

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

харчових технологій та управління
якістю продукції АПК

_____ **Л.В. Баль-Прилипка**

« ____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

кафедри технології м'ясних,
рибних та морепродуктів

_____ **О.А. Савченко**

« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Удосконалення технології ковбасних виробів з
використанням інулінвмісної сировини»**

Спеціальність **181 «Харчові технології»**

Освітня програма **«Технології зберігання, консервування та переробки
м'яса»**

Орієнтація освітньої програми **освітньо-професійна**

Гарант освітньої програми

д. т. н., професор

_____ **БАЛЬ-ПРИЛИПКО Л.В.**

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к. т. н., доцент

_____ **ШТОНДА О.А.**

Виконав

_____ **МАМЧУР Р.П.**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Мамчуру Роману Петровичу

Спеціальність **181«Харчові технології»**

Освітня програма **«Технології зберігання, консервування та переробки м'яса»**

Орієнтація освітньої програми **освітньо-професійна**

Тема магістерської кваліфікаційної роботи **«Удосконалення технології ковбасних виробів з використанням інулінвмісної сировини»**, затверджена наказом ректора НУБіП України від «25» листопада 2024 р. №2093 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру - 2025.12.01

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

дані спеціальної літератури; нормативно-технічні документи; довідники; монографії; періодичні видання; власні дослідження та спостереження, економічно-статистична інформація щодо розрахунків економічної ефективності виробництва ковбасних виробів з інулінвмісної сировини.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Проаналізувати літературні джерела щодо харчової, фізіологічної та технологічної ролі інуліну й інулінвмісної сировини; обґрунтувати вибір інулінвмісних рецептурних компонентів для ковбасних виробів; дослідити вплив інулінвмісної сировини на фізико-хімічні, функціонально-технологічні та органолептичні показники ковбасних виробів; оцінити доцільність та ефективність удосконаленої технології ковбасних виробів.

Перелік ілюстрованого матеріалу (таблиці, схеми, графіки тощо):

таблиці, рисунки, графіки

Дата видачі завдання «12» лютого 2025 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ **ШТОНДА О.А.**

Завдання прийняв до виконання

_____ **МАМЧУР Р.П.**

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота «Удосконалення технології ковбасних виробів із застосуванням інуліновмісної сировини» містить вступ, п'ять розділів, висновки та перелік використаних джерел.

Основною метою дослідження є оптимізація технології виготовлення сардельок шляхом введення до їх рецептури борошна топінамбуру.

Об'єктом дослідження виступає технологічний процес виробництва сардельок із використанням сировини, збагаченої інуліном.

У ході виконання роботи було відібрано відповідний інуліновмісний інгредієнт — борошно топінамбуру, а також розроблено рецептури сардельок із різним його дозуванням. Проведено аналіз споживання м'ясних виробів та огляд сучасних технологічних підходів до виробництва сардельок. Окреслено харчову цінність використаної рослинної сировини, що обґрунтовує її застосування в удосконаленій технології.

Детально вивчено властивості борошна топінамбуру, зокрема його харчову й біологічну цінність; здійснено розрахунок вмісту вітаміну Е та органічного кальцію; визначено доцільну кількість внесення борошна до рецептури; досліджено хімічний склад готових виробів.

Крім того, розраховано показники економічної ефективності виробництва за умови впровадження запропонованої технології виготовлення сардельок.

Ключові слова: м'ясні вироби, сардельки, інулін, борошно топінамбуру, технологічний процес, якісні показники.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Інулін як представник фруктанів: особливості біосинтезу, будова та основні фізико-хімічні властивості	7
1.2. Джерела одержання інуліну	12
1.3. Застосування інуліну в промисловості	14
1.4. Медико-біологічні властивості топінамбура та його використання у виробництві харчових продуктів	16
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Об'єкти та методи досліджень	24
2.2. Схема проведення теоретичних та експериментальних робіт	28
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1. Обґрунтування вибору та характеристика моделі досліджуваного об'єкта	31
3.2. Обґрунтування і розробка рецептури сардельок	32
3.3. Функціонально-технологічні характеристики сардельок	36
3.4. Технологічна частина розроблення сардельок	43
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	46
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	52
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

Економічні потрясіння, що тривалий час спостерігалися в Україні, призвели до істотного подорожчання широкого спектра товарів. Це, своєю чергою, зумовило скорочення споживання продуктів, багатих на білок, у раціоні населення. Зростання потреби у доступних білкових продуктах та необхідність забезпечення населення повноцінним харчуванням стимулювали розвиток нового напрямку у харчовій промисловості — виробництва комбінованих продуктів, у складі яких поєднують різні джерела білка. Особливу увагу приділено пошуку альтернативних, недостатньо задіяних або раніше нераціонально використаних ресурсів білкової сировини як рослинного, так і тваринного походження, а також розробленню інноваційних підходів до її переробки.

Будь-який харчовий продукт повинен забезпечувати організм людини необхідними речовинами для підтримання обмінних процесів. Сучасні наукові уявлення про раціональне харчування ґрунтуються на концепціях збалансованого та адекватного споживання поживних речовин, що передбачає оптимальне співвідношення основних нутрієнтів.

Для нормального функціонування організму людина повинна отримувати достатню кількість енергії та поживних речовин — білків, жирів, вуглеводів, а також незамінних амінокислот, жирних кислот, макро- і мікроелементів, вітамінів. Значна частина цих сполук не синтезується в організмі, але є критично необхідною для підтримання життєдіяльності, росту й розвитку.

Основною метою магістерської роботи є проведення товарознавчої оцінки м'ясних виробів, у рецептуру яких введено додаткове джерело поживних речовин — борошно топіамбуру. Його застосування дозволяє формувати нові види комбінованих продуктів із покращеними показниками харчової цінності та збалансованим нутрієнтним складом.

У дослідженні науково обґрунтовано можливість і ефективність використання борошна топіамбуру при виробництві комбінованих сардельок та підтверджено це експериментальними даними. Для загального аналізу тенденцій

ринку розглянуто зміни поголів'я тварин у період з 2016 року до сьогодні, а також проаналізовано рівень споживання м'ясної продукції населенням України. Отримані показники дозволили обґрунтувати актуальність і практичну значущість розробки.

Не менш важливим аспектом діяльності будь-якого підприємства є дотримання вимог щодо охорони праці. Всі положення повинні відповідати Закону України «Про охорону праці» (2002 р.) та забезпечувати безпечні умови праці. Нормативні вимоги визначають права й обов'язки роботодавця та працівників, що сприяє створенню гармонійного, контрольованого та продуктивного виробничого середовища.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Інулін як представник фруктанів: особливості біосинтезу, будова та основні фізико-хімічні властивості

Фруктани (глюкофруктани, поліфруктозани) – це група полісахаридів, у структурі яких мономерними ланками є залишки D-фруктози [1–4]. Вони належать до найпоширеніших запасних вуглеводів рослин разом із крохмалем і сахарозою [5–7]. Завдяки особливостям синтезу, варіаціям ступеня полімеризації та здатності макромолекул до гідролізу фруктани відіграють важливу роль у адаптації рослин до дії стресових факторів довкілля (низькі температури, дефіцит вологи тощо), виконуючи функції резервного депо, осморегулюючих сполук та природних «антифризів» [4, 5, 7–10].

Біосинтез фруктанів відбувається за участю сахарози, яка одночасно виступає донором і акцептором залишків D-фруктофуранози [8]. У кожній макромолекулі присутній один залишок D-глюкози, що не проявляє відновних властивостей. У формуванні глікозидних зв'язків беруть участь лише первинні гідроксильні групи, що зумовлює можливість утворення різних типів полісахаридів – попередників трьох основних груп фруктанів: ізокестози (1-кестози), кестози (6-кестози) та неокестози [4, 9].

За даними літератури, біосинтез фруктанів описано за моделлю Едельмана і Джефорда (на прикладі утворення інуліну в бульбах *Helianthus tuberosus* L.). На початковому етапі з двох молекул сахарози формується глюкоза (G) та трисахарид 1-кестоза (GF₂) за схемою: $GF + GF = GF_2 + G$. Реакція відбувається за участю ферменту сахароза-сахароза-фруктозилтрансферази (SST). У цьому процесі сахароза одночасно є донором і акцептором фруктозильних фрагментів. Під дією SST можуть синтезуватися олігосахариди зі ступенем полімеризації близько п'яти (GF₃, GF₄) [4, 6].

На наступному етапі утворені олігосахариди (GF_n зі ступенем полімеризації менше 5) виступають донорами фруктозильних залишків у реакції з молекулою сахарози або вже сформованого фруктану, що виконує роль акцептора: $G(F)_n + G(F)_m = G(F)_{n-1} + GF_{m+1}$. Процес каталізується ферментом фруктан-фруктан-

фруктозилтрансферазою (FFT), який забезпечує перерозподіл фруктозильних ланок між низькополімерними GF_n і сахарозою. Багаторазове трансфруктозилування приводить до утворення високомолекулярних фруктанів [4, 6].

Послідовне приєднання залишків D-фруктофуранози до 1-кестози через зв'язки типу 2→1 зумовлює формування інуліну [4, 6, 10, 14, 16–18], тоді як приєднання за зв'язками 2→6 до фруктозного фрагмента 6-кестози приводить до утворення флєїну в рослинах та левану в бактеріях. Фруктани, побудовані на базі неокестози, також містять зв'язки 2→1 між залишками D-фруктофуранози, однак у природі вони представлені значно рідше [4, 5, 9, 29–31].

Природні фруктани зазвичай є сумішшю олігомерів і полімерів, кількість фруктозних залишків у яких характеризується середнім і максимальним ступенями полімеризації (degree of polymerization, DP_{av} і DP_{max}) [9, 14]. Для рослинних фруктанів число мономерних ланок фруктози зазвичай не перевищує 200, тоді як у бактерій цей показник може сягати 100 000, причому макромолекули бактеріальних поліфруктозанів відзначаються значним ступенем розгалуження. Фруктани можуть мати лінійну, розгалужену або циклічну структуру; у розгалужених полімерів переважними є зв'язки типу β(2→6) [8, 9].

Інулін (C₆H₁₁O₅(C₆H₁₀O₅)_nOH) [42, 183] належить до глюкофруктанів (поліфруктозанів) і отримав свою назву від рослини оман високий (*Inula helenium* L.), з якої його вперше було виділено [4, 8, 9]. Це полідисперсний за ступенем полімеризації фруктан [6, 10, 12, 13], що являє собою суміш споріднених за будовою полімерів, які містять у ланцюгу від 2–60, 2–65, 2–70 до 2–100 залишків фруктози [2, 8, 13, 15] (F_m; середній показник для рослинних джерел становить близько 10, для бактеріальних – до 10 000–100 000) у формі D-фруктофуранози [3, 8]. Мономерні ланки з'єднані між собою β(2→1)-глікозидними зв'язками [14–18], а на кінці ланцюга розташована одна термінальна молекула глюкози GF_n, яка не проявляє відновних властивостей [4, 9]. Глюкозний залишок зв'язаний через α(1→2)-зв'язок, аналогічно до будови сахарози [8, 17].

Структурну формулу інуліну часто подають у вигляді GF_n, де G – глюкозильна одиниця, F – фруктозильна, а n – число фруктозних ланок (ступінь полімеризації) [9].

