

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет харчових наук, нутриціології та управління якістю

ПОГОДЖЕНО

**В.о. Декана факультету харчових
наук, нутриціології та управління якістю**

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

« _____ » _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**В.о. завідувача кафедри технології
м'ясних, рибних та морепродуктів**

_____ Олександр САВЧЕНКО

« _____ » _____ 2026 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Удосконалення технології посічених напівфабрикатів з
м'яса водоплавної птиці»**

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Освітня програма «Нутриціологія»

Орієнтація освітньої програми Освітньо-наукова

Гарант освітньої програми

к.т.н, доцент

_____ Людмила ТИЩЕНКО

Керівник магістерської роботи

д.т.н, професор

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

Виконав

_____ Андрій ДУРДАС

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет харчових наук, нутриціології та управління якістю

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри технології
м'ясних, рибних та морепродуктів,
кандидат технічних наук

Олександр САВЧЕНКО

«_____» _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
Дурдасу Андрію Миколайовичу**

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

Освітня програма: «Нутриціологія»

Орієнтація освітньої програма – Освітньо-наукова програма

Тема магістерської роботи: **«Удосконалення технології посічених напівфабрикатів з м'яса водоплавної птиці»** затверджена наказом ректора НУБіП України від «25» листопада 2024 р. №2093 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру «12» червня 2026 р.

Вихідні дані до магістерської роботи:

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати сучасні інноваційні підходи до корегування функціонально-технологічних властивостей та хімічного складу м'ясних систем;
2. Обґрунтувати нутриціологічну доцільність та біотехнологічні аспекти створення птахівничих напівфабрикатів, збагачених селеном;
3. Науково аргументувати вибір форми та концентрації селеновмісної добавки для збагачення качиних фаршевих систем;
4. Дослідити технологічний потенціал та закономірності застосування білих грибів у рецептурах січених виробів з м'яса водоплавної птиці;
5. Сформувати комплексну схему та описати методологію експериментальних досліджень;

Дата видачі завдання «03» лютого 2025 р.

Керівник магістерської роботи

д.т.н, професор _____

Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

Завдання прийняла до виконання _____

Андрій ДУРДАС

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків та рекомендацій виробництву, списку використаної літератури, який містить 30 джерел. Робота виконана на 52 сторінках і включає в себе 2 рисунки, 8 таблиць.

Тема магістерської роботи: «Удосконалення технології січених напівфабрикатів з м'яса водоплавної птиці».

Метою магістерської роботи є теоретичне обґрунтування і практична реалізація удосконаленої рецептури січених напівфабрикатів із використанням білих грибів (*Boletus edulis*) як натурального структуромодулятора та синергічного носія органічного селену для покращення органолептичних, функціонально-технологічних і фізико-хімічних показників продукції та підвищення її харчової цінності.

Наведено результати аналітичних і експериментальних досліджень впливу порошку білих грибів на якість модельних фаршів та готових заморожених котлет із м'яса качки. Сформовано комплексну програму досліджень, визначено методи оцінювання якості відповідно до чинних в Україні нормативних документів у сфері птахівничої та м'ясопереробної промисловості.

Об'єкт дослідження — технологія січених напівфабрикатів з м'яса водоплавної птиці (качки), збагачених селеном та біополімерами білих грибів.

Предмет дослідження — модельні качині фаршеві системи, заморожені січені напівфабрикати (котлети) з м'яса качки з додаванням білих грибів, їхні фізико-хімічні, функціонально-технологічні, органолептичні показники, харчова цінність та стабільність властивостей під час низькотемпературного зберігання.

Досліджено вплив концентрації мікологічного порошку на показники кольору, консистенцію, вологоутримувальну та жирутримувальну здатність, рН, хімічний склад і динаміку вимерзання вологи в готовій продукції.

Визначено оптимальну рецептуру з урахуванням технологічної доцільності, сенсорних характеристик та високого ступеня мікронутрієнтного збагачення.

Проведено аналіз технологічної ефективності впровадження оновленої рецептури, встановлено закономірності зростання виходу готового продукту та зниження втрат маси під час теплового оброблення за рахунок міцного тривимірного структурного каркаса м'ясо-мікологічної матриці.

Висновки магістерської кваліфікаційної роботи мають практичний характер і можуть бути рекомендовані до впровадження у м'ясопереробних підприємствах та закладах ресторанного господарства з орієнтацією на випуск продукції функціонального призначення та натурального складу.

Ключові слова: М'ЯСО КАЧКИ, ВОДОПЛАВНА ПТИЦЯ, СІЧЕНІ НАПІВФАБРИКАТИ, БІЛІ ГРИБИ, СЕЛЕН, АНТИОКСИДАНТНИЙ СТАТУС, ВОЛОГОУТРИМУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ, ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	10
1.1. Сучасні науково-практичні підходи до корегування функціонально-технологічних властивостей та нутрієнтного складу м'ясних систем.....	10
1.2. Нутриціологічне обґрунтування та доцільність створення продуктів харчування, збагачених селеном	12
1.3. Наукове обґрунтування вибору селеновмісної сировини та добавок у технологіях продукції з м'яса водоплавної птиці	19
1.4. Перспективи та технологічні аспекти застосування грибів у виробництві м'ясних виробів.....	23
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
2.1. Організація роботи та об'єкти досліджень	25
2.2. Методи визначення фізико-хімічних, функціонально-технологічних та мікробіологічних показників	26
2.3. Комплексна схема проведення експериментальних досліджень	33
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
3.1. Комплексне оцінювання функціонально-технологічних характеристик модельних фаршевих систем та січених напівфабрикатів з м'яса качки	35
3.2. Обґрунтування та удосконалення технологічних рішень виробництва січених напівфабрикатів з м'яса качки, збагачених селеном.....	39
3.3. Дослідження показників якості та харчової цінності розроблених напівфабрикатів із м'яса водоплавної птиці	42
3.4. Визначення регламентованих термінів придатності та динаміки показників безпечності качиних напівфабрикатів у процесі зберігання	45
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	50

ВСТУП

Об'єктивною основою сучасного моніторингу нутриціологічного статусу та здоров'я населення є комплексна оцінка фактичного харчування з позицій його відповідності принципам збалансованості та адекватності. У цьому контексті системний взаємозв'язок між інноваційним розвитком переробних галузей АПК та структурою харчових раціонів розглядається як фундаментальний чинник аліментарної профілактики захворювань та збереження здоров'я нації [2,18].

Сучасна стратегія модернізації м'ясопереробної індустрії базується на залученні до технологічного обігу альтернативних сировинних ресурсів, розробленні біотехнологічних рішень для підвищення харчової та біологічної цінності готових продуктів, моделюванні їхніх функціональних характеристик та пролонгації термінів придатності.[3, 27] Актуальним напрямом у межах цієї концепції є створення полікомпонентних м'ясних систем із прогнозованими властивостями на основі раціонального поєднання тваринної та локальної фітосировини [5,21].

Незбалансований раціон у поєднанні з несприятливим антропогенним навантаженням ініціює в організмі людини процеси неконтрольованого окисного стресу. Це призводить до пошкодження клітинних мембран і, як наслідок, корелює зі стрімким зростанням кардіоваскулярних, онкологічних та хронічних дегенеративних патологій [30]. Ефективним шляхом нівелювання цих ризиків є систематичне вживання продуктів, реформованих шляхом введення натуральних інгредієнтів із вираженими антиоксидантними та цитопротекторними властивостями [18, 23].

Наразі у значної частини населення європейського регіону фіксується латентний або деструктивний дефіцит есенціальних мікронутрієнтів, зокрема вітамінів В1, В2, В6, фолієвої кислоти, beta-каротину та селену [2,29]. Селен є критично важливим кофактором глутатіонпероксидазної системи, який забезпечує системний антиоксидантний захист, детоксикацію ксенобіотиків,

підтримання функції щитоподібної залози, імуногенезу та кардіопротекції, ефективно захищаючи клітинні структури від пероксидної деструкції [17,23].

У світовій практиці харчових технологій найбільш виправданим інструментом нутрієнтного корегування є комбінування м'ясної матриці з компонентами рослинного та мікологічного походження [1,27]. Органічні порошки та екстракти з відновлюваної сировини мають високий потенціал завдяки синергічному поєднанню біологічно активних речовин, які складно синтезувати штучним шляхом. Вони характеризуються високим рівнем біодоступності, чинять спрямовану лікувально-профілактичну дію та покращують текстуральні матриці фаршів. [25,28]

Виробництво січених напівфабрикатів є сегментом м'ясної промисловості, що розвивається найбільш динамічно. Проєктування рецептурних композицій січених виробів, які передбачають заміну частини м'ясної сировини функціональними інгредієнтами, дозволяє оптимізувати собівартість продукції, розширити асортиментну лінійку та збагатити продукти дефіцитними мікро- і макронутрієнтами.

Обґрунтування можливості застосування природних інгредієнтів з антиокислювальним ефектом у технологіях заморожених січених напівфабрикатів з метою стабілізації їхньої ліпідної та білкової фракцій, підвищення біологічної цінності та подовження термінів безпечного зберігання визначає високу актуальність обраного вектора досліджень. [3,24]

Останніми роками спостерігається стійка тенденція до збільшення попиту на продукцію з м'яса водоплавної птиці, що актуалізує потребу в делікатній модернізації технологій її переробки. [4,26] Враховуючи високу харчову цінність, але специфічний жирнокислотний склад качатини (значний вміст моно- та поліненасичених жирних кислот, схильних до окиснення), науково обґрунтоване розроблення рецептур і вдосконалення технології січених напівфабрикатів на її основі є своєчасним науково-практичним завданням. [19,26]

Питанням збагачення м'ясних систем рослинними та мінеральними компонентами присвячено фундаментальні праці провідних вітчизняних та закордонних учених: Віннікової Л. Г., Пасічного В. М., Пересічного М. І., Баль-Прилипко Л. В., Самойленко А. О. та інших. Проте у доступній науково-технічній літературі практично відсутні системні дані щодо комплексного використання білих грибів (*Boletus edulis*) як структурних модуляторів та синергічних носіїв у технологіях січених напівфабрикатів з м'яса водоплавної птиці. [1,17]

Об'єкт дослідження — технологія січених напівфабрикатів з м'яса водоплавної птиці (качки), збагачених селеном та біополімерами білих грибів.

Предмет дослідження — модельні качині фаршеві системи, заморожені січені напівфабрикати (котлети) з м'яса качки з додаванням білих грибів та селеновмісних добавок, їхні фізико-хімічні, функціонально-технологічні, органолептичні, мікробіологічні показники та критерії безпечності.

