко застосовуються у харчовій промисловості як гелеутворювачі, стабілізатори, текстуроутворювачі та водоутримувальні агенти.

Желатин є продуктом часткового гідролізу колагену та має полімерний ланцюг, що складається переважно з амінокислот гліцину, проліну та гідроксипроліну. Його структурна формула описується як поліпептид із повторюваними зв'язками $-\text{CONH}-$, а молекулярна маса може коливатися від 20 до 300 кДа. Желатин добре розчиняється у гарячій воді, утворюючи при охолодженні термочутливі, пружні гелі, що плавляться при 25...32 °С. До ключових технологічних властивостей належать: висока гелеутворювальна здатність (Bloom 80...300), утворення еластичних та прозорих гелів, стабілізація піно- та емульсійних систем, здатність зв'язувати вологу та формувати білково-водні матриці у продуктах з м'якою текстурою. У харчовій промисловості желатин дозволений до використання як харчова добавка E441 і застосовується у виробництві желе, м'ясних продуктів, десертів, рибних суфле та функціональних білкових систем [49].

Пектин є кислотним гетерополісахаридом рослинного походження, основним структурним компонентом клітинних стінок фруктів. Його молекула складається з α -(1→4)-зв'язаних залишків D-галактуронової кислоти, частина з яких етерифікована метоксильними групами – в залежності від ступеня етерифікації пектин поділяють на високо- та низькометоксильований. Узагальнена структурна формула представлена на рисунку 2.2.

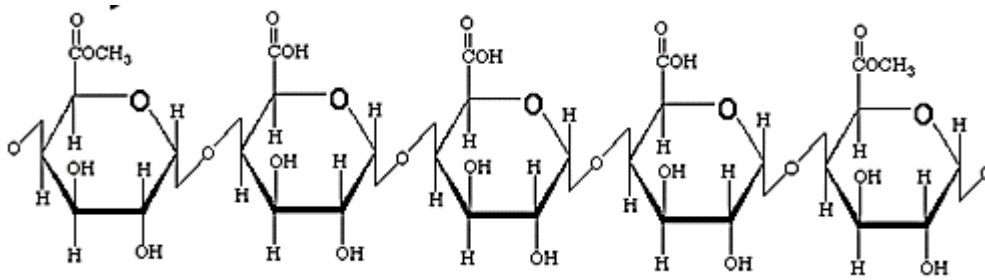


Рис. 2.2. Узагальнена структурна формула пектину.

Пектин добре набухає у воді, утворює в'язкі розчини та формує гелі в присутності цукру і кислоти (для високометоксильованих форм) або в присутності кальцію (для низькометоксильованих форм). Технологічні властивості пектину включають високу вологоутримувальну здатність, здатність до гелеутворення при низьких концентраціях сухих речовин, стабілізацію емульсій і можливість формування структур у білково-полісахаридних системах. Пектин широко дозволений і використовується в харчовій промисловості як добавка E440, входячи до складу десертів, драгледоподібних продуктів, функціональних харчових гелів, фруктових наповнювачів і комбінованих білково-полісахаридних матриць, у тому числі рибних та м'ясних продуктів [49]. У дослідженнях використано низькометоксильований пектин.

Альгінат, або альгінова кислота та її солі, є лінійним полісахаридом бурих водоростей, що складається з залишків β -D-мануронової (M) та α -L-гулурунової (G) кислот. Молекули альгінату здатні утворювати гелі за участю двовалентних катіонів (переважно Ca^{2+}), формуючи міцну тривимірну структуру за механізмом «яєчної коробки». Альгінати проявляють високу в'язкість у водному середовищі, утворюють термостабільні, пружні гелі, відзначаються низькою схильністю до синерезису та здатністю стабілізувати піни й емульсії. Технологічно альгінати застосовують у виробництві мармеладу, ікриних аналогів, желейних та структурованих продуктів, оскільки вони дозволяють моделювати твердість, еластичність і формостійкість систем. Харчові альгінати дозволені до використання як добавки E400–E404 і широко застосовуються в молочній, кондитерській, м'ясній, рибній та дієтичній продукції [49].

Для створення рибного суфле планується використання альгінату натрію. У харчовій промисловості він зареєстрований як добавка Е 401 і вважається чудовим загущувачем, стабілізатором та гелеутворювачем. На відміну від інших загусників, альгінат натрію здатний утворювати міцні, термостабільні гелі у присутності Ca^{2+} . Його хімічна формула $(\text{C}_6\text{H}_7\text{NaO}_6)_n$ (рис. 2.3).

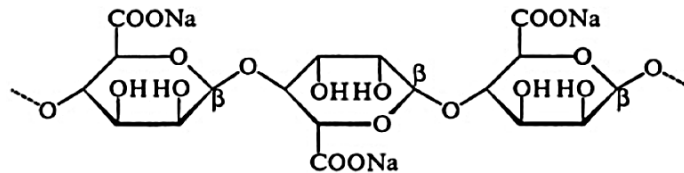


Рис. 2.3. Структурна формула альгінату натрію.

Це порошок білого або кремуватого кольору з мінімальними органолептичними характеристиками (практично без запаху та смаку), який у водних розчинах повільно, але повністю диспергується, утворюючи високов'язкі системи. Вирізняється значною загущувальною активністю та здатністю до кальцій-індукованого гелеутворення. Отримані гелі є термостабільними та демонструють високу в'язкість навіть у низьких концентраціях [49].

Усі три біополімери є безпечними та мають тривалий досвід застосування у харчовій промисловості.

Завдяки відмінностям у хімічній природі та механізмах взаємодії з білками та іонами, желатин, пектин і альгінат натрію забезпечують широкий спектр можливостей для цілеспрямованого формування текстури, стабільності та реологічних властивостей харчових систем, включаючи рибні суфле, муси та комбіновані білково-полісахаридні гелі.

Усі інші допоміжні інгредієнти, передбачені рецептурою, мають відповідати вимогам чинних нормативних документів, зокрема ДСанПН 2.2.4-171-1 [50], ДСТУ 4623:2023 [51], ДСТУ 4492:2017 [52], ДСТУ 3583:2015 [53], ДСТУ 4273:2015 [54], ДСТУ 8719:2017 [55] та іншим стандартам, що регламентують безпечність і якість харчових продуктів в Україні.

2.3 Методика проведення досліджень

Відповідно до наведеної вище схеми дослідів (табл. 2.1) було змодульовано рецептури рибного суфле на основі гідрогелів (табл. 2.3 – 2.5).

Таблиця 2.3

Рецептури зразків групи 70:30 (судак : сом), на 1 кг

Компонент	А-К (контроль)	А-G+P (желатин+пектин)	А-Alg+P (альгінат+пектин)
Обрізь судака, г	476	476	476
Обрізь сома, г	204	204	204
Вода / лід, г	220	200	195 + 5 розчину CaCl ₂ *
Яечний білок, г	40	40	40
Знежирене молоко, г	20	20	20
Олія соняшникова рафінована, г	20	20	20
Сіль кухонна, г	12	12	12
Цукор, г	3	3	3
Лимонний сік, г	5	5	5
Спеції (перець, мускат, зелень), г	2	2	2
Желатин харчовий, г	–	12	–
Пектин низькометоксильований, г	–	4	3
Альгінат натрію, г	–	–	7
CaCl ₂ (у перерахунку на суху сіль), г	–	–	0,5 (≈ 5 10% розчину)
Разом, г	1000	1000	1000

* 5 г 10%-го розчину CaCl₂ входять до загальної кількості доданої води

Таблиця 2.4

Рецептури зразків групи 60:40 (судак : сом), на 1 кг

Компонент	В-К (контроль)	В-G+P (желатин+пектин)	В-Alg+P (альгінат+пектин)
Обрізь судака, г	408	408	408
Обрізь сома, г	272	272	272
Вода / лід, г	220	200	195 + 5 розчину CaCl ₂
Яечний білок, г	40	40	40
Знежирене молоко, г	20	20	20
Олія соняшникова рафінована, г	20	20	20
Сіль кухонна, г	12	12	12
Цукор, г	3	3	3
Лимонний сік, г	5	5	5
Спеції (перець, мускат, зелень), г	2	2	2
Желатин харчовий, г	–	12	–
Пектин низькометоксильований, г	–	4	3
Альгінат натрію, г	–	–	7
CaCl ₂ (суха речовина), г	–	–	0,5 (≈ 5 10% розчину)
Разом, г	1000	1000	1000

Таблиця 2.5

Рецептури зразків групи 50:50 (судак : сом), на 1 кг

Компонент	С-К (контроль)	С-G+P (желатин+пектин)	С-Alg+P (альгінат+пектин)
Обрізь судака, г	340	340	340
Обрізь сома, г	340	340	340
Вода / лід, г	220	200	195 + 5 розчину CaCl ₂
Ячний білок, г	40	40	40
Знежирене молоко, г	20	20	20
Олія соняшникова рафінована, г	20	20	20
Сіль кухонна, г	12	12	12
Цукор, г	3	3	3
Лимонний сік, г	5	5	5
Спеції (перець, мускат, зелень), г	2	2	2
Желатин харчовий, г	–	12	–
Пектин низькометоксильований, г	–	4	3
Альгінат натрію, г	–	–	7
CaCl ₂ (суха речовина), г	–	–	0,5 (≈ 5 10% розчину)
Разом, г	1000	1000	1000

Схему дослідів побудовано за принципом повного факторного експерименту з двома основними факторами (табл. 2.1). Як фактор А було обрано співвідношення рибної сировини, а саме частку обрізі судака та сома у загальній масі білкового компоненту. Розглядали три рівні фактору А: А₁ – 70:30 (судак : сом), А₂ – 60:40 (судак : сом), А₃ – 50:50 (судак : сом). Такі діапазони фактору дозволяють оцінити вплив частки більш жирної сировини (сома) на формування структури і зокрема на взаємодію з гідрогелевими системами.

Фактором В було обрано тип гідро гелевої системи, що вводиться до складу рибного суфле. Передбачено три рівні фактору В: В₀ – контроль без введення гідрогелів (структура формується лише за рахунок білків рибної сировини, яєчного білка та часткового впливу термообробки), В₁ – комбінована система желатину з низькометоксильованим пектином (желатин 1,2 % та пектин 0,4 % до маси фаршу), В₂ – система альгінат натрію – пектин у присутності іонів кальцію (альгінат 0,7 %, пектин 0,3 %, CaCl₂ у кількості близько 0,05 % до маси). Отже, повний факторний

експеримент 3×3 , що передбачає дев'ять дослідних зразків суфле, які відрізняються одночасно видом білкової основи та природою гідрогелевої матриці.

Процес виготовлення зразків передбачав стандартну для м'яко текстурних рибних виробів послідовність операцій: підготовку сировини, подрібнення, приготування фаршу, введення функціональних інгредієнтів, формування піногелевої структури та термічну обробку.

Обрізь судака та сома очищували від залишків кісток і шкіри, промивали, обсушували та подрібнювали на м'ясорубці з діаметром отворів решітки 3...5 мм. Частину охолодженої води, передбаченої рецептурою, використовували для попереднього гідратаційного набрякання гідроколоїдів: желатин замочували у холодній воді до повного набрякання, пектин диспергували у частині теплої води, альгінат розчиняли при інтенсивному перемішуванні, а CaCl_2 вносили у вигляді 10%-го розчину на завершальних етапах змішування для уникнення локального надмірного гелеутворення.

Фарш готували у лабораторному кутері, послідовно вносячи рибну сировину, сіль, частину води, яєчний білок, знежирене молоко, олію, цукор, лимонний сік і спеції.

Гідрогелеві системи вводили на стадії, коли фарш уже мав однорідну консистенцію, після чого здійснювали додаткове збивання до утворення стійкої пінної структури з дрібнодисперсними бульбашками повітря. Для зразків із альгінатно-пектиною системою розчин CaCl_2 вносили в кінці, короткочасно перемішуючи, щоб забезпечити рівномірний розподіл іонів кальцію без передчасного локального гелеутворення. Отриману масу розливали у форми, заповнюючи їх на 80...90 % об'єму, і піддавали термічній обробці в пароконвектоматі при температурі 90...95 °C до досягнення всередині виробу температури 72...74 °C. Після теплової обробки зразки охолоджували до кімнатної температури, витримували в холодильнику (4 ± 2 °C) не менше 12...24 годин для стабілізації структури, після чого проводили контрольні оцінювання.