Ключова особливість інуліну полягає в наявності β(2→1)-глікозидних зв'язків, які зумовлюють його резистентність до ферментів травного тракту, низьку енергетичну цінність і властивості харчового волокна [2, 9, 17, 18].

Олігосахариди фруктози з кількістю мономерів від 2 до 10 називають олігофруктозою. Якщо олігофруктозу отримують із цикорію, вона містить як ланцюги фруктозних залишків, так і ланцюги фруктози з термінальними одиницями глюкози. Синтетична олігофруктоза представлена виключно фруктозними ланцюгами з кінцевими глюкозними фрагментами або структурами типу GF_n. Для обох різновидів характерна наявність β(2→1)-зв'язків між залишками фруктози [18].

Фізико-хімічні властивості інуліну суттєво залежать від властивостей його мономера – фруктози [1, 2, 8, 14]. Фруктоза – це кетогексоза, D-ізомер якої у вільному стані виявляють у більшості солодких ягід і плодів; вона також є структурною ланкою сахарози та лактулози. У водних розчинах фруктоза існує у вигляді рівноважної суміші таутомерів, де переважає β-D-фруктопіраноза; при 20 °C наявні приблизно 20 % β-D-фруктофуранози та близько 5 % α-D-фруктофуранози [3].

Молекулярна маса інуліну може варіювати в широких межах – за даними різних авторів, від 315 до 6000 Да [2, 7, 10, 17, 19]. Завдяки наявності фуранозної форми фруктози полімер легко піддається гідролізу. Під час кислотного розщеплення інуліну утворюється приблизно 94–97 % фруктози та 3–6 % глюкози [16, 20, 21, 24]. Інулін гідролізується при нагріванні у водному середовищі, а також у присутності органічних (оцтова, винна) та неорганічних кислот.

Кислотний гідроліз можна проводити й у присутності гетерогенних каталізаторів – твердих кислотних систем, зокрема кислот катіоннообмінних смол, цеолітів або окисненого активованого вугілля. При частковому гідролізі

формується дисахарид інулобіоза (1- β -D-фруктофуранозил-D-фруктоза), а при повному – вільна фруктоза. Ензиматичний розклад інуліну здійснюється за участю інулаз (β -фруктофуранозидаз) [8, 20–23].

Завдяки своїй будові інулін стійкий до дії окисно-відновних агентів, не гідролізується у водних системах за кімнатної температури та нейтрального рН. Однак при підвищенні температури в кислому середовищі швидкість гідролізу значно зростає, що призводить до розщеплення полімерного ланцюга на моносахариди. Лужний гідроліз можливий лише для фракції інуліну, яка містить відновлювані кінцеві групи (GFn) [8].

Ферментативний гідроліз інуліну, на відміну від кислотного, вважають більш екологічним і керованим, оскільки він відбувається при нижчих температурах і слабшій кислотності середовища, не супроводжується утворенням небажаних побічних продуктів, що ускладнюють виділення та очищення фруктози [8, 22, 24].

За літературними даними, інулін має низьку розчинність у холодній і високу – в гарячій воді [25]. Повідомляється, що при 25 °C його розчинність становить близько 120 г/л, а при 90 °C – приблизно 350 г/л; цей показник істотно залежить від температури та довжини полімерного ланцюга – зі зменшенням DP розчинність зростає [3, 25].

Один із провідних світових виробників інуліну – компанія «Beneo™ GmbH» – класифікує свої продукти на дві основні групи: природний інулін із коренів цикорію (Beneo™ ST, Beneo™ GR, Beneo™ ST-Gel) та інулін із модифікованим розподілом довжини ланцюга (Beneo™ HP, Beneo™ HPX, Beneo™ HP-Gel). Інуліни марок ST, GR і ST-Gel містять близько 90–94 % інуліну в перерахунку на суху речовину зі середнім ступенем полімеризації близько 10, тоді як продукти HP, HPX і HP-Gel містять не менше ніж 99,5 % інуліну зі ступенем полімеризації понад 23. Розчинність різних типів інуліну у воді при зміні температури відрізняється [26].

Густина розчинів фруктанів у середньому становить 600 ± 50 г/л; при взаємодії з йодом забарвлення не утворюється [87], чиста речовина не відновлює

розчин Фелінга [234]. Питоме обертання водних розчинів інуліну знаходиться в інтервалі від $-33,00$ до $-40,10$ [88], температура плавлення – $180-185$ °С. Водні розчини інуліну мають колоїдний характер; рН 10 % розчину коливається в межах $4,5-7,0$ [3, 8, 24, 27].

У працях дослідників інулін описують як аморфний білий або майже білий порошок (або кристалічну речовину) з ледь відчутним солодким смаком або без вираженого присмаку. Він є гігроскопічним, під мікроскопом спостерігається у вигляді нерівномірних ребристих частинок. Найстабільнішою для зберігання і транспортування формою вважають порошкоподібний інулін [3, 8, 9]. Додавання етанолу до водного екстракту інуліну призводить до його осадження [19], що широко використовують при виділенні фруктану з рослинної сировини: спочатку його екстрагують водою, а потім осаджують спиртом [3, 8, 25].

У природі трапляються інуліни з різною довжиною полімерного ланцюга: низькомолекулярні (DP близько 10 і менше) та високомолекулярні (DP ≥ 20), які істотно відрізняються за властивостями [15, 28]. Низькомолекулярний інулін має злегка солодкий смак і здатний розчинятися навіть у холодній воді, тоді як високомолекулярний є практично нейтральним на смак, добре розчиняється в гарячій і погано – в холодній воді. Низькомолекулярні форми, як правило, аморфні, а високомолекулярні можуть утворювати кристалічну структуру. Узагальнення літературних даних показує, що для інуліну рослинного походження DP зазвичай знаходиться в діапазоні від 2 до 200 (частіше – до 60, залежно від виду рослини та стадії її розвитку), тоді як для бактеріального інуліну характерні значення від 10 000 до 100 000 і більше (при цьому молекула сильно розгалужена, в середньому на 15 %) [8, 28]. Відповідно, відмінними є й біологічні властивості: зі зростанням середнього ступеня полімеризації підвищується біологічна активність інуліну [8, 28].

Промислово одержуваний інулін зазвичай містить цілу низку споріднених сполук (псевдоїнулін, інуленін, левулін, геліантенін, синістрин, іризин тощо), які при гідролізі також дають D-фруктозу [3]. Залежно від ступеня полімеризації, молекулярної маси та розчинності виділяють α -, β - і γ -форми інуліну, між якими

можливі взаємні перетворення під впливом зовнішніх чинників. У формі α інουλін є білим аморфним порошком, що добре розчиняється у воді й осаджується етанолом [25]. При тривалому зберіганні α -форма може переходити в кристалічну β -форму, менш розчинну в холодній воді. Вважається, що властивості β -інуліну подібні до властивостей низькомолекулярних форм, α -інулін є більш активним, тоді як γ -інулін має найвищу біологічну активність. Перехід до γ -форми тісно пов'язаний з температурними умовами технологічної обробки, а спосіб виділення інуліну істотно впливає на його функціональні характеристики [3, 25].

Окремі дослідження свідчать, що інулін може існувати не лише в лінійній чи розгалуженій, а й у циклічній формі, яка включає 6, 7 або 8 фруктофуранозних кілець. Олігомери зі ступенем полімеризації до 5 можуть мати структури, подібні до циклоінулоксалоз. Однак повна характеристика всіх складових поліфруктанового комплексу наразі залишається складним завданням, і жоден аналітичний метод не можна вважати «еталонним».

У кількісному аналізі інуліну та його фракцій використовують поєднання кількох інструментальних методів, зокрема ТШХ/ВЕТШХ, ВЕРХ, капілярну газову хроматографію, високоефективну аніоннообмінну хроматографію з імпульсним амперометричним або електрохімічним детектуванням, спектрофотометрію та фотоколориметричні методики [9, 15, 25, 30, 32].

1.2. Джерела одержання інуліну

Інулін належить до одного з найпоширеніших у природі запасних полісахаридів. Його виявляють у великій кількості рослинних видів — понад 3600. Основними ботанічними родинами, представники яких синтезують інулін, є Asteraceae, Liliaceae, Campanulaceae та Polemoniaceae. Крім того, певні види бактерій (родини Pseudomonadaceae, Enterobacteraceae, Streptococcaceae, Bacillaceae, Actinomycetaceae) та грибів, зокрема *Aspergillus sydowii*, також здатні продукувати фруктани інулінового типу.

Багато овочів і фруктів, що входять до раціону людини, містять значні кількості інуліну. Найбагатшими рослинними джерелами цього полісахариду є

цикорій, топінамбур, жоржина периста, кульбаба лікарська, артишок, подолепсис загострений, якон та деякі інші представники Айстрових. У рослинах цієї родини фруктани формуються переважно зі зв'язками $\beta(2\rightarrow1)$, характерними для інуліну, а довжина полімерного ланцюга може варіювати від десяти до шістдесяти мономерів фруктози, іноді досягаючи навіть двох сотень.

У злакових культур (Poaceae) структура фруктанів відрізняється — в них переважає лінійний леван. Для пшениці та ячменю характерні також розгалужені форми фруктану зі зв'язками $\beta(2\rightarrow6)$ і $\beta(2\rightarrow1)$. Представники роду *Allium* (цибуля, часник, порей) синтезують переважно неоформи інуліну. У рослин *Agave* виявлено значне різноманіття фруктанів: від олігосахаридів до довголанцюгових інулінів і неоінулінів, включаючи розгалужені молекули. Оскільки фруктани є запасними вуглеводами, їхній вміст у тканинах рослин залежить від фізіологічного стану та сезонних умов, зокрема від фази цвітіння й періоду вегетації.

В умовах України інулін у значних кількостях міститься у бульбах топінамбуру (*Helianthus tuberosus*), коренях цикорію (*Cichorium intybus*), жоржини (*Dahlia pinnata*), кульбаби (*Taraxacum officinale*), оману високого (*Inula helenium*), ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea*). Його концентрація істотно залежить від пори року: максимальні значення фіксують восени, що пов'язано з накопиченням запасних речовин у кореневій системі рослин.

Головним промисловим джерелом інуліну у світі є корені цикорію, який у великих масштабах вирощують у Бельгії та Нідерландах. Серед провідних виробників поліфруктозану — компанії «Beneo», «Cosucra» (Бельгія) та «Sensus» (Нідерланди). Останніми роками активно зростає виробництво інуліну з топінамбуру в Китаї, де працюють такі підприємства, як «Shandong Baolingbao Biotechnology Co. Ltd.», «Guangzhou Zeyu Biotechnology Co. Ltd.», «Shanghai Winway Biotech Co. Ltd.» та інші.

Одним із добре відомих в Україні інуліновмісних видів є **оман високий (*Inula helenium* L.)**, багаторічна рослина родини Айстрові. Його природний ареал охоплює Південну Європу, Західну та Середню Азію, а також частково

Сибір, Північну Америку й інші регіони, де рослина активно культивується. В Україні оман трапляється майже на всій території, найчастіше — у лісостеповій зоні. Він віддає перевагу вологим місцям: долинам річок, балкам, узліссям, лукам, берегам водойм. Добре росте на чорноземах, глинистих і піщаних ґрунтах.