Мета дослідження — удосконалення технології січених напівфабрикатів з м'яса водоплавної птиці (качки) з підвищеним вмістом селену та покращеними текстурально-функціональними властивостями.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **основні завдання**:

- проаналізувати сучасні інноваційні підходи до корегування функціонально-технологічних властивостей та хімічного складу м'ясних систем;
- обґрунтувати нутриціологічну доцільність та біотехнологічні аспекти створення птахівничих напівфабрикатів, збагачених селеном;
- науково аргументувати вибір форми та концентрації селеновмісної добавки для збагачення качиних фаршевих систем;
- дослідити технологічний потенціал та закономірності застосування білих грибів у рецептурах січених виробів з м'яса водоплавної птиці;
- сформувати комплексну схему та описати методологію експериментальних досліджень;

- встановити характер змін функціонально-технологічних і реологічних властивостей модельних фаршів та січених напівфабрикатів з м'яса качки;
- оптимізувати рецептурний склад та вдосконалити технологічну схему виробництва заморожених качиних напівфабрикатів;
- здійснити комплексну оцінку показників якості, нутрієнтного профілю та харчової цінності розробленої продукції;
- вивчити динаміку мікробіологічних та фізико-хімічних показників безпечності напівфабрикатів під час низькотемпературного зберігання для встановлення регламентованих термінів придатності;
- узагальнити результати, сформулювати висновки та розробити пропозиції для впровадження у виробництво.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасні науково-практичні підходи до корегування функціонально-технологічних властивостей та нутрієнтного складу м'ясних систем

Аналіз сучасних тенденцій розвитку світової та вітчизняної індустрії харчування свідчить про стійку переорієнтацію споживчого попиту в бік продуктів підвищеної біологічної цінності із вираженими функціональними властивостями.[2,22] Вирішення цього завдання тісно пов'язане з модернізацією технологій переробки м'ясної сировини, зокрема м'яса водоплавної птиці, потенціал якого в секторі виробництва січених напівфабрикатів наразі реалізовано не повністю. [21,26]

М'ясо качки є високоцінним джерелом повноцінного білка, есенціальних амінокислот, мікроелементів та вітамінів групи В. [19] Проте, порівняно з традиційними бройлерами, м'язова тканина водоплавної птиці характеризується специфічними анатомо-морфологічними та біохімічними ознаками, серед яких ключовими є вищий рівень міжм'язового та внутрішньом'язового жировідкладення, а також особлива архітектоніка колагенових волокон. [4,26] Жир качки містить значну кількість моно- та поліненасичених жирних кислот (зокрема, олеїнової, лінолевої та ліноленової), що забезпечує низьку температуру його плавлення (близько 26,5...28,5 °C) та високу засвоюваність організмом людини. Разом з тим, висока ненасиченість ліпідної фракції ініціює інтенсивні процеси автоокиснення під час низькотемпературного зберігання та термообробки, що негативно позначається на органолептичних показниках і безпечності готових виробів. [30]

Крім того, технологічною особливістю качиного м'яса є помірні показники початкової вологозв'язувальної (ВЗЗ) та жирутримувальної здатності (ЖУЗ) фаршевих систем, що зумовлено рН м'язової тканини та структурою міофібрилярних білків. [4] У процесі механічного оброблення (подрібнення, перемішування) та подальшого заморожування січених напівфабрикатів існує високий ризик дестабілізації білково-жирових емульсій,

руйнування клітинних мембран та втрати м'ясного соку, що призводить до отримання сухої, жорсткої консистенції готового продукту з низьким технологічним виходом. [24,25]

З огляду на це, актуальним науково-практичним завданням є цілеспрямоване корегування функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) качиних фаршів за допомогою залучення поліфункціональних інгредієнтів біогенного походження. [3,21] Сучасний підхід до конструювання полікомпонентних м'ясних систем базується на принципах харчової комбінаторики, яка дозволяє не лише нівелювати технологічні недоліки сировини, але й одночасно оптимізувати нутрієнтний профіль готового продукту. [2,27]

Як показує аналіз наукових праць [21, 2], ефективним інструментом регулювання реологічних та структурно-механічних характеристик січених напівфабрикатів є застосування харчових гідроколоїдів та біополімерів рослинного і мікологічного походження. Введення таких компонентів у фаршеву матрицю сприяє:

- інтенсифікації процесів гідратації та зв'язування вільної вологи; [25]
- формуванню міцних просторових коагуляційно-конденсаційних структур; [28]
- стабілізації жирової фази у вигляді стійких емульсій типу «олія у воді»; [4]
- зниженню втрат маси під час теплової обробки на 11,5...13,5% та покращенню текстуральних властивостей. [24]

Окрему увагу в контексті покращення нутрієнтного складу м'ясних виробів приділяють мікронутриційній профілактиці аліментарно-залежних захворювань. [18] Створення продуктів із заданим мінеральним профілем, зокрема збагачених есенціальним мікроелементом селеном, є пріоритетним напрямом сучасної нутриціології. [17,29] Застосування селеновмісних добавок у комбінації з антиоксидантними комплексами дозволяє захистити лабільні ліпіди качиного м'яса від пероксидної деструкції, пролонгувати термін

придатності заморожених напівфабрикатів та забезпечити споживача фізіологічно значущими дозами цього мікронутрієнта. [23,30]

Таким чином, системне поєднання біотехнологічного потенціалу м'яса качки та функціональних інгредієнтів цілеспрямованої дії відкриває широкі перспективи для розроблення асортименту січених напівфабрикатів нового покоління, які повністю відповідають сучасним вимогам науки про харчування. [5,22]

1.2. Нутриціологічне обґрунтування та доцільність створення продуктів харчування, збагачених селеном

Виробництво м'ясних напівфабрикатів на сучасному етапі є найбільш динамічним і високотехнологічним сегментом м'ясопереробної індустрії. При цьому домінуючу частку в структурі цього ринку займають заморожені кулінарні вироби, що зумовлено їхньою високою споживчою готовністю, зручністю у транспортуванні та приготуванні, а також здатністю до тривалого зберігання без втрати вихідних властивостей. [24,28]

Проте фізико-хімічні та біохімічні процеси, які безперервно протікають у м'ясній матриці під час низькотемпературного зберігання заморожених січених напівфабрикатів, неминуче супроводжуються деструкцією та накопиченням первинних і вторинних продуктів розпаду білкових речовин і ліпідних фракцій. Це призводить до поступового зниження загальної харчової та біологічної цінності, а також до погіршення органолептичних характеристик готового продукту. Інтенсифікація процесів автоокиснення ліпідів є лімітуючим чинником, який суттєво обмежує тривалість безпечного зберігання м'ясних товарів і безпосередньо загрожує токсикологічній безпечності замороженої продукції через утворення вільних радикалів, пероксидів та альдегідів. [30]

З огляду на це, науково-практична перспектива вдосконалення технології виробництва заморожених січених напівфабрикатів є своєчасною та

високовалідною. [3,5] Пошук і залучення до рецептурних композицій ефективних біопрепаратів та інгредієнтів природного походження, які мають виражену біологічну дію та антиоксидантну активність щодо окислювальних процесів у ліпідних компонентах м'ясних систем тривалого зберігання, визначено як пріоритетне виробниче, технологічне та соціальне завдання. [23]

Оптимальний статус конкретного есенціального мікронутрієнта в організмі встановлюють у разі досягнення функціональними показниками такої величини, за якої на фізіологічні процеси не впливатиме рівень ендogenous накопичення цього елемента або будь-яка побічна дія від регулярного споживання відповідних продуктів харчування. [29]

Рекомендовані норми споживання макро- та мікроелементів в Україні наразі перебувають на аналогічному рівні або дещо перевищують відповідні референтні значення, прийняті у країнах Європейського Союзу та США. Разом з тим, хронічною проблемою більшості індустріально розвинених країн є прогресуюче недостатнє надходження життєво важливих мікронутрієнтів із традиційними раціонами харчування. [18]

Вітчизняний та світовий досвід нутриціології переконливо доводить, що з урахуванням специфіки харчових технологій, а також соціально-економічних та медико-гігієнічних аспектів, найбільш раціональним і безпечним способом суттєвого поліпшення забезпеченості споживачів есенціальними мікронутрієнтами є проєктування, промислове виробництво та регулярне введення до структури харчування продуктів, додатково збагачених життєво важливими нутрієнтами до рівнів, що повністю задовольняють фізіологічні потреби людського організму. [2,22]

Упродовж останнього десятиліття прискіпливу увагу міжнародної наукової спільноти привертає мікроелемент селен (Se), який характеризується потужною біоантиоксидантною дією непрямого типу. Його хронічний дефіцит в організмі різко знижує загальну резистентність та опірність до вірусних, бактеріальних та мікробіологічних інфекцій. У субфізіологічних дозах селен бере безпосередню участь у регенерації та активації імунологічних реакцій, а

також виявляє чітко виражені антиканцерогенні та онкопротекторні властивості. За офіційними рекомендаціями нутриціологів США, до організму дорослої людини з їжею має щоденно надходити від 50 до 200 мкг селену (середньодобова норма становить приблизно 100 мкг), тоді як для дітей першого року життя цей показник становить 10–40 мкг. [18]

Головною причиною формування системного селенодефіциту є недостатнє надходження цього елемента до організму людей, які проживають на територіях із низьким вмістом Se у ґрунтах, поверхневих водах та, як наслідок, у локальних продуктах харчування. Глибокий дефіцит селену може також інтенсифікуватися за умов порушення механізмів його ендогенного засвоєння в шлунково-кишковому тракті, навіть якщо мікроелемент надходить разом із їжею у лінійній кількості. [22,23]

У жителів великих промислових регіонів та урбанізованих територіальних громад у сироватці крові регулярно фіксується знижений рівень селену. Таке дефіцитне становище найчастіше діагностують у осіб похилого віку, вагітних жінок та дітей, у раціонах яких спостерігається дисбаланс білкових компонентів або переважає низькокалорійне харчування. Це науково підтверджує та актуалізує необхідність екзогенного поповнення нормативної кількості зазначеного мікроелемента за рахунок оптимізації харчового кошика продуктами з високим природним вмістом селену або шляхом розроблення спеціальних композиційних продуктів харчування з направленим введенням органічних форм селену.

Кількісні параметри вмісту селену в крові об'єктивно відображають його загальний пул в організмі; референтні межі зазвичай становлять від 20 до 750 мкг/л, із середнім оптимумом на рівні 110–130 мкг/л. [29] Харчовий статус селену в клінічній практиці також оцінюють шляхом визначення його концентрації у волосяному покриві. В організмі людини цей мікроелемент депонується у кровоносній системі, переважно в плазмі крові, звідки транспортується до архітекtonіки всіх органів і тканин. При цьому найвищу концентрацію селену виявлено в паренхімі щипоподібної залози. [17]

Організм людини позбавлений здатності до ендогенного синтезу цього мікроелемента, тому для підтримання гомеостазу та фізіологічного рівня селену необхідно забезпечувати збалансований добовий раціон. [2] Найвища природна концентрація селену зосереджена в таких продуктах, як бразильські горіхи, м'язова тканина тварин, м'ясні субпродукти, морська риба, морепродукти, цільозернові злаки, висівки, а також у деяких спеціях та часнику.