Оцінювання якості рибних суфле здійснювали за групою фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників. До фізико-хімічних

показників відносили вміст вологи, масову частку білка й жиру, величину рН, водозв'язувальну здатність і кулінарні втрати. Вологозв'язувальна здатність визначалась у суфле перед термічною обробкою. Кулінарні втрати визначали за зменшенням маси виробів після термічної обробки відносно сирової маси. Додатково визначали піноутворювальну здатність і стабільність піни шляхом вимірювання початкового об'єму збитої маси та його зміни після витримки, а також емульсійно-структурну стабільність за показниками виділення вільної фази.

Піноутворювальна здатність (ПУЗ) характеризує на скільки відсотків збільшується об'єм продукту після збивання, визначається за формулою:

$$\text{ПУЗ} = \frac{V_{\text{піни}}}{V_{\text{початкової рідкої маси}}} \cdot 100\%$$

Стабільність піни характеризує здатність піни утримувати об'єм у часі без осідання та виділення рідини. Експериментальний час залежно від методики коливається від 5 до 30 хв. Розрахунок виконується за формулою:

$$\text{СП} = \frac{V_{\text{піни через } t \text{ хвилин}}}{V_{\text{піни одразу після збивання}}} \cdot 100\%$$

Емульсійно-структурна стабільність (ЕСС) характеризує відсоток виділеної вільної рідкої фази. Цей показник розраховують за формулою:

$$\text{ЕСС} = \frac{m_{\text{вільної фази}}}{m_{\text{зразка}}} \cdot 100\%$$

Чим менше відсоток виділеної вільної рідкої фази, тим краща емульсійно-структурна стабільність (ЕСС).

Органолептичну оцінку здійснювала дегустаційна комісія у складі 10...12 фахівців за 5 – бальною шкалою з урахуванням зовнішнього вигляду, кольору, запаху, смаку, соковитості, однорідності та ніжності консистенції, а також загальної прийнятності. Для мінімізації упередженості дегустацію проводили у стандартизованих умовах, використовуючи заковані зразки та випадкову послідовність їх подачі.

Всі дослідження проводили за стандартними методиками [56].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ УЗАГАЛЬНЕННЯ

3.1 Дослідження фізико-хімічних показників рибного суфле

Фізико-хімічні показники є найважливішими критеріями, що визначають якість, стабільність і структурно-механічні властивості рибних пастоподібних продуктів, зокрема суфле, у яких формування однорідної, ніжної та водостійкої текстури безпосередньо залежить від складу рибної сировини та функціонально-технологічного потенціалу гідроколоїдів.

Порівняння результатів трьох груп суфле показує, що зміна співвідношення судака і сома, а також введення різних гідрогелевих систем зумовлює чітко виражені зрушення у гідратаційних, білкових, ліпідних та кислотно-лужних характеристиках продукту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Результати визначень фізико-хімічних показників рибного суфле

Група / Варіант	Вологість, %	Білок, %	Жир, %	pH
А – 476 г судака : 204 г сома				
А-К (контроль)	74,5 ± 0,4	16,8 ± 0,2	5,3 ± 0,2	6.45 ± 0.03
А-G+P	73,5 ± 0,4	16,2 ± 0,2	5,2 ± 0,2	6.40 ± 0.03
А-Alg+P	72,5 ± 0,5	16,0 ± 0,2	5,0 ± 0,2	6.35 ± 0.03
В – 408 г судака : 272 г сома				
В-К (контроль)	74.0 ± 0.4	16.3 ± 0.2	6.1 ± 0.3	6.50 ± 0.03
В-G+P	73.0 ± 0.4	16.0 ± 0.2	6.0 ± 0.3	6.45 ± 0.03
В-Alg+P	72.0 ± 0.5	15.8 ± 0.2	5.7 ± 0.3	6.40 ± 0.03
С – 340 г судака : 340 г сома				
С-К (контроль)	73.5 ± 0.4	16.5 ± 0.2	5.6 ± 0.2	6.46 ± 0.03
С-G+P	72.5 ± 0.4	16.1 ± 0.2	5.4 ± 0.2	6.42 ± 0.03
С-Alg+P	71.5 ± 0.5	15.8 ± 0.2	5.3 ± 0.2	6.38 ± 0.03

Загальна закономірність для всіх груп полягає в тому, що додавання гідроколоїдів призводить до зниження вмісту вологи та відповідного підвищення частки сухих речовин, що пов'язано з вологозв'язувальними властивостями желатину, пектину та альгінату, а також із їх здатністю формувати тривимірні гелеві каркаси, які утримують воду у зв'язаному, а не у вільному стані. Найбільше зневоднюваний ефект характерний для альгінатних систем, що пояснюється іонно-індукованим гелеутворенням у присутності Ca^{2+} , яке забезпечує високу густину полімерної сітки та обмежує рухливість води.

Зниження відносної масової частки білка у зразках з гідрогелями зумовлене не руйнуванням білкової структури, а заміщенням частини білкової сировини на полісахаридні компоненти, що знижує концентрацію білка в перерахунку на 100 г продукту. Водночас білково-полісахаридні взаємодії можуть сприяти стабілізації структури, особливо у системах на основі желатину та пектину, де відбувається формування м'якших, пластичних гелів завдяки комбінованому впливу термочутливого білкового каркаса та високо гідрофільних пектинових ланцюгів.

Характер розподілу жиру між варіантами узгоджується з часткою сома в рецептурах: у групах із більшою кількістю сомової сировини спостерігається підвищення ліпідної фракції, тоді як у зразках з гідроколоїдами цей показник зменшується внаслідок збільшення маси гелеутворювальних компонентів та часткової утримувальної дії полісахаридів. Для альгінатних зразків характерна дещо більша стабілізація жироводної емульсії, що пов'язано з високою в'язкістю альгінатних розчинів та формуванням міцних іонних гелів.

Зміни кислотно-лужної рівноваги між варіантами незначні, але систематичні. Зразки з гідроколоїдами демонструють тенденцію до зниження рН, що обумовлено наявністю карбоксильних груп у пектині та альгінаті, а також участю CaCl_2 у варіантах з альгінатом, який сприяє частковому вивільненню протонів у середовищі. У результаті формується слабо кисла реакція, що може позитивно впливати на органолептичні характеристики та мікробіологічну стабільність.

Порівняння трьох груп демонструє, що рецептури з підвищеною часткою сома характеризуються вищими значеннями жиру та помітнішою пластичністю

систем, тоді як варіанти з домінуванням судака мають більш щільну білкову матрицю та вищу здатність до структуроутворення. Гідрогелі модифікують ці властивості у прогнозований спосіб: желатин і пектин забезпечують еластичну, стабільну, але відносно м'яку структуру, тоді як альгінат з кальцієм формує жорсткішу, водостійку та щільнішу гелеву матрицю.

Таким чином, отримані результати демонструють чіткі та технологічно важливі закономірності впливу як складу рибної сировини, так і типу гідрогелевої системи на гідратаційні, структурні й кислотно-лужні властивості рибного суфле, що створює основу для подальшої оптимізації рецептур та текстурних характеристик продукту.

3.2 Дослідження технологічних характеристик рибного суфле

Структура рибного суфле формується внаслідок складних фізико-хімічних процесів, що охоплюють гелеутворення білків, утримання вологи, стабілізацію піни та емульсійної фази. Тому визначення вологозв'язувальної здатності, кулінарних втрат, піноутворювальної здатності й стабільності піни, а також емульсійно-структурної стійкості є дуже важливими для оцінки функціонального стану білково-полісахаридної матриці.

Значення вологозв'язувальної здатності (ВЗЗ) дослідних зразків рибного суфле візуалізовані на рисунку 3.1.

Отримані дані свідчать про чітко виражений вплив як рецептурного складу рибної сировини, так і типу гідрогелевої системи на здатність білково-полісахаридної матриці утримувати вологу під час теплової обробки. У контрольних зразках всіх груп спостерігається найнижча ВЗЗ, що узгоджується з природними властивостями білків рибного м'яса, які формують порівняно слабку вологозв'язувальну структуру у відсутності додаткових стабілізаторів.

Різниця між групами А, В і С демонструє, що підвищення частки сома, який містить більше жиру та має менш густу білкову структуру, закономірно знижує

здатність системи зв'язувати вологу, що проявляється поступовим зменшенням ВЗЗ від групи А до групи С.

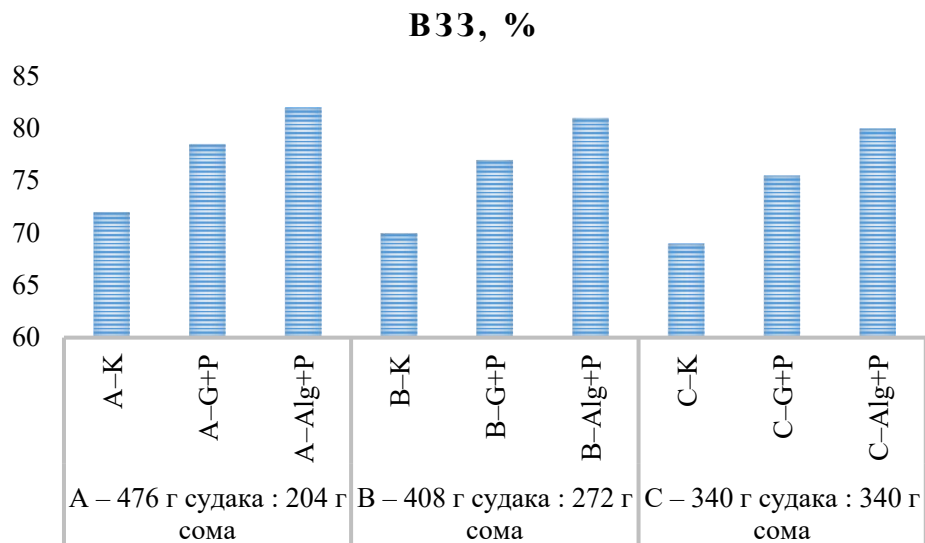


Рис. 3.1. Вологозв'язувальна здатність у дослідних зразках рибного суфле.

Додавання желатину та пектину приводить до суттєвого покращення ВЗЗ, що обумовлено двома механізмами: по-перше, желатин утворює термочутливий білковий каркас, який стабілізує вологу у вигляді гелю; по-друге, пектин, як високомолекулярний гідрофільний полісахарид, здатний утримувати значні об'єми води в аморфній структурі, зменшуючи втрати вологи при нагріванні. В результаті формується пластична, однорідна матриця з підвищеною здатністю утримувати власний сік.

Найбільш виражений ефект спостерігається у зразках, модифікованих системою альгінат + Ca^{2+} . Ця група демонструє найвищу ВЗЗ серед усіх варіантів, що є прямим наслідком утворення щільного, іонно-зшитого гелювого каркаса за механізмом «ячної коробки», характерним для альгінату. Така структура суттєво обмежує міграцію вологи та знижує кулінарні втрати, забезпечуючи високу стабільність продукту після термообробки. Важливо, що цей ефект спостерігається незалежно від співвідношення судака та сома, хоча абсолютні значення ВЗЗ між групами зберігають загальну тенденцію: продукти з більшою часткою пісної риби (група А) утримують дещо більше води, ніж варіанти з еквівалентною або підвищеною часткою сома (групи В і С).

Таким чином, аналіз отриманих даних підтверджує, що гідроколоїди є ефективними модифікаторами вологоутримувальних властивостей рибного суфле, при цьому альгінат кальцію забезпечує найпотужніший стабілізуючий ефект, тоді як комбінація желатину та пектину формує більш м'яку, але водостійку структуру.

Оскільки вологозв'язувальна здатність безпосередньо визначає кількість рідини, що переходить у вільний стан під час теплової обробки, наступним етапом було дослідження кулінарних втрат як інтегрального показника стабільності рибної матриці. Величина кулінарних втрат (% до початкової маси) дослідних зразків рибного суфле наведена на рисунку 3.3.



Рис. 3.2. Відсоток втрат рибного суфле під час кулінарної обробки.

Отримані дані показують закономірне зниження кулінарних втрат у зразках, модифікованих гідроколоїдами, що узгоджується з результатами оцінювання вологозв'язувальної здатності.

У контрольних варіантах, незалежно від співвідношення судака і сома, кулінарні втрати залишаються найбільшими, що свідчить про недостатню стабільність природної рибної білкової матриці. Відсутність додаткових гелеутворювальних агентів призводить до інтенсивного виділення бульйонно-

жирової фракції під час теплової обробки, що є характерною ознакою низької термостійкості білкових структур.

