

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва чипсів
м'ясних методом інфрачервоного сушіння**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-1-21 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Любов КУТАФІНА

Керівник: _____ Олександр ПІВОВАРОВ

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«07» травня 2025 р.

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

Кутафіній Любові Сергіївні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва чипсів м'ясних методом інфрачервоного сушіння».

Керівник роботи: Півоваров Олександр Андрійович, доктор технічних наук, професор, затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» травня 2025 року № 963.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 09 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва чипсів із м'яса курки з використанням нетрадиційних способів сушіння. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Літературний огляд. 2 Організація експерименту, об'єкти та методи досліджень. 3 Дослідження впливу способу сушки на харчову цінність і якість чипсів з білого м'яса птиці. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Схема проведення досліджень. 3 Обговорення результатів досліджень. 4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Професор Олександр ПІВОВАРОВ	07.05.25	09.06.25

7. Дата видачі завдання 07 травня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	07.05-08.05.25	виконано
2	Літературний огляд	09.05-14.05.25	виконано
3	Організація експерименту, об'єкти та методи досліджень	15.05-16.05.25	виконано
4	Дослідження впливу способу сушки на харчову цінність і якість чипсів з білого м'яса птиці	17.05-31.05.25	виконано
5	Охорона праці та довкілля	01.06-02.06.25	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.25	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.25	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-09.06.25	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ Любова КУТАФІНА
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександр ПІВОВАРОВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва чипсів м'ясних методом інфрачервоного сушіння»

Кваліфікаційна робота: 64 сторінки, 8 рисунків, 19 таблиць, 0 додатків, 47 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва чипсів з м'яса птиці.

Предмет дослідження – вплив вакуумного інфрачервоного сушіння на якісні показники чипсів з м'яса птиці, зокрема їх харчову цінність, органолептичні властивості та стабільність під час зберігання.

Метою роботи є розробка та обґрунтування технології чипсів з м'яса птиці високої харчової цінності та стабільної якості за звичайних умов зберігання на основі використання вакуумного інфрачервоного сушіння.

У дипломній роботі наведено обґрунтування технології виробництва м'ясних чипсів із використанням інфрачервоного сушіння, як перспективного методу збереження високої харчової цінності продукту. Розглянуто фізико-хімічні та органолептичні властивості м'яса птиці як сировини, що забезпечує отримання високоякісного продукту із привабливими споживчими характеристиками. Досліджено вплив параметрів інфрачервоного сушіння на якість готових виробів, зокрема на вологість, структурно-механічні властивості, безпечність та термін зберігання. Запропоновано оптимальні технологічні режими, що сприяють стабільності продукту впродовж усього періоду зберігання без застосування консервантів. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових видів м'ясних снеків з покращеними якісними показниками.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

М'ясні чипси, інфрачервоне сушіння, м'ясо птиці, харчова цінність, технологія виробництва, якість продукту, стабільність зберігання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	9
1.1 Асортимент сухих м'ясних продуктів та технологічні компоненти їх виробництва.....	9
1.2 Технологічні процеси виготовлення сухих м'ясних продуктів та особливості виконання основних операцій	15
Висновки за розділом	21
2 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ...	24
2.1 Організація експерименту, об'єкти дослідження.....	24
2.2 Методи дослідження.....	27
Висновки за розділом	28
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБУ СУШКИ НА ХАРЧОВУ ЦІННІСТЬ І ЯКІСТЬ ЧИПСІВ З БІЛОГО М'ЯСА ПТИЦІ.....	29
3.1 Дослідження та обґрунтування режиму вакуумного інфрачервоного сушіння чипсів з білого м'яса птиці	29
3.2 Оцінка впливу вакуумно-інфрачервоного сушіння на органолептичні характеристики чипсів із білого м'яса курки	37
3.3 Вплив вакуум-інфрачервоного сушіння на харчову цінність чипси з білого м'яса птиці	40
3.4 Аналіз якості чипсів із білого м'яса птиці під час зберігання та визначення термінів придатності продукції.....	41
3.5 Технологічний процес виготовлення чипсів з білого м'яса птиці	44
Висновки за розділом	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	49
4.1 Розроблення картки безпеки праці під час виробництва м'ясних чипсів на вакуумній ІЧ-сушарці.....	49
4.2 Шляхи утилізації відходів під час виробництва м'ясних чипсів на вакуумній ІЧ-сушарці	51

Висновки за розділом	52
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	54
5.1 Витрати на проведення досліджень	54
5.2 Визначення вартості дослідження	58
Висновки за розділом	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
БІБЛІОГРАФІЯ.....	61

ВСТУП

Біле м'ясо (м'ясо птиці) є цінним джерелом тваринного білка високої якості, а його виробництво та переробка відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої стабільності в Європі. Воно також сприяє розширенню асортименту харчових продуктів і впровадженню сучасних технологій виготовлення продукції з підвищеною харчовою цінністю та тривалим терміном зберігання завдяки стійкості до мікробіологічного псування.

Серед перспективних напрямів виділяється розробка технологій для створення сухих м'ясних продуктів, що дозволяють отримувати вироби з високим вмістом білків і мінералів при збереженні біологічно цінних компонентів. Такі продукти, готові до споживання («ready to eat»), мають давню традицію у багатьох країнах. Їх популярність зумовлена простотою зберігання без потреби у спеціальних умовах, зручністю споживання, широкими можливостями для смакової модифікації, а також високим рівнем кулінарної готовності.

Удосконалення технологій виробництва сухих м'ясних виробів передбачає використання альтернативних видів м'яса, поєднання з рослинними компонентами, а також застосування новітніх методів сушіння і пакування. Все це спрямоване на поліпшення органолептичних і санітарно-гігієнічних характеристик продукції.

У цьому контексті актуальним завданням є розробка технології виготовлення курячих чипсів із використанням вакуумно-інфрачервоної сушки, що дозволяє отримати продукт із високою харчовою цінністю та гарантованим рівнем безпеки. Розвиток вітчизняного ринку таких виробів відкриває нові перспективи для підприємств м'ясної галузі в умовах сьогодення.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати технологію чипсів з м'яса птиці підвищеної харчової цінності та високої якості при звичних умовах зберігання на основі використання вакуумного інфрачервоного сушіння.

- виявити ефективні способи зниження мікробних ризиків та забезпечення високого санітарного стану сировини, напівфабрикатів та продукції

при виробництві м'ясних сухих продуктів;

- розглянути склад та властивості м'яса птиці, які впливають на формування властивостей чипсів;
- обґрунтувати склад посолочної суміші та умови посолу;
- обґрунтувати режими вакуумного ІЧ-сушіння чипсів;
- розробити рецептуру чипсів із м'яса птиці, виконати комплексну оцінку якості продукту;
- дослідити вплив пакування на фізико-хімічні та органолептичні властивості продукту при зберіганні та обґрунтувати термін придатності чипсів з м'яса птиці;
- розробити технологічну схему виробництва чипсів із м'яса птиці;
- виконати розрахунок вартості проведених експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва чипсів з м'яса птиці.

Предмет дослідження – вплив вакуумного інфрачервоного сушіння на якісні показники чипсів з м'яса птиці, зокрема їх харчову цінність, органолептичні властивості та стабільність під час зберігання.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Асортимент сухих м'ясних продуктів та технологічні компоненти їх виробництва

Сушіння як спосіб консервування їжі використовувалося людством століттями, стабільними джерелами харчування людини були сухе м'ясо, риба, фрукти. Асортимент сухих продуктів сучасної людини представлений, перш за все, закусочними продуктами, які можна об'єднати загальним терміном «Снеки». Снеки від англійської «snacks» – це продукти для швидкого та легкого вгамування голоду, або закуски, що не потребують додаткового приготування і повністю готові до вживання. До снекової відноситься продукція з пролонгованими термінами придатності, яку називають «ready to eat», виробництво такої продукції на сьогоднішній день є одним з перспективних напрямів структурування асортименту підприємств м'ясної промисловості [11].

Сухі (сушені, в'ялені) м'ясні продукти мають велику історію виробництва та споживання у країнах Південної та Північної Америки, Південної Африки, у північних народів. До національних сухих продуктів, що виробляються за традиційними або інноваційними технологіями, належать джерки, чарки, біл-тонг, пеммікан, бастурма, ніккі, юкола інші, сучасний асортимент сухих м'ясних продуктів включає м'ясні пластівці, чипси, палички, струганину та інші [12].

Сухі м'ясні продукти відрізняються високою харчовою цінністю, завдяки відділенню видимих включень жирової та сполучної тканини при підготовці сировини, низькою калорійністю та вмістом холестерину, підвищеним вмістом білка. Сухі м'ясні продукти є істотним джерелом легкозасвоюваного заліза, що особливо справедливо щодо продуктів, виготовлених з «червоного» м'яса. До споживчих ознак більшості сухих м'ясних продуктів типу «ready to eat» відноситься мала маса, наявність індивідуальної упаковки. Сухі продукти можуть бути як промислового, так і домашнього способу виготовлення. Продукти, виготовлені промисловим способом, призначені для мережі підприємств

громадського харчування, туристів, мисливців, для вживання у складі звичайного раціону як продукт для перекусів.

Залежно від технології виробництва та виду використовуваної сировини масова частка вологи в сухих м'ясних продуктах становить від 20 % до 30 %, масова частка білка від 45 % до 67 %, активність води від 0,67 до 0,88. Незважаючи на спільність основних ознак, при виготовленні продуктів можуть застосовувати різні інгредієнти та особливі стадії виробництва [16].

Одним із найвідоміших різновидів сухих м'ясних продуктів, історія якого сягає ще часів Стародавнього Єгипту. Представники племені кечуа – предки інків називали подібні вироби «чарки». Вони вирізняються невеликою вагою при високій енергетичній цінності, що робило їх надзвичайно зручними для споживання в умовах обмеженого доступу до їжі. До Європи ці продукти були завезені іспанцями, які оцінили їхню довговічність і практичність у далеких морських подорожах. Основними технологічними характеристиками джерки є співвідношення вмісту вологи до білка менше ніж 0,75 та рівень активності води, що не перевищує 0,85.

Класичний технологічний процес включає сухий посол, тобто натирання сировини кухонною сіллю, та подальше сушіння, під час якого видаляється понад половину початкової вологи, що забезпечує мікробіологічну стабільність продукту.

Зазвичай джерки зберігаються при температурі навколишнього середовища до 15 діб. Для подовження строку придатності рекомендується охолоджене зберігання (до 6 місяців) або глибоке заморожування (до 12 місяців). Застосування сучасних пакувальних матеріалів також дозволяє продовжити термін реалізації продукту.

Традиційно для виготовлення джерок використовують знежирену м'язову тканину яловичини, переважно з задньої частини туші, зокрема, зовнішні, внутрішні або бічні м'язи. Сировина повинна бути вільною від сполучної тканини та жиру, що забезпечує низький вміст ліпідів і високу поживну цінність готового виробу. Окрім яловичини, як сировину також застосовують м'ясо коней, свині, а

також м'ясо диких тварин. Часто використовують і субпродукти з високою харчовою цінністю, такі як язик або серце. Така різноманітність дозволяє варіювати смакові, поживні й біологічні характеристики кінцевого продукту.

Джерки можуть виготовлятися як з цілих шматків м'яса, нарізаних різної товщини, так і з подрібненої сировини у вигляді реструктурованих виробів. У такому разі масу формують шляхом заповнення білкових/целюлозних оболонок. Вироби в целюлозних оболонках мають знижений вміст вологи та підвищену частку білка.

Відмінні або особливі смакові властивості джеркам додають різноманітні рецептурами маринади, а також комбінуванням основних технологічних стадій – маринування, попередня теплова обробка і сушіння. Традиційні інгредієнти маринадів для джерок це сіль, цукор та соєвий соус. Сіль і цукор сприяють зниженню показника активності води, а в поєднанні з сушінням створюють інтегральний летальний ефект щодо мікроорганізмів. Rose R. пов'язує збільшення мікробного обсіменіння реструктурованих джерок домашнього приготування зі зниженим вмістом солі в суміші для консервування. Разом з тим зниження масової частки хлориду натрію у виробках є одним з основних напрямків у розробці м'ясних продуктів для здорового харчування, реалізація якого може бути виконана шляхом заміни хлориду натрію на інші солі. У цьому напрямку виявлено роботу Zhan Chang Ling із співавторами, які у маринадах для джерок з м'яса качок замінювали від 20 % до 50 % хлориду натрію на лактат кальцію. За результатами досліджень консистенції та колірних характеристик оптимальний рівень введення лактату кальцію оцінений авторами як 20 – 30 %, проте ними не наводяться дані про вплив заміни солі на показники безпеки сухого продукту [6, 8].

Додавання соєвого соусу до м'ясних виробів надає їм характерного смаку та аромату, а також виконує важливі технологічні функції проявляє антиоксидантні та антимікробні властивості, допомагає стабілізувати колір та зберегти ліпідну частину продукту протягом зберігання. За потреби посилення забарвлення та підвищення стабільності продукту до складу маринадів можуть додаватися нітрит

натрію та аскорбат натрію.

Науковці з Республіки Корея запропонували рецептуру маринаду на базі червоного вина, розведеного водою у пропорції 1:1, з включенням таких інгредієнтів, як мед, імбир і лавровий лист. Такий підхід дозволяє покращити органолептичні властивості, хоча вплив на стабільність м'ясної фракції при зберіганні та хімічний склад продукту є мінімальним.