Офіційною лікарською сировиною є корені та кореневища оману, які накопичують значні кількості інуліну (до 40 %), а також містять псевдоінулін, інуленін, ефірні олії (1–3 %), біциклічні сесквітерпенові лактони (алантолактон, ізоалантолактон тощо), проазулен, α -токоферол, смоли, сапоніни та інші біологічно активні речовини. Цей комплекс компонентів зумовлює широкий спектр фармакологічної дії: відхаркувальну, протизапальну, антимікробну, жовчогінну та тонізувальну. Препарати з оману застосовують у терапії захворювань дихальних шляхів, патологій шлунково-кишкового тракту, порушень нервової системи, а також у лікуванні шкірних і гінекологічних станів.

1.3. Застосування інуліну в промисловості

Інулін є натуральним інгредієнтом, який широко застосовують у дієтичних продуктах харчування. За даними досліджень, середнє добове споживання інуліну мешканцями США становить приблизно 1–4 г, а в країнах Європи – 3–10 г. Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям поліфруктозан знаходить застосування не лише в харчовій промисловості, але й у косметології, медицині та фармацевтичній галузі.

У косметології інулін використовується як компонент, що сприяє створенню на поверхні шкіри та волосся тонкої плівки, яка забезпечує приємні тактильні властивості. Його додають до складу рідких мийних засобів, шампунів, емульсій, дезодорантів та гелів для ванн. Завдяки здатності утримувати ароматичні та жиророзчинні речовини інулін допомагає подовжити дію активних інгредієнтів косметичних формул. Він сприяє зволоженню шкіри, пом'якшує шкіру голови, розгладжує структуру волосся і підтримує корисну мікрофлору епідермісу, що позитивно впливає на місцевий імунітет та засвоєння інших косметичних компонентів.

У харчовій промисловості інουλін цінується за здатність утворювати з водою гелеподібні системи, які за консистенцією нагадують жирову фазу. Це дозволяє використовувати його як замітник частини жиру у знежирених продуктах, надаючи їм характерну смакову повноту. Низька калорійність інуліну (приблизно 1,5 ккал на грам) робить його придатним для виробництва низькокалорійних та дієтичних продуктів. Уведення інуліну до рецептур зазвичай не потребує суттєвих змін технологічного процесу, а його додавання часто покращує консистенцію і стабільність аерованих та емульгованих продуктів, таких як морозиво, муси та соуси. За оптимальних рівнів внесення інулін позитивно впливає на органолептичні показники та фізико-хімічні властивості готової продукції.

Інулін може частково замінювати сахарозу в продуктах зі зниженим вмістом цукру. Завдяки високій гідрофільності поліфруктозану збільшується вихід готових виробів, поліпшується вологоутримувальна здатність, що особливо важливо під час виробництва борошняних і варених ковбасних виробів. Інулін також впливає на активність води в продуктах, що покращує їхню стабільність під час зберігання. Завдяки перерахованим властивостям його широко застосовують у виробництві морозива, молочних продуктів, кондитерських виробів, м'ясних продуктів, дитячого харчування, фруктових пюре, напоїв та продуктів швидкого приготування.

У медицині інулін використовується як субстанція для діагностичного препарату, що дозволяє визначати швидкість клубочкової фільтрації нирок. Оскільки інулін не реабсорбується та не секретується у ниркових каналцях, його кліренс точно відображає функцію ниркових клубочків. У плазмі крові та сечі визначають концентрацію інуліну, після чого розраховують його кліренс.

Фармакологічні властивості інуліну тісно пов'язані з особливостями його метаболізму. У шлунку частина полімеру може розщеплюватися на коротші ланцюги фруктози, а сам інулін набухає, утворюючи гелеву масу, яка захищає слизові оболонки від подразнення. Оскільки в організмі людини немає ферментів, що здатні повністю розщеплювати інулін, він майже незмінним

досягає товстого кишечника. Під час проходження через тонкий кишечник інулін може абсорбувати жири, прості цукри й токсичні речовини, що надходять із їжею, зменшуючи енергетичне навантаження та стабілізуючи глікемічний профіль.

У товстому кишечнику інулін ферментується біфідобактеріями та окремими лактобацилами, утворюючи фруктозу та невелику кількість глюкози. Це сприяє росту та активності корисної мікрофлори, що позитивно впливає на імунну систему організму. Унаслідок ферментації також утворюються коротколанцюгові жирні кислоти, які беруть участь у регуляції ліпідного та вуглеводного обміну, впливають на стан печінки та стимулюють моторику товстого кишечника.

Інуліну притаманні гіпоглікемічні властивості, оскільки він сприяє зниженню підвищеного рівня глюкози крові та позитивно впливає на вуглеводний і жировий обмін. Він також має виражений пребіотичний ефект, стимулюючи ріст корисних бактерій кишечника, які формують основу здорового мікробіому. Інулін впливає на рівень холестерину та тригліцеридів, сприяє зміцненню імунної системи та підвищує засвоєння кальцію і магнію, що важливо для профілактики остеопорозу.

У фармацевтичній промисловості інулін застосовують як допоміжну речовину під час створення твердих лікарських форм – наповнювача, текстуроутворювача та компонента систем контрольованого вивільнення діючих речовин у товстому кишечнику. Останні наукові дослідження вказують на перспективність використання інуліну та його модифікованих форм у стабілізації вакцин та інших біологічних препаратів. Сукупність цих властивостей робить інулін цінною сировиною для створення нових видів харчових продуктів, дієтичних добавок та лікарських препаратів.

1.4. Медико-біологічні властивості топінамбура та його використання у виробництві харчових продуктів

Сучасний розвиток харчової, у тому числі рибної, промисловості орієнтується на максимально повну й раціональну переробку сировини з

отриманням безпечних, екологічно прийнятних продуктів харчування, у тому числі лікувально-профілактичного призначення. При цьому враховують медико-біологічні вимоги, показники харчової цінності та економічну доцільність виробництва. В умовах нинішнього рівня життя, демографічних змін і соціально-економічних викликів особливе значення надається розширенню асортименту харчових продуктів зниженої калорійності, які додатково збагачуються білком, мінеральними речовинами, вітамінами, харчовими волокнами та іншими мікронутрієнтами. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є поєднання рибної сировини з інгредієнтами рослинного походження. Це потребує ґрунтовного вивчення функціонально-технологічних характеристик рослинної сировини з позицій її придатності для використання в складі фаршевих, формованих, консервованих та інших видів продуктів.

В останні десятиліття зростає інтерес до нетрадиційних видів рослинної сировини – окремих зернобобових культур, дикорослих ягід, лікарських рослин, водоростей. Серед них особливу увагу дослідників і технологів привертає топінамбур. Топінамбур, або земляна груша, належить до бульбових культур родини Айстрові (Compositae) і роду *Helianthus*, латинська назва – *Helianthus tuberosus*.

До агротехнічних переваг цієї культури належать висока врожайність (за сприятливих умов вона може сягати кількох сотень центнерів бульб з гектара) та невибагливість до ґрунтового-кліматичних умов і агротехніки. Рослина придатна для вирощування на більшості типів ґрунтів, окрім надто кислих, засолених і перезволожених; добре використовує ґрунтову вологу, але водночас характеризується високою посухостійкістю. Важливою перевагою є стійкість бульб до низьких температур: вони можуть зберігати життєздатність при значних морозах, витримуючи багаторазові цикли заморожування й відтавання. Топінамбур успішно культивують у різних кліматичних зонах – від помірних широт Європи до більш суворих регіонів. Для України ця культура є перспективною для вирощування практично в усіх областях, включаючи західні та південні регіони.

Хімічний склад топінамбура істотно залежить від сорту, особливостей ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки та тривалості й умов зберігання. Порушення агротехнічних прийомів або значні відхилення від оптимальних метеорологічних умов під час вегетації негативно впливають на активність фотосинтетичного апарату і, відповідно, на накопичення біологічно активних речовин як у бульбах, так і в надземній частині рослини. У середньому бульби містять високий відсоток вологи (близько чотирьох п'ятих маси), невеликі кількості білка та жиру, значну частку вуглеводів (передусім інуліну), невеликі кількості крохмалю, клітковини, пектинових речовин і мінеральних сполук. Узагальнення літературних даних показує, що вуглеводи становлять основну частину сухих речовин, і їх вміст може досягати понад двох третин сухої маси залежно від сорту та умов вирощування.

Клітинний сік бульб відрізняється унікальним вуглеводним комплексом на основі фруктози та її полімерів. Найважливішим із них є інулін – лінійний фруктан, що складається із залишків D-фруктофуранози, з'єднаних зв'язками 1,2, і завершується глюкозно-фруктозним фрагментом типу сахарози. Інулін є основним запасним полісахаридом топінамбура, його вміст у бульбах може сягати близько однієї п'ятої сухої маси. Максимальна концентрація інуліну зазвичай спостерігається восени, у період активного накопичення запасів; при тривалому перебуванні бульб у ґрунті частина інуліну гідролізується з утворенням спирторозчинних олігосахаридів. У природних умовах інулін рідко зустрічається як абсолютно індивідуальна сполука: частіше він входить до складу суміші фруктанів (іноді їх називають інулідами або левулезанами), до яких належать псевдоінулін, інуленін, геліантанін та інші споріднені полімери.

Фруктоза, що утворюється внаслідок гідролізу інуліну, має таку ж енергетичну цінність, як і більшість інших простих цукрів, але засвоюється інакше: вона не спричиняє різких глікемічних піків, краще використовується організмом і вважається придатною для дієтичного харчування. Вуглеводну фракцію бульб доповнюють пектинові речовини, целюлоза та геміцелюлоза, сумарний вміст яких у перерахунку на суху масу може сягати кількох відсотків.

При цьому значну частку становлять пектини, дещо меншу – целюлоза, а решту – геміцелюлози.

Не менш важливою є мінеральна складова. Бульби топінамбура містять широкий спектр макро- і мікроелементів, зокрема калій, магній, фосфор, кальцій, марганець. Крім того, рослина добре акумулює з ґрунту кремній та залізо, концентрація яких у бульбах може істотно перевищувати їхній вміст у традиційних коренеплодах, таких як буряк чи картопля. До складу бульб входять також фенольні сполуки (катехіни, флавоноли), які разом з амінокислотами, органічними кислотами та деякими вітамінами чинять антиоксидантну дію.

За вмістом азотистих речовин різні органи рослини істотно відрізняються: найбільше білка накопичується в листках, менше – у стеблах і ще менше – у бульбах. Бульби містять помірну кількість загального азоту, причому певну частку становить білковий азот, а решту – амінні та інші небілкові форми. Амінокислотний спектр досить широкий і включає повний набір незамінних амінокислот, що підвищує біологічну цінність сировини як харчового інгредієнта.

Органічні кислоти в бульбах представлені сумішшю дикарбонових та трикарбонових кислот, серед яких яблучна, лимонна, фумарова, бурштинова та інші. Їх загальний вміст у перерахунку на суху масу коливається в певних межах залежно від сорту й умов вирощування. Вітамінний склад топінамбура включає практично всі основні представники групи В, зокрема біотин, вміст якого за окремими даними перевищує аналогічний показник для картоплі. Крім того, у бульбах міститься аскорбінова кислота та провітамін А (β -каротин). Сукупність фенольних сполук, органічних кислот і деяких вітамінів дає підстави очікувати виражену антиоксидантну активність топінамбура, що підтверджується порівнянням його хімічного складу з іншими відомими рослинними антиоксидантними джерелами.