Додавання желатину та пектину значно покращує здатність системи зберігати масу, оскільки ці гідрогелі формують комбінований білково-полісахаридний каркас, який утримує воду та розчинені компоненти у зв'язаному стані. Такий каркас частково компенсує відмінності між групами, зумовлені різними пропорціями судака і сома, і забезпечує суттєве зниження втрат при тепловій обробці. Для цієї групи характерна пластична, проте достатньо стабільна структура, що обмежує міграцію вологи та жиру.

Найменші кулінарні втрати демонструють зразки з альгінатом і кальцієм. Такий ефект є прямим наслідком утворення щільного іонного гелю, який зберігає форму та не дозволяє рідкій фракції відокремлюватися навіть при тривалому нагріванні. Висока структурна щільність альгінатного каркаса пояснює його найвищу ефективність у мінімізації масових втрат, що робить ці системи перспективними для технологій, де вимагається висока стабільність вологовмісту.

Загалом кулінарні втрати зростають при збільшенні частки сома, що пов'язано з вищим вмістом жиру та меншою структурною щільністю його білкових фракцій. Проте застосування гідроколоїдів дозволяє значно нівелювати цей ефект і забезпечити стабільну якість продукту незалежно від вихідного співвідношення видів риби.

Порівняння двох функціонально взаємопов'язаних показників – вологозв'язувальної здатності та кулінарних втрат – дозволяє комплексно оцінити вплив рецептурних чинників та гідрогелевих систем на стабільність білково-полісахаридної структури рибного суфле. Аналіз отриманих даних демонструє чітко виражену обернену залежність між цими параметрами: підвищення ВЗЗ системи закономірно призводить до зменшення кулінарних втрат, що узгоджується з теоретичними моделями поведінки гелів під впливом температури.

Наступними найважливішими технологічними показниками є піноутворювальна здатність, стабільність піни та емульсійно-структурна стабільність за показниками виділення вільної фази (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Піноутворювальна здатність, стабільність піни та емульсійно-структурна стабільність рибного суфле

Група / Варіант	Піноутворювальна здатність, %	Стабільність піни, %	Емульсійно- структурна стабільність, % вільної фази
А – 476 г судака : 204 г сома			
А–К	150,1 ± 4,2	74,3 ± 3,1	11,3 ± 1,1
А–G+P	170,3 ± 5,1	86,1 ± 3,1	6,1 ± 1,1
А–Alg+P	155,4 ± 4,2	92,2 ± 2,2	3,2 ± 1,1
В – 408 г судака : 272 г сома			
В–К	140,2 ± 5,1	69,4 ± 4,1	14,2 ± 2,1
В–G+P	162,2 ± 5,2	83,1 ± 3,3	7,1 ± 1,2
В–Alg+P	150,2 ± 4,2	89,2 ± 3,1	4,3 ± 1,1
С – 340 г судака : 340 г сома			
С–К	132,3 ± 5,1	64,1 ± 4,2	16,1 ± 2,1
С–G+P	158,2 ± 5,2	81,2 ± 3,3	8,3 ± 1,4
С–Alg+P	146,1 ± 4,1	87,2 ± 3,2	5,2 ± 1,3

Отримані результати свідчать про виражений і статистично обґрунтований вплив як рецептурного співвідношення рибної сировини, так і типу гідрогелевої системи на формування піноутворювальних та емульсійно-структурних характеристик рибного суфле. Зміна пропорції судака і сома визначає базові властивості білково-жирової матриці, тоді як гідроколоїди модулюють її функціональний стан, підсилюючи або компенсуючи природні структурні обмеження сировини.

У групі А (70:30), де переважає судак, контрольний зразок демонструє найвищі вихідні показники піноутворювальної здатності та стабільності піни. Це пов'язано з підвищеним вмістом міофібрилярних білків судака, здатних формувати міцну білкову плівку на межі повітря-вода, що є основним фактором аерації. Додавання желатину й пектину у цій групі забезпечує максимальне зростання початкового об'єму піни завдяки поєднанню білкової поверхневої активності та підвищеної в'язкості середовища. Водночас альгінатно-кальцієва система

забезпечує найвищу довготривалу стабільність піни та мінімальне виділення вільної фази, що пояснюється утворенням щільної іонно-зшитої сітки.

У групі В (60:40) природна піностійкість знижується через збільшення частки сома, який містить більше жиру та має вищу схильність до дестабілізації міжфазних білкових плівок. Проте саме в цій групі ефект гідрогелів стає більш вираженим: желатин + пектин суттєво підвищують як піноутворення, так і її стабільність, компенсуючи негативний вплив жирів. Альгінат + Ca^{2+} демонструє значну ефективність у стабілізації структури, знижуючи виділення вільної фази до рівня, подібного до групи А, що підтверджує високу здатність альгіанату зміцнювати білкову й емульсійну матрицю навіть за менш сприятливого амінокислотного та жирового профілю.

У групі С (50:50) контрольний зразок має найнижчі значення всіх досліджуваних характеристик: об'єм піни, її стабільність і емульсійна стійкість зменшуються через високу частку жиру і менш стабільну білкову систему сома. У таких умовах відчутно проявляється коригувальна дія гідрогелів: желатиново-пектинова система значно підвищує піноутворювальну здатність, тоді як альгінат, пектин та Ca^{2+} забезпечує максимальний стабілізуючий ефект, різко знижуючи синерезис і виділення вільної фази. Саме в групі С ефективність гідрогелів є найбільшою, що свідчить про їх здатність компенсувати структурну слабкість білково-жирової системи при підвищеній частці сома.

Загалом, результати демонструють чітку закономірність: фактор А визначає початкові властивості системи (чим більше судака – тим вище піноутворення і стабільність); фактор В визначає ступінь корекції цих властивостей (чим слабша модель, тим сильніше проявляється ефект гідрогелів).

Желатин + пектин найефективніше підвищують піноутворення за рахунок оптимального поєднання в'язкості і білкового зміцнення плівки, тоді як альгінат + пектин в присутності Ca^{2+} забезпечує максимальну стабільність піно- та емульсійних структур, мінімізуючи виділення вільної фази. Це свідчить про різні механізми дії гідроколоїдів: білково-полісахаридна система створює «м'яку»

структуру з високою аераційною здатністю, тоді як іонно-зшитий альгінат формує більш жорстку матрицю, що ефективно перешкоджає розшаруванню.

3.3 Дослідження органолептичних властивостей рибного суфле

Отримані результати органолептичного оцінювання демонструють чіткий позитивний вплив гідроколоїдів на якість рибного суфле, що проявляється у покращенні зовнішнього вигляду, структури, смакових характеристик та стабільності кольору (табл. 3.3.).

Таблиця 3.3

Результати оцінки органолептичних характеристик рибного суфле, бали

Група / Варіант	Вигляд	Консистенція	Смак	Аромат	Колір	Середня оцінка
А – 476 г судака : 204 г сома						
А–К (контроль)	3,8	3,5	3,7	4,0	3,9	3,8
А–G+P	4,5	4,7	4,6	4,6	4,5	4,6
А–Alg+P	4,7	4,8	4,3	4,4	4,6	4,6
В – 408 г судака : 272 г сома						
В–К	3,5	3,3	3,5	3,8	3,6	3,5
В–G+P	4,4	4,6	4,5	4,5	4,4	4,5
В–Alg+P	4,6	4,7	4,2	4,3	4,5	4,5
С – 340 г судака : 340 г сома						
С–К	3,2	3,0	3,3	3,6	3,5	3,3
С–G+P	4,3	4,5	4,4	4,4	4,3	4,4
С–Alg+P	4,5	4,7	4,1	4,2	4,4	4,4

У контрольних варіантах усіх трьох груп відзначаються суттєві недоліки, пов'язані насамперед із недостатнім структуроутворенням білкової матриці, що призводить до нерівномірної консистенції, незначного синерезису та зниження формостійкості. Ці ефекти особливо виражені у зразках із вищою часткою сома, що узгоджується зі специфікою хімічного складу цієї риби – більшою жирністю та меншою здатністю до формування щільного білкового гелю.

Модифікація рецептур желатином і пектином значно покращує сенсорні властивості суфле. Компонент желатину забезпечує еластичність і м'якість, які є бажаними для суфлеподібних продуктів, тоді як пектин посилює стабільність структури, запобігаючи виділенню рідини. У результаті формується однорідна, ніжна та збалансована текстура, що високо оцінюється дегустаторами. Смакові характеристики таких зразків стають більш гармонійними завдяки оптимальному поєднанню білково-жирової основи та гідрофільних полісахаридів, які частково утримують леткі ароматичні компоненти, сприяючи чистоті аромату.

У зразках із альгінатом і кальцієм сенсорний профіль має інший характер. Ця система формує найбільш щільну та структурно стабільну матрицю, що забезпечує високі оцінки за зовнішнім виглядом і формостійкістю. Водночас надмірна пружність, властива альгінатним гелям, частково знижує відчуття соковитості та м'якості, що відображається у трохи нижчих смакових оцінках порівняно з желатиново-пектиновими варіантами. Такий результат підтверджує, що альгінатно-кальцієві структури є ефективними стабілізаторами, але не завжди оптимальними для створення ніжної суфлеподібної текстури.

Порівняння між групами А, В та С показує, що загальний рівень органолептичних характеристик знижується при збільшенні частки сома у рецептурі. Це стосується передусім контролю, у якому відсутні інгредієнти, здатні компенсувати природні відмінності між рибними видами. Проте використання гідрогелів значною мірою нівелює ці відмінності: навіть у групі С, де частка жирної сировини є найбільшою, модифіковані зразки демонструють стабільно високі сенсорні оцінки.

Узагальнюючи, можна зазначити, що обидві гідрогелеві системи суттєво підвищують органолептичну оцінку рибного суфле, але впливають на неї різними механізмами. Желатин і пектин забезпечують оптимальний баланс ніжності, еластичності та соковитості, тоді як альгінат із кальцієм формує найбільш виражену структурну стабільність та естетичний вигляд продукту. Це свідчить про можливість цілеспрямованого керування сенсорними властивостями рибного

суфле шляхом добору типу гідрогелю залежно від бажаного профілю текстури та сприйняття споживачем.

3.4 Визначення біологічної та енергетичної цінності рибного суфле

Оцінювання біологічної та енергетичної цінності є важливим етапом комплексної характеристики рибного суфле, оскільки дає змогу визначити його харчову повноцінність, амінокислотний баланс та внесок у добове енергозабезпечення споживача.

Біологічна цінність білку відображає ступінь відповідності амінокислотного складу продукту потребам організму й визначається співвідношенням незамінних амінокислот, зокрема методом амінокислотного скору.

Енергетична цінність, у свою чергу, залежить від вмісту основних макронутрієнтів – білків, жирів і вуглеводів (табл. 2.2).

Енергетичну цінність зразків рибного суфле визначали за формулою:

$$EЦ_x = 4 \cdot \sum \text{білків} + 9 \cdot \sum \text{жирів} + 4 \sum \text{вуглеводів}$$

Результати визначень представлені в на рисунку 3.3.

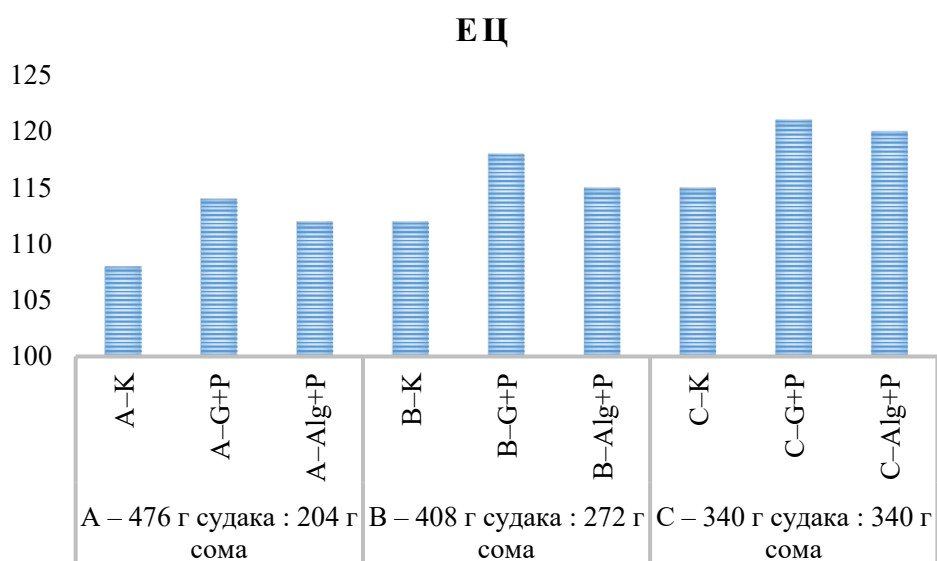


Рис. 3.3. Енергетична цінність зразків рибного суфле.