Для удосконалення смакових характеристик і стабілізації фізико-хімічних параметрів джерки, особливо на ринку країн Азії, застосовуються ферментовані гострі приправи. Зокрема, йдеться про використання пасти з червоного перцю і сої з рисовим глютенем, приправи «кимчі» з ферментованої пекінської капусти тощо. Дослідження також свідчать про позитивний вплив на смак, аромат і забарвлення таких інгредієнтів, як екстракт японської сливи, зелений чай у порошку в поєднанні з медом, які активізують реакції, що формують споживчі властивості продукту.

Окремі наукові роботи спрямовані на покращення текстурних характеристик джерок шляхом маринування з одночасною механічною обробкою сировини. Для регулювання консистенції реструктурованих варіантів виробів застосовуються інгредієнти-структуроутворювачі – крохмаль, борошно з рису, бобових культур або жолудів. Вони забезпечують необхідну густину і пружність при обмеженому вмісті жиру.

Таким чином, можливості для вдосконалення органолептичних якостей та поживної цінності джерки є доволі широкими і залежать від правильно підібраної рецептури та технологічних параметрів.

Варто згадати також традиційний продукт північноамериканських народів – пемікан. Його готують шляхом змішування подрібненого сушеного м'яса з жиром і ягодами, після чого масу формують у брикети. Існує кілька варіацій рецептури: наприклад, 50 % пісного м'яса і 50 % жиру, або 45 % сушеного м'яса, 50 % жиру і 5 % подрібнених сушених ягід.

Білтонг це традиційний м'ясний снєк, що походить із країн Південної Африки, однак сьогодні його також виготовляють у ряді європейських країн,

зокрема у Великобританії. Особливістю цієї технології є обов'язкове використання оцту або органічних кислот у складі маринаду. У класичному варіанті білтонг сушать на відкритому сонці, тоді як у промисловому виробництві процес сушіння відбувається інтенсивно, аби швидко зменшити активність води, уникаючи при цьому надмірного пересушування зовнішнього шару.

Існують два типи білтонгу: сухий (вологість 21 – 23 %, активність води 0,65 – 0,68, вміст солі 5,5 – 7,9 %, іноді до 13 %) та із середньою вологістю (вміст води 35 – 48 %, натрію – 3,8 – 5,6 %). Традиційний сухий білтонг характеризується підвищеним вмістом молочнокислих бактерій, нижчим рівнем загального мікробного обсіменення та наявністю D-молочної кислоти. Для стабілізації кольору та покращення зберігання часто використовують нітрит натрію.

У Кубі національним аналогом білтонгу є тасайо. Традиційно його готують шляхом сухого засолювання з подальшим сушінням на сонці протягом трьох тижнів. У промислових умовах м'ясо витримується в концентрованому розчині солі впродовж 8 годин, після чого висушується при температурі 60 °С.

У Нігерії поширені м'ясні снеки, такі як тинко, канді та килиші, які виготовляють не лише з яловичини, а й з м'яса ослів, коней, буйволів і навіть ішака.

Одним із найбільш популярних сучасних видів м'ясних снеків є чипси – тонкі скибочки, виготовлені з м'ясної сировини, які піддаються солінню, в'яленню, сушінню або копченню, з використанням смакових і ароматичних добавок. Виробництво чипсів можливе як з цілих м'ясних шматків, нарізаних слайсером, так і з подрібненого м'яса, включаючи субпродукти.

Дослідження свідчать про активне використання субпродуктів другої категорії – зокрема свинячої шкірки – для виготовлення снеків типу чипсів. Відомо, що шкірку попередньо очищають, варять у пряному відварі, нарізають, висушують до 15 – 25 % вологості, а потім додатково обробляють мікрохвильовим нагрівом або поєднаною вакуум-НВЧ технологією для досягнення 6 – 8 % вологості. Далі шкірку обсмажують у мікрохвильовій печі до

остаточної вологості 3 – 6 %. Такий підхід забезпечує рівномірне видалення вологи навіть у колагеновмісній сировині.

Окремо варто згадати запатентовану технологію виготовлення чипсів зі свинячої шкіри, що передбачає варіння у розчині бікарбонату натрію при 98 – 100 °С, подальше сушіння та швидке обсмажування у свинячому жирі, що спричиняє збільшення об'єму виробу у 5 – 6 разів. Вироби ароматизують за допомогою екстрактів мускатного горіха, м'яти, ванілі, які вводять на різних стадіях – під час варіння або охолодження.

Також розроблено технологію виготовлення снєків зі свинячих вух і хвостів. Сировину варять у розсолі (5 – 7 % солі, 80 – 85 °С, 1 – 1,5 години), коптять (40 – 45 °С, 20 – 30 хвилин), сушать в ІЧ-печах і охолоджують. Нарізка на соломку чи палички виконується перед сушінням. Готовий продукт має вологість 25 – 30 % та вміст білка в межах 16,8 – 21 %.

Усі вищезазначені технології виготовлення передбачають попереднє термічне оброблення сировини, що пояснюється її специфічними властивостями та складом.

Запатентовано метод виготовлення сушено-смажених снєків типу «чипси» з філе ставкової риби. Технологія передбачає обробку риби з видаленням шкіри, кісток і плавників, після чого м'ясо змішується з інгредієнтами за рецептурою амарантовим і кукурудзяним борошном, кукурудзяним крохмалем, емульсією з риб'ячої шкіри, кропом і сіллю. У процесі змішування маса подрібнюється, після чого формується у вигляді тонких листів. Ці листи обробляються перегрітою парою (120 – 130 °С, 10 – 15 с), охолоджуються до 25 – 27 °С та витримуються при температурі 5 – 8 °С протягом 6 – 10 годин для стабілізації структури. Після заморожування при –18 °С упродовж 2 – 3 хвилин масу нарізають на пластини завтовшки до 1,5 мм та обсмажують у фритюрі за температури 150 – 200 °С.

Для виготовлення м'ясних чипсів з вологістю 5 – 15 % шматочки завтовшки 0,75 мм проходять двоетапну сушку: спочатку при 80 °С протягом 15 хвилин, а потім – природним способом протягом 14 діб. Такий підхід сприяє збереженню гарного зовнішнього вигляду та смакових характеристик.

Сучасний розвиток технологій у сфері сухих м'ясних продуктів включає використання нових видів м'яса, введення рослинних компонентів до рецептури, зменшення вмісту солі, застосування новітніх ароматичних добавок, а також удосконалення процесів сушіння для досягнення високого рівня мікробіологічної безпеки.

Одним із найбільш перспективних напрямів вважається виробництво снєків формату «ready to eat» на основі м'яса птиці. М'ясо птиці займає 34,2 % на світовому м'ясному ринку. Переважну частку становить м'ясо курей (87 %) та індиків (6,7 %). Інші види: м'ясо качок (4 %) і менш поширені (гусей, голубів, перепелів, фазанів, страусів) становлять приблизно 2,7 %.

Пташине м'ясо відзначається високим вмістом білка (16 – 22 %) та низьким вмістом жиру (1 – 4 %), що робить його оптимальним для виробництва сушених продуктів. Крім того, близько 40 % амінокислот м'язових білків є незамінними. Це м'ясо важливе джерело вітамінів групи В та макро- й мікроелементів, зокрема калію, фосфору, кальцію, натрію, заліза, цинку, міді, марганцю. Завдяки цим характеристикам м'ясо птиці вважається високоякісною сировиною для виготовлення м'ясних снєків, зокрема у вигляді чипсів.

1.2 Технологічні процеси виготовлення сухих м'ясних продуктів та особливості виконання основних операцій

Процес виготовлення сухих м'ясних виробів передбачає ключові технологічні етапи такі як сушіння та теплову обробку. Нагрівання необхідне для досягнення мікробіологічної безпеки продукту, тобто знищення потенційно небезпечної мікрофлори, а сушіння забезпечує його стабільність при зберіганні, запобігаючи псуванню.

Критичним параметром, що дозволяє контролювати мікробіологічну стійкість, є активність води, яка знижується внаслідок сушіння. Її рівень прямо впливає на термін придатності, органолептичні характеристики, консистенцію, смак і загальну безпечність харчових продуктів.

Сушіння – це не лише теплофізичний, а й складний технологічний процес, який суттєво визначає якість кінцевої продукції. Вибір методу сушіння залежить від типу сировини, особливостей передачі тепла, рівня тиску у сушильній камері та інших чинників. Серед існуючих способів сушіння вирізняють: природне (включаючи сонячне), конвективне, контактне (кондуктивне), розпилювальне, терморадіаційне, мікрохвильове, сублімаційне, комбіноване. За рівнем тиску процеси можуть проходити при атмосферному, вакуумному або підвищеному тиску.

Окрему увагу привертає метод зневоднення сировини шляхом екструзії, який активно розвивається. Зокрема, розроблено технологію виготовлення снєків типу джерки з механічно обваленого м'яса птиці та яловичого тримінгу з використанням сушіння під час екструзійної обробки.

Серед сучасних та перспективних методів сушіння особливо виділяється інфрачервоне (ІЧ) випромінювання. ІЧ-нагрів ефективно застосовується не лише для зневоднення, а й для бланшування, пастеризації, стерилізації, дефростації, а також для процесів смаження і гриль-обробки.

У найбільш поширеному методі – конвективному сушінні, на пізніх етапах процесу суттєво зростає споживання енергії та тривалість сушіння, оскільки тепло неефективно проникає всередину продукту через зміну його тепло- та масопровідних властивостей. Це часто призводить до перегрівання поверхні, що негативно впливає на якість готової продукції.

Інфрачервоне випромінювання (ІЧ) є формою електромагнітної енергії, яка забезпечує об'ємну передачу тепла. Під час цього процесу теплова енергія передається без прямого контакту між джерелом випромінювання та продуктом. Енергію переносять електромагнітні хвилі, які, взаємодіючи з речовиною, трансформуються в тепло безпосередньо всередині матеріалу. ІЧ-випромінювання має здатність проникати в глибину продукту, змінюючи молекулярну структуру та спричиняючи швидке підвищення температури.

Основний принцип інфрачервоного сушіння ґрунтується на вибіркового поглинанні енергії водою, яка міститься в продукті. При цьому самі тканини

матеріалу залишаються майже прозорими для ІЧ-хвиль певного спектру. Завдяки цьому випаровування вологи відбувається за помірних температур (40 – 60 °С), що дозволяє зберегти вітаміни, ферменти, смакові та ароматичні компоненти, а також природне забарвлення продукту. Важливо, що ІЧ-сушіння не створює небезпечних електромагнітних полів, а отже, є безпечним методом обробки.

У спектрі електромагнітного випромінювання інфрачервоне випромінювання охоплює діапазон довжин хвиль від 0,76 до 750 мкм. Його умовно поділяють на три зони: довгохвильову (750 – 25 мкм), середньохвильову (25 – 2,5 мкм) та короткохвильову (2,5 – 0,76 мкм). За класифікацією Sakai N., розрізняють також ближню інфрачервону область (NIR) з довжинами хвиль 0,75 – 1,4 мкм, середню (MIR) – від 1,4 до 3 мкм, і дальню (FIR) – понад 3 мкм [7].

У дослідженні [9] інфрачервоне випромінювання розглядається як джерело енергії, що впливає на харчову систему, представлену складною матрицею, до якої входять біополімери, мінеральні солі та вода. Кожен компонент такої системи має здатність поглинати ІЧ-випромінювання певного спектрального діапазону. Зокрема, значне поглинання енергії спостерігається у діапазонах 3 – 4 мкм, 6 мкм і 6–9 мкм; для цукрів характерні зони 7 – 10 мкм і 0,5 – 4 мкм, а для води до 2 мкм. Водночас білки, крохмаль та інші органічні речовини активно поглинають ІЧ-хвилі довжиною понад 2,5 мкм. Зазначається, що більшість харчових продуктів характеризуються низьким коефіцієнтом поглинання при довжинах хвиль менше 2,5 мкм.

При інфрачервоному нагріванні короткохвильове випромінювання в основному поглинається вологими компонентами, тоді як довгохвильове поверхнею продукту. Це означає, що для сушіння тонкошарових матеріалів ефективніше застосовувати довгохвильовий ІЧ-діапазон (25 – 100 мкм), тоді як для товстих шматків ближній інфрачервоний діапазон (0,75 – 3,0 мкм).

ІЧ-нагрівання є надзвичайно ефективним у сушінні тонких шарів сировини: інтенсифікація процесу дозволяє скоротити час сушіння у 1,5 – 2 рази та зменшити енергоспоживання в середньому на 50 %. Існує патент на виробництво персикових чипсів, де сушіння здійснюється за допомогою ІЧ-випромінювання з

довжиною хвиль у межах 1,16 – 1,65 мкм і щільністю теплового потоку 2,69 – 5,44 кВт/м², а також із використанням конвективного обдування повітрям, охолодженим до 20 °С [7].

Інфрачервоне випромінювання слід розглядати не лише як метод інтенсивного теплового впливу, а й як інструмент, що суттєво впливає на фізико-хімічні та біологічні властивості харчової сировини. Згідно з аналізом наукових джерел, ІЧ-нагрів широко використовується для сушіння різних типів продукції, включно з тими, що містять біологічно активні речовини. Такий вплив сприяє збереженню функціональних компонентів, пригнічує розвиток мікроорганізмів, зокрема бактерій, спор, дріжджів і грибків, а також знижує активність ферментів, здатних викликати окисні процеси в сухих продуктах.

Цей метод знаходить застосування у переробці м'ясної продукції завдяки своїй здатності створювати інтенсивні теплові потоки, забезпечувати рівномірне прогрівання сировини та знижувати енергетичні витрати.