Ендогенний селен інтегрований до складу специфічних білків — селенопротеїнів, які регулюють функціонування зорового аналізатора, ендокринної системи (де особлива роль належить тиреоїдному метаболізму), імунокомпетентних органів, шлунково-кишкового тракту, кістково-м'язового апарату та кардіоваскулярної системи. Селен має високу здатність інактивувати вільні радикали та купірувати перекисне окиснення ліпідів, запобігаючи виникненню онкологічних захворювань. [30]

Цей мікроелемент у синергічному поєднанні з токоферолом (вітаміном Е) та аскорбіною кислотою (вітаміном С) здатний формувати потужний антиоксидантний бар'єр, який ефективно захищає сітківку ока від деструктивного впливу вільних радикалів, а також бере безпосередню участь у процесах трансдукції зорового сигналу, забезпечуючи трансформацію світлового імпульсу в нервовий. [18]

Селен у біохімічному поєднанні з таким мікроелементом, як йод, здатний суттєво мінімізувати ризик виникнення гіперплазії щипоподібної залози, стимулювати ферментативний синтез тиреоїдних гормонів та підтримувати фізіологічну функцію внутрішніх органів.

Експериментально доведено, що збагачений селеном раціон харчування виявляє виражену протекторну та детоксикаційну дію на організм, достовірно знижуючи токсичний ефект від накопичення таких важких металів та ксенобіотиків, як свинець, кадмій, ДДТ і 2,4-Д-нітрати. [23]

Селен оптимізує перебіг ензиматичних процесів і прискорює регенерацію пошкоджених слизових оболонок. Крім того, він стимулює клітинну та гуморальну ланки імунітету, захищає цитоплазматичні мембрани від

пероксидної деградації, завдяки чому суттєво посилюються загальні адаптаційні та захисні функції макроорганізму. [18,30]

Продукти з підвищеним вмістом селену наполегливо рекомендовано вживати особам, які піддаються постійному зоровому та психоемоційному навантаженню — тривалому читанню за умов недостатнього або надмірного освітлення, роботі за моніторами комп'ютерних систем, керуванню автотранспортними засобами тощо. Разом з тим, селен забезпечує високу швидкість фізіологічної регенерації тканин, зокрема дермального шару, ефективно блокуючи запальні процеси та вірусні атаки. [17]

Згідно з нормативними рекомендаціями МОЗ України, для надійного забезпечення фізіологічних потреб організму в селені добова референтна норма для чоловіків становить близько 70 мкг (0,07 мг), тоді як для жінок — 50 мкг (0,05 мг). Максимально допустимий безпечний рівень щоденного споживання селену обмежений gross-дозою у 300 мкг на добу. [29]

Аліментарний дефіцит селену в організмі людини призводить до розвитку низки патологічних станів, зокрема:

- системного оксидативного стресу, що негативно позначається на функціональному стані сітківки ока (особливо чутливою до нестачі селену є макула — пігментована зона підвищеної гостроти зору);
- глибоких порушень репродуктивної функції;
- виражених ознак дистрофії м'язової системи, ендемічних нефропатій, структурного ураження кісткової та суглобової тканин;
- вторинного імунодефіциту, що провокує високу частоту інфекційних та бактеріальних захворювань;
- гальмування процесів регенерації тканин та уповільнення загоєння ран;
- дисфункції щипоподібної залози внаслідок блокади перетворення прогормону тироксину в його біологічно активну форму (трийодтиронін), що ініціює широкий спектр тиреоїдних патологій, включно з кретинізмом.

Клінічні дієтологи рекомендують обов'язкове впровадження раціонів із підвищеним вмістом селену для осіб із метою превентивного зниження ризиків розвитку таких станів, як:

- широкий нозологічний перелік онкологічних захворювань;
- нейродегенеративні розлади (зокрема, хвороба Альцгеймера);
- депресивні стани та порушення когнітивних і інтелектуальних функцій;
- хронічні хвороби серця та магістральних судин (ішемічна хвороба серця, інсультні стани, атеросклероз).

Встановлено, що за умов зниження концентрації селену в сироватці крові до рівня менше 0,4 мкмоль/л вірогідність виникнення гострого інфаркту міокарда зростає у 7 разів, а за показників у межах 0,4–0,6 мкмоль/л — у 3 рази. [29]

Найбільш географічно виражений дефіцит селену формується в організмі людей, які постійно проживають в ендемічних регіонах із бідним вмістом Se у структурі ґрунтів. [17] Рівень кумуляції селену безпосередньо залежить від характеру застосованих агротехнологічних прийомів на конкретній території, які спроможні як збагатити, так і суттєво виснажити родючий шар ґрунту.

З метою наукового обґрунтування вибору оптимального виду птахівничої сировини для впровадження в технологію січених напівфабрикатів, нами було проведено розширений порівняльний аналіз нутрієнтного профілю та вмісту есенціальних мікронутрієнтів у різних видах м'яса тварин та птиці (таблиця 1.1). [4,19,26]

Таблиця 1.1

Вміст мікронутрієнтів у різних видах м'ясної сировини (мг / 100 г)

Мікронутрієнти	Курятина	Качатина (м'ясо качки)	Телятина	Яловичина	Свинина
B1	0,09	0,12	0,16	0,10	0,84
B2	0,15	0,24	0,25	0,20	0,20
PP	6,10	5,00	6,00	5,40	3,90
B3(пантотенова к-та)	0,79	1,15	1,00	0,60	0,70

В6	0,51	0,35	0,40	0,42	0,50
В12, мкг	0,42	0,40	2,10	3,00	1,10
Натрій	88,00	74,00	108,00	73,00	64,80
Калій	325,00	270,00	345,00	355,00	316,00
Кальцій	9,00	11,20	12,50	10,20	8,00
Магній	28,00	21,50	23,70	22,00	27,00
Фосфор	200,00	192,00	206,00	188,00	170,00
Залізо	1,20	2,40	2,92	2,90	1,94
Мідь	0,07	0,18	0,23	0,18	0,10
Цинк	2,13	2,20	3,17	3,24	2,07
Марганець	0,01	0,018	0,03	0,03	0,03
Хром	0,008	0,012	-	0,008	0,011
Селен, мкг	0,014-0,22	0,012-0,18	-	0,01-0,35	-

Аналіз даних, наведених у таблиці 1.1, дозволяє констатувати, що м'ясо качки характеризується збалансованим та багатим мікронутрієнтним профілем. За вмістом окремих критично важливих елементів, зокрема заліза 2,40 мг/100 , міді 0,18 мг/100 г та вітамінів В1, В2 і В3, качатина суттєво випереджає курятину та більшість видів традиційного м'яса забійних тварин. Висока концентрація заліза забезпечує ефективну профілактику анемічних станів, а значний вміст вітамінів групи В виступає каталізатором метаболічних процесів. [4]

Ключова технологічна та споживча перевага м'яса качки полягає у формуванні особливих органолептичних властивостей, ніжної текстури та соковитості готових виробів завдяки оптимальному співвідношенню м'язової та жирової тканин, що гарантує швидку засвоюваність і високу біологічну цінність кінцевого продукту. [26]

Для компенсації дефіциту та надійного поповнення добової потреби організму людини в селені сучасна наука пропонує біотехнологічний шлях збагачення м'ясо-молочної сировини. Зокрема, ефективним є введення органічних форм мікроелемента до складу раціонів годівлі

сільськогосподарської птиці та тварин у розрахунку 0,1 мг активного селену на 1 кг сухої речовини корму. Це забезпечує подальше зажиттєве накопичення мікроелемента в м'язових депо. Також застосовують пряме технологічне модифікування м'ясних фаршів спеціальними селеновмісними препаратами (типу «Селена» — з розрахунком забезпечення добового фізіологічного пулу) або автолізатами дріжджів «Біоселен», які містять високодоступну форму селенометіоніну та селеноцистеїну, що гарантує максимальну біодоступність нутрієнта у складі готових січених виробів. [23]

1.3. Наукове обґрунтування вибору селеновмісної сировини та добавок у технологіях продукції з м'яса водоплавної птиці

Базовими критеріями підбору додаткових сировинних компонентів, покликаних оптимізувати нутрієнтний профіль січених напівфабрикатів з м'яса качки, визначено рівень концентрації в них есенціального селену, загальну частку повноцінного протеїну, а також комплекс органолептичних і функціонально-технологічних властивостей, що забезпечують їхню біотехнологічну сумісність із м'ясною матрицею водоплавної птиці. Для встановлення найбільш перспективних джерел мікронутрієнта було здійснено системний скринінг харчових продуктів із високим ступенем природної кумуляції селену. [17]

Згідно з референтними науковими даними, екстремально високим рівнем депонування даного елемента характеризується бразильський горіх, у 100 г якого міститься 1935 мкг селену, що еквівалентно 3520% від середньодобової фізіологічної потреби людини. Зважаючи на те, що середня маса одного плоду становить 5,0 г, його споживання забезпечує надходження 96,8 мкг мікроелемента. Проте специфічний ліпідний профіль, висока вартість та виражені алергенні властивості обмежують пряме залучення цієї сировини до рецептур м'ясних фаршів.

Значний інтерес становлять цільні зерна пшениці, де концентрація селену досягає 71,5 мкг/100г. Разом з тим, у технологіях нативно-дисперсних напівфабрикатів переробка цільнозернового субстрату ускладнена. Під час сортового помелу пшениці есенціальні мікроелементи концентруються у пшеничних висівках, які містять 78,2 мкг селену на 100г, забезпечуючи 130% добової норми споживання. Це дозволяє розглядати їх як потенційний текстуральний модифікатор, проте їхнє введення у високих концентраціях погіршує колір та консистенцію качинового фаршу. [24]

Серед гідробіонтів стабільним джерелом селену виступає м'язова тканина оселедця, де його вміст становить 41,5 мкг/100 г (75% добової потреби), причому ліофільний комплекс селену є термостабільним і не зазнає деструкції під час гідротермічного оброблення. Проте різкий специфічний запах рибної сировини унеможливорює її комбінування з м'ясом качки з огляду на незадовільні органолептичні характеристики кінцевого м'ясорослинного виробу.

Антиоксидантний потенціал селену в м'ясних системах реалізується шляхом гальмування вільнорадикальних окиснювальних процесів і стабілізації фракцій лабільних моно- та поліненасичених жирних кислот, які у значній кількості присутні в качиному жирі. Це забезпечує тривале блокування процесів перекисного окиснення ліпідів і суттєво пролонгує терміни безпечного зберігання низькотемпературних січених виробів. [29]

Враховуючи вищезазначені технологічні обмеження традиційних селеновмісних продуктів, науково та практично обґрунтовано доцільність застосування як поліфункціонального джерела селену та природного антиоксиданту дикорослої мікологічної сировини, зокрема білих грибів (*Boletus edulis*), заготовлених у сушеному вигляді. Використання попередньо зневоднених грибів дозволяє інтенсифікувати виробничий процес, виключити стадію промислового сушіння на базі м'ясопереробного підприємства та оптимізувати логістичні витрати. [27]

У межах розроблення рецептур заморожених січених напівфабрикатів із м'яса качки як природних антиоксидантних і структуроутворювальних модуляторів було комплексно оцінено біологічний потенціал дикорослих грибів (переважно білих грибів та маслюків). Зазначена мікологічна сировина має стабільний попит і виступає цінним есенціальним джерелом дефіцитних амінокислот, харчового міцеліального протеїну та органічних форм селену.