Енергетична цінність дослідних зразків рибного суфле змінювалася в межах 108...121 ккал/100 г та визначалася як співвідношенням рибної сировини, так і типом застосованої гідрогелевої системи.

Контрольні зразки характеризувалися найнижчою калорійністю: для групи А (70:30 судак:сом) вона становила близько 108 ккал/100 г, для групи В (60:40) – 112 ккал/100 г, а для групи С (50:50) – 115 ккал/100 г, що відображає зростання частки більш жирної риби (сома).

Використання гідрогелевих систем сприяло підвищенню енергетичної цінності на 4...6 ккал/100 г порівняно з контролем. Найбільше зростання спостерігалось у зразках із системою «желатин + пектин», де калорійність досягала приблизно 114 ккал/100 г у групі А, 118 ккал/100 г у групі В та 121 ккал/100 г у групі С. Це пояснюється внеском желатину як білкового компонента та зменшенням втрат сухих речовин і жиру під час теплової обробки.

Зразки з системою «альгінат + пектин» також мали вищу енергетичну цінність, ніж контрольні, однак вона була дещо нижчою або близькою до желатинових аналогів (112...120 ккал/100 г). Така тенденція пов'язана з тим, що альгінат і пектин практично не вносять власної калорійності, а підвищення енергетичної цінності зумовлене переважно ефективним утриманням жирової фази.

Отже, підвищення енергетичної цінності рибного суфле на 8...13 ккал/100 г при переході від групи А до групи С визначається насамперед зростанням частки сома, тоді як застосування гідрогелевих систем додатково коригує калорійність за рахунок зменшення кулінарних втрат і стабілізації структури продукту.

Біологічна цінність білка рибного суфле оцінювалася за амінокислотним скором (АКС) незамінних амінокислот, що дозволяє кількісно охарактеризувати відповідність амінокислотного складу білка фізіологічним потребам людини.

Показник АКС відображає ступінь забезпеченості кожною незамінною амінокислотою відносно еталонного білка та є ключовим критерієм якості білкової складової готового продукту (табл. 3.4). На основі АКС був визначений ІНАК, який і характеризує біологічну цінність білка (рис. 3.4).

Таблиця 3.4

Біологічна цінність білка рибного суфле

Назва незамінної амінокислоти (НАК)	Вміст НАК у еталоні	АКС								
		A-K	A-G+P	A-Alg+P	B-K	B-G+P	B-Alg+P	C-K	C-G+P	C-Alg+P
Лейцин	55	141	136	141	141	136	141	140	135	140
Лізин	51	158	152	158	157	151	157	156	150	156
Мет+Цис	25	163	153	163	162	152	162	161	151	161
Треонін	27	160	155	160	160	154	160	159	154	159
Триптофан	7	163	153	163	162	152	162	161	151	161
Валін	39	137	132	137	136	131	136	136	131	136
Ізолейцин	30	150	143	150	149	143	149	149	142	149
Фен+Тир	38	198	189	198	197	189	197	197	188	197
Гістидин	15	155	149	155	154	139	154	154	129	154

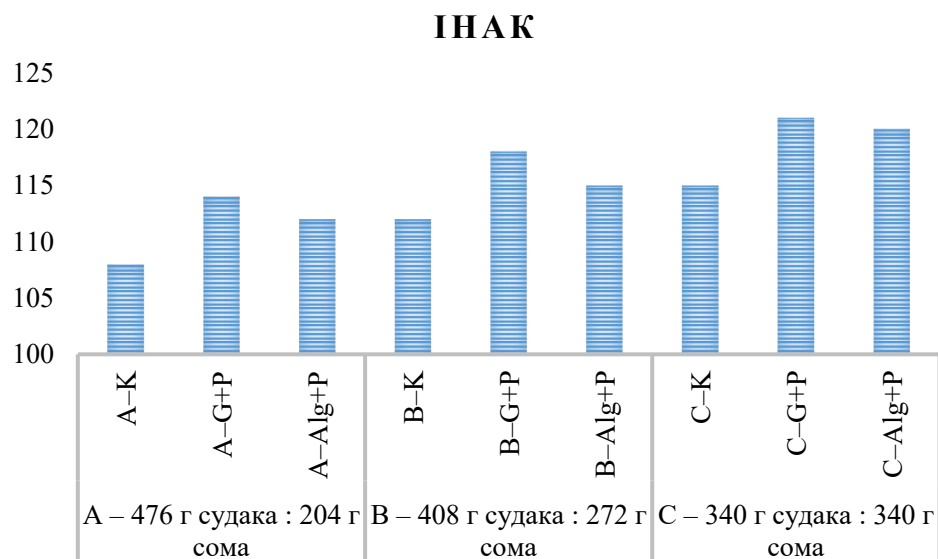


Рис. 3.4. Значення ІНАК дослідних зразків рибного суфле.

Узагальнений аналіз індексу незамінних амінокислот (ІНАК) та амінокислотного скору (АКС) свідчить, що білок усіх дослідних зразків рибного суфле є повноцінним і не має лімітуючих незамінних амінокислот. Значення АКС для всіх НАК стабільно перевищують 100 %, а показники ІНАК підтверджують високий рівень біологічної цінності білка незалежно від співвідношення судака і

сома. Зі зростанням частки сома у рецептурі спостерігається тенденція до підвищення інтегральних показників білкової якості, що зумовлено особливостями амінокислотного профілю його м'язових білків.

Використання гідрогелевих систем, особливо комбінації «желатин + пектин», забезпечує збереження або незначне підвищення значень ІНАК та АКС, що пов'язано з додатковим внеском желатину у загальний амінокислотний склад.

Таким чином, отримані результати підтверджують, що застосування природних гідроколоїдів не погіршує амінокислотну адекватність продукту, а сформоване рибне суфле є джерелом білка з високою біологічною цінністю.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Принципова технологічна схема виготовлення рибного суфле

Технологічний процес виготовлення рибного суфле у виробничих умовах являє собою послідовність взаємопов'язаних операцій, спрямованих на формування стабільної білково-пінної структури та забезпечення високих споживних властивостей готового продукту [58]. Принципову технологічну схему візуалізовано на рисунку 4.1.

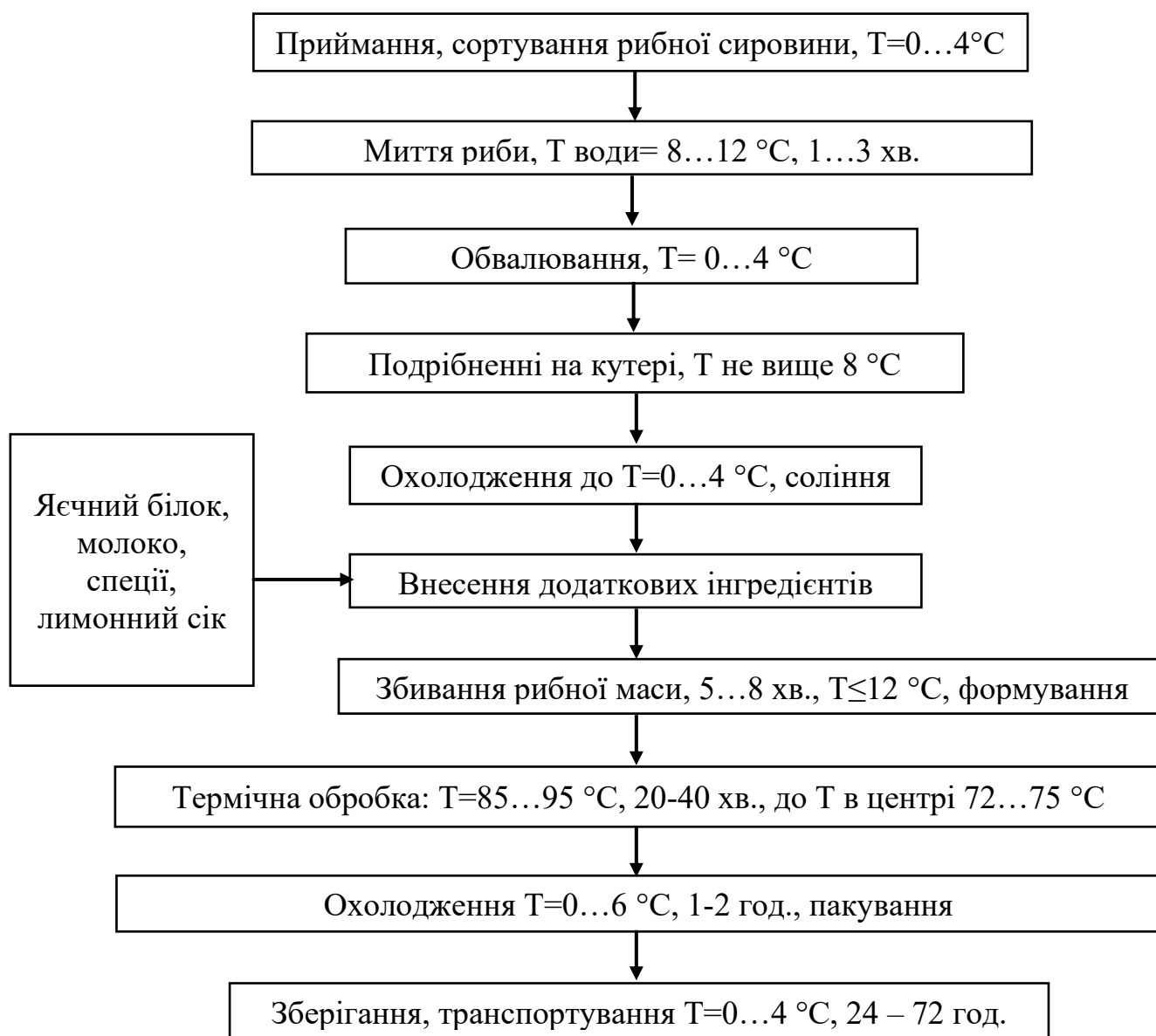


Рис. 4.1. Принципова технологічна схема виробництва рибного суфле.

Виробництво розпочинається з приймання та сортування рибної сировини, під час чого здійснюють інспекцію якості, відбракування та контроль температури сировини на рівні $0...4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після цього рибу промивають у проточній холодній воді ($8...12\text{ }^{\circ}\text{C}$) в мийних ваннах або під душовими установками, забезпечуючи співвідношення риби й води щонайменше 1:2 та видаляючи слиз, кров і сторонні домішки. Далі проводять ручне або механізоване відділення м'язової тканини від кісток і шкіри на столах для обвалювання або через сепараційні системи, контролюючи мінімальний вміст сторонніх включень (не більше 0,1%).

Підготовлену сировину подрібнюють в кутерах, підтримуючи температуру маси нижче $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ для збереження функціональної активності білків. Після короткочасного охолодження ($0...4\text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж $20...30$ хв.) подрібнену масу піддають екстракції міофібрилярних білків шляхом внесення кухонної солі ($1,0...1,5\%$), інтенсивно перемішуючи фарш у кутері або мішалці при температурі не вище $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. На наступному етапі додають допоміжні інгредієнти – яєчний білок, знежирене молоко, спеції та лимонний сік.

Основною операцією є збивання рибної маси, що здійснюється у кутерах, планетарних міксерах або вакуум-кутерах. У процесі аерації, який триває $5...8$ хв при швидкості $1500...3000$ об/хв, відбувається насичення маси повітрям та формування відкритої пінистої структури. Температура маси повинна залишатися в межах не вище $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, що забезпечує оптимальні умови для стабілізації білкових плівок. Збита маса негайно направляється на порціонування, що є технологічно доцільним і дозволяє уникнути повторних механічних навантажень на делікатну структуру. Для цього використовують дозатори та формувальні лотки або індивідуальні формочки, заповнюючи їх на $80...90\%$ об'єму з урахуванням потенційного підйому маси під час теплової обробки.