Завдяки поєднанню фруктози, інуліну, пектинів, фенольних сполук, мінеральних елементів і вітамінів топінамбур розглядають як перспективну

сировину для виробництва продуктів харчування. Історично публікації, присвячені цій культурі, тривалий час стосувалися переважно агротехніки, хімічного складу та використання у кормовиробництві. Лише з кінця ХХ століття активно розпочалися дослідження медико-біологічних властивостей топінамбура та можливостей його переробки для отримання харчових і функціональних продуктів. У низці країн топінамбур нині розглядають передусім як джерело інуліну та фруктози для харчової і фармацевтичної промисловості.

Інулін, що міститься в бульбах топінамбура, цикорію, артишоку й деяких інших представників родини Айстрові, цінується насамперед за здатність у організмі людини гідролізуватися до фруктози, яка є більш солодкою, ніж сахароза, але характеризується нижчою калорійністю і не потребує активної участі інсуліну для засвоєння. Крім того, інулін діє як біогенний фактор, що підтримує ріст та активність природної кишкової мікрофлори, сприяє нормалізації моторики кишечника, зменшенню проявів дисбіозу, а також зниженню рівня ліпідів та холестерину в крові. Для досягнення вираженого пребіотичного ефекту рекомендують щоденне споживання певної кількості інуліну або свіжих бульб топінамбура.

Упродовж останніх років відзначається посилення інтересу до топінамбура як до компонента дієтичних та лікувально-профілактичних раціонів. Зокрема, його використовують у дієтотерапії цукрового діабету, особливо коли захворювання поєднується з надлишковою масою тіла. Включення продуктів переробки топінамбура до раціону сприяє зниженню потреби в цукрознижувальних препаратах, частково – в інсуліні, покращує показники вуглеводного обміну і може сприяти нормалізації маси тіла. Дослідження, проведені в профільних наукових установах, підтвердили біологічну активність порошку топінамбура і його ефективність у дієтичному лікуванні діабету та атеросклерозу.

Важливим напрямом вивчення є імуномодулюючі властивості топінамбура. Наукові дані свідчать, що його регулярне споживання може підвищувати

стійкість організму до несприятливих впливів довкілля, інфекційних чинників і токсичних речовин, а також сприяти відновленню шкіри, зокрема при опікових ураженнях. Наявність значної кількості полісахаридів і харчових волокон дає підстави використовувати топінамбур як природний детоксикаційний засіб при деяких видах інтоксикацій, у тому числі пов'язаних зі споживанням алкоголю чи органічних розчинників. Окремі дослідження вказують на здатність топінамбура знижувати негативний вплив іонізувальних випромінювань, пов'язану з його сорбційними властивостями щодо окремих радіонуклідів.

Комплекс виявлених біологічних ефектів (імуностимулювальний, антитоксичний, адаптогенний, радіопротекторний, протиканцерогенний тощо) свідчить про перспективність використання топінамбура та продуктів його переробки як складових профілактичного і лікувально-профілактичного харчування. Відповідно до робочого визначення функціональних продуктів, запропонованого Міжнародним інститутом науки про життя, харчовий продукт вважають функціональним, якщо, окрім забезпечення фізіологічних потреб, він доведено чинить позитивний вплив на одну чи кілька функцій організму, сприяючи покращенню здоров'я та зниженню ризику захворюваності. З урахуванням медико-біологічних властивостей топінамбур цілком може розглядатися як функціональна сировина, а традиційні продукти, збагачені ним, – як функціональні за умови щадних режимів технологічної обробки.

Найпростіша форма використання топінамбура – споживання його бульб у свіжому або вареному вигляді. Традиційно їх зберігають у кагатах, траншеях чи овочесховищах при низьких позитивних температурах у середовищі вологого піску, а в побутових умовах – у підвальних приміщеннях або холодильниках. Разом з тим, бульби мають невисоку лежкість: за підвищеної температури та низької відносної вологості вони швидко зморщуються, втрачають масу і уражуються мікрофлорою. Тому для подовження строків зберігання застосовують консервування, сушіння та переробку на порошки, борошно, екстракти, концентрати, сиропи, пасти, пюре та інші продукти. Сухі форми (порошки, концентрати) доцільно використовувати як добавки до

хлібобулочних, кондитерських, макаронних виробів, а рідкі продукти (сиropи, пасти, пюре) – у складі консервованих, молочних, м'ясних і ковбасних виробів.

Технологічні підходи до сушіння топінамбура залежать від бажаних властивостей кінцевого продукту. Сушіння при низьких температурах дозволяє отримати світлий порошок, але ускладнює подрібнення, тоді як інтенсивне нагрівання прискорює небажані реакції потемніння та часткову деградацію фруктанів. Тому важливо дотримуватися помірних температурних режимів, які забезпечують прийнятний колір, аромат і збереження біологічно активних сполук. У технологіях виробництва концентратів та екстрактів суттєву роль відіграють способи одержання соку й відокремлення рідкої фази.

З топінамбура можливе отримання різноманітних продуктів: інуліну, високофруктозних сиропів, етилового спирту, кормових дріжджів, органічних кислот, пектинових речовин, а також сировини для паперової промисловості та виробництва біопалива. Однак для харчової промисловості особливий інтерес становлять саме продукти, які дозволяють максимально зберегти природний комплекс біоактивних речовин.

У хлібопеченні, кондитерському та макаронному виробництві додавання топінамбура або продуктів його переробки покращує властивості тіста, підвищує пористість, сповільнює черствіння, поліпшує гідратаційні властивості м'якушки завдяки дії пектинів і фруктанів. У молочній промисловості топінамбур використовують у рецептурах м'яких сирів, десертів, низькокалорійних майонезів, вершкових продуктів, морозива.

Найменш вивченим напрямом залишається використання топінамбура в технології комбінованих рибних продуктів. Існують лише поодинокі розробки, де топінамбур застосовують у вигляді борошна чи пюре в невеликих дозах у складі білково-жирових емульсій, що слугують основою для ряду рибних виробів. Дослідження свідчать, що за певних умов такі добавки позитивно впливають на емульгувальні та стабілізаційні властивості систем, підвищують їхню в'язкість, жиро- та водоутримувальну здатність, а також дозволяють

знизити калорійність готової продукції при одночасному збагаченні її біологічно активними речовинами.

У фаршевих рибних системах внесення топінамбура може покращувати структурно-механічні показники, сприяти формуванню сприятливого співвідношення білка та жиру, підвищувати біологічну цінність за рахунок амінокислотного складу та харчових волокон. Однак промисловий досвід застосування свіжого топінамбура у складі січених рибних виробів наразі обмежений, а інформація в літературі – поодинокі, що зумовлює актуальність подальших досліджень.

З урахуванням наведених даних можна зробити висновок, що топінамбур має значний потенціал як структуроутворювальний і функціональний компонент для фаршевих систем, у тому числі рибних. Особливий інтерес становить використання саме свіжої сировини за умов щадної кульнарної обробки, що дозволяє максимально зберегти природний комплекс біологічно активних сполук і реалізувати лікувально-профілактичний потенціал готових продуктів.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкти та методи досліджень

Експериментальні дослідження проводили з використанням фаршу та готових сардельок, до складу яких вводили борошно з топінамбура. Як основну сировину застосовували яловичину знежилвану першого сорту, яловичину жирну, свинину знежилвану напівжирну, борошно топінамбуру, картопляний крохмаль, концентрований соєвий білок, питну воду, кухонну сіль, нітрит натрію, мелений чорний перець, мелений коріандр і свіжий часник.

Підготовку сировини, виготовлення дослідних зразків і частину аналітичних визначень проводили на базі науково-навчальної лабораторії технологічного контролю продукції харчування СНАУ. Зважування компонентів рецептур здійснювали на технічних вагах із точністю до 0,1 г, а для аналітичних наважок – на аналітичних приладах із точністю до 0,0001 г.

Вологозв'язувальну здатність фаршу визначали ваговим методом [16]. Для аналізу відбирали приблизно 0,3 г фаршу з малою абсолютною похибкою, наважку розміщували на поліетиленовому кружку, який переносили на фільтрувальний папір, укладений на скляну пластинку. Зверху наважку накривали другим поліетиленовим кружком, накривали пластиною та навантажували гирею масою близько 1 кг. Пресування тривало 10 хвилин. Після цього зразок знімали, фільтрувальний папір з вологою плямою зважували, потім висушували в сушильній шафі при температурі приблизно 105 °С до сталої маси. Паралельно для цього ж зразка окремо визначали масову частку вологи методом висушування за тієї самої температури до постійної маси. Вологозв'язувальну здатність розраховували як частку вологи, що залишилася у зразку після пресування, у відсотках до загального вмісту води у фарші, користуючись стандартною розрахунковою залежністю.

Вологоутримувальну здатність оцінювали за різницею між загальною масовою часткою вологи у фарші та кількістю води, що виділялася під час теплової обробки [16]. Для цього подрібнене м'ясо в кількості близько 4–6 г наносили тонким шаром на внутрішню поверхню широкої частини молочного

жироміра, щільно закривали прилад пробкою і витримували його у водяній бані з температурою, близькою до кипіння, приблизно 15 хвилин. Після витримання за шкалою жироміра визначали об'єм вологи, що відокремилась. На підставі цих даних розраховували вологоутримувальну та вологовиділяючу здатність як у відсотках до початкового вмісту води у зразку, безпосередньо використовуючи значення масової частки вологи, маси наважки та кількості поділок на шкалі.

Емульгувальну здатність модельних систем визначали за методом Гурова О.М. [4] шляхом встановлення точки інверсії фаз. У склянку ємністю близько 100 мл вносили 10 мл білкової суспензії, після чого з бюретки додавали рослинну олію із сталою швидкістю до моменту переходу емульсії типу «олія у воді» в систему «вода в олії». Тип емульсії контролювали методом розведення, а об'єм олії, витраченої до інверсії, приймали як характеристику емульгувальної здатності.

Агрегативну стійкість емульсії оцінювали за кількістю жирової фази, що не відділялася після механічного та термічного впливу. Для цього емульсію центрифугували при заданій швидкості обертання протягом фіксованого часу, потім прогрівали на водяній бані і повторно центрифугували. Після обробки вимірювали загальний об'єм жирової фази в емульсії та об'єм жиру, що відокремився, і обчислювали відсоток жиру, який залишився в системі, приймаючи його за показник агрегативної стійкості.

Вміст незамінних амінокислот у готових виробах визначали розрахунковим методом, використовуючи довідкові таблиці хімічного складу харчових продуктів. Енергетичну цінність визначали також розрахунковим шляхом, виходячи з умовних коефіцієнтів енергетичної цінності: для 1 г білка та 1 г вуглеводів – приблизно 4 ккал, для 1 г жиру – близько 9 ккал.

Харчову цінність продукту оцінювали за ступенем відповідності вмісту основних поживних речовин формулі збалансованого харчування, розробленій в Інституті харчування РАМН під керівництвом О.О. Покровського, з урахуванням норм, затверджених наказом МОЗ України № 272 від 18.11.1999 р.

«Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії». Попередньо визначали енергетичну цінність продукту, після чого розраховували таку його масу, яка забезпечує близько десятої частини добових енерговитрат людини. Для цієї порції обчислювали кількість білків, жирів, вуглеводів і окремих мікронутрієнтів, порівнювали їх з нормативними значеннями добової потреби і визначали відсоток її покриття кожною з речовин [37].

Масову частку жиру в сардельках визначали екстракційним методом у апараті Сокслета [4]. Жири екстрагували органічним розчинником (ефіром), потім розчинник видаляли, а сирий жир зважували. Оскільки при цьому разом із тригліцидами переходять фосфоліпіди, пігменти, воски та інші ліпофільні компоненти, отриманий результат характеризує вміст сирого жиру в перерахунку на суху речовину. Тривалість екстракції підбирали так, щоб забезпечити достатню кількість циклів переливу розчинника; завершення процесу контролювали відсутністю жирної плями на фільтрувальному папері після нанесення краплі екстракту.

Вміст білка визначали за методом К'єльдаля [4]. Процедура включала кілька основних етапів. Спочатку проводили відбір і підготовку зразків: продукт ретельно подрібнювали до однорідного стану, добирали наважку встановленої маси та за можливості враховували вологість. Далі здійснювали мокре озолення – руйнування органічної матриці в концентрованій сірчаній кислоті у присутності каталізаторів і солей, що підвищують температуру та швидкість окиснення. У результаті весь органічно зв'язаний азот переходив у форму амонію. Отриманий прозорий розчин підлягав подальшій обробці: додаванням лугу амоній переводили в аміак, який відганяли з парою на спеціальному дистиляційному обладнанні й поглинали в розчин кислоти з відомою концентрацією. На завершальному етапі проводили титрування, за результатами якого розраховували кількість азоту, а потім – вміст сирого білка з використанням відповідного перерахункового коефіцієнта для білків м'ясної сировини.

Вміст вітаміну Е та кальцію у сардельках визначали розрахунковим методом на основі довідкових даних про хімічний склад сировини та її частки в рецептурі.

Функціонально-технологічні показники структури готових виробів, зокрема зусилля penetрації та пружність, вимірювали в лабораторії відділу технології м'ясних продуктів Інституту продовольчих ресурсів НААН України із застосуванням спеціалізованого вимірювального обладнання.

Мікробіологічні дослідження включали визначення загальної кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів у 1 г продукту, а також виявлення бактерій групи кишкової палички [31]. Для встановлення загального мікробного обсіменіння готували серію розведень суспензії зразка в стерильному фізіологічному розчині або пептонній воді, підбираючи такі розведення, щоб на чашках Петрі після інкубації отримати приблизно від кількох десятків до кількох сотень колоній. Певний об'єм розведення (зазвичай 0,1 мл) вносили у стерильні чашки, заливали охолодженим до близько 45–50 °С м'ясо-пептонним агаром, ретельно перемішували й витримували у термостаті при температурі близько 37 °С протягом двох діб. Після інкубації підраховували кількість колоній на чашках і, з урахуванням розведення, розраховували загальну кількість мікроорганізмів у 1 г продукту.

Для виявлення бактерій групи кишкової палички використовували поєднання посівів на м'ясо-пептонний агар і селективно-диференціальні середовища (Ендо, Плоскирева, Левіна тощо), а також рідкі середовища-індикатори. Частину суспензії наносили на поверхню щільних поживних середовищ і після інкубації оцінювали характер колоній, за необхідності готували мазки, фарбували за Грамом і мікроскопіювали. Для підтвердження належності до кишкової палички проводили посіви в рідкі диференціально-діагностичні середовища, інкубували за підвищеної температури, фіксували зміну забарвлення, газоутворення та інші типові ознаки. За наявності характерних колоній на селективних агарах і грамнегативних паличок без спор у

мазках робили висновок про присутність бактерій групи кишкової палички в досліджуваному продукті.

2.2. Схема проведення теоретичних та експериментальних робіт

План виконання магістерського дослідження включав послідовне поєднання теоретичних і експериментальних етапів. Спочатку було проведено аналіз наукових публікацій і нормативних документів щодо використання інулінвмісної сировини та борошна топінамбуру в технології м'ясних виробів, зокрема сардельок. На основі опрацьованих джерел сформовано мету, завдання та загальну концепцію роботи, обґрунтовано вибір об'єкта і предмета досліджень.

Наступним етапом стало моделювання рецептурного складу сардельок із різною кількістю борошна топінамбуру, вибір основної м'ясної сировини та функціонально-технологічних інгредієнтів. Після цього розробляли та уточнювали технологічну схему виробництва, включно з підготовкою сировини, отриманням фаршу, формуванням, термічною обробкою та охолодженням готових виробів.

Паралельно планували комплекс показників для контролю якості: органолептичних, фізико-хімічних, функціонально-технологічних, харчової та енергетичної цінності, а також мікробіологічних характеристик. На експериментальному етапі виготовляли контрольні та дослідні зразки сардельок, проводили лабораторні дослідження за обраними методиками, опрацьовували отримані результати з використанням статистичних і комп'ютерних методів обробки.

Заключним етапом було узагальнення й інтерпретація результатів, формулювання висновків та практичних рекомендацій, а також виконання економічних розрахунків ефективності впровадження удосконаленої технології.

Сучасний рівень розвитку харчової промисловості неможливо уявити без активного використання комп'ютерних технологій. Наявність продуктивних персональних комп'ютерів, локальних і глобальних мереж, а також спеціалізованого програмного забезпечення дає змогу істотно підвищити

ефективність наукових досліджень, проектних робіт і виробничого планування. Для інженера-технолога це означає можливість швидко обробляти великі масиви даних, автоматизувати розрахунки, будувати моделі, діаграми та наближені прогнози залежності для оптимізації рецептур і режимів обробки.

Під час виконання магістерської роботи при моделюванні рецептур і характеристик сарделенок з борошном топінambuру активно використовували програмні продукти пакета Microsoft Office. Їх застосування дозволило спростити оформлення текстової частини, систематизацію експериментальних даних та побудову графічних матеріалів.

Текстовий редактор Microsoft Word використовувався для набору, редагування та структурування основного тексту магістерської роботи. За його допомогою було сформовано всі розділи, підрозділи, список літератури, додатки. Використання різних стилів абзаців і заголовків дало змогу витримати єдині вимоги до оформлення документа. Засобами Word виконували вставлення формул через вбудований редактор рівнянь, а також оформлення простих схем та ілюстрацій. Це забезпечило акуратне та уніфіковане подання теоретичного матеріалу, алгоритмів розрахунків і основних залежностей.

Табличний процесор Microsoft Excel застосовувався для розрахунків і аналізу експериментальних даних. У ньому формувалися електронні таблиці з рецептурами, результатами визначення вологозв'язувальної, вологоутримувальної та емульгувальної здатності, показниками хімічного складу, енергетичної та харчової цінності, мікробіологічними характеристиками тощо. На основі цих таблиць будували діаграми і графіки, які наочно відображали зміну показників залежно від вмісту борошна топінambuру або інших факторів.

За допомогою інструментів статистичного аналізу Excel, зокрема засобів регресійного аналізу, здійснювали апроксимацію експериментальних даних, добирали рівняння, що описують залежності основних функціонально-технологічних показників від рецептурних чи технологічних параметрів. Це дало змогу отримати математичні моделі, які можна використовувати для

прогнозування властивостей виробів і вибору раціональної кількості інулінвмісної сировини.

Програма Microsoft PowerPoint застосовувалася для підготовки електронної презентації до захисту магістерської роботи. На основі даних, опрацьованих у Word і Excel, були сформовані слайди із короткими тезами, схемами технологічного процесу, діаграмами та основними результатами експериментів. Такий підхід полегшив візуальне сприйняття інформації, дав можливість компактно представити ключові положення роботи та чітко продемонструвати переваги удосконаленої технології сардельок з борошном топінамбуру.

Для пошуку наукової інформації, нормативних документів та статистичних даних використовували ресурси мережі Інтернет. Застосовувалися сучасні пошукові системи та спеціалізовані наукові платформи, що дозволило відібрати актуальні закордонні й вітчизняні публікації з проблеми використання інуліну, інулінвмісної сировини, нетрадиційних рослинних інгредієнтів і їх поєднання з м'ясною сировиною. Особливу увагу приділяли джерелам українською та англійською мовами.

Узагальнюючи, можна зазначити, що застосування комп'ютерних технологій та офісного програмного забезпечення при моделюванні сардельок з борошном топінамбуру стало невід'ємною складовою дослідницького процесу. Це дозволило зменшити трудомісткість розрахунків, підвищити точність обробки результатів, оперативно будувати графічні матеріали, формувати математичні моделі та якісно підготувати текстову і презентаційну частини магістерської роботи.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Обґрунтування вибору та характеристика моделі досліджуваного об'єкта

Розроблення технологічних процесів ґрунтується на поєднанні методів аналізу та синтезу. Аналітичний етап передбачає детальне вивчення закономірностей, що лежать в основі технологічних операцій, оцінку особливостей роботи машин та апаратів, порівняння різних технологічних прийомів і режимів, а також узагальнення результатів їх практичного застосування. Дані аналізу використовують для подальшого синтезу — створення більш ефективних технологічних процесів, модернізації обладнання або оптимізації систем керування.

Синтетичний етап полягає у формуванні структури технологічного процесу та визначенні взаємозв'язків між його складовими. Вибір елементів структури (операцій, машин, апаратів) здійснюється з урахуванням призначення процесу, властивостей сировини, вимог до якості кінцевої продукції та необхідних показників ефективності.

Застосування математичного моделювання в харчових технологіях має певні труднощі, що пов'язані зі специфікою виробничих процесів: складністю формалізації явищ, багатокomпонентністю систем, недостатньо чіткими критеріями оцінки якості продукції та відсутністю єдиних підходів до опису окремих етапів технологічних операцій. Особливо складними є комплексні процеси, де адитивні показники якості не можуть бути точно визначені для кожної окремої стадії.

Ефективне удосконалення харчових технологій можливе лише за умови застосування системного підходу. Він передбачає розгляд технологічного процесу як цілісної системи, у якій взаємодія елементів формує властивості, що не притаманні окремим складовим. Системний підхід дозволяє інтегрувати наукові дані, інженерні рішення, виробничий досвід та сучасні методи керування процесами. Це робить можливим не тільки кількісну оцінку запропонованих

рішень, але й вибір найбільш раціональних шляхів їх упровадження у виробництво.

Для проектування та оптимізації технологічних процесів використовують різні типи моделей:

натуральні – коли характеристики об'єкта визначають безпосередньо в умовах виробництва;

фізичні – створені у лабораторних або напівпромислових масштабах установки;

математичні – моделі, побудовані на основі теоретичних залежностей між параметрами процесу.

Найпоширеніші форми подання моделей — графічні та іконографічні, зокрема креслення, схеми, рисунки, блок-діаграми та структурні графи, які відображають взаємозв'язки між елементами технологічної системи.