Рекомендація щодо залучення боровиків до технологій дієтичних та лікувально-профілактичних продуктів базується на їхніх унікальних фізіолого-нутриєнтних властивостях. Свіжі плодові тіла містять 85,0% води, що зумовлює їхню низьку енергетичну цінність. Наявність комплексу нативних гідролітичних ензимів сприяє розщепленню екзогенних ліпідів, а високий вміст хітиново-глюканових комплексів забезпечує пролонговане почуття насичення та нормалізацію моторно-евакуаторної функції шлунково-кишкового тракту. [25,28]

До корисних властивостей білих грибів належать: висока біодоступність міцеліальних білків (засвоюваність після дегідратації становить 80%), виражена стимуляція секреторної діяльності органів травлення, значна концентрація аскорбінової кислоти (синергіст селену), наявність біополімерів із протизапальними та імуномодулювальними властивостями, присутність унікального амінокислотного профілю (вміст лізину у 4,0 рази перевищує параметри ідеального білка за шкалою ФАО/ВООЗ), здатність блокувати кумуляцію ліпопротеїнів низької щільності на ендотелії магістральних судин, а також високий вміст рибофлавіну (В2), що покращує функціонування щипоподібної залози, зору, шкіри та волосся. [1,17,27]

Експериментальне вивчення хімічного складу анатомічних частин плодового тіла грибів виявило суттєву асиметрію в розподілі нутрієнтів між шапкою та ніжкою. Установлено, що кількість сухої речовини в шапках білих грибів становить 15,8% порівняно з ніжками (14,0%). Для порівняння, у підберезниках вміст сухої речовини в шапці становить 15,0%, а у гливці звичайній — знижується до 9,4%. [27]

Аналіз протеїнової фракції показує, що вміст сирого протеїну на 100 г сухої речовини (СР) у шапках білих грибів становить 44,9%, тоді як у ніжках цей показник дорівнює 28,4%. У підберезниках та глинах частка білка в шапках становить відповідно 46,3% та 37,3% на СР. Ліпідна фракція також переважає в шапках боровиків, досягаючи 7,3% на СР (проти 4,3% у ніжці), що забезпечує формування приємного грибного аромату. Рівень мінералізації (зольність) у шапках білих грибів становить 7,2%, а вміст розчинних цукрів досягає 17,1% на СР. [1]

Натомість ніжки білих грибів є потужним джерелом структурних полісахаридів — вміст міцеліальної клітковини та хітину в них становить 40,4% (у шапках — лише 22,5%). У підберезниках та глинах зосередження клітковини в ніжках становить відповідно 42,4% та 29,4%. Такий вміст структурних біополімерів у ніжках білих грибів обґрунтовує доцільність їхнього використання як вологозв'язувальних та текстурувальних агентів у фаршевих системах з м'яса качки, тоді як шапки раціонально залучати для підвищення біологічної цінності продукту. [24,25]

У межах масштабних скринінгових досліджень було проаналізовано рівень акумуляції селену в 66 зразках дикорослих макроміцетів, які охоплювали 18 таксономічних видів. Встановлено чітку видоспецифічність накопичення мікроелемента. Лідерами за рівнем депонування Se визначено дикорослі види роду *Boletus*:

- *Boletus aestivalis* (Боровик сітчастий) — 48,5 мг/кг сухої маси;
- *Boletus pinophilus* (Білий гриб сосновий) — 19,9 мг/кг сухої маси;
- *Boletus edulis* (Білий гриб боровик) — 14,9 мг/кг сухої маси;
- *Boletus aereus* (Боровик бронзовий) — 12,3 мг/кг сухої маси;
- *Boletus fragans* та *Boletus spretus* — 2,0 мг/кг сухої маси.

Для порівняння, інші їстівні гриби виявили менший селеновмісний потенціал: *Marasmius oreades* (Опеньок луговий) — 1,5 мг/кг, *Agaricus bisporus* «Portobello» — 1,3 мг/кг, нативні форми *A. bisporus* — 1,0 мг/кг, а *Russula cyanoxantha* — 0,72 мг/кг. Культивовані та деякі інші дикорослі макроміцети,

такі як *Lentinula edodes* (шіїтаке), *Pleurotus ostreatus* (глива), *Cantharellus cibarius* (лисичка справжня), *Craterellus cornucopioides* та *Lepista nuda*, характеризувалися латентним рівнем вмісту селену, що робить їхнє застосування з метою мікронутрієнтного збагачення нераціональним. [17]

Таким чином, на основі комплексного аналізу нутрієнтного профілю, амінокислотного складу, технологічних властивостей та селеновмісного потенціалу, як найбільш оптимальні та перспективні джерела збагачення качиних фаршевих систем обрано видові форми *Boletus aestivalis*, *Boletus pinophilus* та *Boletus edulis*, ареал поширення яких повністю охоплює лісові екосистеми України, що гарантує стабільну сировинну базу для виробництва напівфабрикатів. [17,27]

1.4. Перспективи та технологічні аспекти застосування грибів у виробництві м'ясних виробів

Моделювання інгредієнтного складу та проектування технологічного процесу промислового виробництва січених кулінарних виробів з качатини здійснювали з урахуванням національних традицій споживання м'ясної продукції в Україні, специфіки наявних виробничих ліній, логістичних чинників та регламентованих умов низькотемпературного зберігання. У вітчизняній практиці накопичено значний досвід комбінування птахівничої та мікологічної сировини. Зокрема, у дослідженнях Пасічного В. М. та Галенко О. О. обґрунтовано створення нового рецептурного складу дієтичних котлет, де використання мікологічних інгредієнтів у поєднанні з пластівцями забезпечило підвищення біологічної цінності продукту, покращення його текстури та стабілізацію органолептичних показників після теплового оброблення. Цей підхід є важливим підґрунтям для нашої роботи, оскільки доводить доцільність поєднання птахівничого субстрату з макроміцетами, де замість традиційних культивованих грибів нами використано білі гриби з вищим нутрієнтним потенціалом. [1,21]

У схожому контексті науковцями Азаровою Н. Г. та Шлапак Г. В. розроблено серію рецептур січених виробів, де заміщення м'ясної матриці подрібненою грибною масою у кількості 3,9% та жирових компонентів у межах 3,1% дозволило оптимізувати ліпідний профіль без деструктивного впливу на дегустаційні характеристики. Застосування вказаного рівня модифікації разом із введенням 3,1% вівсяних висівок забезпечило зростання частки білків на 5,9% та зниження сумарної кількості жиру на 3,2%, що підвищило технологічний вихід кулінарної продукції та знизило її собівартість. Окрім цього, у профільних дисертаційних працях детально вивчено характер змін функціонально-технологічних, реологічних та мікробіологічних показників комбінованих м'ясних фаршів з грибними добавками в процесі тривалого зберігання. Залучення білих грибів у технологію січених виробів з м'яса качки повністю узгоджується з наведеними науковими підходами та дозволяє завдяки високому вмісту міцеліальних біополімерів і природного селену одночасно покращити гідратаційні властивості качинового фаршу та забезпечити високий антиоксидантний статус готового замороженого продукту. [17,21]

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організація роботи та об'єкти досліджень

Об'єктом дослідження є технологія січених напівфабрикатів з м'яса водоплавної птиці (качки), збагачених селеном та біополімерами білих грибів. Предметом дослідження визначено модельні качині фаршеві системи, заморожені січені напівфабрикати (котлети) з м'яса качки з додаванням білих грибів, а також готові кулінарні вироби після теплової обробки.

Під час проектування рецептурних композицій та виготовлення дослідних зразків січених напівфабрикатів використовували таку сировину:

- м'ясо качки згідно з ДСТУ 6021:2008 «М'ясо птиці (тушки курей, качок, гусей, індиків, цесарок). Технічні умови»; [10]
- яйця курячі харчові відповідно до ДСТУ 5028:2008 «Яйця курячі харчові. Технічні умови»; [9]
- цибуля ріпчаста свіжа за ДСТУ 3234-95 «Цибуля ріпчаста свіжа. Технічні умови»; [6]
- олія соняшникова рафінована дезодорована дезодорована марка «П» згідно з ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшникова. Технічні умови»; [8]
- сушені білі гриби (*Boletus edulis*).

Дослідження з оцінювання та встановлення функціонально-технологічних і структурно-механічних характеристик м'ясо-мікологічних систем та готових напівфабрикатів здійснювали після інтеграції зневоднених білих грибів у дисперсному (подрібненому) вигляді. Процес подрібнення грибною сировини проводили до досягнення лінійного розміру частинок 250 мкм. Концентрацію мікологічного інгредієнта у складі модельних фаршів варіювали в діапазоні від 0% до 20% до маси базового субстрату з кроком градації 5%.

2.2. Методи визначення фізико-хімічних, функціонально-технологічних та мікробіологічних показників

Під час виконання експериментальної частини роботи застосовували загальноприйняті, стандартні та арбітражні методи аналізу, що забезпечують високу точність та відтворюваність одержаних результатів.

Масову частку ліпідів (жиру) у зразках визначали методом екстракції у модифікації Сокслета. Визначення масової частки загальної вологи здійснювали шляхом гравіметричного висушування аналітичної наважки подрібненого зразка у сушильній шафі за температури 105 °С до досягнення постійної маси. [13]

Для комплексного оцінювання функціонально-технологічного потенціалу рослинно-мікологічних компонентів визначали показники вологоутримувальної (ВУЗ) та жирутримувальної здатності (ЖУЗ). [24,25]

Визначення вологоутримувальної здатності проводили за такою методикою: наважки дослідних зразків масою 2 г піддавали процесу гідратації у дистильованій воді у співвідношенні 1:5 упродовж 1 год у скляних хімічних судинах за температури 20 °С. Після цього ємності поміщали в лабораторний термостат за температури 75 °С і витримували протягом 15 хв. Вміст судин кількісно переносили в гнізда лабораторної центрифуги із сітчастими вставками і центрифугували впродовж 15 хв за частоти обертання ротора 1000 об/хв для повного відділення незв'язаної вологи. Маса сітчастих вставок контролювали шляхом зважування, а розрахунок ВУЗ здійснювали за формулою (2.1):

$$\text{ВУЗ} = \frac{M_r - M_c}{M_c}, \text{ г/г} \quad (2.1)$$

де M_r – маса гідратованого текстурату, г;

M_c – маса сухого текстурату, г.

Жирутримувальну здатність мікологічної сировини встановлювали за аналогічним принципом. Аналітичні наважки масою 2 г диспергували в 10 г

рафінованої соняшникової олії та експонували протягом 1 год у скляних судинах за температури 20 °С. Наступним етапом зразки термостатували за температури 75 °С із витримкою 15 хв. Термооброблений вміст центрифугували 15 хв за 1000 об/хв у центрифужних стаканах із сітчастими елементами. Після фіксації маси відокремленої вільної олії розрахунок показника ЖУЗ проводили за формулою (2.2):

$$\text{ЖУЗ} = \frac{M_n - M_c}{M_c}, \text{ г/г}$$

де M_n – маса сольватованого текстурату, г,

M_c – маса сухого текстурату, г.

Емульсійну стабільність (ЕС) композицій визначали шляхом диспергування препарату в дистильованій воді у пропорції 1:5. До сформованої суспензії додавали соняшкову олію, після чого проводили механічне емульгування на лабораторному гомогенізаторі протягом 2 хв за максимальної частоти обертання робочого органа (8000...10000 об/хв). Розрахункове співвідношення фаз у системі «препарат : вода : олія» становило 1:5:5.