Термічна обробка здійснюється у пароконвектоматах, парових камерах або водяних банях шляхом повільного нагрівання при температурі $85...95\text{ }^{\circ}\text{C}$ до досягнення внутрішньої температури $72...75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Повільне згортання білкових структур у цьому діапазоні забезпечує характерну ніжну консистенцію суфле та

мінімізацію виділення вільної вологи. По завершенні теплової обробки продукт охолоджують у холодильних камерах або охолоджувальних тунелях при 0...6 °С протягом 1...2 год, що сприяє стабілізації структури та забезпечує мікробіологічну безпеку.

Після охолодження суфле, яке вже має сформовану структуру, за потреби додатково фасують, пакують у лотки або вакуумні пакети й направляють на зберігання при 0...4 °С протягом нормативного строку 24...72 год [58].

4.2 Розроблена технологія виробництва рибного суфле на основі гідрогелів

Розроблена технологія передбачає цілеспрямоване керування структуроутворенням рибної маси за рахунок використання природних гідрогелеутворювальних систем, що дозволяє підвищити вологозв'язувальну здатність, стабільність піни, структурну міцність і формостійкість готового суфле.

На першому етапі проводять підготовку рибної сировини: обрізь судака та сома сортують, промивають, подрібнюють і охолоджують.

Паралельно готують гідроколоїдні системи. Желатин гідратують у холодній воді 20...40 хвилин з подальшим розчиненням у теплій фазі до отримання однорідного гелю. Пектин низькометоксильований попередньо диспергують у частині води та активують у присутності іонів кальцію (за потреби). Альгінат натрію вводять у фарш у сухій формі або попередньо набряклим, при цьому передбачають внесення CaCl_2 для ініціювання іонного гелеутворення.

Подрібнену рибну масу змішують із сіллю для екстракції білків, після чого вносять білкові та допоміжні компоненти (ячний білок, знежирене молоко, спеції, лимонний сік). На цьому етапі додають гідрогелеві системи відповідно до рецептурного варіанта. Масу збивають до аерації, контролюючи температуру на рівні 4...10 °С для запобігання передчасному гелеутворенню.

Формування структури відбувається у два етапи: попереднє структуроутворення гідрогелю та термічна стабілізація білків. У разі використання

альгінату внутрішня структура частково фіксується ще до термообробки, що забезпечує підвищену стабільність піни та запобігає синерезису. Термічну обробку проводять у щадному режимі (85...90 °С), щоб зберегти цілісність гідрогелевої матриці та забезпечити поступове коагулювання білків. Завершальним етапом є охолодження, яке сприяє зміцненню гелевої структури та формуванню однорідної, пружної та вологоутримувальної текстури суфле.

Таким чином, розроблена технологія забезпечує зниження кулінарних втрат, підвищення вологозв'язувальної здатності, покращення піноутворювальної та емульсійно-структурної стабільності, а також формування більш ніжної, пластичної та стійкої структури, що підвищує загальну якість готового продукту та розширює можливості його промислового застосування.

РОЗДІЛ 5

SWOT-АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РИБНОГО СУФЛЕ НА ОСНОВІ ГІДРОГЕЛІВ

Оцінювання ефективності розробленої технології виробництва рибного суфле на основі гідрогелів потребує системного підходу, який враховує не лише технологічні та харчові характеристики продукту, а й внутрішні фактори, що визначають його конкурентоспроможність та стабільність виробничого процесу.

З цією метою у роботі застосовано метод SWOT-аналізу, який дозволяє комплексно узагальнити результати експериментальних досліджень, ідентифікувати сильні та слабкі сторони технології, а також створити підґрунтя для подальшого стратегічного оцінювання можливостей її практичного впровадження.

Основою для аналізу слугували кількісні показники функціонально-технологічних властивостей, харчової та біологічної цінності, а також результати органолептичної оцінки дослідних зразків.

Сильні та слабкі сторони розробленої технології виробництва рибного суфле на основі гідрогелів наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Дослідження сильних та слабких сторін розробленої технології виробництва рибного суфле на основі гідрогелів

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
S1. Підвищена вологозв'язувальна здатність готового продукту при використанні гідрогелевих систем: ВЗЗ зростає з $\approx 68\text{...}70\%$ у контролі до $78\text{...}82\%$ у зразках з желатин-пектиноюю та альгінат-пектиноюю системами, що забезпечує соковитість і стабільність структури.	W1. Підвищена складність рецептури порівняно з контролем: необхідність точного дозування гідроколоїдів (пектин $0,3\text{...}0,4\%$, альгінат $0,7\%$, $\text{CaCl}_2 \approx 0,05\%$) ускладнює технологічний контроль.
S2. Зменшення кулінарних втрат під час теплової обробки: їх рівень знижується з $12\text{...}14\%$ у контрольних зразках до $6\text{...}8\%$ у дослідних, що підвищує вихід готової продукції.	W2. Чутливість структури до порушення режимів: відхилення температури гідратації або аерації може призводити до локальної

	жорсткості або, навпаки, ослаблення гелевої матриці.
S3. Висока емульсійно-структурна стабільність: масова частка вільної фази зменшується з 9...11 % у контролі до 3...5 % у зразках із гідрогелями, що свідчить про ефективне утримання води та жиру.	W3. Необхідність спеціальної підготовки персоналу для роботи з гідрогелями та іонною активацією альгінату кальцієм.
S4. Покращені піноутворювальні властивості: приріст об'єму збитої маси становить 30...40 % у дослідних зразках проти 20...25 % у контролі, а стабільність піни після витримки зростає на 10...15 %.	W4. Вища собівартість у порівнянні з традиційним рибним суфле за рахунок використання желатину, пектину та альгінату.
S5. Висока біологічна цінність білка: амінокислотний скор для всіх НАК перевищує 130...190 %, відсутні лімітуючі амінокислоти незалежно від рецептури.	W5. Обмежений термін зберігання без застосування додаткових методів консервування, зумовлений високою вологістю та білковою природою продукту.
S6. Керована енергетична цінність у діапазоні 108...121 ккал/100 г, що дозволяє позиціювати продукт як дієтичний або функціональний залежно від співвідношення судака та сома.	W6. Певна сенсорна специфічність (більш щільна або гелева текстура) може потребувати адаптації рецептури під окремі споживчі сегменти.
S7. Висока органолептична оцінка: середній бал дегустації 4,6...4,8 для зразків з гідрогелями проти 4,1...4,2 у контролі (ніжність, соковитість, однорідність).	W7. Технологічні ризики при масштабуванні, зокрема необхідність адаптації режимів змішування та теплової обробки для промислових ліній.

Отримані результати аналізу внутрішніх факторів дозволили визначити сильні та слабкі сторони розробленої технології, пов'язані з її технологічними, харчовими та органолептичними характеристиками.

Виявлені сильні сторони мають переважно системний характер і пов'язані з підвищенням якості готового продукту та ефективності використання сировинних ресурсів, що створює передумови для позиціонування технології у сегменті функціональних і дієтичних продуктів. Водночас слабкі сторони зосереджені переважно у площині технологічної реалізації та організації виробництва і не мають критичного характеру. Вони можуть бути компенсовані шляхом стандартизації рецептур, оптимізації режимів процесу та належної підготовки персоналу.

Наступним етапом дослідження стала оцінка зовнішнього середовища (табл. 5.2), спрямована на виявлення сприятливих можливостей і потенційних загроз, що формують ринкову динаміку та визначають перспективи практичного впровадження функціонального рибного суфле.

Таблиця 5.2

**Дослідження зовнішніх можливостей та загроз розробленої технології
виробництва рибного суфле на основі гідрогелів**

Сприятливі можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
O1. Зростання попиту на функціональні білкові продукти з пониженою калорійністю та високою біологічною цінністю білка у сегментах ЗСЖ, спортивного, дієтичного та геріатричного харчування в Україні та ЄС.	T1. Коливання вартості рибної сировини, зокрема сома, та сезонна нестабільність постачання можуть впливати на собівартість продукції.
O2. Можливість позиціонування продукту як функціонального завдяки високому амінокислотному скору (>130 % для всіх НАК) і контрольованій енергетичній цінності (108...121 ккал/100 г).	T2. Конкуренція з боку імпортованих рибних продуктів та сурімі-аналогів, які мають нижчу ціну та ширшу дистрибуцію.
O3. Тренд на zero-waste та раціональне використання сировини, що підвищує привабливість технології, яка використовує рибну обрізь з високою харчовою цінністю.	T3. Обмежена обізнаність споживачів щодо гідрогелевих систем і текстурованих рибних продуктів може стримувати первинний попит.
O4. Перспективи застосування у HoReCa, кейтерингу та лікарняному харчуванні, де важливими є ніжна текстура, соковитість і стабільна якість після теплової обробки.	T4. Потенційні регуляторні обмеження або зміни у вимогах до маркування функціональних продуктів і харчових добавок.
O5. Можливість розширення асортименту (суфле для дітей, людей похилого віку, спортсменів, дієтичні лінійки з різним співвідношенням судака і сома).	T5. Зростання енерговитрат (охолодження, теплової обробки, зберігання) може знижувати економічну ефективність виробництва.
O6. Використання натуральних гідрокоолоїдів, дозволених до застосування в харчовій промисловості, відповідає споживчому запиту на «clean label».	T6. Підвищені вимоги до технологічної дисципліни та якості персоналу при масштабуванні виробництва.
O7. Потенціал інтеграції у державні та міжнародні програми з популяризації здорового харчування та білкового забезпечення населення.	T7. Консервативні споживчі уподобання, орієнтовані на традиційні рибні продукти, можуть уповільнювати прийняття інноваційної текстури.

Аналіз зовнішнього середовища свідчить, що розроблена технологія функціонує в умовах сприятливої ринкової кон'юнктури, сформованої зростанням попиту на функціональні білкові продукти та тенденціями сталого виробництва. Виявлені загрози мають переважно економічний і регуляторний характер та можуть бути нівельовані шляхом диверсифікації сировинної бази, гнучкого асортиментного позиціонування й адаптації маркетингової стратегії.

Сформована за отриманими результатами SWOT-матриця дала можливість інтегрувати експериментальні результати та ринкові фактори в єдину систему стратегічних рішень, що підтверджує доцільність розвитку розробленої технології та визначає напрями її практичної реалізації, оптимізації й захисту в умовах конкурентного середовища (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Матриця SWOT-стратегій розвитку технології виробництва рибного суфле на основі гідрогелів

	Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
Можливості (O)	<p>SO – стратегії розвитку</p> <ul style="list-style-type: none"> • Використати високу біологічну цінність білка (АКС >130 % для всіх НАК) та контрольовану енергетичну цінність 108...121 ккал/100 г (S5, S6) для позиціонування продукту у сегменті функціонального, дієтичного та лікувально-профілактичного харчування (O1, O2). • Застосувати покращені органолептичні характеристики (ніжність, соковитість, однорідність; S7) для розширення асортименту й виходу на сегмент HoReCa та кейтерингу (O4, O5). • Використати ефективне вологотажироутримання і низькі кулінарні втрати (S1, S2, S3) як конкурентну перевагу у концепції zero-waste та раціонального 	<p>WO – стратегії розвитку з компенсацією слабких сторін</p> <ul style="list-style-type: none"> • Зменшити собівартість продукції (W4) шляхом оптимізації рецептур і використання локальних джерел гідроколідів при збереженні функціонального ефекту (O1, O6). • Подолати технологічну складність і чутливість процесу (W1, W2) через стандартизацію режимів гідратації, аерації та термообробки, що дозволить ефективніше реалізувати ринкові можливості (O4, O5). • Підвищити споживчу обізнаність щодо текстури та переваг гідрогелевих систем (O3) з метою нейтралізації сенсорних упереджень (W6).

	використання рибної сировини (O3, O6).	
Загрози (Т)	<p>ST – стратегії захисту з опорою на сильні сторони</p> <ul style="list-style-type: none"> • Використати високі функціонально-технологічні показники (B33, низька % вільної фази, стабільна піна; S1–S4) для протидії конкуренції з боку дешевших імпортованих рибних продуктів (T2). • Акцентувати на натуральності гідроколоїдів та clean-label підході (S6) для зменшення ризику негативного сприйняття інноваційної технології (T3, T7). • Використати високу сенсорну оцінку (S7) у дегустаційних та комунікаційних стратегіях для зниження впливу консервативних споживчих уподобань (T7). 	<p>WT – стратегії мінімізації ризиків</p> <ul style="list-style-type: none"> • Диверсифікувати джерела рибної сировини та гідроколоїдів (W4) для зменшення впливу цінових коливань і перебоїв постачання (T1). • Розробити та впровадити стандартизовані технологічні карти й інструкції (W1, W3, W7) для мінімізації ризиків при масштабуванні виробництва та зростанні енерговитрат (T5, T6). • Посилити систему навчання персоналу (W3) з метою підвищення стійкості технологічного процесу до регуляторних та виробничих змін (T4, T6).