Ефективність знищення мікроорганізмів за допомогою ІЧ-нагріву залежить від низки параметрів: довжини хвилі, інтенсивності теплового випромінювання, температури поверхні матеріалу та рівня активності води. Наприклад, при активності води 0,9, 0,7 і 0,6 спори проявляли більшу стійкість до коротших хвиль (0,95, 1,10 і 1,15 мкм відповідно). Отже, при зниженні вологості ефективнішою є обробка довгими хвилями.

Виявлено, що при дії ІЧ-випромінювання протягом двох хвилин спостерігалось зменшення чисельності *E. coli* зі збільшенням температури середовища з 56 °С до 61 °С [5].

Окрім цього, інфрачервоне випромінювання впливає на ферментативні системи, сприяючи їх інактивації. Це дозволяє зберегти високу харчову цінність, зокрема білкову складову сировини. Наприклад, зафіксували 95 % зниження активності ліпоксигенази у соєвих бобах після короткочасного ІЧ-нагріву. Є також підтвердження інактивації ферментів зернових культур при нагріванні до 30–40 °С, включаючи ліпази [8].

Ефективність вакуумного ІЧ-сушіння була доведена під час обробки

тюленьчої сировини з метою отримання кормового борошна. Сушіння шару завтовшки 2 – 3 мм при температурі 70 °C, за умови початкового вмісту вологи 66,3 %, дозволяє одержати продукт з високим вмістом білка [8].

Особливий науковий інтерес викликає дослідження комбінованого впливу інфрачервоного (ІЧ) випромінювання з іншими методами обробки, зокрема застосування ІЧ-сушіння у вакуумному середовищі. В умовах вакууму, де відсутнє повітря і, відповідно, кисень, значно знижуються процеси окиснення та розмноження мікроорганізмів, що сприяють псуванню продукції та накопиченню шкідливих сполук. Це також позитивно впливає на структуру кінцевого продукту. Один із запатентованих методів вакуумного сушіння морського гребінця дозволяє отримати продукт із високою біологічною цінністю та пористою структурою. Впровадження вакууму під час ІЧ-сушіння дає змогу знизити температуру процесу, зберігаючи при цьому поживні властивості сировини. Такий підхід демонструє вищу ефективність порівняно з вакуумним конвективним сушінням.

Окрім цього, розроблено метод імпульсного інфрачервоного сушіння сиру за залишкового тиску 3 – 4 кПа, що відповідає температурі кипіння води в межах 24,09 – 28,97 °C. Завдяки імпульсному нагріванню до 57 – 63 °C у зазначених умовах досягається активне випаровування вологи, оскільки температура нагрівання вдвічі перевищує температуру кипіння води при заданому тиску. Така обробка дозволяє значно скоротити тривалість сушіння та підвищити якість готового продукту.

Аналіз патентної документації свідчить про наявність ряду технічних рішень, пов'язаних із застосуванням ІЧ-сушіння у вакуумному середовищі для обробки харчових продуктів. Наприклад, існує патент на метод сушіння рибної продукції у вакуумі під дією інфрачервоного випромінювання з метою продовження терміну зберігання при збереженні органолептичних властивостей і санітарних показників [16]. Також розроблено інтенсивну технологію ІЧ-сушіння при зниженому тиску і температурі, яка забезпечує високий санітарний рівень продуктів харчування, придатних для подальшого використання у виробництві локшини, м'ясного фаршу, овочів та інших продуктів. Ця технологія включає

двоетапну обробку у вакуумі з подальшим підвищенням тиску шляхом введення в камеру азоту, насиченого дрібнодисперсним етанолом, що створює несприятливе середовище для мікроорганізмів [14].

Крім того, доведено ефективність застосування ІЧ-вакуумного сушіння при виробництві кормових продуктів із підвищеною поживною цінністю з відходів лососевих риб [2]. Окремі дослідження, зокрема виконані Cherono K., демонструють перспективність використання ІЧ-сушіння у виробництві білтонгу з яловичини з різною товщиною (5, 10 і 15 мм) при стандартних розмірах шматків 25×150 мм [3].

Поєднання інфрачервоного (ІЧ) нагріву з вакуумом створює виражений синергетичний ефект, що проявляється у значному прискоренні процесу сушіння. Наприклад, при ІЧ-вакуумному сушінні овочевої сировини досягнення вологості 10 % можливе вже за 1,5 години, тоді як аналогічного результату при вакуумному конвективному сушінні вдається досягти лише через 10 годин. Продукти, висушені за допомогою ІЧ-нагріву в умовах вакууму, піддаються менш вираженим структурним змінам і швидше відновлюють свої властивості після зволоження.

Водночас аналіз наукових джерел показує, що дослідження щодо використання ІЧ-нагріву для обробки м'яса та м'ясної продукції у вакуумі з метою зниження вологості наразі обмежені, що свідчить про потребу у подальшій роботі в цьому напрямі. Це особливо важливо для сухих м'ясних виробів, технології яких мають обмежену кількість бар'єрних етапів, а також для виробів невеликого розміру чи товщини. У таких випадках застосування ІЧ-вакуумного сушіння дозволяє уникнути ефекту нерівномірного температурного розподілу в продукті. Цей ефект зазвичай спричинений проникненням короткохвильового ІЧ-випромінювання в товщу матеріалу та тепловіддачею з поверхні, внаслідок чого температура на певній глибині може перевищувати температуру поверхні або внутрішніх шарів. Однак при малій товщині, характерній для чипсів, подібні температурні аномалії майже не проявляються.

Сушіння за умов одночасної дії ІЧ-випромінювання та вакууму також

сприяє пригніченню росту небажаної анаеробної мікрофлори, що позитивно впливає на мікробіологічну безпеку продукції.

Отже, аналіз наявної інформації дає підстави стверджувати про доцільність досліджень, присвячених вивченню впливу ІЧ-вакуумного сушіння чипсів на їх якість, поживну цінність та безпеку. Перспективним є також впровадження додаткових захисних заходів на етапах посолу та пакування для забезпечення мікробіологічної стабільності готової продукції типу чипсів.

Висновки за розділом

Інформація, представлена в аналітичному огляді, свідчить про значне різноманіття сухих м'ясних виробів, що досягається завдяки варіативності видів м'ясної сировини, використанню додаткових інгредієнтів нем'ясного походження та різним методам попередньої обробки сировини.

Допоміжні речовини в таких технологіях відіграють подвійну роль: вони не лише впливають на смакові та ароматичні якості продукту, а й сприяють покращенню санітарного стану сировини. Це особливо важливо в умовах виробництва сухих м'ясних виробів, де головним завданням є зменшення мікробного забруднення та запобігання розвитку патогенної мікрофлори під час технологічного процесу та зберігання готової продукції.

Як захисні речовини можуть застосовуватись як природного, так і синтетичного походження компоненти з широким або вибіркоvim спектром антимікробної дії, які вводяться окремо або в комбінації. Особливу зацікавленість викликає використання у ролі біозахисту культур мікроорганізмів, традиційно застосовуваних у виробництві ферментованих м'ясних виробів, але поки що рідко використовуваних у технологіях сухих продуктів.

На безпечність сухої м'ясної продукції значною мірою впливають параметри сушіння, зокрема поєднання цього процесу з такими методами, як імерсійна обробка антимікробними речовинами або термічна обробка у підкислених середовищах. Проте ці додаткові етапи можуть змінити властивості

готового продукту, які є характерними саме для сухої м'ясної продукції.

Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання відкриває широкі перспективи для забезпечення високого санітарного рівня м'ясної сировини під час сушіння, що зумовлено його тривалою дією та здатністю чинити бактерицидний ефект на мікрофлору.

Поєднання ІЧ-сушіння з вакуумним середовищем можна розглядати як додатковий бар'єр для зменшення мікробіологічних ризиків.

З метою запобігання повторному забрудненню сухих продуктів, а також для стабілізації їх фізико-хімічних властивостей, доцільно використовувати пакування, яке унеможливорює контакт виробу з киснем. Зазвичай застосовується вакуумне пакування, проте для таких продуктів, як чипси, більш придатним є фасування в модифікованому газовому середовищі через особливості їхньої текстури та зовнішнього вигляду.

Окремий науковий інтерес становлять дослідження змін якості продукції, запакованої в модифікованому середовищі, при зберіганні в умовах підвищених температур. Попри актуальність теми, кількість досліджень у цьому напрямку залишається обмеженою.

На основі вивчених науково-технічних джерел були визначені мета та завдання дослідження.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати технологію чипсів з м'яса птиці підвищеної харчової цінності та високої якості при звичних умовах зберігання на основі використання вакуумного інфрачервоного сушіння.

- виявити ефективні способи зниження мікробних ризиків та забезпечення високого санітарного стану сировини, напівфабрикатів та продукції при виробництві м'ясних сухих продуктів;

- розглянути склад та властивості м'яса птиці, які впливають на формування властивостей чипсів;

- обґрунтувати склад посолочної суміші та умови посолу;

- обґрунтувати режими вакуумного ІЧ-сушіння чипсів;

- розробити рецептуру чипсів із м'яса птиці, виконати комплексну

оцінку якості продукту;

- дослідити вплив пакування на фізико-хімічні та органолептичні властивості продукту при зберіганні та обґрунтувати термін придатності чипсів з м'яса птиці;

- розробити технологічну схему виробництва чипсів із м'яса птиці;
- виконати розрахунок вартості проведених експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва чипсів з м'яса птиці.

Предмет дослідження – вплив вакуумного інфрачервоного сушіння на якісні показники чипсів з м'яса птиці, зокрема їх харчову цінність, органолептичні властивості та стабільність під час зберігання.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Організація експерименту, об'єкти дослідження

Цикл досліджень складався з кількох послідовних та взаємопов'язаних етапів. На початковому етапі було проведено аналіз наукових джерел як вітчизняних, так і зарубіжних з метою обґрунтування актуальності, визначення мети та формулювання завдань дослідження.

Виходячи з поставленої мети та дослідницьких завдань, як об'єкт дослідження було обрано м'ясо птиці. Такий вибір зумовлений як масштабами його виробництва, так і високими показниками поживної та біологічної цінності.

Для проведення експериментів використовували м'ясо, яке пройшло стандартний процес автолізу. Стан дозрівання контролювався за допомогою вимірювання рівня рН на різних стадіях.

Таблиця 2.1 – Динаміка рН білого м'яса грудки курчат-бройлерів у процесі автолізу

Тривалість автолізу, година	Значення
1	6,14
6	6,02
24	5,97
48	5,96

Примітка: м'ясо охолоджене за температури +4 °С.

Для виготовлення чипсів використовували обвалену курячу грудку з малим філе, отриману з передньої частини тушки без крил. Філе було відокремлене від спинної частини в зоні з'єднання грудних і хребетних ребер. Після видалення спинки, реберного м'яса, шкіри ший та кісток, вихід готової грудки становив 19 – 23 % від живої маси птиці. Біле м'ясо курки має тонку волокнисту структуру, нижчий рівень рН та швидше дозріває під час автолізу, що робить його

оптимальним інгредієнтом для виготовлення сухих продуктів.

На різних етапах дослідження аналізу підлягали такі зразки:

- солений напівфабрикат, підготовлений для виготовлення чипсів;
- м'ясна сировина та солений напівфабрикат після вакуумно-інфрачервоного й конвективного сушіння;
- готові чипси, висушені вказаними методами;
- чипси після вакуумного інфрачервоного сушіння на етапі зберігання, залежно від типу пакування.

У виробничому процесі використовувалась подрібнена м'ясна сировина, що дозволило зменшити трудомісткість при формуванні чипсів, уникнути втрат, пов'язаних з обрізками, та забезпечити стабільну якість завдяки стандартизованій товщині й діаметру. Цього вдалося досягти шляхом формування м'ясної маси в оболонку з подальшим нарізанням на скибочки.

Проведення експерименту здійснювалося згідно зі схемою, зображеною на рисунку 2.1, і включало послідовне виконання кількох етапів.

На початковому етапі дослідження було зосереджено увагу на аналізі впливу тривалості витримування у розсолі, вмісту кухонної солі, типу та концентрації консервувального агента на фізико-хімічні показники продукції. Метою було наукове обґрунтування технологічного процесу посолу м'ясної сировини з додаванням 1 % хлориду натрію. У якості консерванту застосовувався натрію лактат при значеннях рН у межах 6,5 – 7,5.

Вибір саме натрію лактату пояснюється його здатністю пригнічувати ріст широкого спектра мікроорганізмів, включаючи патогенні форми. Його ефективність спостерігалася як під час соління, де він посилював антимікробну дію хлориду натрію, так і під час подальшого зберігання готового фасованого продукту.

Сировину витримували в розсолі протягом 72 годин при температурі +4 °С. Щодоби проводили оцінку вмісту вологи, концентрації хлориду натрію, рівня рН та активності води у солоному напівфабрикаті. На підставі отриманих даних було обґрунтовано оптимальний склад розсолу та рекомендовану тривалість посолу.



Рисунок 2.1 – Схема організації та проведення експериментальних досліджень

Робоча камера обладнана знімною кришкою, яка фіксується після встановлення. Зниження тиску всередині камери до рівня нижче атмосферного забезпечується за допомогою вакуумного насоса, що також сприяє конденсації вологи, яка випаровується з продукту в процесі сушіння. Керування основними параметрами роботи установки запуск і зупинка вакуумного насоса, активація та вимкнення холодильного блоку, а також регулювання інтенсивності інфрачервоного випромінювання здійснюється за допомогою панелі керування.

Процес сушіння передбачає двобічне опромінення м'ясної сировини: інфрачервоні випромінювачі розміщені у верхній і нижній частинах камери на відстані 50 – 70 мм від поверхні продукту. Сировину розкладають на сітчасті піддони рівномірно в один шар.