Отримані бінарні емульсії переносили в градуйовані центрифужні пробірки об'ємом 10 мл (у 3 паралельних повторностях), витримували в термостаті за температури 75 °С протягом 15 хв, після чого охолоджували проточним водним теплоносієм до кімнатної температури і залишали на 2 год. Фінальне розділення фаз здійснювали центрифугуванням упродовж 15 хв за частоти 2500 об/хв, фіксуючи відсоткове співвідношення відокремлених водної та масляної фаз. [4,11]

Водозв'язувальну здатність (ВЗЗ) безпосередньо м'ясних фаршевих систем визначали методом пресування. Наважку досліджуваного качинового фаршу масою 0,3 г зважували на торсійних вагах, розміщували на підготовлений беззольний фільтр між двома паралельними пластинами, піддавали дії статичного вантажу масою 1,0 кг і витримували протягом 10 хв. Геометричну площу плям, утворених спресованим м'ясом та адсорбованою

вологою, вимірювали за допомогою планіметра. Розрахунок масової частки зв'язаної води здійснювали за формулою (2.3):

$$X = \frac{(A_0 - 8,4B) \cdot 100}{A_0},$$

де X – вміст зв'язаної води, % до загальної води;

A_0 – загальний вміст води в наважці, кг;

8,4 – експериментально встановлена величина поглинання води

фільтром, мг/см²;

B – площа вологої плями, см².

Для ідентифікації жирутримувальної здатності безпосередньо м'ясних фаршів дослідний зразок із вихідною масовою часткою води 70...80% гомогенізували з жировим компонентом у такий спосіб, щоб сумарна частка ліпідів у суміші становила 30%. Дослідну наважку масою 230...250 г поміщали в металеві консервні банки № 3, герметично закупорювали кришками та піддавали тепловій обробці до досягнення температури в центрі продукту 72 °С. Після декомпресії банки відкривали, акуратно декантували бульйонно-жирову суміш у мірні циліндри та вимірювали об'єм виділеного вільного жиру. Розрахунок показника жирутримувальної здатності відносно одиниці сухої знежиреної речовини (СЗР) м'ясного об'єкта проводили за формулою (2.4):

$$\text{ЖУС} = \frac{0,3 \cdot m_0 - 0,975 \cdot v_{\text{ж}}}{((1 - X_0) \cdot m_0 - 0,3) \cdot m_0},$$

де m_0 – маса зразка, г;

$v_{\text{ж}}$ – об'єм виділеного жиру, мл;

X_0 – масова частка води в зразку, г;

0,975 – коефіцієнт, що враховує усереднену щільність жиру, г/мл

Контроль концентрації іонів водню (вимірювання рН) у модельних фаршевих системах та готових напівфабрикатах здійснювали потенціометричним методом згідно з ДСТУ ISO 2917:2001 «М'ясо та м'ясні продукти. Визначення рН (Арбітражний метод)» за допомогою лабораторного

pH-метра, оснащеного комбінованим скляним електродом. Вихід готової продукції (В) фіксували ваговим методом шляхом порівняння маси зразків до і після теплової обробки. [11]

Органолептичне оцінювання розроблених січених напівфабрикатів з м'яса качки здійснювали за показниками зовнішнього вигляду, консистенції, смаку, запаху та вигляду фаршу на розрізі відповідно до регламентів сучасного діючого стандарту ДСТУ 4437:2021 «Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні січені. Технічні умови». Органолептичні вимоги до продукції наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

**Характеристика та норма органолептичних показників напівфабрикатів
за ДСТУ 4437:2021**

Назва показника	Критерії та вимоги згідно з ДСТУ 4437:2021
Зовнішній вигляд	Форма овальна або овально-приплюснута, поверхня рівномірно покрита панірувальним шаром, без наявності розірваних або ломаних країв
Консистенція	Щільна, монолітна, у готовому (смаженому) вигляді - соковита, ніжна, без ознак крихкості
Смак	Приємний, гармонійний, без стороннього присмаку, у смаженому вигляді — властивий даному виду птахівничої сировини та доданих спецій
Запах	Виражений, специфічний для смаженого качиноного м'яса з ароматом білих грибів, без проявів сторонніх або затхлих запахів
Вигляд фаршу на розрізі	Рівномірно перемішана структура із видимими включеннями частинок мікологічної сировини та цибулі, без повітряних порожнеч

У дегустаційному аналізі брала участь закрита комісія у складі п'яти підготовлених дегустаторів. Оцінювання здійснювали за розробленими дегустаційними листами з використанням стандартної 9-бальної сенсорної шкали відповідно до ДСТУ ISO 4121:2011 «Органолептичний аналіз. Методологія. Оцінювання харчових продуктів за допомогою шкал».

Максимальна сумарна балова оцінка зразка становила 45 балів. Критерії балового ранжування наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Критерії оцінювання якості органолептичних показників січених виробів

Балова оцінка	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак	Запах	Вигляд на розрізі
9	Дуже гарний	Дуже ніжна	Дуже смачний	Дуже ароматний	Дуже гарний
8	Гарний	Ніжна	Смачний	Ароматний	Гарний
7	Хороший	Достатньо ніжна	Достатньо смачний	Достатньо ароматний	Хороший
6	Недостатньо хороший	Недостатньо ніжна	Недостатньо смачний	Недостатньо ароматний	Недостатньо хороший
5	Середній	Середня	Середній	Середній	Середній
4	Дещо небажаний	Дещо жорсткувата	Не дуже смачний	Невиражений	Нерівномірно перемішаний
3	Небажаний	Жорсткувата, рихла	Неприємний	Дещо неприємний	З великими плямами
2	Поганий	Жорстка, суха	Несмачний	Неприємний	Поганий
1	Дуже поганий	Дуже жорстка	Дуже поганий	Дуже поганий	Дуже поганий

Лабораторні дослідження фізико-хімічного профілю розробленої продукції проводили на відповідність вимогам ДСТУ 4437:2021. [7] Контролювали масову частку загального селену, вологи, ліпідів, хлориду натрію та білка. Фізико-хімічні критерії, адаптовані під ліпідно-білковий баланс качинового м'яса, наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Фізико-хімічні показники січених напівфабрикатів із м'яса качки

Назва показника	Значення за нормативом ДСТУ 4437:2021 (з урахуванням специфіки сировини)
Масова частка вологи, %	63,80
Масова частка жиру, %	24,50
Масова частка кухонної солі (хлориду натрію), %	1,20...1,50
Температура в товщі напівфабрикату під час виходу з морозильного апарату, °С, не вища ніж	Мінус 18,00
Маса однієї штуки (котлети), г	50,00

Примітка: Для спеціальних дієтичних виробів масова частка кухонної солі не повинна перевищувати 0,9%...1,2%, жиру — 22,0%, а масова частка білка повинна становити не менше 12,5%. Дозволено використання замінників солі лікувально-профілактичного спрямування (із вмістом калію та магнію) у пропорції 1:1.

Аналітичне визначення масової частки вологи здійснювали згідно з ДСТУ ISO 1442:2005 «М'ясо та м'ясні продукти. Методи визначення вмісту вологи». [13] Контроль масової частки ліпідної фракції проводили відповідно до вимог ДСТУ 8380:2015 «М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки жиру». [11] Масову частку кухонної солі визначали арбітражним методом за ДСТУ ISO 1841-2:2004 «М'ясо та м'ясні продукти. Визначення вмісту хлоридів. Частина 2. Потенціометричний метод». [14]

Під час мікробіологічного контролю напівфабрикатів використовували стандартні живильні середовища: м'ясо-пептонний агар (МПА) та сусло-агар (СА). Відбір точкових проб із товщі заморожених напівфабрикатів та формування середньої проби масою 1...10 г здійснювали в асептичних умовах згідно з ДСТУ EN ISO 6887-2:2019 «Мікробіологія харчового ланцюга. Підготовка дослідних зразків, початкової суспензії та десятикратних розведень для мікробіологічного досліджування. Частина 2. Специфічні правила для м'яса та м'ясних продуктів». [12]

На лабораторних електронних вагах 2-го класу точності із дотриманням правил асептики зважували аналітичну наважку масою 1 г, переносили її в стерильну порцелянову ступку та ретельно розтирали з додаванням мінімального об'єму стерильного фізіологічного розчину. Отриману гомогенну суспензію кількісно переносили у стерильну колбу і доводили робочий об'єм до 100 см³ стерильним фізрозчином, отримуючи базове розведення 1:100.

Посів здійснювали поверхневим методом: для визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) суспензію вносили на чашки Петрі з МПА з подальшим термостатуванням за температури 37 °С протягом 48 год. Для виявлення та обліку мікроорганізмів псування (дріжджів та мікроскопічних грибів) посів виконували на щільне середовище СА за аналогічною методологією. Санітарно-мікробіологічні критерії безпечності розроблених напівфабрикатів наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Мікробіологічні показники безпечності січених напівфабрикатів

Назва показника	Нормативні критерії безпечності згідно з ДСТУ 4437:2021
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), КУО в 1 г продукту, не більше ніж	1,0 x 10 ⁵
Бактерії групи кишкових паличок (БГКП, колиформи) в 0,1 г продукту	Не допускаються
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> в 25 г продукту	Не допускаються
<i>Listeria monocytogenes</i> в 25 г продукту	Не допускаються

Кількісний облік результатів здійснювали шляхом підрахунку сформованих колоній на чашках Петрі за допомогою лічильника колоній з

урахуванням ступеня розведення, порівнюючи отримані експериментальні дані з чинними нормативними стандартами України.