Аналіз матриці SWOT-стратегій показав, що розроблена технологія рибного суфле на основі гідрогелів має найбільший стратегічний потенціал у площині SO-стратегій, що поєднують високі функціонально-технологічні та харчові характеристики продукту зі сприятливими ринковими тенденціями. Саме ці стратегії дозволяють максимально ефективно реалізувати конкурентні переваги технології за рахунок позиціонування продукту у сегменті функціонального, дієтичного та лікувально-профілактичного харчування.

Стратегії типу WO мають коригувальний характер і спрямовані на зниження впливу внутрішніх обмежень через оптимізацію технологічних режимів, стандартизацію виробництва та підвищення споживчої обізнаності. ST-стратегії забезпечують захист конкурентних позицій технології за рахунок використання її науково обґрунтованих переваг у відповідь на ринкову конкуренцію та регуляторні

виклики, тоді як WT-стратегії відіграють превентивну роль, мінімізуючи ризики при масштабуванні виробництва та коливаннях зовнішнього середовища.

Таким чином, узагальнення результатів SWOT-аналізу свідчить, що розроблена технологія виробництва рибного суфле на основі гідрогелів є стратегічно доцільною та конкурентоспроможною. Поєднання високої біологічної цінності білка, керованих технологічних властивостей і відповідності сучасним тенденціям здорового харчування створює передумови для її успішного впровадження у промислове виробництво. Виявлені ризики мають переважно керований характер і можуть бути мінімізовані шляхом стандартизації процесів, диверсифікації сировинної бази та системного управління якістю, що підтверджує перспективність подальшого розвитку та комерціалізації розробленої технології.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Нормативно-правова база з охорони праці при виробництві рибного суфле на основі гідрогелів

Нормативно-правове забезпечення охорони праці під час виробництва рибного суфле на основі гідрогелів ґрунтується на комплексі законодавчих актів України, які регламентують права та обов'язки роботодавця і працівників, вимоги до організації виробничого середовища, умови експлуатації технологічного обладнання та заходи щодо запобігання професійним ризикам. Базовим документом, що визначає конституційні гарантії у сфері охорони праці, є Конституція України [58], яка закріплює право кожного громадянина на безпечні та здорові умови праці, а також право на соціальний захист у разі втрати працездатності або нещасного випадку. На цих засадах побудована сучасна нормативна система, що реалізується через спеціальне законодавство, галузеві регламенти та стандарти у сфері харчової промисловості.

Провідну роль у регулюванні охорони праці відіграє Закон України «Про охорону праці» [59], який визначає правові та організаційні механізми створення безпечних умов на підприємстві, включаючи вимоги щодо технічного стану обладнання, проведення інструктажів та навчання персоналу, забезпечення засобами індивідуального захисту, а також впровадження системи управління ризиками. При виробництві рибного суфле цей закон регламентує безпечну експлуатацію машин і механізмів, що становлять потенційну небезпеку внаслідок наявності ріжучих елементів, високих температур і рухомих частин.

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві» [60] доповнює зазначені вимоги, визначаючи порядок страхування, відшкодування шкоди та розслідування

виробничих травм, що має особливе значення в галузі, де технологічні процеси пов'язані з підвищеним ризиком механічних і термічних травм.

Важливе місце в системі забезпечення безпеки посідають Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС [61], які регламентують вимоги до експлуатації нагрівального обладнання, систем вентиляції, утримання шляхів евакуації та застосування первинних засобів пожежогасіння. Оскільки виготовлення рибного суфле включає теплову обробку при температурах 85...95 °С, дотримання пожежних норм є невід'ємною складовою виробничого процесу.

Важливим нормативним орієнтиром є Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [62], який передбачає дотримання принципів системи HACCP, контроль за мікробіологічною безпечністю сировини та попередження перехресного забруднення. Усі процеси, пов'язані з використанням гідроколоїдів – желатину, низькометоксильованого пектину та альгінату натрію, регламентуються на рівні українських стандартів (ДСТУ) та Codex Alimentarius, що визначають допустимі рівні застосування, чистоту, маркування та технологічні умови використання харчових добавок.

Спеціальні вимоги щодо якості рибної сировини та рибопродуктів регламентуються стандартами [48, 50-55], ветеринарно-санітарними нормами та правилами промислового рибальства, які визначають допустимий стан, свіжість, органолептичні параметри та умови транспортування риби.

6.2 Вимоги до території підприємства та облаштування споруд і приміщень

Територія підприємства харчової промисловості, на якому виробляється рибне суфле на основі гідрогелів, повинна відповідати вимогам чинних будівельних норм, санітарного законодавства та нормативів охорони праці, які забезпечують санітарну безпеку, технологічну ефективність виробництва та мінімізацію ризиків для персоналу.

Планування території підприємства передбачає функціональне зонування, що уможливорює чітке розмежування потоків сировини, готової продукції та відходів, запобігає перехресному забрудненню і забезпечує раціональну логістику. Забороняється розташування харчових виробництв у зонах підтоплення або поблизу джерел промислового чи побутового забруднення; територія повинна мати водонепроникне покриття, системи водовідведення та організований під'їзд для транспорту, який транспортує рибну сировину та інші матеріали.

Споруди та виробничі приміщення мають відповідати вимогам переліченої вище [59-62] нормативної документації для підприємств харчової промисловості. Конструктивні елементи приміщень повинні забезпечувати легкість очищення і дезінфекції, стійкість до підвищеної вологості, температурних коливань та впливу органічних середовищ. Підлоги у виробничих цехах виконуються з неслизьких, кислотостійких матеріалів із нахилом для відведення води в трапи. Стіни облицьовуються вологостійкими матеріалами на висоту не менше 1,8...2,0 м, а стелі мають гладку поверхню, що унеможливорює накопичення конденсату та пилу.

Розміщення обладнання у приміщеннях повинно забезпечувати безперервність та організованість технологічного процесу, що включає обробку рибної сировини, подрібнення, кутерування, підготовку гідрогелевих розчинів, дозування маси та термічну обробку суфле. Виробничі цехи повинні бути оснащені ефективною припливно-витяжною вентиляцією з урахуванням виділення тепла, вологи та запахів, а також системами локального відведення пари у зонах роботи пароконвектоматів та кип'ятильних установок. Належний мікроклімат у приміщеннях регламентується санітарними нормами й передбачає підтримання температури, вологості та швидкості повітряного потоку, що сприяє безпечним умовам праці та стабільності технологічних процесів, особливо таких чутливих, як аерація білково-гелеутворювальних систем.

Освітлення приміщень повинно відповідати вимогам ДБН з природного та штучного освітлення, забезпечуючи достатній рівень видимості для операцій механічної обробки риби та контролю якості інгредієнтів. Електрообладнання та електромережі мають відповідати категоріям захисту, які запобігають ураженню

електричним струмом у вологих умовах, що характерні для виробництва рибної продукції. Усі приміщення повинні бути оснащені системами пожежної сигналізації та первинними засобами пожежогасіння відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні [61].

Санітарно-побутові приміщення, включаючи гардеробні, душові, санвузли та кімнати для приймання їжі, повинні розташовуватися таким чином, щоб забезпечувати дотримання правил особистої гігієни персоналу і запобігати перенесенню забруднень у виробничу зону. Для роботи з рибною сировиною, гідроколоїдними розчинами, кислотами та солями повинні бути передбачені окремі зони або ділянки, обладнані відповідними засобами контролю температури, вентиляції та безпеки [63].

Загалом вимоги до території підприємства та організації виробничих приміщень формують просторово-технологічне середовище, яке забезпечує безпечне, раціональне і санітарно надійне виконання операцій, що входять до циклу виготовлення рибного суфле на основі гідрогелів, а також гарантує відповідність виробництва державним стандартам і сучасним принципам харчової безпеки.

6.3 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Технологічний процес виробництва рибного суфле на основі гідрогелів характеризується значною кількістю операцій, що пов'язані з механічною, термічною, хімічною та мікробіологічною небезпекою.

Використання рибної сировини, гідроколоїдних систем, інтенсивних механічних апаратів (кутерів, змішувачів, тощо), а також обладнання для термічної обробки формує комплекс виробничих факторів, здатних негативно впливати на стан здоров'я персоналу (табл. 6.1). Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів показує, що виробництво рибного суфле на основі гідрогелів належить до процесів зі складним комплексом ризиків, серед яких домінують механічні

травмонебезпечні фактори, термічні впливи, електробезпека та мікробіологічні ризики, пов'язані з обробкою рибної сировини.

Таблиця 6.1

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори у виробництві рибного суфле

Група факторів	Небезпечні та шкідливі фактори	Джерело виникнення / операція	Можливі наслідки для працівника
Механічні фактори	Обертальні ножі, ріжучі елементи, шнеки	Вовчок, кутер, міксер	Травми рук, порізи, ампутації, забиття
	Захоплення одягом або волосся обладнанням	Кутери, мішалки	Травми верхніх кінцівок, скальпування
	Сковзання на вологій підлозі	Миття риби, санітарна обробка	Падіння, переломи
Термічні фактори	Гарячі поверхні, пар	Пароконвектомат, водяні ванни	Опіки різного ступеня
	Гарячі розчини желатину та пектину	Підготовка гідрогелів	Термічні опіки, перегрів
Електричні фактори	Пошкоджені дроти, вологість	Електроприводи всього обладнання	Ураження електричним струмом
Хімічні фактори	Гідроколоїди у вигляді порошків (пилювання), кислоти, солі	Підготовка розчинів, дозування CaCl_2	Подразнення слизових, алергічні реакції
	Мийні та дезінфекційні засоби	Санітарна обробка	Хімічні опіки, інтоксикації
Мікробіологічні фактори	Патогенні мікроорганізми риби	Приймання, обробка сировини	Харчові інфекції, сенсibiliзація
Фізичні фактори	Підвищений рівень шуму	Подрібнення, кутерування	Втома, порушення слуху
	Знижена температура в холодильних камерах	Зберігання риби	Переохолодження, обмороження
	Низька або надмірна вологість	Технологічні цехи	Погіршення самопочуття,

			розвиток захворювань
Психофізіологічні фактори	Висока інтенсивність праці, монотонність	Лінії фасування	Перевтома, стрес, людські помилки
Ергономічні фактори	Піднімання важких ванн, лотків	Вивантаження риби, переміщення продукції	Травми спини, перенапруження м'язів

Особливе значення мають також хімічні та фізичні фактори, що виникають під час роботи з гідроколоїдами та обладнанням високої продуктивності [63]. Усі виявлені небезпечні фактори потребують системного підходу до профілактики, включаючи навчання персоналу, технічний захист обладнання, правильну організацію робочих місць і впровадження ефективних санітарно-гігієнічних заходів. Виявлення та оцінювання цих ризиків є фундаментом для формування дієвої системи охорони праці та забезпечення безпечного виробничого середовища.

6.4 Заходи, щодо оптимізації умов праці

Оптимізація умов праці на підприємстві з виробництва рибного суфле на основі гідрогелів передбачає комплекс організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та психофізіологічних заходів, спрямованих на зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, підвищення рівня безпеки персоналу та забезпечення стабільного функціонування технологічного процесу.

Основою цих заходів є системний підхід до управління ризиками, який включає модернізацію технологічного обладнання, удосконалення планування виробничих приміщень, покращення мікрокліматичних параметрів, впровадження сучасних засобів індивідуального захисту та підвищення культури охорони праці.

Одним із основних напрямів оптимізації є технічне вдосконалення виробничого середовища шляхом використання обладнання з підвищеним рівнем безпеки: машин із захисними кожухами, блокувальними пристроями та аварійними вимикачами, що знижують ризик механічних травм під час роботи з кутерами,

міксерами та пароконвектоматами. У зоні обробки гарячих розчинів желатину, пектину та альгінату необхідно впроваджувати локальні вентиляційні системи та теплоізоляційні екрани, які зменшують вплив термічних факторів. Важливим є також застосування обладнання з низьким рівнем шуму та вібрації, що сприяє мінімізації фізіологічного навантаження на працівників .