Сушіння проводили до досягнення температури продукту 50 °С, 60 °С, 70 °С або 80 °С. Під час процесу підтримувався залишковий тиск 10 кПа, а щільність теплового потоку становила 4 – 6 кВт/м².

2.2 Методи дослідження

Експериментальні дослідження проводили в лабораторії. Для досліджень використано такі методики.

Масова частка білка – методом К'ельдаля.

Масова частка вологи – методом, заснованим на висушуванні наважок до постійної маси при температурі 103 °С.

Активну кислотність (рН) – потенціометричним методом з використанням рН -метра 150-М.

Активність води – методом виморожування вологи.

Втрати маси під час теплової обробки м'яса характеризуються як зниження його ваги внаслідок кулінарної термообробки. Для проведення дослідження обирали зразки масою 80 грамів, які зважували на технічних вагах із точністю до 0,01 г. Обробку проводили, поміщаючи ці зразки у спеціальні бюкси, після чого здійснювали їх нагрівання у водяній бані за температури 100 °С до досягнення

внутрішньої температури в центрі зразка на рівні 78 °С. Після завершення нагрівання зразки охолоджували до кімнатної температури, а потім повторно зважували задля визначення втрат маси.

Органолептична оцінка продукту проводилась за 5-ти бальною шкалою.

Визначення виходу готової продукції здійснюється шляхом зважування зразків до та після проведення теплової обробки. На основі отриманих даних розраховується співвідношення маси готового продукту до маси вихідної несолоної сировини, яке виражається у відсотках.

Температуру продукту – з використанням інфрачервоного пірометра.

Температура в сушильній камері – вимірювання з використанням термопари.

Обробка результатів виконана з використанням методів математичної статистики.

Висновки за розділом

Експериментальні дослідження були організовані відповідно до заздалегідь розробленої схеми, що забезпечило поетапне і систематичне вивчення впливу інфрачервоного сушіння на якість м'ясних чипсів.

Об'єктами дослідження виступали зразки м'яса птиці, підготовлені згідно з вимогами технологічного процесу та піддані інфрачервоному сушінню за різних режимів.

Для проведення досліджень було застосовано сучасні лабораторні методики, які дозволили визначити фізико-хімічні, органолептичні та структурно-механічні показники продукту.

Обробка результатів експерименту здійснювалася із застосуванням методів математичної статистики, що забезпечило об'єктивність та достовірність отриманих даних.

З ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБУ СУШКИ НА ХАРЧОВУ ЦІННІСТЬ І ЯКІСТЬ ЧИПСІВ З БІЛОГО М'ЯСА ПТИЦІ

3.1 Дослідження та обґрунтування режиму вакуумного інфрачервоного сушіння чипсів з білого м'яса птиці

Сушіння є ключовим етапом, який визначає якісні характеристики сухих м'ясних закусок. Цей процес включає одночасну передачу тепла й масообмін, під час якого з продукту видаляється волога. Основна мета його – подовжити термін зберігання шляхом зменшення або припинення мікробіологічних і біохімічних процесів, що активізуються при наявності доступної вологи.

Вивчення параметрів сушіння дрібнорозмірних неферментованих м'ясних снєків дало змогу встановити, що найнижча ефективна температура процесу становить 49 °С. За таких умов досягнення нормативного рівня вологості триває до 20 годин. Якщо температуру підвищити понад 77 °С, час сушіння скорочується до трьох годин.

Втім, використання високих температур і тривала обробка мають недоліки: активізуються окисні процеси, знижується харчова та біологічна цінність за рахунок деградації білків, втрати вітамінів і зміни структури м'ясної тканини. Водночас застосування нижчих температур подовжує час, протягом якого продукт перебуває в температурному діапазоні, сприятливому для розвитку мікроорганізмів, що негативно впливає на санітарні показники.

Такі обмеження традиційних методів сушіння підкреслюють необхідність пошуку альтернативних технологій, які забезпечують високу якість, харчову безпеку й енергоефективність. Це особливо актуально для виготовлення продукції преміум-класу, зокрема м'ясних чипсів.

Одним із перспективних напрямів є інфрачервоне сушіння. Цей метод ґрунтується на здатності інфрачервоного випромінювання певної довжини хвилі спричиняти посилене коливання молекул води. У результаті утворюється значна кількість теплової енергії, яка безпосередньо витрачається на випаровування

вологи, не нагріваючи саму тканину продукту. Це дозволяє здійснювати сушіння при відносно низьких температурах (40 – 60 °C), що зберігає структуру поверхні, скорочує тривалість обробки, мінімізує втрати біологічно активних речовин, сприяє знищенню мікроорганізмів і деактивації ферментів.

Коли інфрачервоне сушіння поєднується з вакуумом, ефективність випаровування зростає завдяки зниженню тиску. Відсутність повітря, а отже й кисню, значно гальмує окислювальні реакції та розвиток мікрофлори, що забезпечує природне консервування. Такий метод обробки є щадним, тому його особливо доцільно застосовувати для сировини, чутливої до теплового впливу.

Огляд наявної науково-технічної літератури показує, що дослідження у сфері вакуумного інфрачервоного сушіння харчових продуктів є недостатньо розвиненими. Існуючі джерела вказують на високу ефективність інфрачервоного сушіння тонких скибочок харчової сировини, що пов'язано з рівномірним прогріванням матеріалу по всій товщині, без утворення температурних градієнтів.

У зв'язку з цим актуальним є поглиблене дослідження процесу вакуумно-інфрачервоного сушіння м'ясних чипсів з птишиного м'яса як технології, яка не лише забезпечує консервування, а й формує якісні характеристики готового продукту.

Параметри сушіння (температурний режим і тривалість) визначали на прикладі зразків білого м'яса курячої грудки, яке було нарізано на скибочки розмірами 60×5×5 мм. Ключовим критерієм ефективності сушіння є рівень водної активності: її зменшення до 0,85 і нижче означає, що продукт практично позбавлений вологи, доступної для розмноження мікроорганізмів, включаючи токсигенні види.

Сушіння проводилося на лабораторному обладнанні при досягненні температур сировини 60 °C, 70 °C та 80 °C. Залишковий тиск у сушильній камері становив 10 кПа, що визначалося конструктивними параметрами установки. Зразки для дослідження викладалися в один шар для забезпечення рівномірної обробки.

Вміст вологи у початковій сировині становив 71,8 %, з яких 86 % припадало

на зв'язану воду. У таблиці 3.1 наведено результати вимірювань водної активності та масової частки вологи в оброблених зразках залежно від температурного режиму й тривалості вакуумного інфрачервоного сушіння.

Таблиця 3.1 – Вплив температурного режиму вакуумного інфрачервоного сушіння на фізико-хімічні властивості м'яса птиці

Параметри сушіння			Втрати маси, %	Масова частка вологи, %	Aw
Температура, °C	Тривалість, хв	Вологість, %			
60	30	38	28	58,09	0,98
	60	48	51	36,03	0,92
	90	53	71	22,53	0,80
70	30	26	52	48,74	0,98
	60	47	68	25,31	0,82
	75	53	73	11,26	<0,80
80	30	50	51	40,53	0,96
	60	55	75	10,85	<0,80

Результати дослідження показали, що найстабільніше сушіння відбувалося при нагріванні сировини до 60 °C. Згідно з аналізом змін у вологовмісті, у кожен проміжок часу рівень вологості зменшувався приблизно на 37 %. Показник водної активності, критичний для забезпечення збереження властивостей сухого продукту ($A_w < 0,8$), досягався після 90 хвилин сушіння. Отримані зразки мали щільну, пружну консистенцію, добре зберігали форму під дією зовнішнього тиску та не розсипалися.

При підвищенні температури до 70 °C в умовах вакууму спостерігалось значне збільшення швидкості видалення вологи. Уже через 60 хвилин сушіння залишкова вологість становила 15,31 %, тоді як при 60 °C за аналогічний час вона залишалася на рівні 36,03 %. Інтенсивне випаровування води з капілярів і адсорбційних зв'язків вплинуло на текстуру продукту: зовнішній шар став надмірно щільним, що призвело до підвищеної твердості та ламкості. При натисканні зразок кришився. Активність води залишалася на рівні 0,82, що вище

допустимого значення, що пояснюється утворенням бар'єрного шару, який перешкоджає ефективному перенесенню вологи за незмінних умов вакууму та температури нагрівального середовища.

Сушіння при 80 °C викликало інтенсивне прогрівання внутрішніх шарів сировини, внаслідок чого масова частка вологи через 30 хвилин зменшувалася до 40,53 %. Це приблизно у 1,5 рази швидше, ніж при сушінні за температури 60 °C. Однак така швидкість сприяла пересушуванню продукту, що став крихким, надмірно сухим, легко ламким і погано змочуваним.

З огляду на всі результати, оптимальним режимом вакуумно-інфрачервоного сушіння тонкорізаного курячого м'яса є температура 60 °C протягом 90 хвилин. За цих умов отримано продукт з належними органолептичними властивостями.

Подальші експерименти були проведені на чипсах, виготовлених із м'ясної сировини, попередньо витриманої у соляному розчині протягом доби. Для сушіння використали як охолоджені, так і заморожені зразки. Вивчено вплив температури 60 °C на зміни активності води та вмісту вологи під час вакуумного інфрачервоного сушіння. Дані представлені на графіках (рисунки 3.1 і 3.2).

Аналіз кривих сушіння свідчить, що поведінка зразків у вакуумі за помірного нагріву відрізняється від типових характеристик сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів. Високий темп нагрівання зменшує значущість теплопровідності сировини як фактора, що обмежує випаровування вологи.

При загальній тривалості процесу 90 хвилин, активна фаза сушіння з постійною швидкістю видалення вологи триває 30 хвилин. Обмеженість цієї фази пояснюється наявністю значної частки осмотично пов'язаної води в просолених зразках. У першій частині процесу темп зниження вологості становив 0,73 % за хвилину: масова частка вологи зменшилася з 73,08 % до 51,87 %.

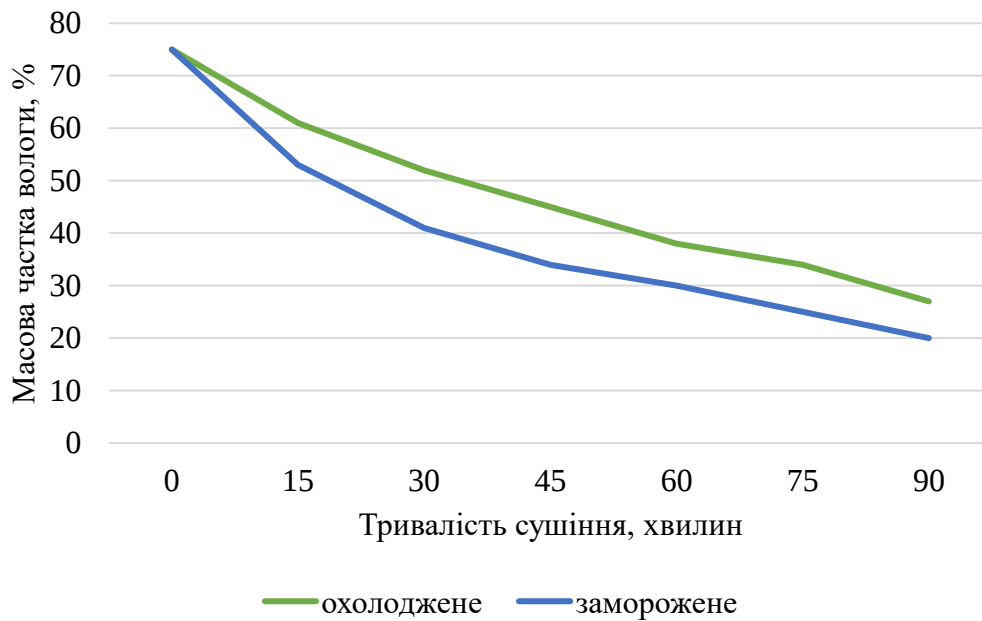


Рисунок 3.1 – Залежність вакуумного інфрачервоного сушіння від термічного стану солоного напівфабрикату

Початок фази зниження швидкості сушіння корелює з критичною вологістю матеріалу. У цей час відбувається видалення вологи, найбільше міцно пов'язаної з продуктом. Тривалість сушіння солоного напівфабрикату чипси з падаючою швидкістю становить 60 хв. Закінчення процесу сушіння в експерименті встановлювали на підставі вимірювання значення активності води та досягнення його нормативного значення 0,8. Швидкість сушіння на другому етапі досягала 0,27 % на хвилину. Після 90 хвилин сушіння масова частка вологи у зразку склала 26,87 %, що є вищим порівняно із несоленими зразками, висушеними за аналогічних умов. При цьому рівень водної активності був на рівні 0,8, що відповідає встановленим нормативним значенням.

При сушінні напівфабрикату білого м'яса птиці, витриманого в посолі і замороженого перед нарізкою за температури -10°C , швидкість вища, ніж при сушці охолодженого м'яса.