2.3. Комплексна схема проведення експериментальних досліджень

На основі узагальнення теоретичних відомостей та аналізу сучасних тенденцій нутриціології сформульовано наукову гіпотезу роботи. Під час перероблення та низькотемпературного зберігання качиної сировини у складі січених напівфабрикатів відбувається трансформація та окисна деструкція біологічно активних нутрієнтів під дією комплексу ендогенних та екзогенних чинників. [19,30] Попередження, мінімізація або повне гальмування цих деструктивних процесів можливі шляхом комплексного залучення біохімічних, фізико-хімічних та біотехнологічних важелів. Раціональне поєднання м'ясної матриці водоплавної птиці та мікологічної сировини у формі стабільних харчових композицій дозволяє цілеспрямовано покращити комплексні показники якості готових продуктів, підвищити їхній антиоксидантний статус та стабілізувати собівартість кінцевого кулінарного виробу. [1,5,27]

У межах дослідження обґрунтовано збагачення качиних січених напівфабрикатів, зокрема котлетної маси з м'яса качки, біологічно цінною та функціональною мікологічною добавкою, як природним синергічним носієм органічного селену, використовуючи білі гриби (*Boletus edulis*), технологічний потенціал яких у поєднанні з сировиною водоплавної птиці наразі вивчено недостатньо. Комплексне визначення кількісних параметрів та якісних характеристик білих грибів у складі розроблених м'ясо-мікологічних систем дозволяє експериментально обґрунтувати та рекомендувати їх для промислового впровадження у харчовій індустрії з метою виробництва широкого асортименту напівфабрикатів з качатини, включаючи формовані січені вироби (котлети). Організація виробництва качиних котлет, збагачених есенціальним селеном, дозволить суттєво диверсифікувати та розширити наявну асортиментну лінійку високоякісних птахівничих напівфабрикатів на

вітчизняному ринку. Під час визначення й оптимізації компонентного складу рецептурних модулів розроблених котлет орієнтувалися як на органолептичні критерії оцінювання дегустаційної комісії, так і на стабільність фізико-хімічних та функціонально-технологічних показників якості модельних систем. [16,24]

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Комплексне оцінювання функціонально-технологічних характеристик модельних фаршевих систем та січених напівфабрикатів з м'яса качки

Для наукового обґрунтування технологічних рішень виробництва качиних напівфабрикатів, збагачених органічними формами селену, на першому етапі експерименту вивчали функціонально-технологічні властивості модельних фаршевих систем. [21,23] Під модельними системами розуміли подрібнену качину м'язову тканину без додавання кухонної солі, спецій, гідроколоїдів та іншої допоміжної сировини. У процесі підготовки дослідних зразків качатину подрібнювали на лабораторному вовчку з діаметром отворів ножової решітки 2,5 мм. Після цього формували дослідні серії фаршу, до яких інтегрували дисперсний порошок сушених білих грибів у чітко визначених концентраціях, що становили 0%, 5%, 10%, 15% та 20% до маси базового м'ясного субстрату. Отримані комбіновані системи піддавали інтенсивному механічному перемішуванню та витримували в умовах спокою протягом 15 хв для забезпечення рівномірного просторового розподілу мікрологічних компонентів та первинної гідратації біополімерів у загальному об'ємі фаршу. Гідротермічне оброблення контрольних та дослідних зразків здійснювали за ідентичних температурних та часових режимів. Критеріями оцінювання технологічної ефективності введення дисперсних білих грибів слугували показники масової частки вологи, вологоутримувальної та жирутримувальної здатності, водневого показника, а також рівень втрат маси фаршу під час теплового оброблення. [24] Усереднені результати цих досліджень наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Функціонально-технологічні властивості модельних качиних фаршевих систем

Масова частка грибного порошку, %	Вміст води, %	Вологоутримувальна здатність, %	Жирутримувальна здатність, г/г	Активна кислотність, од. рН	Втрати при термообробці, %
0 (контроль)	61,1	54,5	0,18	5,98	17,9
5	61,3	53,6	0,22	6,03	18,3
10	62,1	53,8	0,31	6,08	18,9
15	62,9	52,1	0,34	5,98	19,7
20	64,0	51,3	0,36	5,88	20,5

Експериментальні дані таблиці 3.1 дозволяють констатувати, що залучення мікологічного інгредієнта суттєво трансформує базові функціонально-технологічні параметри модельних качиних фаршів. Фіксується лінійне зростання загального вмісту води в системі, що зумовлено високою початковою гідрофільністю сушеної добавки. Разом з тим, показники вологоутримувальної здатності дослідних зразків зазнають помірного зниження, починаючи з концентрації грибного порошку 10% до маси м'ясної сировини. Така тенденція призводить до певної перебудови консистенції фаршевої матриці та зумовлює збільшення втрат маси м'ясо-мікологічної системи під час проведення теплового оброблення. [24,28]

Подрібнені сушені білі гриби виявляють виражений позитивний вплив на здатність качиного фаршу акумулювати та утримувати ліпідну фракцію, що є критично важливим для водоплавної птиці з огляду на високий вміст внутрішньом'язового жиру. Максимальне значення вологоутримувальної здатності серед дослідних серій із добавками зафіксовано на рівні 53,8% за умов інтеграції 10% мікологічного порошку до маси м'ясної сировини. Найвищі жирутримувальні властивості, що досягають 0,36 г/г, виявлені у зразках із граничним рівнем введення добавки 20%. Найбільш високе значення активної

кислотності, яке становить 6,08 од. рН, також визначено за депонування 10% дисперсних білих грибів. Водночас максимальні втрати маси при термообробці зафіксовані у системах із 20% добавки (показник становить 20,5%), тоді як введення 15% грибного порошку зумовлює втрати на рівні 19,7%.[24]

Під час моделювання рецептурних композицій безпосередньо готових січених напівфабрикатів (котлет) здійснювали аналогічну підготовку дисперсної грибної добавки. Котлетний качиний фарш готували за базовою схемою із рівномірним розподілом подрібнених боровиків, концентрацію яких варіювали в межах від 5% до 20% до маси м'яса. Для визначення оптимальних меж введення збагачувального модуля вивчали характер змін комплексного органолептичного показника котлет залежно від масової частки білих грибів (Рис 3.1). [16]



Рис 3.1. Вплив масової частки грибного порошку на органолептичні показники котлет (у балах)

Аналіз профілю сенсорної експертизи (графік 3.1) дозволяє зробити висновок, що найвищі балові оцінки отримали зразки качиних котлет із додаванням дисперсних білих грибів у кількості 5% та 10% до маси м'ясної сировини. Зазначені зразки характеризувалися відмінними дегустаційними та

ароматичними властивостями, набравши відповідно 44,1 та 43,1 бала, що демонструє високу сумісність із дегустаційним еталоном контрольного зразка.

Вивчення функціонально-технологічних характеристик готових заморожених січених напівфабрикатів з м'яса качки з додаванням мікологічного порошку проводили за параметрами загального вмісту води, частки зв'язаної води, рівня втрат до початкової маси при тепловому обробленні, а також загального технологічного виходу готового продукту. Результати досліджень напівфабрикатів наведено на Рис 3.2.

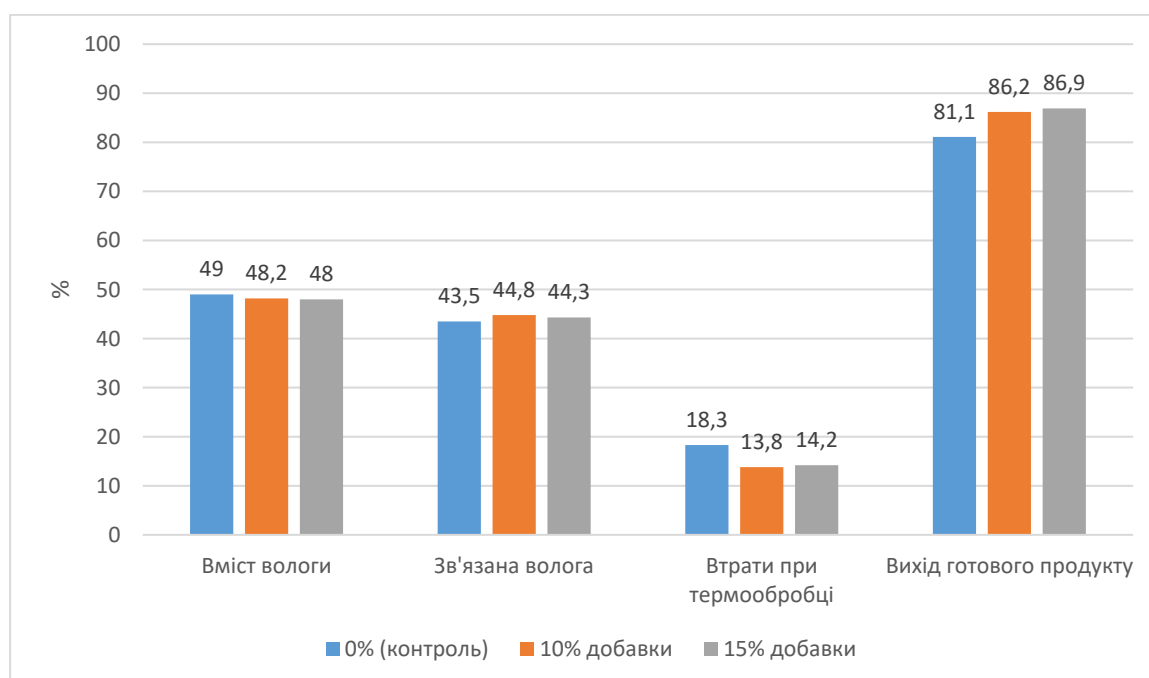


Рисунок 3.2. Функціонально-технологічні властивості качиних напівфабрикатів із грибним порошком (%)

Графічний аналіз експериментальних даних (діаграма 3.2) дозволяє стверджувати, що в дослідних зразках качиних котлет спостерігається закономірне зростання виходу готового продукту. Це технологічне явище пояснюється вищою здатністю структурованої системи утримувати мобілізовану воду в процесі гідротермічного оброблення. Завдяки введенню дисперсних білих грибів у фаршевому об'ємі відбувається збільшення концентрації розчинних міцеліальних білків та полісахаридів, які рівномірно розподіляються по всій качиній матриці, забезпечуючи високу міцність і

стабільність тривимірного структурного каркаса продукту, який ефективно депонує вільну вологу та жир. [21,28]

Таким чином, узагальнення результатів проведених експериментів доводить, що застосування дисперсного порошку білих грибів у виробництві січених кулінарних виробів з м'яса качки не чинить негативного впливу на якісні характеристики напівфабрикатів, а за ключовими показниками, включаючи частку зв'язаної вологи та загальний вихід кулінарної продукції, суттєво підвищує їх. Одержані дані підтверджують, що дослідні зразки м'ясо-мікологічних систем мають покращену вологоутримувальну здатність та збалансовану щільність консистенції. [25]

3.2. Обґрунтування та удосконалення технологічних рішень виробництва січених напівфабрикатів з м'яса качки, збагачених селеном

Під час проєктування комплексної схеми експерименту було передбачено здійснення часткової заміни м'язової тканини качки на дисперсний порошок сушених білих грибів з метою природного збагачення напівфабрикатів органічними сполуками селену. Як контрольний зразок для порівняльної оцінки використовували січені вироби, виготовлені за традиційною класичною рецептурою. На основі попередніх досліджень функціонально-технологічних властивостей модельних систем було встановлено технологічну доцільність та раціональність інтеграції мікологічного порошку до складу розроблених рецептур качиних напівфабрикатів у кількості до 15% від загальної маси м'ясної сировини.