Санітарно-гігієнічна оптимізація передбачає підтримання нормативних параметрів мікроклімату, освітлення та чистоти виробничих приміщень. Встановлення ефективних припливно-витяжних систем забезпечує видалення надлишкової вологи, запахів та тепла, що особливо важливо в умовах термічної обробки та мийки сировини.

Регулярний санітарний контроль, дезінфекція поверхонь і дотримання принципів належної гігієнічної практики є основою профілактики мікробіологічних ризиків.

Правильне планування робочих зон, зокрема розмежування потоків сирової риби, гідрогелевих розчинів та готової продукції, знижує ризик перехресного забруднення та підвищує загальний рівень безпеки виробництва.

Організаційні заходи включають раціоналізацію трудових процесів, оптимальне чергування робочих операцій, усунення монотонності, зменшення надмірного фізичного навантаження та впровадження ергономічних принципів. Використання механізованих засобів переміщення ванн, контейнерів і лотків мінімізує ризик перенапруження опорно-рухового апарату [63].

Проведення обов'язкових інструктажів, навчання та підвищення кваліфікації персоналу забезпечує правильне виконання технологічних операцій та ефективне реагування на аварійні ситуації.

Особливе значення має систематичне навчання з правил безпечної роботи з гідроколоїдами, гарячими середовищами та електрообладнанням.

6.5 Засоби індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) є ключовим елементом системи профілактики виробничого травматизму та професійних захворювань на підприємствах харчової промисловості.

У виробництві рибного суфле на основі гідрогелів працівники зазнають впливу механічних, термічних, хімічних, електричних, мікробіологічних та фізичних факторів, що обумовлює необхідність застосування правильно підібраних ЗІЗ відповідно до специфіки технологічних операцій (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Засоби індивідуального захисту для виробництва рибного суфле

Категорія ЗІЗ	Конкретний засіб	Призначення / захисна функція	Типові операції застосування
Захист рук	Термостійкі рукавиці	Захист від гарячих поверхонь, пари, гарячих розчинів гідрогелів	Робота з пароконвектоматом, розчинами желатину/пектину
	Рукавиці з нітрилу	Захист від вологи, риби, кислот, солей CaCl ₂	Фасування, миття, підготовка розчинів
	Антипрорізні рукавиці	Захист від ріжучих елементів	Робота на вовчку, обвалювання, кутерування
Захист органів зору	Захисні окуляри	Захист від бризок гарячих чи хімічних рідин	Підготовка гідрогелів, миття
Захист органів дихання	Фільтрувальний респіратор (FFP2/FFP3)	Захист від пилювання пектину, альгінату, спецій	Дозування сухих інгредієнтів
Захист тіла	Водонепроникний фартух або халат	Захист від вологи, рідини, забруднень	Усі етапи обробки сировини
	Термостійкий фартух	Захист від термічних опіків	Робота з гарячим обладнанням
Захист ніг	Спеціальне взуття з неслизькою підошвою	Попередження падінь на вологих поверхнях	Зони миття та обробки риби, термічний цех
	Взуття зі сталевим підноском	Захист від ударів і падіння ванн/інвентарю	Зони транспортування

Захист голови	Захисна шапочка (санітарна)	Профілактика мікробіологічного забруднення продукції	Усі виробничі зони
	Каска захисна (за потреби)	Механічний захист у технологічних приміщеннях	Місця підвісного обладнання
Засоби гігієни та безпеки	Антисептики, рукомийники, санітарні бар'єри	Запобігання мікробіологічному забрудненню та передачі інфекцій	Входи до цехів, робочі зони
Коллективні ЗІЗ (додатково)	Захисні огороження, блокувальні системи	Запобігання контакту з рухомими частинами	Кутери, вовчки, насоси

Аналіз показує, що найбільш критичними є механічні ризики, пов'язані з роботою високошвидкісного обладнання, та термічні ризики, що виникають під час роботи з гарячими розчинами та паровими установками. Значне значення мають також хімічні та алергенні фактори, які супроводжують маніпуляції з гідроколоїдами у порошковому вигляді. Використання відповідних ЗІЗ – рукавиць, окулярів, респіраторів, водонепроникних фартухів та спеціального взуття – дозволяє істотно знизити частоту травмування та професійних захворювань, забезпечуючи безпечні умови праці й стабільність технологічного процесу.

6.6 Пожежна безпека та заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях

Питання пожежної безпеки та цивільного захисту є найважливішими складовими комплексної системи забезпечення безпеки виробничого процесу при виготовленні рибного суфле на основі гідрогелів.

Технологічний цикл супроводжується використанням електротермічного обладнання, нагрівальних елементів, парогенераторів, систем вентиляції та електроприводів, що формує потенційно небезпечні умови з точки зору виникнення пожеж та аварій. Також виробництво пов'язане з обробкою органічної

сировини (риби, білкових компонентів), яка під час нагрівання та сушіння може сприяти утворенню горючих відкладень.

Система забезпечення пожежної безпеки на підприємстві включає структурне зонування приміщень відповідно до їх категорії пожежної небезпеки, оснащення виробничих ділянок автоматичними пожежними сповіщувачами, первинними засобами пожежогасіння, пожежними кранами та резервним джерелом води для гасіння.

Особливої уваги потребують зони термічної обробки, де функціонують пароконвектомати, водяні бані та інше теплове обладнання. Вентиляційні системи повинні бути вибухобезпечними, оснащеними фільтрами для запобігання відкладенню жирних парафінів і регулярним очищенням згідно з графіком. Електрообладнання має відповідати класу захисту, передбаченому для вологих і теплих середовищ, а його технічний стан контролюється шляхом періодичних оглядів та вимірювань опору ізоляції.

Важливим елементом пожежної безпеки є організаційні заходи: проведення інструктажів, навчання персоналу правилам користування вогнегасниками, дотримання порядку на робочих місцях, контроль за зберіганням легкозаймистих матеріалів та недопущенням перевантаження електромереж. Особлива увага приділяється евакуаційним шляхам, які мають бути позначені світловими індикаторами, вільними від будь-яких перешкод та оснащеними протидимовими системами. Підприємство повинно розробити та впровадити план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС), який регламентує дії персоналу при виникненні пожежі чи іншої надзвичайної ситуації [63, 64].

Заходи цивільного захисту спрямовані на забезпечення стійкої роботи підприємства в умовах надзвичайних ситуацій техногенного чи природного характеру. До таких заходів належать: створення системи сповіщення про НС, визначення безпечних зон для укриття персоналу, розроблення інструкцій з дій у разі аварій на енергетичних мережах, пожеж, хімічних уражень або викидів небезпечних речовин. Підприємство повинно мати аварійні комплекти, а також підтримувати готовність систем водопостачання й електроживлення.

У випадку з виробництвом рибного суфле особливе значення має контроль над холодильними установками, оскільки витік холодоагентів може створювати загрозу для здоров'я персоналу та призвести до зупинки технологічного процесу.

Періодичне проведення навчальних тренувань, моделювання аварійних ситуацій і перевірка ефективності евакуаційних заходів забезпечують практичну підготовку персоналу та формують культуру безпеки. Впровадження системи цивільного захисту, що відповідає вимогам законодавства, значно підвищує рівень готовності підприємства до реагування на надзвичайні ситуації та мінімізує можливі збитки, пов'язані з аваріями, пожежами або технічними несправностями.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що поєднання обрізи судака і сома у співвідношеннях 70:30, 60:40 та 50:50 дозволяє цілеспрямовано регулювати харчову, енергетичну та технологічну цінність рибного суфле. Зі збільшенням частки сома підвищується вміст жиру та калорійність продукту, не погіршуючи біологічної цінності білка.
2. Встановлено, що використання гідрогелевих систем суттєво підвищує ВЗЗ рибного суфле: у контрольних зразках ВЗЗ становила $\approx 68\text{...}70\%$; зразках з желатин + пектин – $78\text{...}80\%$; у зразках з альгінат + пектин – $80\text{...}82\%$. Підвищення ВЗЗ на $10\text{...}14\%$ свідчить про ефективне зв'язування вологи та стабілізацію білково-жирової матриці.
3. Доведено, що гідрогелеві системи зменшують кулінарні втрати під час теплової обробки у $1,7\text{...}2,0$ рази. Найменші втрати зафіксовано у зразках із альгінат + пектин, що пов'язано з формуванням іонно-зшитого гелевого каркаса.
4. Показано, що масова частка вільної фази зменшується з $9\text{...}11\%$ у контролі до $3\text{...}5\%$ у дослідних зразках з гідрогелями, що підтверджує значне підвищення емульсійно-структурної стабільності та ефективне утримання води і жиру в системі.
5. Встановлено, що введення гідрогелів підвищує піноутворювальну здатність рибної маси: приріст об'єму у контролі – $20\text{...}25\%$; у дослідних зразках – $30\text{...}40\%$. Стабільність піни після витримки зростала на $10\text{...}15\%$, що забезпечувало формування більш однорідної та ніжної структури суфле.
6. За результатами сенсорного аналізу середній бал органолептичної оцінки становив: $4,1\text{...}4,2$ бала для контрольних зразків; $4,6\text{...}4,8$ бала для зразків з гідрогелевими системами. Найвищі оцінки отримали зразки групи С (50:50 судака:сом) з желатин-пектиною системою за показниками ніжності, соковитості та однорідності консистенції.
7. Енергетична цінність рибного суфле змінювалася в межах $108\text{...}121$ ккал/100 г. контрольні зразки: $108\text{...}115$ ккал/100 г; зразки з гідрогелями: $112\text{...}121$

ккал/100 г. Підвищення калорійності на 4...6 ккал/100 г у дослідних зразках зумовлено зменшенням кулінарних втрат і кращим утриманням жиру.

8. Доведено, що білок рибного суфле має високу біологічну цінність. Лімітуючі амінокислоти відсутні у всіх варіантах рецептур.
9. Встановлено, що система «желатин + пектин» формує більш ніжну та еластичну структуру і забезпечує вищу сенсорну оцінку, тоді як система «альгінат + пектин» забезпечує максимальну формостійкість, найменші кулінарні втрати та найвищу емульсійно-структурну стабільність.
10. Розроблена технологія рибного суфле на основі природних гідрогелів дозволяє комплексно покращити функціонально-технологічні, харчові та сенсорні характеристики продукту, підвищити вихід готової продукції та забезпечити її стабільну якість, що підтверджує доцільність впровадження запропонованих рішень у практику рибопереробних підприємств.
11. SWOT-аналіз показав, що розроблена технологія рибного суфле на основі гідрогелів має суттєві конкурентні переваги завдяки високим функціонально-технологічним показникам, стабільній якості та можливості керування харчовою й енергетичною цінністю продукту. Виявлені слабкі сторони та загрози не є критичними і можуть бути мінімізовані шляхом стандартизації технології, що підтверджує доцільність промислового впровадження технології у сегменті функціонального та дієтичного харчування.
12. У процесі виконання роботи проведено комплексний аналіз умов праці при виробництві рибного суфле на основі гідрогелів, що дозволило ідентифікувати основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, серед яких домінують механічні, термічні, електричні, хімічні та мікробіологічні ризики. Встановлено, що за умови дотримання вимог чинного законодавства України з охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту рівень виробничих ризиків може бути зведений до прийняттого.