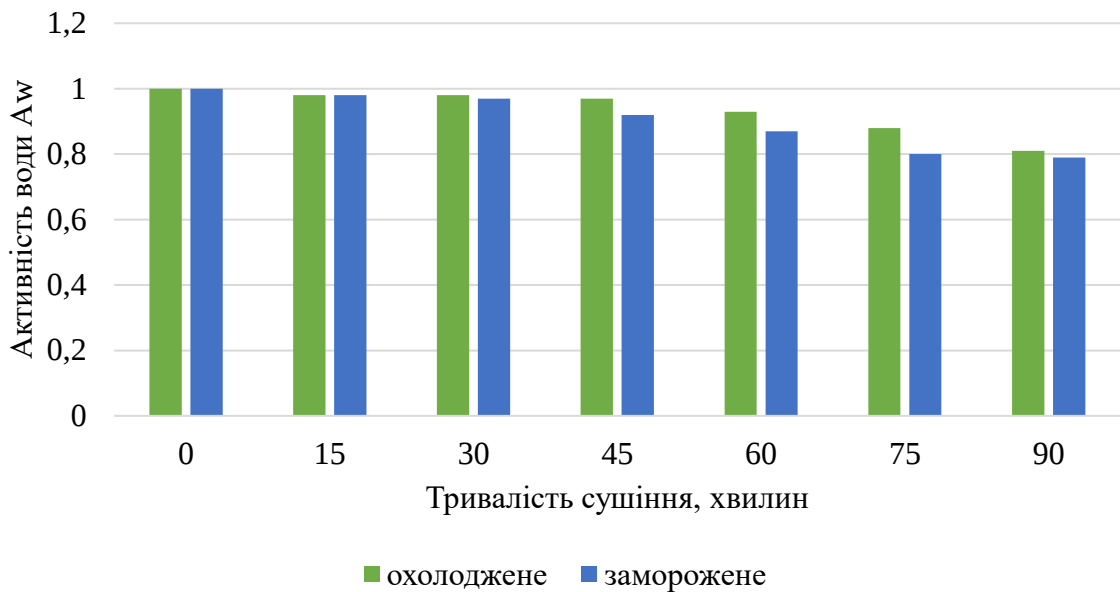


Рисунок 3.2 – Вплив термічного стану сировини на зміни показника

На другому етапі сушіння швидкість процесу становить 0,36 %/хв, при цьому масова частка вологи у продукті до завершення сушіння досягає рівня 19,63 %. Нормативний показник активності води (A_w), що становить 0,8, досягається через 75 хвилин сушіння сировини із замороженого стану. Збільшення тривалості сушіння до 90 хвилин призводить до зниження значення A_w нижче 0,8.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що для солоної та замороженої сировини тривалість процесу сушіння може бути оптимізована до 75 хвилин за умови забезпечення такого рівня залишкової вологи, який є недостатнім для розвитку мікроорганізмів.

Вивчено вплив рН сировини на ефективність вакуумного інфрачервоного сушіння. Зразками для досліджень були реструктуровані солоні чипси (зразок 1 рН 5,89, зразок 2 рН 5,59), витримані при температурі 18 °C і реструктуровані солоні чипси з додаванням лактату натрію (зразок 3 рН 6,07), витримані при +4 °C (рисунок 3.3).

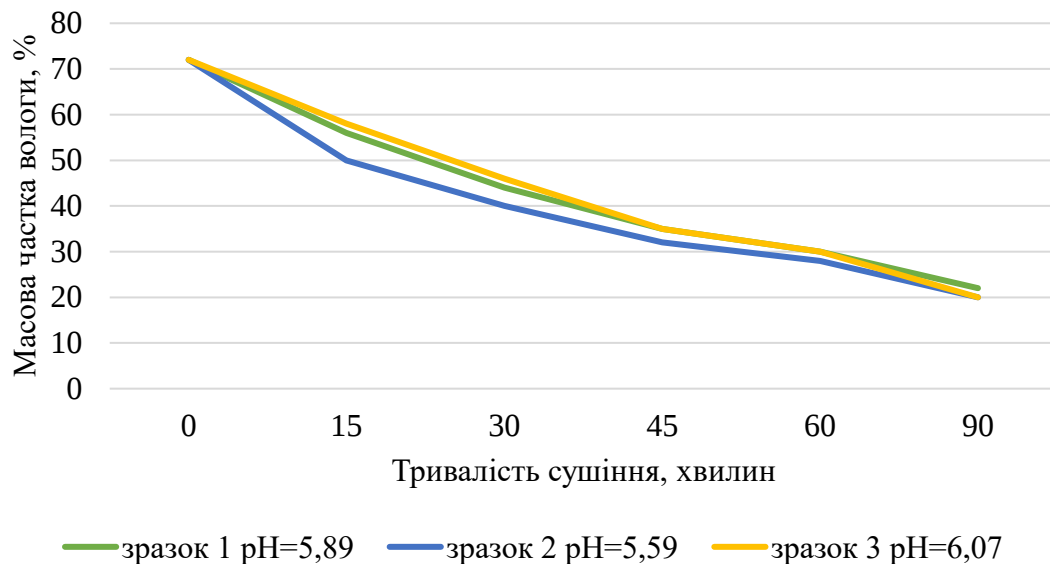


Рисунок 3.3 – Кінетичні криві сушіння солоних напівфабрикатів чипсів із білого м'яса птиці залежно від рН

Згідно з представленими даними, характер кривих сушіння солоних напівфабрикатів з різним значенням рН аналогічний. У всіх випадках тривалість періоду, що протікає з постійною швидкістю, становить 30 хв при загальній тривалості процесу 90 хв. Водночас швидкість сушіння напівфабрикатів з рН 5,59 вище, ніж у зразках з рН 5,89 та 6,07 і становить 1,02 %/хв, проти 0,93 %/хв і 0,86 %/хв, відповідно. Тривалість сушіння до нормативних значень активності води становить 90 хв.

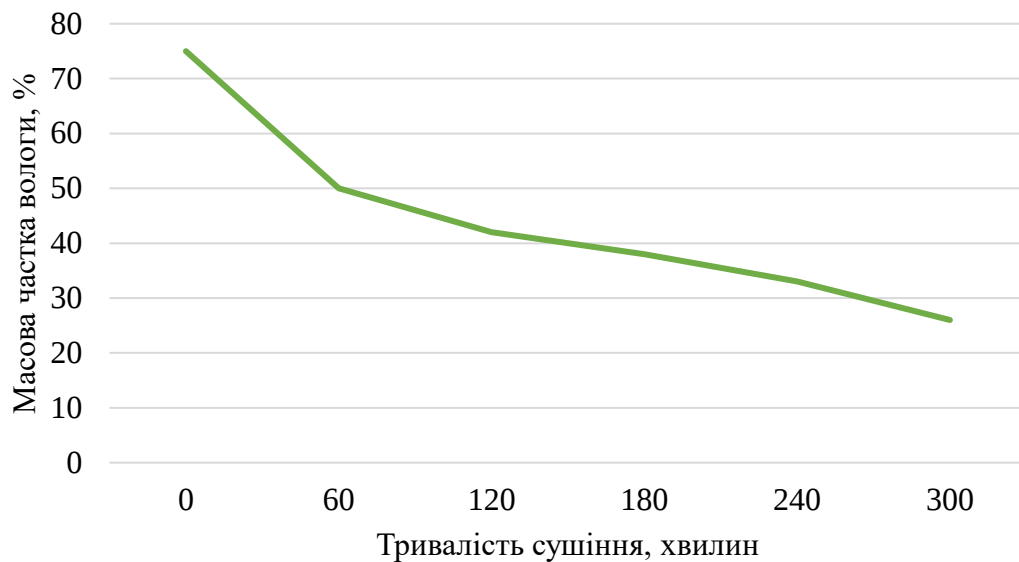
Таблиця 3.2 – Показники ефективності інфрачервоного сушіння залежно від рН сировини

Добавка	рН	Швидкість сушіння, %/хв	Тривалість сушіння, хв	Масова частка вологи, %	Активність води
Зразок 1	5,89	1,02	90	21,77	0,8011
Зразок 2	5,59	0,93	90	19,65	<0,8
Зразок 3	6,07	0,86	90	20,01	0,8015

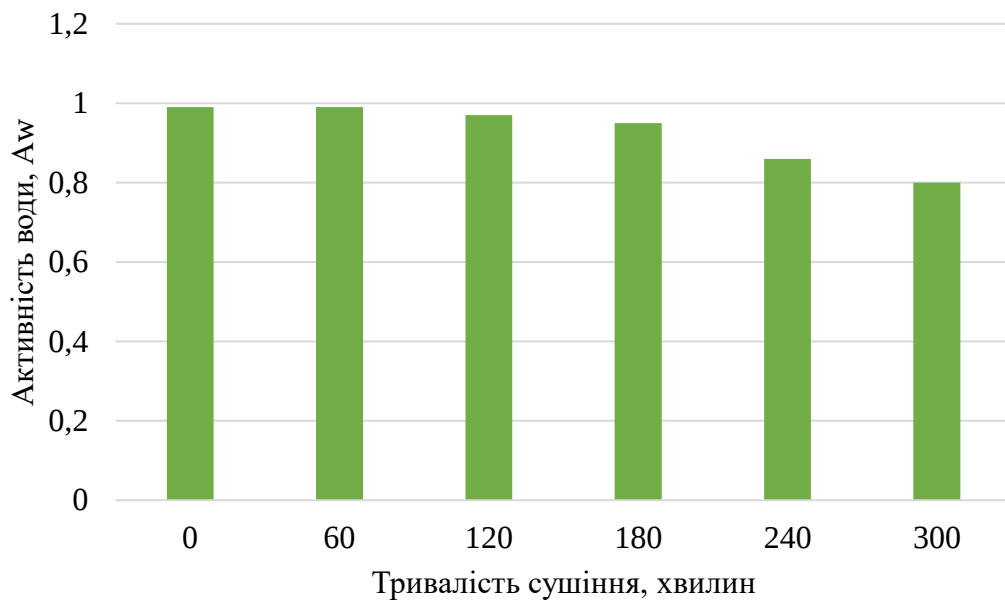
Тобто зміна значення рН солоних напівфабрикатів чипсів не має суттєвого

впливу на інтенсивність процесу сушіння.

Для оцінки ефективності вакуумного інфрачервоного сушіння, частину зразків, підготовлених аналогічним способом, піддавали процесу конвективного сушіння при температурі 90 °С. Результати визначення масової частки вологи та показника A_w наведено на рис. 3.4 (а, б).



а)



б)

Рисунок 3.4 – Кінетичні криві процесу конвективного сушіння (а) та показник активності води солоних напівфабрикатів чипсів (б)

Згідно з отриманими даними, тривалість сушіння реструктурованих солоних чипсів до значень активності води, достатніх для інгібування росту мікроорганізмів за звичайних умов зберігання продукту, становить 5 год.

За умов конвективного нагрівання у відсутності вакуумного прогріву, основним механізмом передачі тепла є тепломасоперенос, що зумовлений тепловологопровідністю. У стабільному тиску в камері цей процес переважно пояснюється молекулярною термодифузією вологи. Переміщення вологи обумовлюється різними швидкостями молекул у шарах продукту, що мають різну температуру. При температурі 10 °C та навіть незначній товщині зразка, процес випаровування вологи є тривалим. Це пов'язано з наявністю значної кількості міцно зв'язаної вологи, яка сповільнює процес сушіння. Після завершення процесу сушки, тобто досягнення нормативного рівня активності води, масова частка залишкової вологи у висушеному зразку склала 23,75 %.

Отже, було визначено, що за умов однакових розмірів зразків чипсів та ідентичних методів підготовки сировини, застосування вакуумного інфрачервоного сушіння забезпечує скорочення тривалості процесу у 3–4 рази. Це дозволяє досягти рівня водної активності, який забезпечує мікробіологічну стабільність продукту, а також зберегти органолептичні характеристики, притаманні сухим харчовим продуктам.

Скорочення тривалості сушіння з досягненням нормативного значення активності води сприяють попередньо заморожуванню сировини та зниження рН.

3.2 Оцінка впливу вакуумно-інфрачервоного сушіння на органолептичні характеристики чипсів із білого м'яса курки

З метою надання інтенсивних смако-ароматичних характеристик було виготовлено чіпси з використанням різноманітних компонентів (таблиця 3.3). Проведено органолептичну оцінку, спрямовану на визначення рецептур, що демонструють високі показники споживчих властивостей.

Таблиця 3.3 – Рецептури чипсів з м'яса птиці

Інгредієнти	Варіанти рецептур				
	1	2	3	4	5
Основна сировина, кг/10 кг					
М'ясо грудки	10	10	10	10	10
Добавки, спеції, прянощі, г на 10 кг несоленої сировини					
Сіль кухонна харчова	200	200	200	200	200
Перець чорний мелений	50	30	20	25	20
Мед бджолиний	-	-	-	300	-
Цибуля	-	20	-	-	5
Часник	-	-	15	15	10
Карі	-	10	-	-	-
Паприка солодка	-	-	15	-	15
Гірчиця	-	20	10	-	-
Цукор	10	5	5	-	5
Лактат натрію	200	200	200	200	200

Результати органолептичного аналізу показали, що чипси, висушені за допомогою вакуумно-інфрачервоного методу, мають кращі споживчі характеристики порівняно з аналогічними виробами, отриманими шляхом конвективного сушіння. Найбільш помітні відмінності виявлено за критерієм консистенції.

Чипси, висушені конвективним способом, відзначаються надмірною ламкістю та крихкістю, що не відповідає типовим властивостям цього виду продукту. При згинанні скибочки втрачають еластичність і легко ламаються. Під час жування відчувається надмірна сухість і крихкість, що негативно впливає на смакові відчуття. Адже сприйняття смаку формується не лише на основі смакових нот, а й завдяки текстурі та тому, як продукт розподіляється в ротовій порожнині. Внаслідок цього дегустатори дали нижчі оцінки смаковим якостям таких зразків.