Для промислового виробництва дослідних партій січених виробів з грибним порошком використовували збалансований набір інгредієнтів, що включав качине м'ясо, пшеничний хліб, сухарі для панірування, питну воду, подрібнений порошок білих грибів, свіжий курячий меланж, свинячий шпик, столову моркву, ріпчасту цибулю, кухонну сіль та чорний мелений перець. [20]

Оптимізований компонентний склад розроблених рецептур напівфабрикатів наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Рецептурний склад напівфабрикатів з м'яса качки, збагачених селеном (г на 100 г фаршу)

Найменування сировини	Контрольний зразок	Зразок з 5% грибного порошку	Зразок з 10% грибного порошку	Зразок з 15% грибного порошку
М'ясо качки	52,00	49,00	47,00	44,00
Хліб пшеничний	10,00	10,00	10,00	10,00
Шпик свинячий	15,00	15,00	15,00	15,00
Яйця курячі (меланж)	4,00	4,00	4,00	4,00
Морква столова	5,00	5,00	5,00	5,00
Цибуля ріпчаста	2,00	2,00	2,00	2,00
Порошок білих грибів	—	3,00	5,00	8,00
Сіль кухонна	0,60	0,60	0,60	0,60
Сухарі панірувальні	2,00	2,00	2,00	2,00
Перець чорний мелений	0,05	0,05	0,05	0,05
Вода питна	9,35	9,35	9,35	9,35
Разом	100,00	100,00	100,00	100,00

Удосконалена технологічна схема виробництва качиних напівфабрикатів передбачає послідовне виконання етапів підготовки сировинних компонентів, приготування комбінованого фаршу, формування нативно-дисперсних напівфабрикатів, а також їхнього низькотемпературного заморожування, пакування та маркування. Первинна підготовка м'ясної сировини включає жиловку та подрібнення качатини на промисловому вовчку з діаметром отворів решітки 2,5 мм. [4] Під час підготовки допоміжних рослинних компонентів

свіжу ріпчасту цибулю піддають очищенню, промивають проточною водою та подрібнюють на вовчку. Курячий меланж попередньо розморожують у спеціальних ваннах із водяним теплоносієм за температури води не вище 45 °С. Пшеничний хліб зачищають від скоринок, нарізають на шматки, замочують у розрахунковій кількості питної води та пропускають через вовчку з діаметром отворів решітки 2,5 мм з наступним перемішуванням у лопатевій мішалці з підготовленим меланжем до отримання абсолютно однорідної маси. [20]

Технологічний процес підготовки мікологічного збагачувального модуля включає стадії ідентифікації сушеної сировини, сортування плодових тіл, миття, нарізання та повторного делікатного сушіння до досягнення залишкової масової частки вологи 13,0% з подальшим тонким диспергуванням у млині до лінійного розміру частинок 250 мкм з метою отримання стабільної порошкоподібної консистенції. Кухонну сіль та панірувальні сухарі перед безпосереднім використанням просіюють та пропускають через магнітні уловлювачі для надійного видалення можливих феромагнітних домішок. Усі рецептурні компоненти зважують на електронних вагах або дозують за допомогою автоматичних дозаторів. Зважене м'ясо качки, шпик, спеції та підготовлену мікологічну добавку завантажують у фаршезмішувач та здійснюють інтенсивне перемішування протягом 7 хв до досягнення монолітної структури. [20,21]

Формування та фінальне панірування січених напівфабрикатів виконують на котлетних автоматах із забезпеченням маси однієї штуки 100 г. У разі ручного формування вироби акуратно викладають на лотки, попередньо рівномірно посипані тонким шаром панірувальних сухарів, із подальшим нанесенням сухарів на всю поверхню продукту. Сформовані качині напівфабрикати направляють на швидке низькотемпературне охолодження та заморожування у морозильних камерах шокової заморозки за температури не вище мінус 18 °С. Заморожені вироби укладають у пакети з полімерної плівки на спеціальних підкладках, загортають у пергаментні серветки або інші дозволені пакувальні матеріали, після чого пакети герметизують скобами або

склеюють липкою стрічкою, а підкладки обтягують щільною газонепроникною плівкою. Напівфабрикати з м'яса качки, розфасовані для подальшої реалізації, пакують у полімерні багатообігові ящики. У кожену одиницю тари вкладають напівфабрикати одного виду та однієї дати виготовлення, супроводжуючи ящик маркувальною етикеткою із зазначенням назви продукту, підприємства-виробника, точної дати та години закінчення технологічного процесу. [12]

3.3. Дослідження показників якості та харчової цінності розроблених напівфабрикатів із м'яса водоплавної птиці

Експериментальне оцінювання якісних характеристик січених напівфабрикатів з м'яса качки, збагачених органічними сполуками селену за рахунок інтеграції до рецептурного складу дисперсного порошку білих грибів, здійснювали за комплексом органолептичних критеріїв. Із залученням розробленої бальної шкали було проведено делікатну експертизу дегустаційних властивостей дослідних партій котлет за показниками смаку, запаху, консистенції, вигляду фаршу на розрізі та зовнішнього вигляду готового виробу. Числові матриці, що лягли в основу профілю бальної оцінки якості розроблених качиних напівфабрикатів, наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Матриця органолептичних показників качиних котлет із грибним порошком

Варіанти рецептурних композицій	Зовнішній вигляд	Консистенція	Вигляд на розрізі	Смак	Запах
Контрольний зразок (0%)	9,0	8,8	8,8	8,8	8,6
Зразок із 5% грибного порошку	9,0	7,8	8,4	8,2	7,8
Зразок із 10% грибного порошку	8,6	7,6	8,2	8,6	8,2
Зразок із 15% грибного порошку	8,6	6,8	8,0	7,8	7,2

Аналіз отриманих експериментальних даних показує, що контрольний зразок качиних котлет за всіма дегустаційними критеріями продемонстрував збалансовану і майже однакову кількість балів. У дослідній серії з інтеграцією 5% мікологічного порошку зафіксовано незначне зниження балових оцінок за показниками консистенції та запаху, які становили фіксовані 7,8 бала.

Досліджуваний зразок із вмістом 10% дисперсних білих грибів отримав за показник консистенції 7,6 бала, тоді як за рештою оцінюваних параметрів було визначено стабільні та високі значення у межах від 8,2 до 8,6 бала. У зразку з максимальним рівнем введення збагачувального модуля, що становив 15% грибного порошку, найменшу кількість балів було виявлено за показником консистенції, де оцінка знизилася до 6,8 бала. Інші дегустаційні характеристики цієї серії також були оцінені дещо нижче порівняно з контролем, коливаючись біля значень від 7,2 до 8,6 бала.

Проте експертна комісія підтвердила, що абсолютно всі дослідні зразки качиних котлет повною мірою зберегли правильну овально-приплюснуту форму та монолітну поверхню, рівномірно покриту панірувальним шаром сухарів. Показники смаку та запаху розроблених напівфабрикатів характеризувалися відсутністю будь-якого стороннього чи затхлого присмаку, виявляючи виражений м'ясний аромат із гармонійними мікологічними нотами. Таким чином, у порівнянні з контрольним зразком, найвищий рівень органолептичних властивостей продемонстрували рецептурні композиції качиних котлет із додаванням дисперсного порошку білих грибів у концентраціях 5% та 10% до маси базової сировини.

З метою точного визначення фізико-хімічного профілю розробленої кулінарної продукції проводили серію лабораторних випробувань із фіксацією масової частки селену, загальної вологи, ліпідів, хлориду натрію та повноцінного білка. Задля одержання незалежного арбітражного висновку щодо вмісту зазначених нутрієнтів дослідні зразки м'ясо-мікологічних систем були направлені до випробувального центру Державного підприємства «Полтавський регіональний науково-технічний центр стандартизації,

метрології та сертифікації». Результати комплексних аналітичних досліджень фізико-хімічних параметрів качиних котлет наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Фізико-хімічні показники котлет із м'яса качки, збагачених селеном

Фізико-хімічні показники	За ДСТУ 4437:2021	Контрольний зразок	Котлети з 5% порошку	Котлети з 10% порошку	Котлети з 15% порошку
Масова частка води, %	65,0	63,0	63,5	63,8	64,3
Масова частка жиру, %	25,0	23,5	24,4	24,7	25,0
Масова частка солі, %	1,20...1,50	1,30	1,11	1,19	1,10
Масова частка білка, %	15,0	14,0	14,6	15,2	16,1
Масова частка селену, %	-	-	0,18	0,21	0,23

Аналіз результатів лабораторної експертизи, наведених у таблиці 3.4, дозволяє стверджувати, що максимальний вміст солі на рівні 1,3% присутній виключно в контрольному зразку. Підвищений вміст ліпідної фракції, що становить 24,4% та 25,0% у дослідних зразках котлет, свідчить про те, що сушені білі гриби містять власну ліпідну фракцію у кількості 36,55%, яка додатково інтегрується у фаршеву систему. Накопичення есенціального селену в качиних котлетах досягає свого максимуму на рівні 0,23% за умов введення 15% мікологічного порошку від маси сировини.

На основі отриманих фізико-хімічних констант можна зробити обґрунтований науковий висновок, що в міру збільшення концентрації доданого грибного порошку спостерігається закономірна інтенсифікація накопичення всіх досліджуваних параметрів, включаючи масову частку селену, загальної води, жиру та протеїну. Проте, беручи до уваги результати

попередніх етапів досліджень функціонально-технологічних властивостей фаршів, найбільш раціональним є введення саме 10% дисперсного порошку білих грибів від маси м'ясної сировини. Такий рівень модифікації дозволяє забезпечити значний ступінь мікронутрієнтного збагачення продукту без погіршення текстуральних, реологічних та органолептичних характеристик готових січених котлет з м'яса качки.

3.4. Визначення регламентованих термінів придатності та динаміки показників безпечності качиних напівфабрикатів у процесі зберігання

На фінальному етапі експериментальних досліджень було детально вивчено характер змін якісних характеристик розроблених заморожених напівфабрикатів у процесі низькотемпературного зберігання. Першочергово було проаналізовано динаміку трансформації масової частки загальної вологи в контрольному зразку та дослідних партіях качиних котлет із різним ступенем мікологічної модифікації. Числові матриці, що відображають коливання цього показника на контрольних етапах часової експозиції, наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Динаміка змін вмісту вологи в качиних котлетах у процесі зберігання, %

Варіанти рецептурних композицій	1 доба зберігання	12 доба зберігання	18 доба зберігання
Контрольний зразок (0%)	47,4	47,2	46,8
Зразок із 10% грибного порошку	46,8	46,7	46,6
Зразок із 15% грибного порошку	46,7	46,6	46,5

Одержані аналітичні результати, що зафіксовані в таблиці 3.5, дозволяють констатувати наявність латентних і технологічно незначних втрат вологи в усіх досліджуваних зразках січених виробів з м'яса качки після тривалої низькотемпературної експозиції. Проте в зразках із додаванням збагачувального мікологічного модуля відсоток десорбції вільної вологи є суттєво нижчим порівняно з контрольними аналогами. Це явище безпосередньо

доводить високу вологозв'язувальну та вологоутримувальну ефективність просторового каркаса, сформованого хітиново-глюкановими комплексами та гідрофільними біополімерами білих грибів, які надійно купують міграцію вологи та запобігають її інтенсивному вимерзанню і сублімації.

З метою комплексного обґрунтування та встановлення гарантованих термінів придатності розроблених напівфабрикатів із м'яса качки було проведено моніторинг динаміки мікробіологічних показників безпечності. Аналіз якісного та кількісного складу супутньої мікрофлори м'ясо-мікологічних систем має фундаментальне значення під час ідентифікації їхньої санітарно-гігієнічної доброякісності та стабільності в процесі зберігання. Встановлено, що завдяки високому антиоксидантному статусу систем, забезпеченому синергічною дією есенціального селену та фенольних сполук білих грибів, у дослідних партіях качиних котлет спостерігається суттєве гальмування росту мезофільної аеробної мікрофлори та мікроорганізмів псування, що гарантує збереження високої біологічної та мікробіологічної безпеки кулінарної продукції в межах регламентованих термінів реалізації.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі системного аналізу профільних інформаційних джерел та узагальнення результатів власних експериментальних досліджень сформульовано комплекс науково-практичних висновків.