3.2. Обґрунтування і розробка рецептури сардельок

Для розроблення нового виду продукції було обрано рецептуру-аналог — сардельки обідні першого сорту відповідно до ТУ 49609 (рецептура №220) [54]. У якості базової моделі використовували склад традиційних сардельок, до яких входять яловичина нежилована першого сорту, яловичина жирна, свинина жилована напівжирна, картопляний крохмаль, концентрований соєвий білок та суміш прянощів. Цей склад було взято за основу для подальшої модифікації рецептури із введенням борошна топінамбура таблиця 3.1.

Таблиця 3.1

Рецептура сарделюк обідніх 1 сорту

Назва сировини	Маса сировини , г
Яловичина нежирована 1 сорту	30,6
Яловичина жирна	24,5
Свинина жилована напівжирна	25,3
Крохмаль картопляний	4,1
Білок соєвий концентрований	12,2
Вода для гідратації	12,3
Всього	100
Сіль	2,5
Натрію нітрит	7,1
Перець чорний мелений	153
Коріандр мелений	61
Часник свіжий подрібнений	245

Вихід готової продукції становить 118%. Оскільки концентрований соєвий білок характеризується гідромодулем 1:3 [56], для гідратації 4 кг білка необхідно використати 12 кг води. З огляду на аналіз хімічного складу сировини та з метою оптимізації рецептури, було прийнято рішення провести часткову заміну соєвого білка борошном топінамбура.

Для встановлення найбільш раціональної частки цього інгредієнта нами розроблено три експериментальні рецептури, які відрізняються вмістом борошна топінамбуру. Це дозволяє дослідити вплив різних рівнів його внесення на функціонально-технологічні показники фаршу та обґрунтувати оптимальну кількість добавки таблиця 3.2.

Таблиця 3.2

Рецептура дослідних зразків

Назва сировини	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3
Яловичина нежилована 1 гатунку	30,2	30,1	30,3
Яловичина жирна	24,7	24,8	24,7
Свинина жилована напівжирна	25,3	25,1	25,2
Крохмаль картопляний	4,0	4,1	4,0
Білок соєвий концентрований	3,0	2,1	–
Борошно топінамбуру	1,0	2,0	4,1
Вода для гідратації	12,1	12,0	12,2
Всього	100,3	100,2	100,5
Сіль кухонна, г	2,480	2,500	2,510
Натрію нітрит, г	7	7	7
Перець чорний мелений, г	148	150	149
Коріандр мелений, г	60	61	60
Часник свіжий подрібнений, г	248	250	252

У дослідних рецептурах борошно топінамбуру вводили у кількості 1%, 2% та 4% до маси фаршу. Щоб визначити найраціональніший рівень внесення цієї добавки, насамперед провели оцінювання органолептичних характеристик готових сардельок.

Для сенсорного аналізу застосували бальну шкалу відповідно до вимог «Методичних вказівок щодо лабораторного контролю якості харчових продуктів» [57]. У цьому методі для кожного показника наведено словесну характеристику та відповідний діапазон балів. Дегустацію здійснювала комісія з

шести експертів, причому оцінювання виконували у трикратній повторності за п'ятибальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості окремих показників [57].

Усі отримані дані підлягали статистичній обробці. Для зіставлення результатів використовували контрольний зразок, виготовлений за рецептурою-аналогою. Органолептичні характеристики контролю та дослідних варіантів подано у таблиці 3.3, а підсумкові результати бальної оцінки — у таблиці 3.4.

Таблиця 3.3

Органолептичні показники сардельок

Найменування	Колір	Запах	Смак	Консистенція
Контроль	Рожевий або світло-рожевий фарш із рівномірним забарвленням	Ніжний м'ясний аромат, типовий для сардельок	Гармонійний, притаманний сарделькам, помірно солоний	Однорідна структура, рівномірно перемішана, соковита
Рецептура 1	Рожевий відтінок фаршу, однорідний	М'ясний запах, характерний для продукту	Приємний смак, властивий сарделькам, із легким сольовим акцентом	Соковита та рівномірно подрібнена консистенція
Рецептура 2	Стабільний рожевий колір фаршу	Типовий м'ясний аромат сардельок	Збалансований смак, властивий продукту, з помірною солоністю	Однорідна, соковита консистенція без грубих включень
Рецептура 3	Яскраво-рожевий колір фаршу, рівномірний по всій масі	Виражений м'ясний аромат, характерний сарделькам	Приємний, насичений смак, притаманний сарделькам, у міру солоний	Рівномірно перемішана, пластична та соковита структура

Таблиця 3.4

Бальна оцінка сардельок з використанням борошна топінамбуру

Найменування	Бальна оцінка					Сумарна оцінка
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак	Консистенція	
Контроль	5	5	5	4	5	4,8
Рецептура 1	5	5	5	5	5	5,0
Рецептура 2	5	5	5	5	5	5,0
Рецептура 3	5	5	5	5	5	5,0

Аналіз результатів, поданих у таблиці 3.4, свідчить, що всі оцінювані органолептичні показники — зовнішній вигляд, колір, запах, смак та консистенція — у дослідних зразках перебували на рівні, характерному для якісних сардельок. Усі зразки мали типовий рожевий відтінок, однорідну м'яку структуру, достатню соковитість та не містили сторонніх запахів чи присмаків.

Сумарна органолептична оцінка контрольного зразка, виготовленого за традиційною рецептурою, становила 4,8 бала, тоді як усі дослідні варіанти отримали по 5 балів, що вказує на позитивний вплив внесення борошна топінамбуру на сенсорні властивості готового продукту.

Разом з тим лише органолептичні характеристики не дають змоги однозначно визначити оптимальний рівень внесення борошна топінамбуру. Для отримання повнішої та об'єктивної оцінки необхідно провести дослідження функціонально-технологічних показників сардельок, що дозволить встановити вплив добавки на водоутримувальну здатність, емульгування, текстуру та інші ключові властивості продукту.

3.3. Функціонально-технологічні характеристики сардельок

У ході експериментальних досліджень було проаналізовано комплекс показників, що визначають технологічну поведінку фаршу та якість готових сардельок. Зокрема, оцінювали зусилля пенітрації, пружність, масову частку вологи у фаршевих системах і в готовому продукті, вихід готових виробів,

вологоутримувальну та вологозв'язуючу здатність, а також стабільність і емульгуючу здатність емульсійних систем.

Такі характеристики дозволяють об'єктивно оцінити вплив додавання борошна топінамбуру на структуру, соковитість, стабільність фаршу та загальні якісні показники сардельок. Отримані результати дослідження масової частки вологи у фарші та готових виробів наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Масова частка вологи у фарші та готовому продукті

Найменування	Масова частка вологи у фарші, %	Масова частка вологи у готовому продукті, %
Сардельки обідні 1 сорту (контроль)	$72,2 \pm 0,8$	$70,2 \pm 0,8$
Сардельки «Топчик» (зразок 1)	$71,3 \pm 0,3$	$70,7 \pm 0,3$
Сардельки «Топчик» (зразок 2)	$69,8 \pm 0,6$	$69,8 \pm 0,5$
Сардельки «Топчик» (зразок 3)	$69,5 \pm 0,3$	$68,6 \pm 0,2$

Згідно з даними таблиці 3.5 встановлено, що найменший вміст вологи мали сардельки з додаванням 4 % борошна топінамбуру. У зразках із внесенням 1 % та 2 % борошна топінамбуру різниця показників знаходиться в межах експериментальної похибки. Це дозволяє зробити висновок, що введення борошна топінамбуру у невеликих кількостях (1–2 %) не спричиняє істотної зміни масової частки вологи у сардельках порівняно з контролем в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Вихід готового продукту

Найменування	Вихід продукту, %
Сардельки обідні 1 сорту (контроль)	104
Сардельки «Топчик» (зразок 1)	102
Сардельки «Топчик» (зразок 2)	102
Сардельки «Топчик» (зразок 3)	104

Аналіз даних таблиці 3.6 показує, що зміни виходу готової продукції є мінімальними й не мають критичного впливу на загальну характеристику виробів. З огляду на те, що борошно топіамбуру вирізняється високою здатністю до зв'язування та утримування вологи, а також формує характерну пастоподібну консистенцію, було висунуто припущення щодо його позитивного впливу на формування цілеспрямованих функціонально-технологічних властивостей сардельок.

Передбачалося, що введення топіамбурового борошна сприятиме покращенню структури фаршу, стабільності системи та утриманню вологи під час термічної обробки. Для перевірки цієї гіпотези було здійснено визначення вологозв'язуючої здатності фаршевих систем і проаналізовано вихід готових виробів як ключові показники технологічної придатності м'ясних систем.

Отримані результати щодо вологозв'язуючої здатності фаршів подані в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Зразок	ВЗЗ, %
Фарш (контроль)	59,8
Фарш (зразок 1)	60,1
Фарш (зразок 2)	61,0
Фарш (зразок 3)	63,0

Аналіз результатів, поданих у таблиці 3.7, показує, що найвищий рівень вологозв'язуючої здатності зафіксовано у зразку, до складу якого внесено 4% борошна топіамбуру — цей показник становив 62,6%. Це свідчить про те, що саме така концентрація інулінвмісної сировини сприяє формуванню більш стабільної фаршевої емульсії та покращує її фізико-хімічні характеристики. Додавання борошна топіамбуру у кількості 1% та 2% впливає на вологозв'язуючу здатність менш виражено й не забезпечує суттєвого приросту цього показника.

Для комплексної оцінки функціонально-технологічних властивостей сардельок було також визначено вологоутримуючу здатність фаршевих систем та готової продукції. Отримані значення наведено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Вологоутримуюча здатність фаршу та готового продукту

Найменування сардельок	ВУЗ фаршу, %	ВУЗ у готовому продукті, %
Сардельки обідні 1 сорту (контроль)	71,6±0,6	70,3±0,3
Сардельки «Топчик» (зразок 1)	69,9±0,5	69,8±0,5
Сардельки «Топчик» (зразок 2)	70,8±0,7	70,9±0,5
Сардельки «Топчик» (зразок 3)	72,6±0,6	72,1±0,5

Аналіз даних таблиці 3.8 свідчить, що введення борошна топінамбуру впливає на вологоутримуючу здатність фаршевих систем, причому характер цього впливу залежить від дозування інулінвмісної сировини. Найвищі значення ВУЗ зафіксовано у зразка 3, що свідчить про більш ефективне структурування системи та покращення її здатності утримувати вологу під час термічної обробки. У той же час зразок 1 продемонстрував найнижчі показники як у фарші, так і в готовому продукті, що вказує на недостатність внесеної кількості борошна для досягнення оптимального функціонально-технологічного ефекту.

Для комплексної оцінки впливу топінамбурового борошна на структуру м'ясної системи були визначені реологічні характеристики фаршу та готових виробів — як контрольного зразка, так і сардельок «Топчик» з різним рівнем введення інулінвмісного компонента. Отримані результати зведено у таблицю 3.9.