Крім того, чипси, висушені традиційним (конвективним) способом, мали нижчі оцінки за зовнішній вигляд через утворення мікротріщин, ущільнення поверхневого шару та ламкі краї.

Під час органолептичної оцінки також були зафіксовані різниці у кольорі продуктів. Найбільш привабливе забарвлення мали чипси, у рецептурі яких був використаний мед. Це пояснюється перебігом реакції меланоїдиноутворення між амінокислотами білкової сировини та вуглеводами з меду. Використання паприки позитивно вплинуло на колір, однак ступінь інтенсивності був нижчим порівняно із зразками за рецептурою №4.

Ароматичні характеристики залежали переважно від використаних спецій. Найвиразніший аромат спостерігався у зразків з високим вмістом прянощів. Найбільший ароматичний ефект надавав часник, менш виражений вплив цибуля. Чорний перець варто вважати базовим компонентом, обов'язковим для формування збалансованого аромату.

Результати досліджень щодо визначення органолептичних показників отриманих дослідних зразків чипсів приведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Органолептична оцінка чипсів залежно від рецептури та способу сушіння

Спосіб сушіння та рецептура		Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак	Аромат	Колір	Загальна оцінка
А	1	4,6	4,6	4,2	4,8	4,0	22,2
	2	4,7	4,3	4,2	4,6	4,0	21,8
	3	4,2	4,5	4,6	4,8	4,4	22,5
	4	5,0	4,5	4,5	5,0	4,8	24,0
	5	4,6	4,5	4,3	4,6	4,4	22,4
Б	1	3,6	3,2	4,0	4,0	3,6	18,4
	2	3,8	3,0	4,0	4,0	3,5	18,3
	3	3,9	3,6	4,2	4,2	3,9	19,4
	4	3,9	3,9	4,0	4,0	4,2	20,0
	5	3,6	3,8	4,0	4,0	3,9	19,5

Примітка: А – вакуумна інфрачервона сушка; Б – конвективна сушка.

Серед зразків, висушених конвективним методом, найкращі органолептичні показники продемонстрував варіант із додаванням меду.

У свою чергу, продукти, оброблені методом вакуумного інфрачервоного сушіння, загалом характеризувалися щільною, але водночас еластичною консистенцією, добре піддавалися жуванню й не мали надмірної крихкості. Суттєвих відмінностей у текстурі між зразками з різними рецептурами не зафіксовано. Найвищі бали за зовнішній вигляд, аромат і колір також отримав зразок із медом.

З огляду на результати дегустаційної оцінки та враховуючи варіативність сприйняття смаку споживачами, що на пряму впливає на попит, було запропоновано оптимальну рецептуру м'ясних чипсів такого складу: м'ясо птиці, кухонна сіль – 2 %, натрію лактат – 2 %, мед – 0,3 %, чорний перець – 0,15 %, суміш прянощів – 0,5 %. До складу спецій можуть входити (у довільному співвідношенні) карі, сушена цибуля, коріандр, солодка паприка, гострий червоний перець. Рецептурна назва продукту – «Привабливі».

Отже, органолептична оцінка підтверджує доцільність використання вакуумно-інфрачервоного сушіння як технології, що забезпечує високу якість м'ясних чипсів. Додавання меду до посолочної суміші позитивно впливає на їхні споживчі характеристики. Подальші дослідження проводилися саме із зразками, виготовленими за рецептурою «Привабливі».

3.3 Вплив вакуум-інфрачервоного сушіння на харчову цінність чипси з білого м'яса птиці

Поживна цінність продукту визначається його хімічним складом, ступенем засвоюваності організмом, а також вмістом і співвідношенням амінокислот. У таблиці 3.5 наведено результати аналізу хімічного складу досліджуваних зразків.

Згідно з отриманими результатами, м'ясні чипси, висушені методом вакуумного інфрачервоного випромінювання, мають підвищений вміст білка у середньому 61,84 %. З урахуванням рекомендованої добової норми споживання білка для дорослого населення (65 – 117 г на добу для чоловіків та 58 – 87 г для жінок, у середньому 82 г), споживання 100 г такого продукту забезпечує близько

76 % добової потреби.

Показник співвідношення «волога : білок» у чипсах за рецептурою «Привабливі» становить 0,35, що свідчить про високу концентрацію поживних речовин і ефективність сушіння.

Таблиця 3.5 – Хімічний склад чипсів з білого м'яса птиці

Показник	Чипси «Привабливі»
Масова частка води, %	18,79
Масова частка білка, %	61,52
Масова частка жиру, %	4,34
Масова частка золи, %	8,15
Співвідношення води до білку	0,31
Енергетична цінність, ккал	285

Чипси з білого м'яса птиці відзначаються низьким вмістом жиру, який залежно від використовуваної сировини коливається в межах 4,34 – 4,97 %. Енергетична цінність продукту становить 285 ккал і зумовлена високим вмістом білка, що найбільше відповідає очікуванням споживачів. Підвищений вміст білків у кінцевому продукті свідчить про мінімальний рівень їх гідролізу під час нагрівання, що супроводжується утворенням небілкового азоту.

3.4 Аналіз якості чипсів із білого м'яса птиці під час зберігання та визначення термінів придатності продукції

Під час зберігання якості чипсів оцінювали за комплексом показників, які відображають рівень безпечності, споживчі властивості та харчову цінність продукту, з метою визначення його придатності до споживання протягом певного періоду. Для дослідження було використано чипси за рецептурою «Привабливі», які були герметично упаковані у вакуумні полімерні пакети за допомогою відповідного обладнання.

Оскільки чипси належать до категорії харчової продукції, стійкої до

псування, для їхнього зберігання не потребується спеціалізованих умов. Тому спостереження проводили за стандартного температурного режиму $+18 - +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відносної вологості повітря 80 %, упродовж 30 – 45 діб.

На рисунку 3.5 подано динаміку зміни активності води у досліджуваних зразках. Було встановлено, що протягом періоду зберігання, за умови вакуумного пакування у полімерну плівку, показник активності води змінювався незначно у межах від 0,8020 до 0,8149. Водночас усі зафіксовані значення залишались нижчими за критичний рівень 0,85, що свідчить про відсутність умов для розвитку мікрофлори та гарантує мікробіологічну стабільність продукту.

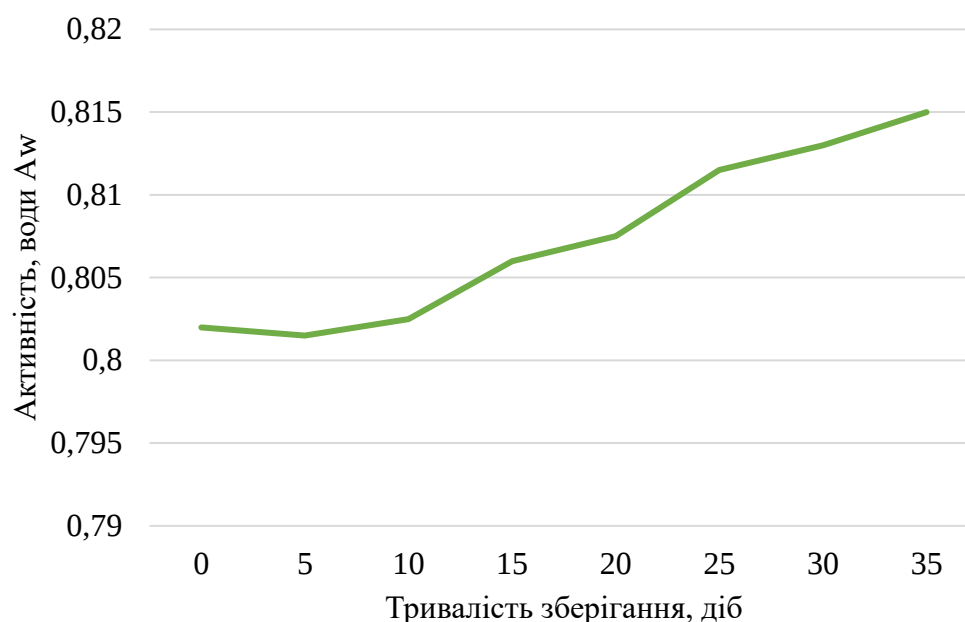


Рисунок 3.5 – Вплив умов та тривалості зберігання на активність води чипсів

Показником, на підставі якого можна судити про зміну властивостей продукції при зберіганні є рН, збільшення показника може розглядатися як одна з ознак збільшення популяції мікроорганізмів. Динаміка показника рН чипсів, залежно від способу упаковки, наведена в таблиці 3.8.

Як впливає з експериментальних даних, у зразках чипсів, упакованих у вакуумі, протягом перших 10 діб зберігання значення активної реакції середовища залишається практично незмінним, а потім відбувається збільшення

pH.

Таблиця 3.6 – Динаміка pH чипсів залежно від способу упаковки та тривалості зберігання

Тривалість зберігання, діб	Значення pH для чипсів «Привабливі»
0	6,07
5	6,15
10	6,21
15	6,27
20	6,35
30	6,46

Динаміка показника масової частки вологи наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Динаміка масової частки вологи чипсів в залежності від способу упаковки та тривалості зберігання

Тривалість зберігання, діб	Значення pH для чипсів «Привабливі» в умовах зберігання у вакуумі
0	18,79
5	18,92
10	19,54
15	20,78
20	21,93
30	22,36

У процесі зберігання було зафіксовано підвищення масової частки вологи у чипсах, що, ймовірно, пов'язано з поглинанням вологи з навколишнього повітря сухим продуктом. Відносне збільшення вологості становило 18,8 %.

Таким чином, результати експерименту свідчать про доцільність вакуумного пакування чипсів як ефективного способу забезпечення їх стабільності під час зберігання. За умов температури +18 - +20 °C встановлений термін придатності становить 15 діб.

3.5 Технологічний процес виготовлення чипсів з білого м'яса птиці

На основі отриманих експериментальних даних була розроблена технологічна схема виробництва м'ясних чипсів із білого курячого м'яса, що представлена на рисунку 3.6.

Для виготовлення продукції рекомендується використовувати охолоджену м'ясну сировину з терміном зберігання не більше 48 годин та мінімальним рівнем мікробного обсіменіння це є ключовим початковим бар'єром для забезпечення безпечності. Етап підготовки сировини включає очищення тушок птиці від пера й пуху (за потреби), миття зовнішніх і внутрішніх поверхонь під проточною або душовою водою з температурою 20 – 25 °C, відстоювання для стікання води протягом 15 хвилин, а також відділення грудної частини тушки для подальшого використання.

Далі сировину подрібнюють на м'ясорубці (вовчку) з ґратами діаметром 8 – 10 мм, при цьому контролюють температуру фаршу, яка не повинна перевищувати +6 °C.

Подрібнену масу змішують у фаршемішалці із сіллю, натрію лактатом, спеціями та захисними культурами. Інгредієнти додаються поступово згідно з рецептурними нормами. Процес перемішування триває 4 – 6 хвилин до утворення однорідної, в'язкої консистенції. Для цього бажано використовувати вакуумну фаршемішалку, яка знижує ймовірність окислення та стримує розвиток аеробної мікрофлори.

Після змішування фарш викладають у спеціальні ємності та подають на набивання в оболонку. Рекомендується використовувати штучну білкову оболонку, що дозволяє стандартизувати форму та розміри виробу.

Формування батонів здійснюється за допомогою вакуумного шприца. Поєднання вакуумного середовища з щільним наповненням дає змогу уникнути утворення повітряних порожнин, що, своєю чергою, уповільнює розвиток небажаної мікрофлори та покращує зовнішній вигляд зрізу готового продукту.

Сформовані вироби поміщають у холодильну камеру з температурою +4 °C

для витримування протягом 24 годин.

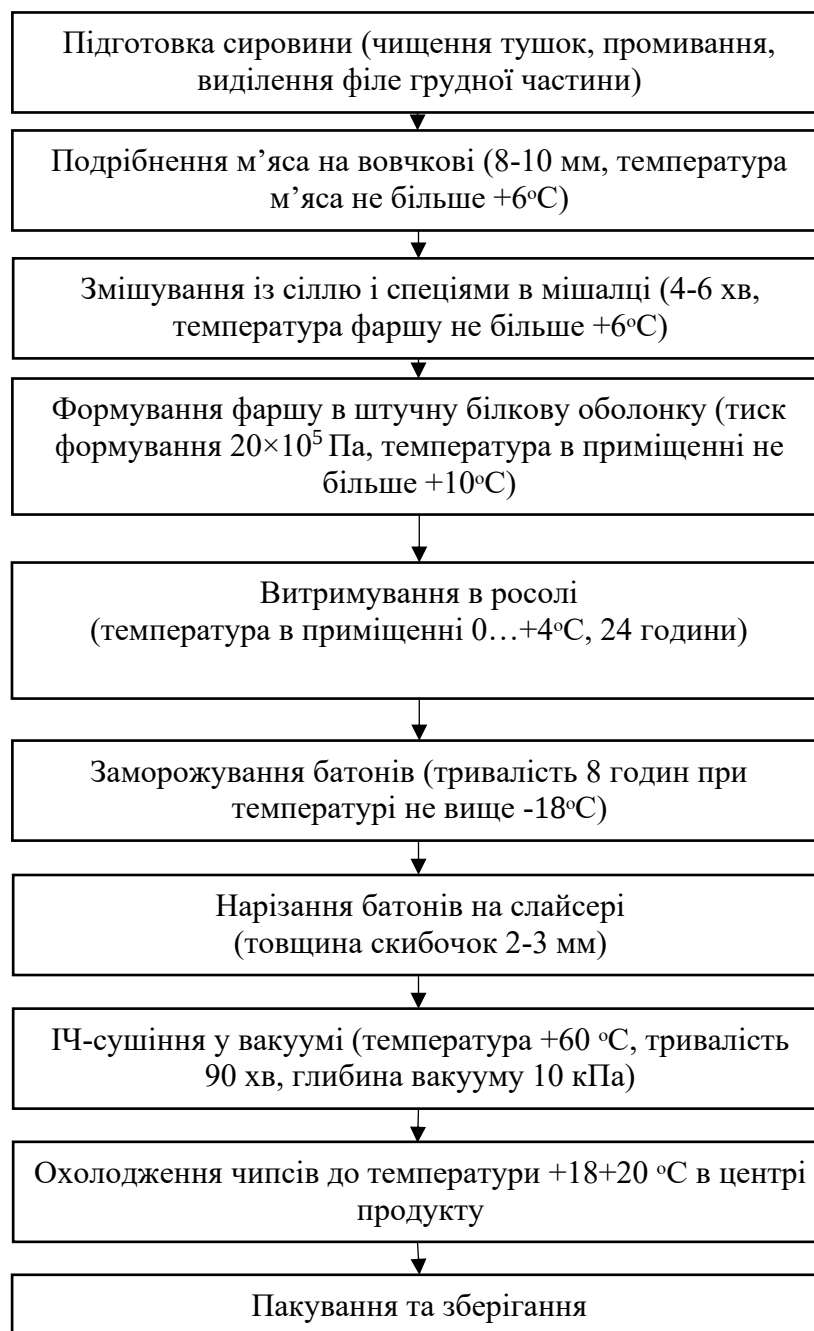


Рисунок 3.6 – Технологічна схема виробництва чипсів із білого м'ясу птиці

У процесі посолу в м'ясній масі формується структура завдяки міжмолекулярній взаємодії полярних білкових груп, що сприяє утворенню цілісної монолітної консистенції.