Проведено всебічний аналіз науково-технічної періодики та патентної бази щодо інноваційних біотехнологічних способів цілеспрямованого корегування функціонально-технологічних властивостей і мікронутрієнтного складу модельних м'ясних систем. Доведено високу актуальність та соціально-економічну необхідність розроблення нових збалансованих технологій заморожених січених напівфабрикатів на основі сировини водоплавної птиці, збагачених есенціальним мікроелементом селеном.

Теоретично обґрунтовано доцільність та нутриціологічну потребу створення функціональних продуктів харчування з підвищеним антиоксидантним статусом. Екзогенний селен, інтегрований до складу специфічних білків-селенопротеїнів, виступає кофактором глутатіонпероксидазної системи, яка регулює функціонування ендокринних органів, зорового аналізатора, кардіоваскулярної фракції та імунокомпетентних тканин макроорганізму. Даний мікроелемент має здатність інактивувати вільні радикали та купувати процеси перекисного окиснення ліпідів, стабілізуючи ненасичені жирні кислоти качиноного м'яса та ефективно запобігаючи виникненню онкологічних захворювань.

Аргументовано вибір та залучення екологічно безпечної дикорослої мікологічної сировини як природного синергічного джерела органічних форм селену для модифікації січених напівфабрикатів з м'яса качки. Як найбільш оптимальні носії мікронутрієнта з високим ступенем кумуляції визначено поширені в лісових екосистемах України видові форми білих грибів, зокрема *Boletus aestivalis*, *Boletus pinophilus* та *Boletus edulis*.

Описано комплексні фізико-хімічні та реологічні методи досліджень, а також сформовано покрокову схему проведення експерименту, яка дозволила

поетапно реалізувати поставлені наукові завдання, забезпечивши високу точність та відтворюваність одержаних результатів.

Встановлено характер змін базових функціонально-технологічних характеристик модельних качиних фаршів залежно від ступеня депонування дисперсного мікологічного порошку. Експериментально доведено, що подрібнені сушені білі гриби виявляють виражений позитивний вплив на здатність м'ясної системи акумулювати вологу та жир. Максимальне значення вологоутримувальної здатності на рівні 53,8% зафіксовано за введення 10% добавки, тоді як граничні жирутримувальні властивості, що становлять 0,36 г/г, та активна кислотність на рівні 6,08 од. рН визначені за інтеграції 20% та 10% порошку відповідно.

Удосконалено технологію та оптимізовано рецептурний склад полікомпонентних напівфабрикатів з м'яса качки, збагачених селеном. На основі отриманих параметрів виготовлено дослідні партії качиних котлет за розробленою технологічною схемою, яка включає стадії первинного підготовчого оброблення, тонкого диспергування грибного модуля до розміру частинок 250 мкг із залишковою вологістю 13,0%, дозованого змішування, формування, швидкого шокового заморожування за температури мінус 18,0 С та герметичного пакування.

Здійснено комплексну експертизу дегустаційних показників якості розроблених напівфабрикатів. За результатами профільного сенсорного оцінювання за 9-бальною шкалою встановлено, що найвищі сумарні оцінки на рівні 44,1 та 43,1 бала отримали зразки качиних котлет із вмістом 5% та 10% грибного порошку відповідно, які характеризувалися приємним гармонійним смаком та вираженим ароматом без сторонніх присмаків.

Досліджено фізико-хімічний профіль та нутрієнтну цінність готової кулінарної продукції. Лабораторний аналіз підтвердив, що в міру збільшення концентрації мікологічного компонента спостерігається закономірна інтенсифікація накопичення загального протеїну до 15,2% та есенціального селену до 0,21% у цільовому зразку. Враховуючи сукупність функціональних та

сенсорних характеристик, найбільш раціональним визначено введення 10% дисперсного порошку білих грибів до маси качиної сировини, що забезпечує високий вихід продукту на рівні 86,2% та зниження втрат при термообробці до 13,8%.

Вивчено динаміку коливання масової частки вологи напівфабрикатів під час низькотемпературного зберігання. Доведено, що втрати вологи після тривалої експозиції є технологічно незначними і становлять фіксовані 46,6% на 18 добу зберігання для зразка з 10% добавки, що свідчить про високу гідрофільність хітиново-глюканового комплексу грибів. Одержані фізико-хімічні константи розроблених качиних котлет упродовж усього регламентованого терміну зберігання повністю відповідали суворим вимогам чинного ДСТУ \$4437:2021\$, підтверджуючи високу стабільність та якість напівфабрикатів.

На основі узагальнення результатів досліджень сформовано такі рекомендації виробництву:

- запропонувати до практичного впровадження розроблену інноваційну технологію січених напівфабрикатів з м'яса качки, збагачених селеном та біополімерами білих грибів, у закладах ресторанного господарства та їдальнях Національного університету біоресурсів і природокористування України з метою оптимізації нутрієнтного статусу студентів та співробітників;
- рекомендувати впровадження вдосконалених рецептурних композицій та технологічних режимів виробництва качиних котлет із грибом порошком на м'ясопереробних підприємствах птахівничої галузі для розширення асортиментної лінійки та підвищення конкурентоспроможності вітчизняних харчових продуктів функціонального спрямування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Азарова Н. Г., Шлапак Г. В. Використання мікологічної сировини у технології січених напівфабрикатів геродієтичного призначення. *Харчова наука і технологія*. 2020. Т. 14, № 3. С. 65–73.
2. Баль-Прилипко Л. В., Слободянюк Н. М., Леонова Б. І. Нутрієнтний менеджмент та оптимізація рецептурних композицій м'ясних продуктів спеціального призначення. *Харчова наука і технологія*. 2023. Т. 17, № 2. С. 78–89.
3. Баль-Прилипко Л. В., Старчева О. В. Наукове обґрунтування технологій м'ясо-рослинних напівфабрикатів із прогнозованим антиоксидантним статусом. *Наукові доповіді НУБІП України*. 2021. № 4 (92). С. 15–24.
4. Віннікова Л. Г., Науменко К. В. Фізико-хімічні особливості формування білково-жирових емульсій на основі м'яса водоплавної птиці. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі*. 2019. Вип. 2 (30). С. 112–121.
5. Галенко О. О., Пасічний В. М. Модернізація технологій січених напівфабрикатів функціонального спрямування із залученням нетрадиційної сировини. *Продовольча індустрія АПК*. 2021. № 5. С. 41–48.
6. ДСТУ 3234-95. Цибуля ріпчаста свіжа. Технічні умови. [Чинний від 1997-01-01]. Київ : Держстандарт України, 1996. 12 с.
7. ДСТУ 4437:2021. Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні січені. Технічні умови. [Чинний від 2022-09-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 24 с.
8. ДСТУ 4492:2017. Олія соняшникова. Технічні умови. [Чинний від 2018-06-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 32 с.
9. ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові. Технічні умови. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 18 с.
10. ДСТУ 6021:2008. М'ясо птиці (тушки курей, качок, гусей, індиків, цесарок). Технічні умови. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 22 с.

11. ДСТУ 8380:2015. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки жиру. [Чинний від 2017-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 14 с.
12. ДСТУ EN ISO 6887-2:2019 (EN ISO 6887-2:2017, IDT; ISO 6887-2:2017, IDT). Мікробіологія харчового ланцюга. Підготовка дослідних зразків для мікробіологічного досліджування. Частина 2. Специфічні правила для м'яса та м'ясних продуктів. [Чинний від 2021-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 19 с.
13. ДСТУ ISO 1442:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Методи визначення вмісту вологи (ISO 1442:1997, IDT). [Чинний від 2007-04-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 10 с.
14. ДСТУ ISO 1841-2:2004. М'ясо та м'ясні продукти. Визначення вмісту хлоридів. Частина 2. Потенціометричний метод (ISO 1841-2:1996, IDT). [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
15. ДСТУ ISO 2917:2001. М'ясо та м'ясні продукти. Визначення рН (Арбітражний метод) (ISO 2917:1999, IDT). [Чинний від 2002-10-01]. Київ : Держстандарт України, 2002. 11 с.
16. ДСТУ ISO 4121:2011. Органолептичний аналіз. Методологія. Оцінювання харчових продуктів за допомогою шкал (ISO 4121:2003, IDT). [Чинний від 2012-12-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 26 с.
17. Калініченко С. В., Дубова Г. Є. Скринінг вмісту селену в дикорослих макроміцетах лісових зон України та перспективи їх використання. *Український біохімічний журнал*. 2021. Т. 93, № 4. С. 89–97.
18. Капрієлянц Л. В., Труфкаті Л. В. Функціональні м'ясні продукти: нутрієнтний дизайн та біобезпека. *Харчова наука та технологія*. 2022. Т. 16, № 1. С. 34–45.
19. Клименко М. М., Симонова В. М. Біохімічні та технологічні характеристики водоплавної птиці при низькотемпературному зберіганні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 2. С. 145–152.
20. Пасічний В. М., Галенко О. О. Спосіб виробництва дієтичних січених напівфабрикатів з птахівничої сировини та мікологічних добавок. Патент

України на корисну модель № 143255, МПК A23L 13/00. Надіслано 12.03.2020; Опубл. 25.08.2020, Бюл. № 16.

21. Пасічний В. М., Страшинський І. М., Фурсік О. П. Технологічні аспекти стабілізації м'ясних систем з використанням поліфункціональних харчових композицій. *Харчова індустрія*. 2022. Вип. 31. С. 42–53.

22. Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Грищенко О. В. Технологія функціональних продуктів харчування збагаченого профілю. Київ : КНТЕУ, 2018. 412 с.

23. Самойленко А. О., Приліпка А. В. Перспективи використання автолізатів селеновмісних дріжджів у технологіях рубаних кулінарних виробів. *М'ясна індустрія України*. 2023. № 2. С. 18–25.

24. Сніжко О. В., Коваль О. М. Дослідження реологічних і функціональних властивостей качиних фаршів при введенні дисперсних біополімерів рослинного походження. *Наукові праці НУХТ*. 2022. Т. 28, № 4. С. 132–141.

25. Сукманов В. О., Захаров В. В. Інтенсифікація процесів вологозв'язування у полікомпонентних м'ясних системах за допомогою міцеліальних гідроколоїдів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2021. Вип. 43. С. 54–62.

26. Царенко О. М., Янчева Л. М. Технологічний потенціал качиного м'яса у виробництві структурованих напівфабрикатів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. 2019. Вип. 201. С. 98–106.

27. Шлапак Г. В., Азарова Н. Г. Моделювання харчової цінності та амінокислотного скору м'ясо-мікологічних рубаних виробів. *Товари і ринки*. 2021. № 2. С. 77–86.

28. Юрчак В. Г., Махинько В. М. Харчові волокна та полісахариди у технологіях заморожених напівфабрикатів: структура та кристалізація вологи. *Харчова промисловість*. 2020. № 28. С. 56–63.

29. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for selenium. *EFSA Journal*. 2014. Vol. 12, No 10. P. 3846–3912.

30. Weisburger J. H., Jones R. C. Antioxidant strategies in the prevention of oxidative stress-induced lipid peroxidation in meat matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018. Vol. 66, No 14. P. 3412–3421.