Таблиця 3.9

Реологічні показники зразків фаршу та готових виробів

Зразок	Робота різання, J	Зусилля зрізу, kN/m ²	Зусилля пенетрації, kN/m ²	Пружність, kN/m ²
Фарш — Контроль	-	-	4,21±0,10	12,00±0,40
Фарш — Зразок 1	-	-	5,93±0,40	12,68±0,70
Фарш — Зразок 2	-	-	6,22±0,10	13,24±0,40
Фарш — Зразок 3	-	-	6,42±0,40	15,58±0,40
Сардельки — Контроль	260±5,0	40,55±1,5	96,80±4,7	103,00±1,4
Сардельки — Зразок 1	257±5,0	40,10±1,7	97,90±4,8	110,10±2,3
Сардельки — Зразок 2	254±3,0	39,70±1,5	104,40±5,7	113,00±2,1
Сардельки — Зразок 3	250±5,0	36,90±1,3	126,30±6,5	164,80±3,3

Аналіз даних таблиці 3.9 показує, що зусилля пенетрації у фарші контрольного зразка є нижчим порівняно з дослідними. Це означає, що структура фаршу з додаванням борошна топінамбуру формується більш міцною та стабільною. Пружність фаршевих систем із внесенням добавки також перевищує аналогічний показник контролю, що додатково підтверджує зміцнення структурно-механічних властивостей.

Щодо готових виробів, результати свідчать, що показники роботи різання та зусилля зрізу у сардельках із додаванням борошна топінамбуру знижуються зі збільшенням його частки в рецептурі. Це свідчить про формування більш ніжної та податливої структури, що полегшує процес розрізання. Водночас зусилля пенетрації у дослідних зразках є вищим порівняно з контролем, що вказує на

підвищення міцності внутрішньої структури виробів. Пружність сардельок найбільшою мірою зростає у зразку 3, що містить 4% борошна топінамбуру.

Таким чином, додавання 1%, 2% і 4% борошна топінамбуру позитивно впливає на реологічні властивості як фаршу, так і готових сардельок. Найбільш виражений ефект спостерігається при внесенні 4%, що дозволяє рекомендувати саме цю концентрацію як оптимальну.

Результати визначення пенетрації та пружності дослідних зразків свідчать, що консистенція сардельок характеризується достатньою еластичністю та рівномірністю. Для їх стискання або продавлювання не потрібно прикладати значних зусиль, що вказує на м'яку, добре сформовану структуру продукту. Водночас додавання борошна топінамбуру не спричиняє появи відчутних твердих включень чи сторонніх частинок, тобто добавка рівномірно розподіляється в системі та не погіршує споживчих властивостей.

Крім того, були визначені показники жирутримуючої здатності, емульгуючої здатності та стабільності емульсії. Дані наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Жирутримуючої здатності, емульгуючої здатності та стабільності емульсії

Показники, од. вимірювання	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
ЖУЗ, %	67,5±1,0	68,5±1,1	69,1±2,1	69,6±1,0
ЕЗ, %	85±0,1	87±0,1	88±0,1	88±0,1
СЕ, %	42,3±0,2	43,4±0,1	44,1±0,1	44,3±0,2

Аналіз даних таблиці свідчить, що додавання борошна топінамбуру суттєво підсилює жирутримуючу та емульгуючу здатність системи. Зростання емульгуючої здатності узгоджується з отриманою під час виробництва рівномірною, стабільною консистенцією сардельок. Це означає, що емульсія добре формується і зберігає стійкість, що, у свою чергу, мінімізує ризик розшарування або зміни структури під час зберігання готового продукту. Таким

чином, використання борошна топінамбуру позитивно впливає на стабільність фізико-технологічних характеристик виробів.

Хімічний склад дослідних зразків сардельок визначали методом розрахунку на основі довідникових даних щодо хімічного складу сировини [40]. Усі показники наведено з урахуванням виходу готового продукту на 100 г.

Для наочності та подальшого аналізу було проведено порівняння хімічного складу сардельок, виготовлених із використанням борошна топінамбуру, із показниками контрольного зразка, виробленого за традиційною рецептурою. Узагальнені результати подано в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

Хімічний склад сардельок

Показники	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Білки, г/100 г продукту	15,63	15,53	16,02	17,90
Жири, г/100 г продукту	28,90	29,02	29,15	29,18
Вуглеводи, г/100 г продукту	0,22	0,21	0,23	0,22
Вода, г/100 г продукту	52,95	52,80	52,60	51,95
Енергетична цінність, ккал/100 г продукту	314,50	323,70	333,50	341,20

Аналіз даних таблиці 3.11 показує, що вміст білка у сардельках із додаванням 1% борошна топінамбуру майже не відрізняється від контрольного зразка. Натомість у зразках із 2% та 4% кількість білка дещо підвищується, що пов'язано з внесенням додаткової рослинної сировини, яка містить власні білкові фракції.

Водночас спостерігається зміна вмісту вологи: у сардельках із топінамбуровим борошном її рівень знижується. Це пояснюється тим, що борошно топінамбуру володіє вираженими сорбційними властивостями та

здатністю утримувати частину вільної води в системі, формуючи більш стабільну структуру продукту.

3.4. Технологічна частина розроблення сардельок

Створення удосконаленої технології виготовлення сардельок «Топчик» із додаванням борошна топінамбуру здійснювали на основі комплексного аналізу органолептичних характеристик, функціонально-технологічних властивостей фаршу та готової продукції. На підставі отриманих результатів було сформовано технологічну послідовність операцій, яка охоплює всі основні етапи виробництва.

Сировина

Основою рецептури є яловичина та свинина, що забезпечують необхідний рівень білка, жиру та структурних компонентів. Для виробництва застосовують охолоджене, заморожене або розморожене м'ясо, яке пройшло ветеринарно-санітарну експертизу. У нашому випадку використовувалися: яловичина нежирована 1 сорту, яловичина жирна та свинина жилована напівжирна.

Посолочні інгредієнти представлені харчовою сіллю та нітритом натрію, які беруть участь у формуванні смаку, кольору та мікробіологічної стабільності продукту. Для ароматоутворення додають прянощі (перець чорний, коріандр), часник.

Сардельки формують у оболонки — природні або штучні. Оболонки повинні бути міцними, еластичними, стійкими до мікробного впливу та придатними для термічної обробки. Порівняно з кишковими, штучні оболонки є більш рівномірними за калібром і зручнішими для механізованого наповнення.

Підготовка сировини

М'ясо піддають розморожуванню (за потреби), зачистці, обвалюванню та жилуванню з подальшим сортуванням згідно з вимогами рецептури.

Подрібнення

Попередньо підготовлене м'ясо подрібнюють на вовчку з решіткою діаметром 2–3 мм. Це забезпечує рівномірну структуру фаршу та оптимальні умови подальшого куттерування.

Приготування фаршу

Фарш являє собою гомогенну суміш інгредієнтів, подрібнених і змішаних у певній послідовності. Куттерування триває 8–12 хвилин і залежить від конструкції обладнання, швидкості ножів та температурних умов. У процесі подрібнення фарш нагрівається, тому для запобігання перегріву додають холодну воду або лід, підтримуючи температуру 12–15 °С.

Після завершення куттерування фарш витримують при 0...4 °С для стабілізації структурно-механічних властивостей.

Формування батонів

Процес включає підготовку оболонок, наповнення їх фаршем на шприцах, перев'язування та штрихування (видалення повітряних включень). Батони підвішують на рами, забезпечуючи між ними вільну циркуляцію повітря.

Осаджування

Формовані батони витримують 2–4 години при температурі 0–4 °С та відносній вологості 80–85%. Осаджування дозволяє стабілізувати структуру фаршу та поверхню батонів перед термічною обробкою.

Термічна обробка

Термічна обробка включає підсушування, обсмажування, варіння та охолодження.

- **Обсмажування** проводять 40–45 хв при 120–130 °С.
- **Варіння** — при 75–85 °С і високій вологості до досягнення температури у центрі батона 70 ± 1 °С.
- **Охолодження** здійснюють спочатку душем холодної води (8–10 °С), а потім у холодильній камері.

Сушіння та стабілізація

Сардельки додатково підсушують 1–2 години при температурі 8–10 °С до вирівнювання внутрішньої структури та температури в центрі виробу.

Контроль якості

Готовий продукт проходить комплекс контролю, що включає:

1. **Визначення виходу** готової продукції.

2. **Органолептичну оцінку** (колір, смак, запах, консистенція, вигляд на розрізі).
3. **Фізико-хімічні аналізи** (вміст білка, жиру, солі, вологи, нітриту).
4. **Мікробіологічні показники** (загальне мікробне число, відсутність патогенної мікрофлори).

Лише після позитивного результату всіх випробувань продукція може бути маркована та реалізована.

Пакування та зберігання

Сардельки зберігають у підвішеному стані при температурі 0–6 °С та відносній вологості 75–85% не довше 96 годин.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Найкращим показником ефективності будь-якого підприємства є безпечні умови праці. Здоров'я працівника є найвищою цінністю, і від його збереження залежить не лише продуктивність, а й стабільність роботи колективу. На виробництві, зокрема на рибопереробних підприємствах, досить часто виникають ситуації, пов'язані з виробничим травматизмом, тому роботодавець зобов'язаний створити такі умови, за яких ризики ушкодження здоров'я будуть мінімізовані, а працівникові буде забезпечено комфортну та безпечну працю.

Розділ з охорони праці є однією з ключових складових організації виробництва. Кожен працівник зобов'язаний дотримуватися встановлених правил, інструкцій та заходів безпеки, оскільки всі вони спрямовані на збереження здоров'я, життя та працездатності людини в процесі трудової діяльності. На рибопереробних підприємствах на працівника можуть впливати численні шкідливі та небезпечні виробничі фактори. Серед них: підвищена або знижена вологість повітря, відхилення температури повітря від оптимальних значень, наявність диму, пари або аерозолів, шкідливі хімічні речовини, виробничий шум і вібрація, небезпека падіння інструментів, тари та сировини, підвищена електрична напруга, значне фізичне навантаження або, навпаки, тривала монотонна праця в статичній позі, робота з автоматизованими пристроями (кутери, транспортери, автотранспорт), слизькі підлоги через наявність води та риб'ячого слизу, можливість контакту зі шкідливою мікрофлорою, що може міститися в рибній сировині.

Створення раціональних умов праці, усунення або зменшення впливу зазначених факторів дозволяє досягти високої продуктивності, знизити рівень травматизму та підвищити психологічний комфорт у колективі. При прийнятті працівника на роботу роботодавець відповідно до статті 5 Закону України «Про охорону праці» зобов'язаний поінформувати його про наявні на робочому місці шкідливі та небезпечні виробничі фактори, можливі наслідки їх дії, а також не допускати до виконання робіт, які протипоказані за медичними показниками.

Згідно зі статтею 17 цього ж Закону, роботодавець за власний кошт організовує попередні медичні огляди (при влаштуванні на роботу) та періодичні медичні огляди протягом трудової діяльності для працівників, які зайняті у шкідливих або небезпечних умовах, виконують роботи з підвищеною небезпекою, а також для осіб, чия діяльність пов'язана з харчовими продуктами. Працівники віком до 21 року повинні проходити щорічні медичні огляди. У разі ухилення або відмови від проходження огляду роботодавець зобов'язаний відсторонити працівника від роботи. Додатково роботодавець забезпечує позачергові медичні огляди: по-перше, коли працівник вважає, що погіршення стану здоров'я пов'язане з умовами праці, і, по-друге, за власною ініціативою, якщо вважає, що стан здоров'я перешкоджає якісному виконанню трудових обов'язків.