Після завершення етапу посолу сформовані батони переміщують до морозильної камери. Заморожування є необхідною технологічною операцією для

полегшення подальшої нарізки, а також сприяє інтенсифікації процесу сушіння. Цей етап триває щонайменше 8 годин за температури не вище -18°C .

Перед нарізкою батони звільняють від оболонки, після чого їх нарізають на слайсері (автоматичному або напівавтоматичному) на скибочки товщиною 2 – 3 мм. Отримані скибки викладають на сітчасті листи сушильного обладнання в один шар, не допускаючи їх контакту між собою. Нарізку проводять у приміщенні з температурою повітря в межах $+4^{\circ}\text{C}$.

Сушіння здійснюється у вакуумних інфрачервоних сушильних камерах за температури $+60^{\circ}\text{C}$ протягом 90 хвилин. Після цього продукт охолоджують у спеціальних камерах при температурі $0 - +8^{\circ}\text{C}$ до моменту, коли температура всередині чипсів досягне $+18 - +20^{\circ}\text{C}$. Оскільки чипси відносяться до стабільної продукції, що не потребує спеціальних умов зберігання, подальше охолодження до нижчих температур є недоцільним як з економічної точки зору, так і з урахуванням можливого утворення конденсату при поверненні до кімнатної температури, що може створити умови для мікробіологічного псування.

Фінальний етап — упаковка, він необхідний для збереження якості та зручного транспортування. Чипси фасуються у вакуумні пакети масою 25, 50 або 75 г.

Зберігати продукт слід у сухому, захищеному від світла місці при температурі $+18 - +20^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості не більше 75 %. За таких умов термін придатності у вакуумному пакуванні становить 15 діб.

Вихід готової продукції (чипсів) становить 37 % від маси сировини. Органолептичні характеристики чипсів із курячого білого м'яса подані в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Органолептичні показники чипсів

Найменування показника	Характеристика показника
Консистенція	Щільна, не крихка, не руйнується при згинанні скибочок
Колір	Колір від світло-коричневого до коричневого, із золотим відтінком, інтенсивність фарбування поверхні змінюється, створюючи мозаїчність
Смак та аромат	Смак солоний з вираженим ароматом прянощів та спецій, використаних у рецептурі, без сторонніх смаку та запаху
Форма та зовнішній вигляд	Продукт круглої форми без розривів і сколів, поверхня рівна, можлива наявність на поверхні декоративних обсіпок

Висновки за розділом

Обґрунтовано доцільність використання вакуумного інфрачервоного сушіння для виробництва м'ясних чипсів із білого м'яса птиці, що дозволяє забезпечити мікробіологічну стабільність та високі органолептичні властивості продукту.

Оптимальною температурою сушіння виявилася 60 °С, при якій забезпечувалося рівномірне зневоднення продукту, а значення активності води (A_w) $\leq 0,8$ досягалося за 90 хвилин.

Заморожування сировини перед сушінням та зниження рН посилюють ефективність сушіння: тривалість процесу скорочується до 75 хв при збереженні нормативного рівня активності води, що обмежує розвиток мікроорганізмів.

Найвища швидкість сушіння спостерігалася у зразках з рН 5,59 і становила 1,02 %/хв. Тривалість періоду постійної швидкості сушіння – 30 хв, загальна тривалість – до 90 хв.

Сформована рецептура чипсів «Привабливі» із додаванням меду, солі, лактату натрію та спецій забезпечує привабливий смак і стабільну консистенцію готового продукту.

Високий вміст білка в готовому продукті (за енергетичної цінності 285 ккал)

зумовлений мінімальними втратами білкових речовин у процесі сушіння, що відповідає вимогам сучасного споживача до здорових снєків.

Мікробіологічні показники чипсів, упакованих у вакуум, залишаються в межах гігієнічних норм протягом усього періоду спостережень, при цьому відсутні патогенні мікроорганізми.

Через наростаючі гідролітичні та окислювальні процеси під час зберігання, рекомендовано обмежити термін придатності вакуумно упакованих м'ясних чипсів до 15 діб при температурі +18 +20 °С.

Зростання рН і масової частки вологи під час зберігання пов'язане з сорбцією вологи з повітря, що підтверджує необхідність контролю умов пакування та терміну зберігання для збереження якості продукту.

Розроблена технологія виробництва чипсів із білого м'яса птиці, яка передбачає застосування вакуумного інфрачервоного сушіння та використання вакуумного пакування.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Розроблення картки безпеки праці під час виробництва м'ясних чипсів на вакуумній ІЧ-сушарці

У таблиці 4.1 приведено карту безпеки праці під час виробництва м'ясних чипсів на вакуумній ІЧ-сушарці, яка охоплює основні зони ризику, потенційні небезпеки та заходи безпеки.

Таблиця 4.1 – Карта безпеки праці під час виробництва м'ясних чипсів на вакуумній ІЧ-сушарці

№	Небезпечний фактор	Джерело	Можливі наслідки	Засоби захисту та профілактичні заходи
1	2	3	4	5
1	Висока температура поверхонь	Нагрівальні елементи ІЧ-сушарки	Опіки рук або інших частин тіла	Термостійкі рукавиці, інструктаж, огороження гарячих елементів
2	Вакуум (низький тиск)	Камера сушіння	Ризик вибуху, розгерметизація, травмування	Регулярна перевірка герметичності, манометри, аварійне відключення
3	Електричний струм	Силова електромережа сушарки	Ураження струмом, пожежа	Заземлення, ПЗВ, справна ізоляція, робота у сухих умовах
4	Гострі краї металевих деталей	Конструктивні елементи сушарки або тари	Порізи, механічні травми	Робочі рукавиці, плавне переміщення сировини

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
5	Волога підлога, жирні залишки	Робоче середовище після обробки м'яса	Падіння, травми кінцівок	Протиковзке взуття, регулярне прибирання, маркування вологих зон
6	Пара, волога	Вивільнення під час сушіння	Опіки, зниження огляду	Вентиляція, використання прозорого екрана
7	Мікробіологічне забруднення	Сире м'ясо	Харчові інфекції, забруднення обладнання	Санітарна обробка, гігієнічні норми, окремі зони для сирої сировини
8	Втома оператора, неуважність	Тривала робота, повторювані дії	Травматизм через помилки	Раціональний режим праці та відпочинку, ротація працівників
9	Шум від роботи сушарки	Вакуумний насос, вентиляція	Шумове навантаження, головний біль	Засоби захисту слуху (при необхідності)

Загальні рекомендації:

- перед початком роботи провести інструктаж з охорони праці;
- забезпечити пожежну безпеку – поруч повинні бути вогнегасники (порошкові, вуглекислотні);
- застосовувати індивідуальні засоби захисту: рукавиці, спецодяг, фартух, головний убір;
- заборонено працювати без нагляду з несправним обладнанням;
- проводити регулярне технічне обслуговування сушарки згідно інструкції виробника.

4.2 Шляхи утилізації відходів під час виробництва м'ясних чипсів на вакуумній ІЧ-сушарці

Утилізація відходів виробництва джерок (м'ясних чипсів) – важливий аспект забезпечення екологічної безпеки та економічної ефективності підприємства. Відходи можуть бути як харчового, так і нехарчового походження, і кожна група має свої методи утилізації. Шляхи утилізації відходів приведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Шляхи утилізації відходів під час виробництва м'ясних чипсів на вакуумній ІЧ-сушарці

№	Тип відходів	Джерело утворення	Характеристика	Шляхи утилізації / використання
1	2	3	4	5
1	Обрізки м'яса, жилки, сухожилля	Обрізання філе перед сушінням	Органічні, швидкопсувні	Відправлення на переробку (корм тваринам). Компостування (при термічній обробці)
2	Кістки (за наявності)	Помилкова обробка сировини	Тверді тваринні відходи	Подрібнення та передача на виробництво борошна з кісток
3	Крихти, ломи чипсів	Після сушіння та пакування	Сухі харчові відходи	Повторне використання (у суміші, порошках). Кормова добавка після подрібнення
4	Залишки пакувальних матеріалів	Пакування готової продукції	Пластик, фольга, поліетилен	Сортування та передача на вторинну переробку
5	Вода, жир, білкові домішки з м'яса	Мийка обладнання, обробка сировини	Забруднені стічні води	Очищення через локальні очисні споруди. Вивіз спеціалізованими службами

1	2	3	4	5
6	Волога з камери сушіння (конденсат)	Випаровування під час сушіння	Вода з незначними домішками білка/жиру	Утилізація через каналізацію при відповідності нормам. Очищення
7	Одяг, ЗІЗ (зі слідами жиру, крові)	Використання персоналом	Текстильні побутові відходи	Прання та повторне використання. Утилізація через спецслужби (при непридатності)
8	Фільтри (вентиляція, пиловловлювання)	Обслуговування ІЧ-сушарки	Вміст пилу, білкових залишків	Замінити згідно регламенту, утилізувати як побутові або технологічні відходи

Додаткові заходи з утилізації та поводження з відходами:

- роздільне збирання відходів на етапі виробництва;
- жиरोловлювачі та фільтраційні установки у зливній системі;
- контроль мікробіологічних ризиків у відходах тваринного походження;
- ведення журналу обліку відходів згідно санітарно-гігієнічних вимог.

Висновки за розділом

Розроблено карту безпеки праці працівників виробничого цеху, яка охоплює основні ризики, пов'язані з експлуатацією вакуумної інфрачервоної сушарки, а також інші технологічні етапи. Визначено потенційні небезпеки механічного, електричного, термічного характеру та ризики у разі порушення санітарно-гігієнічних норм. Запропоновано засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), вимоги до виробничої дисципліни та організаційні заходи, спрямовані на мінімізацію нещасних випадків.

Проведено аналіз видів відходів, що утворюються в процесі виробництва, зокрема органічних (залишки сировини, обрізки, жир), пакувальних, технічних та побутових. Визначено основні джерела їх утворення та ризики, пов'язані з їх

накопиченням.

Визначено шляхи утилізації та переробки відходів, які дозволяють забезпечити санітарну безпеку виробництва та знизити екологічне навантаження. Запропоновано використання органічних решток як сировини для виробництва кормових або технічних продуктів, а також повторне використання або сортування пакувальних матеріалів.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Витрати на проведення досліджень

Складений кошторис витрат слугує основою для визначення фінансових потреб, пов'язаних із проведенням наукових досліджень. У ньому враховуються такі складові, як витрати на матеріальні ресурси, спожиту електроенергію, заробітна плата працівників, амортизаційні нарахування та накладні витрати.

Вартість основних і допоміжних матеріалів обчислюється за такою формулою:

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

де m_1 – кількість витраченого матеріалу;

C_1 – вартість одиниці витраченого матеріалу, грн/кг.

У таблиці 5.1 представлено результати розрахунків щодо вартості матеріалів.

Таблиця 5.1 – Обсяги необхідних основних матеріалів та їхня вартість на 10 кг виробленої продукції

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
М'ясо грудки, кг	10,00	210,00	2100,00
Сіль кухонна харчова, кг	1,00	18,00	18,00
Перець чорний мелений, кг	0,13	170,00	22,1
Мед бджолиний, кг	0,03	280,00	8,40
Цибуля, кг	0,025	17,00	0,425
Часник, кг	0,04	130,00	5,20
Карі, кг	0,01	200,00	2,00
Паприка солодка, кг	0,03	127,00	3,81
Гірчиця, кг	0,03	100,00	3,00
Цукор, кг	0,025	30,00	0,75
Лактат натрію, кг	0,20	180,00	36,00
Всього			2199,69

Таблиця 5.2 містить результати обчислення витрат на заробітну плату учасників дослідження, яка визначається шляхом множення середньої погодинної оплати праці на загальну кількість відпрацьованих годин.