Список використаної літератури

1. Liu T., Zheng J., Du J., He G. Food processing and nutrition strategies for improving the health of elderly people with dysphagia: A review of recent developments. *Foods*. 2024. Т. 13. №. 2. С. 215.
2. Raheem D., Carrascosa C., Ramos F., Saraiva A., Raposo A. Texture-modified food for dysphagic patients: A comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Т. 18. №. 10. С. 5125.
3. Nath P. C., Debnath S., Sridhar K., Inbaraj B. S., Nayak P. K., Sharma M. A comprehensive review of food hydrogels: principles, formation mechanisms, microstructure, and its applications. *Gels*. 2022. Т. 9. №. 1. С. 1.
4. Bao H., Wang Y., Huang Y., Zhang Y., Dai H. The Beneficial Role of Polysaccharide Hydrocolloids in Meat Products: A Review. *Gels*. 2025. Т. 11. №. 1. С. 55.
5. Menchynska A., Manoli T., Tyshchenko L., Pylypchuk O., Ivanyuta A., Holembovska N., Nikolaenko M. Biological value and consumer properties of fish pastes. *Food Science and Technology*. 2021. Т. 15. № 3. С. 52–62. <https://doi.org/10.15673/fst.v15i3.2121>
6. Дорошко В. Удосконалення споживних властивостей рибних паштетів з прісноводної риби з додаванням рослинної сировини. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2025. Т.2(16), С. 42-47. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(16\).2025.7](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(16).2025.7)
7. Siripongvutikorn S., Pumethakul K., Sirinupong N., Chansuwan W., Usawakesmanee W., Rujirapong C. Chemical and physical parameters supporting the top-rated product of Kapi-pla, a gastronomy of southern food, Thailand. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2025. Т. 21. С. 101856.
8. Prabhu L., Skuland A. V., Varela P., Rosnes J. T. Fish Protein Hydrolysate as Protein Enrichment in Texture-Modified Salmon Products. *Foods*. 2025. Т. 14. №. 2. С. 162.
9. FAO. (2023). Ukraine – Damages and losses in the aquaculture and fishery sectors: Report on the impact of the ongoing war, January 2023. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc4018en>

- 10.FAO & WHO. (2024). Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption: Meeting report, Rome, 9–13 October 2023. Food Safety and Quality Series, No. 28. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd2394en>
- 11.FAO. (2024). International markets for fisheries and aquaculture products – Fourth issue 2024, with January–June 2024 statistics.GLOBEFISH Highlights. (4-2024). <https://doi.org/10.4060/cd3727en>
- 12.Дорожко В., Голембовська Н. Удосконалення технології рибних паштетів із додаванням нетрадиційної сировини. *Здоров'я людини і нації*. 2025. Т. 3(2), С. 7-18. <https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2025.7>
- 13.Botella-Martínez C., Pérez-Álvarez J. Á., Fernández-López J., Viuda-Martos M. Innovative formulation in pâté using a gelled emulsion of hemp oil (*Cannabis sativa* L.) as fat replacer. *LWT*. 2024. Т. 206, С. 116630.
- 14.da Silva Pires C., da Silva M., Tormen L., Bairy E. M. Application of Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*) Peel Extracts as Antioxidant Agents in Tilapia Pâtés. *Journal of Culinary Science & Technology*. 2023. С. 1-21
- 15.Darko H. S. O., Ismaiel L., Fanesi B., Pacetti D., Lucci P. Current Trends in Food Processing By-Products as Sources of High Value-Added Compounds in Food Fortification. *Foods*. 2024. Т. 13(17). С. 2658.
- 16.Golembovska N. V., Vlasenko A. S. Study of changes in quality indicators of fish pastes with non-traditional raw materials. *Scientific Bulletin of the National University of Chemistry and Technology*. 2021. Т. 27(1), С. 34-40.
- 17.Yemtsev V., Slobodyanyuk N., Yemtseva, G. Problems of the functioning of the ribal state of Ukraine in the minds of vinny. *Science and technology today*. 2023. Т.13(27). [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-13\(27\)-90-101%20](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-13(27)-90-101%20)
- 18.Trofymchuk A. M., Hrynevych N. E., Trofymchuk M. I., Kunovsky Y. V., Bondar O. S., Tkachenko O. V., Savchuk O. V. Current status and trends in the development of fish farming in Ukraine and the world. *Technology of production and processing of animal products*. 2021. Т. 2(166). С.123-133. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-166-2-123-133>

19. Polishuk A., Shostya A., Merzlov S., Usenko S., Leusky M., Kuzmenko L., Ilchenko M. The current state of fish farming in Ukraine and the development of the industry in Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Т. 27(1). С. 101-106. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.17>
20. UIFSA. (2024). Overview of the fish market of Ukraine for 2022 and 2023. <https://uifsa.ua/en/news/news-of-ukraine/overview-of-the-fish-market-of-ukraine-for-2022-and-2023> uifsa.ua
21. Андрощук О., Голембовська Н. (2025). Аналіз сучасного стану рибного ринку України. *Здоров'я людини і нації*. 2025. Т. 3(1). С. 21-36. <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.21>
22. DARG. (2025). Public report of the Head of the State Agency of Ukraine for the Development of Land Reclamation, Fisheries and Food Programs, Vladyslav Neveseli, for 2024. Retrieved from https://darg.gov.ua/_vidkriti_dani_0_1000_menu_0_1.html
23. Гередчук А. М., Пасічний В. М., Мацук Ю. А., Костенко В. С. Розробка технології рибних січених напівфабрикатів з рослинними збагачувачами. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2022. №. 2. С. 31-35.
24. Кляп Н. І., Маслюк А. В., Школяренко Л. О., Крачковська О. О., Київська Г. В. Дослідження зміни кислотного числа жирів та вмісту білків у пробах замороженої риби різних видів залежно від ступеня зміни органолептичних показників якості. *Ветеринарна біотехнологія*. 2020. №. 36. С. 93-100.
25. Ivanov O.M. The influence of vegetable proteins on the quality of fish pastes. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. Vol. 15, No. 3, pp. 45-52.
26. Luo Q., Zha G., Lin L., Huang Y., Zou, X. Comparison of physicochemical properties of different tissues from China climbing perch *Anabas testudineus* and crucian carp *Carassius auratus*. *Food Science & Nutrition*. 2022. №10. С. 936–944. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2727>
27. Maulu S., Nawanzi K., Abdel-Tawwab M., Khalil H. S. Fish nutritional value as an approach to children's nutrition. *Frontiers in nutrition*. 2021. Т. 8. С. 780844.

28. Пешук Л. В., Галенко О. О., Шулер С. М. Вдосконалення технології промитого фаршу з м'яса індиків механічного обвалювання-сурімі та розробка нових продуктів з його використанням. 2022. Т.5. С. 34-44.
29. Головка Т. М., Геліх А. О., Применко В. Г., Головка М. П., Головка Т. Н., Геліх А. А., Головка Н. П. (2020). Зміна показників якості фаршу із прісноводних гідробіонтів з рослинними компонентами. 2020. Випуск 20, том 2. С. 56-63.
30. Derkach S. R., Voron'ko N. G., Kuchina Y. A., Kolotova D. S., Grokhovsky V. A., Nikiforova A. A., Zuev Y. F. Rheological properties of fish and mammalian gelatin hydrogels as bases for potential practical formulations. *Gels*. 2024. Т. 10. №. 8. С. 486.
31. Lu S., Lu Q., Xiao L., Zhang L., Liu J., Hu Y., Li C. Fish protein as a new emulsifier: Mechanism, enhancement, application. *Food Frontiers*. 2024. Т. 5. №. 3. С. 1096-1107.
32. Padial-Domínguez M., Espejo-Carpio F. J., Pérez-Gálvez R., Guadix A., Guadix E. M. Optimization of the emulsifying properties of food protein hydrolysates for the production of fish oil-in-water emulsions. *Foods*. 2020. Т. 9. №. 5. С. 636.
33. Євтушенко М. Ю., Рудик-Леуська Н. Я., Леуський М. В. Динаміка вмісту білка, ліпідів та глікогену в органах і тканинах судака Кременчуцького водосховища у переднерестовий та нагульний періоди. *Доповіді НАН України*. 2023. С. 123 – 128.
34. Поліщук В. М., Поліщук С. А., Цехмістренко С. І. Органо-тканинні особливості вмісту загальних ліпідів у прісноводних мирних видів риби. 2024. С. 154 – 159.
35. Кушніренко Н. М., Паламарчук А. С., Патюков С. Д., Глушков О. А. Використання вторинних рибних ресурсів з риби внутрішніх водойм при розробці технології гелеподібних заливок. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2020. №. 84, Вип. 2. С. 49-56.
36. Zhang H., Zhang F., Yuan R. Applications of natural polymer-based hydrogels in the food industry. *Hydrogels based on natural polymers*. Elsevier, 2020. С. 357-410.

37. Gul K., Gan R. Y., Sun C. X., Jiao G., Wu D. T., Li H. B., Fang Y. P. Recent advances in the structure, synthesis, and applications of natural polymeric hydrogels. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2022. T. 62. №. 14. C. 3817-3832.
38. Liu K., Chen Y. Y., Zha X. Q., Li Q. M., Pan L. H., Luo J. P. Research progress on polysaccharide/protein hydrogels: Preparation method, functional property and application as delivery systems for bioactive ingredients. *Food Research International*. 2021. T. 147. C. 110542.
39. Cao L., Lu W., Mata A., Nishinari K., Fang, Y. Egg-box model-based gelation of alginate and pectin: A review. *Carbohydrate polymers*. 2020. T. 242. C. 116389.
40. Pournaki S. K., Aleman R. S., Hasani-Azhdari M., Marcia J., Yadav A., Moncada M. Current review: Alginate in the food applications. *J*. 2024. T. 7. №. 3. C. 281-301.
41. Bartkuvienė I., Keršienė M., Petrikaitė V., Leskauskaitė D. Modulation of pea protein isolate hydrogels by adding kappa-carrageenan: gelling properties and formation mechanism. *International Journal of Food Science and Technology*. 2024. T. 59. №. 9. C. 6598-6610.
42. Li W., Qi Q., Yang Y., Chen X., Huang Y., Chen, P. Regulated release of anthocyanins via gelatin/pectin composite gels in simulated digestion. *Food Hydrocolloids*. 2025. T. 166. C. 111390.
43. Xue H., Wang P., Ji L., Zhang K., Ge S., Tan J. Polysaccharide-based hydrogels: Materials, preparation, and applications in medicine, food, adsorption, and agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2025. C. 102395.
44. Jabeen F., Ahmad R., Mir S., Awwad N. S., Ibrahim H. A. Carrageenan: structure, properties and applications with special emphasis on food science. *RSC advances*. 2025. T. 15. №. 27. C. 22035-22062.
45. Machado M., Costa E. M. A. D., Silva S. Soft Gels in Food Systems: Recent Advances, Applications, and Technological Innovations. *Gels*. 2025. T. 11. №. 8. C. 667.
46. Günter E. A., Popeyko O. V., Shevchenko O. G., Vityazev, F. V. Modification of texture and in vitro digestion of pectin and κ -carrageenan food hydrogels with

- antioxidant properties using plant cells. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2025. С. 144682.
47. Nath P. C., Debnath S., Sridhar K., Inbaraj B. S., Nayak P. K., Sharma M. A comprehensive review of food hydrogels: principles, formation mechanisms, microstructure, and its applications. *Gels*. 2022. Т. 9. №. 1. С. 1.
48. ДСТУ 2284:2010 Риба жива. Загальні технічні вимоги. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2012 –01–01]. Київ, 2012. 15 с. (інформація та документація).
49. Остапенко А.А., Мовчанюк О. М. Допоміжні хімічні речовини [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 113 с.
50. https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0452-10?utm_source=chatgpt.com#Text
51. ДСТУ 4623:2023 ЦУКОР Технічні умови ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2012 –01–01]. Київ, 2012. 15 с. (інформація та документація).
52. ДСТУ 4492:2017 Олія соняшникова. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2012 –01–01]. Київ, 2012. 15 с. (інформація та документація).
53. ДСТУ 3583:2015 Сіль кухонна. Загальні технічні умови. З поправкою\ ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2012 –01–01]. Київ, 2012. 15 с. (інформація та документація).
54. ДСТУ 4273:2015 Молоко та вершки сухі. Загальні технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2012 –01–01]. Київ, 2012. 15 с. (інформація та документація).
55. ДСТУ 8719:2017 Продукти яєчні. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ», [Чинний від 2012 –01–01]. Київ, 2012. 15 с. (інформація та документація).
56. Сердюк М. Є., Прісс О.П., Гапріндашвілі Н.А., Здоровцева Л.М., Сухаренко О.І., Іванова І.Є. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 370 с.
57. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні технології переробки риби, рибних відходів, нерибних і морських продуктів : Навчальний посібник. Дніпро : ДДАЕУ, 2024. 334 с.

58. Конституція України. К.: Видавництво "Право", 1996. 55.
59. Закон України "Про охорону праці". К.: Норматив. 1994. 65 с.
60. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування». Документ, 1105 – XIV, чинний, поточна редакція від 08.05.2025. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text>
61. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» №1417 від 31.12.2014. Документ z0252-15, чинний, поточна редакція від 14.08.2024. URL.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>
62. Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. Чинний від 18.01.2025.
63. Войналович О. В, Марчиниша Є. І. Охорона праці в галузі (харчові технології): підручник. К.: Центр навчальної літератури. 2019. 582 с.
64. Войналович О.В., Марчиниша Є.І., Мотрич М.М. Охорона праці в галузі: навчальний посібник для студентів спеціальності 181 – Харчові технології. К.: Центр навчальної літератури. 2020. 380 с.