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на заробітну плату учасників наукового дослідження

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	50,00	20	1000,00
Всього				1000,00

Нарахування на заробітну плату становить 22 % від загального обсягу оподатковуваної суми, що підлягає єдиному соціальному внеску:

$$H = \frac{1000,00 \cdot 22}{100} = 220,00 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості спожитої електроенергії здійснюється за наступною формулою:

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

де M – загальна потужність лабораторного устаткування, кВт;

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

T – час роботи дослідного устаткування, год;

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

Витрати на енергоспоживання обладнання, що використовується для конвективного сушіння:

$$E_{\text{конвект}} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 48 \cdot 6,4 = 304,12 \text{ грн.}$$

Витрати на енергоспоживання обладнання, що використовується для ІЧ-сушіння:

$$E_{\text{ІЧ}} = 2,4 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 6,4 = 331,78 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{\text{п.к.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 6,4 = 1036,8 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{конвект}} + E_{\text{ІЧ}} + E_{\text{п.к.}} = 304,12 + 331,78 + 1036,8 = 1672,7 \text{ грн.}$$

На основі рівняння 5.3 розраховується сума амортизаційних витрат на обладнання, задіяне під час проведення дослідження:

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

де A – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 5.3 наведені результати розрахунків амортизаційних відрахувань.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію обладнання

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Конвективн сушарка	10800,0	10	6	17,75
ІЧ-сушарка	48000,0	10	3	39,45
Персональний комп'ютер	20800,0	24	25	341,91
Всього				399,11

Накладні витрати, що стосуються технічного обслуговування та організації виробничого процесу, охоплюють виплати обслуговуючому та адміністративному персоналу. Витрати на технічне обслуговування обладнання становлять 80 % від розрахункової заробітної плати дослідника:

$$\frac{(1000,00 \cdot 80)}{100} = 800,00 \text{ грн.}$$

Розрахункова вартість проведення лабораторного дослідження приведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахункова вартість дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали (ОМ)	2199,69
Заробітна плата (ЗП)	1000,00
Нарахування на заробітну плату (НЗП)	220,00
Електроенергія (Е)	1672,70
Амортизація (А)	399,11
Накладні витрати (НВ)	800,00
Всього	6291,50

На основі проведеного аналізу, основними та найзначущими витратами є витрати на основні матеріали та електроенергію, які займають провідні позиції у загальній структурі витрат.

5.2 Визначення вартості дослідження

Оскільки дослідження має фундаментальний характер, розрахунок вартості здійснювався з урахуванням витрат та очікуваної прибутковості від його проведення:

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

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 6291,50 + \frac{30 \cdot 6291,50}{100} = 8178,95 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням досліджень, становить 8178,95 грн.

Висновки за розділом

На підставі проведеного економічного аналізу встановлено, що найбільшу частку у структурі витрат займають витрати на основні матеріали, які становлять 2199,69 грн, та витрати на електроенергію – 1672,70 грн. Ці статті витрат є визначальними у процесі виробництва м'ясних чипсів методом вакуумного інфрачервоного сушіння та значною мірою впливають на собівартість продукції.

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням технологічних досліджень, виробничими операціями та ресурсозабезпеченням, становить 8187,95 грн, що дозволяє отримати об'єктивну оцінку економічної доцільності розробленої технології.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Обґрунтовано доцільність використання вакуумного інфрачервоного сушіння для виробництва м'ясних чипсів із білого м'яса птиці, що дозволяє забезпечити мікробіологічну стабільність та високі органолептичні властивості продукту.

Оптимальною температурою сушіння виявилася 60 °С, при якій забезпечувалося рівномірне зневоднення продукту, а значення активності води (A_w) $\leq 0,8$ досягалося за 90 хвилин.

Заморожування сировини перед сушінням та зниження рН посилюють ефективність сушіння: тривалість процесу скорочується до 75 хв при збереженні нормативного рівня активності води, що обмежує розвиток мікроорганізмів.

Найвища швидкість сушіння спостерігалася у зразках з рН 5,59 і становила 1,02 %/хв. Тривалість періоду постійної швидкості сушіння – 30 хв, загальна тривалість – до 90 хв.

Сформована рецептура чипсів «Привабливі» із додаванням меду, солі, лактату натрію та спецій забезпечує привабливий смак і стабільну консистенцію готового продукту.

Високий вміст білка в готовому продукті (за енергетичної цінності 285 ккал) зумовлений мінімальними втратами білкових речовин у процесі сушіння, що відповідає вимогам сучасного споживача до здорових сніків.

Мікробіологічні показники чипсів, упакованих у вакуум, залишаються в межах гігієнічних норм протягом усього періоду спостережень, при цьому відсутні патогенні мікроорганізми.

Через наростаючі гідролітичні та окислювальні процеси під час зберігання, рекомендовано обмежити термін придатності вакуумно упакованих м'ясних чипсів до 15 діб при температурі +18 +20 °С.

Зростання рН і масової частки вологи під час зберігання пов'язане з сорбцією вологи з повітря, що підтверджує необхідність контролю умов пакування та терміну зберігання для збереження якості продукту.

Розроблено технологію виробництва чипсів з білого м'яса птиці з використанням вакуумного інфрачервоного сушіння та вакуумним пакуванням.

Розроблено карту безпеки праці працівників виробничого цеху, яка охоплює основні ризики, пов'язані з експлуатацією вакуумної інфрачервоної сушарки, а також інші технологічні етапи. Визначено потенційні небезпеки механічного, електричного, термічного характеру та ризики у разі порушення санітарно-гігієнічних норм. Запропоновано засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), вимоги до виробничої дисципліни та організаційні заходи, спрямовані на мінімізацію нещасних випадків.

Проведено аналіз видів відходів, що утворюються в процесі виробництва, зокрема органічних (залишки сировини, обрізки, жир), пакувальних, технічних та побутових. Визначено основні джерела їх утворення та ризики, пов'язані з їх накопиченням.

Визначено шляхи утилізації та переробки відходів, які дозволяють забезпечити санітарну безпеку виробництва та знизити екологічне навантаження. Запропоновано використання органічних решток як сировини для виробництва кормових або технічних продуктів, а також повторне використання або сортування пакувальних матеріалів.

На підставі проведеного економічного аналізу встановлено, що найбільшу частку у структурі витрат займають витрати на основні матеріали, які становлять 2199,69 грн, та витрати на електроенергію – 1672,70 грн. Ці статті витрат є визначальними у процесі виробництва м'ясних чипсів методом вакуумного інфрачервоного сушіння та значною мірою впливають на собівартість продукції.

Загальна сума витрат, пов'язаних із проведенням технологічних досліджень, виробничими операціями та ресурсозабезпеченням, становить 8187,95 грн, що дозволяє отримати об'єктивну оцінку економічної доцільності розробленої технології.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Споживання продуктів харчування в домогосподарствах України: статистичні збірники. Держстат України.
2. Аналітичний огляд «Ринок м'ясної продукції в Україні». Рейтингове агентство «Експерт-Рейтинг», 2022.
3. Вироби м'ясні кулінарні, напівфабрикати з м'яса та м'ясопродуктів: ДСТУ 4437:2005. [Чинний від 2007-01-01]. Київ, 2007. 24 с.
4. М'ясні снеки: новий тренд на ринку. УкрМяспром: веб-сайт. URL: <https://ukrmyasprom.com/myasnye-sneki-novyj-trend-na-ukrainskom-rynke/>.
5. Огляд ринку м'ясних снеків. Продукти та інгредієнти: веб-сайт. URL: <https://prod-ingredients.com.ua>.
6. Дані компанії «Снекон» - виробника м'ясних снеків.
7. Ратушняк А. МіраМістенко: снеки виправдали розвідку. Agravery. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/miramisneki-vipravdali-racevidku>.
8. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні технології та обладнання переробки м'яса та продуктів на його основі : Навчальний посібник. Дніпро : ДДАЕУ, 2025. 402 с.
9. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
10. Maqsood S. et al. A review: Jerky products, effects of different curing methods and preservation strategies. Trends in Food Science & Technology. 2020. №96. P. 21–31.
11. Pearson A.M., Gillett T.A. Processed meats. 3rd ed. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, 1996.
12. Are Meat Snacks Healthy? Healthline: веб-сайт. URL: <https://www.healthline.com/health/food-nutrition/are-meat-snacks-healthy>.
13. Food Product Dating. U.S. Food and Drug Administration: веб-сайт. URL: <https://www.fda.gov/food/food-labeling-nutrition/food-product-dating>
14. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko, V. Disinfection of marketable eggs

by plasma-chemically activated aqueous solutions. Food Science and Technology. 2022. 16(1). P. 101-111. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i1.2289>

15. Kovaliova, O., Tchoursinov, Y., Kalyna, V., Koshulko, V., Kunitsia, E., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O., Polkovnychenko, D., & Grigorenko, N. (2020). Identification of patterns in the production of a biologically-active component for food products. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(11 (104), 61–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200026>

16. How to Read Jerky Labels. Consumer Reports: веб-сайт. URL: <https://www.consumerreports.org/food-safety/how-to-read-jerky-labels-a1088413065/>.

17. Saturated Fat. American Heart Association: веб-сайт. URL: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/fats/saturated-fats>.

18. Vinnikova L., Mudryk V., Agunova L. Modern trends in the production of fermented meat products. Food science and technology. 2019. Vol. 13, Issue 4. P. 36–50.

19. Jerky and Food Safety. U.S. Department of Agriculture: веб-сайт. URL: <https://www.fsis.usda.gov/food-safety/safe-food-handling-and-preparation/food-safetybasics/jerky-and-food-safety>.

20. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko V., Aleksandrova A. Study of use of antiseptic ice of plasma-chemically activated aqueous solutions for the storage of food raw materials // Food science and technology. 2021. Vol. 15, Issue 4. P. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2260>

21. Ковальова О.С. Особливості консервування харчової сировини з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів. The 13th International scientific and practical conference “Implementation of modern technologies in science” (December 20 - 23, 2022) Varna, Bulgaria. International Science Group. 2022. С.516-526. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.2.13>

22. Sodium and Salt. American Heart Association: веб-сайт. URL: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/sodium>.

23. Cooked Meats and Cancer. National Cancer Institute: веб-сайт. URL: <https://www.cancer.gov/about-cance/causes-prevention/risk/diet/cooked-meats-fact->

sheet.

24. Wolk A. Potential health hazards of eating red meat. *Journal of Internal Medicine*. 2017. Vol. 281, iss. 2. P. 106–122.

25. Ковальова О.С. Особливості дезінфекції тари та пакування харчових виробництв. The 8th International scientific and practical conference “Trends, theories and ways of improving science” (February 28 – March 03, 2023) Madrid, Spain. International Science Group. 2023. С. 532-535. <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.8>

26. Meat. Food and Agriculture Organization Term Porta : веб-сайт. URL: http://www.fao.org/faoterm/collection/collectiondefinition/en/?int_id=555770&int_left_code=20.

27. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. *Food Science and Technology*. 2022. 16 (3). P. 61-70. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2392>

28. What is meat? National Heart, Lung, and Blood Institute: веб-сайт. URL: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/educational/wecan/eat-right/distortion.htm>

29. 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.

30. Dietary Guidelines. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service: веб-сайт. URL: <https://www.dietaryguidelines.gov/resources/2020-2025-dietaryguidelines-online-materials>.

31. FoodData Central: Pork. USDA FoodData Central: веб-сайт. URL: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174606/nutrient>.

32. FoodData Central: Chicken. USDA FoodData Central: веб-сайт. URL: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174034/nutrients>.

33. Про затвердження Вимог щодо безпечності та якості м'яса птиці: наказ М-ва охорони здоров'я України від 12.05.2010 №400. № 45. – Ст. 1493.

34. Касяненко Г.І., Мельник Ю.Ф., Пасічний В.А. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: підручник. Київ, 2006. 384 с.

35. Шаповал Я. Р. Обґрунтування технології виробництва м'ясних чипсів методом інфрачервоного сушіння: пояснювальна записка. Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Дніпро. 2024.
36. Калина В. С., Куянов Ю. Ю., Корсун О. Ю., Грабовська Є. С. Огляд методів сушки плодоовочевої сировини. Праці ТДАТУ, Вип. 32, Т. 1, 2014.
37. Матеріали конференції «Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчових продуктів» (2023).
38. Зубар Н. М. Теоретичні основи харчових виробництв. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020.
39. Mujumdar A. S. Handbook of Industrial Drying. CRC Press, 2014.
40. Kudra T., Mujumdar A. S. Advanced Drying Technologies. CRC Press, 2009.
41. Infrared Drying of Food Materials: Recent Advances (2020).
42. Advances in the Application of Infrared in Food Processing for Sustainable and High-Quality Drying (2024). MDPI Foods, 13(24), 4001.
43. Investigation of Vacuum-Infrared Drying of Poultry Meat Chips (2023). Food Processing: Techniques and Technology.
44. Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційна технологія дезінфекції технологічного обладнання харчових виробництв. The 5th International scientific and practical conference "Prospects of modern science and education" (February 07 – 10, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. P. 609-612. <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.5>
45. A Comprehensive Review of Drying Meat Products and the Associated Quality and Safety Implications (2022). PubMed Central.
46. Macro-minerals and health. Better Health Channel, State Government of Victoria: веб-сайт. URL: <https://www.betterhealth.vic.gov.au/health/healthyliving/macrominerals-and-health>.
47. Вплив м'яса на довкілля: як воно впливає на нашу планету? Соцпортал: веб-сайт. URL: <https://socportal.info/ua/news/vpliv-myasa-na-dovkillya-yak-vono-vplivaena-nashu-planetu/>.