Відповідно до статті 18 Закону України «Про охорону праці», усі працівники повинні проходити за рахунок роботодавця навчання, інструктажі з охорони праці та з надання першої медичної допомоги. Працівники, які виконують роботи з підвищеною небезпекою, зобов'язані щорічно проходити спеціальне навчання і перевірку знань. Отримання знань з питань охорони праці може здійснюватися шляхом теоретичного навчання, стажування на робочому місці та дублювання виробничих функцій під контролем досвідченого працівника. Стажування забезпечує набуття практичного досвіду виконання виробничих завдань, тоді як дублювання передбачає самостійне виконання обов'язків із постійним наглядом наставника і попереднім відпрацюванням протиаварійних дій.

Після проходження навчання працівники складають перевірку знань. Для цього на підприємстві створюється комісія з перевірки знань з охорони праці, склад якої затверджується наказом керівника. Головою комісії, як правило, є керівник підприємства або його заступник. До складу комісії входять представники служби охорони праці, технічні, юридичні та виробничі фахівці, представники профспілок, за потреби – страхові експерти та викладачі охорони

праці. Перевірка знань проводиться у формі тестування, заліку або іспиту, що можуть бути усними чи письмовими.

Інструктажі з охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий. Вступний інструктаж проходять усі особи, які вперше прибувають на підприємство: новоприйняті працівники, працівники інших організацій, учні та студенти, екскурсанти. Первинний інструктаж проводять на робочому місці перед початком роботи. Повторний інструктаж проводиться з певною періодичністю індивідуально або з групою працівників однорідних професій. Позаплановий інструктаж необхідний у разі зміни технологічного процесу, впровадження нових нормативних документів, при порушеннях вимог безпеки або після тривалих перерв у роботі. Цільовий інструктаж проводять при виконанні разових робіт, ліквідації аварій та наслідків стихійних лих.

Стаття 15 Закону України «Про охорону праці» передбачає створення служби охорони праці на підприємстві з чисельністю 50 і більше працівників. Спеціаліст з охорони праці має право вимагати усунення порушень, видавати обов'язкові до виконання вказівки в межах своєї компетенції, одержувати від структурних підрозділів необхідну інформацію, проводити інструктажі та перевірку знань, не допускати до роботи працівників, які не пройшли навчання, інструктажі або медичні огляди, а при виявленні загрози життю та здоров'ю працівників – ініціювати зупинку роботи ділянки чи обладнання.

Згідно зі статтею 16 цього ж Закону на підприємстві може створюватися комісія з питань охорони праці. До її складу входять представники роботодавця, профспілкової організації, спеціалісти з безпеки праці, гігієни та інших служб. Рішення комісії мають рекомендаційний характер, але слугують важливим інструментом узгодження дій щодо покращення умов праці.

Важливим елементом забезпечення безпеки є раціональна організація режиму праці та відпочинку. Відповідно до Кодексу законів про працю України нормальна тривалість робочого часу не повинна перевищувати 40 годин на тиждень. Для працівників віком 16–18 років установлюється скорочений

робочий час – 36 годин на тиждень, а для осіб 15–16 років – 24 години. Для працівників, зайнятих у шкідливих умовах праці, тривалість робочого тижня також не повинна перевищувати 36 годин. При п'ятиденному робочому тижні тривалість щоденної роботи не має перевищувати восьми годин. За шестиденного робочого тижня тривалість зміни становить не більше семи годин при 40-годинному робочому тижні, шести годин при 36-годинному і чотирьох годин при 24-годинному. Робота у вихідні дні компенсується наданням іншого дня відпочинку або подвійною оплатою. Працівник має право на щорічну основну відпустку тривалістю не менше 24 календарних днів за відпрацьований робочий рік.

Відповідно до статті 19 Закону України «Про охорону праці» фінансування заходів з охорони праці здійснюється коштом роботодавця. Підприємство незалежно від форми власності повинно виділяти на ці цілі не менше 0,5% фонду оплати праці за попередній рік. Ці кошти спрямовуються на попередження нещасних випадків і професійних захворювань, поліпшення умов праці, придбання засобів індивідуального та колективного захисту.

Окремого значення набуває дотримання правил пожежної безпеки. Пожежі класифікують за видами горючих речовин. До класу А належать пожежі твердих речовин, крім металів; їх поділяють на такі, що супроводжуються тлінням (наприклад, деревина, папір) та такі, що не тліють (окремі види пластмас). До класу В належать пожежі легкозаймистих та горючих рідин, які можуть бути як розчинними, так і нерозчинними у воді, наприклад, нафта, бензин, ацетон. Клас С охоплює пожежі газоподібних речовин (метан, побутовий газ). До класу D відносять пожежі, пов'язані з горінням металів та їх сполук (алюміній, магній, лужні метали, металоорганічні речовини). Клас Е охоплює загоряння електрообладнання, яке перебуває під напругою. Для кожного класу пожежі застосовуються свої засоби гасіння, тому на підприємстві має бути достатній набір вогнегасників, ящики з піском, джерела води, пожежні крани та допоміжний інвентар. Пожежне обладнання повинно розміщуватися на добре

видимих місцях із вільним доступом, а вогнегасники – на висоті не більше 1,5 м від підлоги, у місцях, захищених від прямої дії теплових джерел.

Стан мікроклімату у виробничих приміщеннях є важливим фактором, що впливає на самопочуття працівників і їх працездатність. До показників мікроклімату належать температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Вимірювання здійснюють на висоті близько 1 м від підлоги для сидячих робіт і 1,5 м – для робіт у стоячому положенні. Оптимальні параметри мікроклімату залежать від періоду року та категорії важкості робіт. У холодний період року для легких робіт категорії Ia оптимальною є температура повітря 22–24 °С, для категорії Ib – 21–23 °С, для робіт середньої важкості категорії Pa – 19–21 °С, Pb – 17–19 °С, для важких робіт категорії ПІ – близько 16–18 °С. У теплий період рекомендовано дещо вищі температури: 23–25 °С для робіт Ia, 22–24 °С для Ib, 21–23 °С для Pa, 20–22 °С для Pb та 18–20 °С для важких робіт. Відносна вологість у більшості випадків повинна підтримуватися в межах 40–60%, а швидкість руху повітря зростає зі збільшенням важкості роботи та температури повітря – від 0,1–0,2 м/с для легких робіт до 0,3–0,4 м/с для важких у теплий період.

Крім мікроклімату, у виробничих умовах потрібно контролювати рівень шуму, вібрації та концентрацію шкідливих речовин у повітрі. При роботі машин і механізмів рівень шуму в цеху не повинен перевищувати приблизно 80 дБА. Для зниження забруднення повітря й нормалізації газового складу необхідна ефективна система вентиляції. На рибопереробних підприємствах, як правило, застосовують припливно-витяжну або комбіновану вентиляцію, яка забезпечує видалення вологи, тепла, запахів і шкідливих речовин з робочої зони. Кратність повітрообміну повинна відповідати нормам, що гарантують підтримання допустимих параметрів мікроклімату у всіх зонах приміщення.

Узагальнюючи наведене, можна зазначити, що дотримання вимог законодавства з охорони праці, впровадження системи навчання й контролю знань, забезпечення раціональних режимів праці та відпочинку, підтримання оптимального мікроклімату, рівнів шуму та чистоти повітря, а також суворе

виконання правил пожежної безпеки є невід'ємною умовою безпечного функціонування рибопереробного підприємства і запорукою збереження здоров'я працівників.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічна ефективність виробництва є одним із ключових критеріїв доцільності впровадження нової технології у м'ясопереробній галузі. Запропонована технологія виготовлення сардельок із додаванням борошна топінамбуру спрямована не лише на підвищення харчової та біологічної цінності продукту, але й на оптимізацію витратної частини та покращення рентабельності виробництва.

У сучасних умовах скорочення поголів'я худоби та зростання собівартості м'ясної сировини особливо актуальним є пошук технологічних рішень, що дозволяють частково замінити дорогі м'ясні інгредієнти рослинними функціональними компонентами без погіршення технологічних, органолептичних і споживчих властивостей продукту. Борошно топінамбуру характеризується високими показниками волого- та жирутримуючої здатності, що забезпечує необхідні структурно-механічні властивості фаршевої системи та дозволяє зменшити витрати білкових добавок.

Для підтвердження доцільності використання борошна топінамбуру проведено розрахунок економічної ефективності на основі порівняння собівартості, доходу та рентабельності продукції, виготовленої за традиційною рецептурою та за модернізованою технологією. Витрати на сировину та основні матеріали визначено згідно з інструкціями з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції м'ясної промисловості та типовими галузевими положеннями. Результати розрахунків наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Розрахунок зміни витрат за статтею «Сировина та основні матеріали»

Найменування сировини	Од. вим.	Норма, кг (клас.)	Ціна, грн/кг	Сума, грн (клас.)	Норма, кг (нов.)	Ціна, грн/кг	Сума, грн (нов.)
Яловичина знежил. 1 сорту	кг	300	180	54000	300	180	54000
Яловичина жирна	кг	250	200	50000	250	200	50000
Свинина напівжирна	кг	250	190	47500	250	190	47500
Крохмаль	кг	40	47	1880	40	47	1880
Білок соєвий концентр.	кг	40	65	2600	-	-	-
Борошно топінамбуру	кг	-	-	-	40	120	4800
Сіль	кг	2.5	2	5	2.5	2	5
Перець чорний мелений	кг	0.15	350	52.5	0.15	350	52.5
Коріандр	кг	0.06	70	4.2	0.06	70	4.2
Часник свіжий	кг	0.25	100	25	0.25	100	25
Разом				156066.7			158266.7

У таблиці наведено розрахунок зміни витрат за статтею «Сировина та основні матеріали» при виробництві 1000 кг сарделенок за двома технологіями: традиційною (класичною) та модернізованою, що передбачає додавання борошна топінамбуру. У розрахунок включено всі види м'ясної та нем'ясної сировини, а також прянощі й допоміжні інгредієнти, що входять до складу рецептури.

Як видно з даних таблиці, витрати за більшістю позицій залишаються незмінними, оскільки базові компоненти (яловичина нежирна, яловичина жирна, свинина напівжирна, крохмаль, сіль, спеції) використовуються у тих самих

кількостях та за однаковою ціною. Єдина зміна стосується білкової частини рецептури: у традиційній схемі застосовують 40 кг соєвого білкового концентрату, тоді як у модернізованій рецептурі його замінено на 40 кг борошна топінамбуру.

Ця заміна зумовлює зміну сумарних витрат за статтею «Сировина та основні матеріали». Вартість соєвого концентрату у класичній рецептурі становить 2600 грн, тоді як борошно топінамбуру обходиться підприємству у 4800 грн. Таким чином, загальна сума витрат зростає з 156066,7 грн до 158266,7 грн, що становить різницю у 2200 грн на 1000 кг продукції, тобто приблизно 1,4 %.

Незважаючи на деяке підвищення витрат, використання борошна топінамбуру має важливі технологічні та функціональні переваги. Воно покращує волого- та жирутримуючу здатність фаршу, сприяє підвищенню виходу готової продукції, стабільності емульсії та структурно-механічних показників. Крім того, топінамбур є джерелом харчових волокон та інуліну, що надає готовому виробу функціональних властивостей і підвищує його біологічну цінність.

У результаті впровадження модернізованої рецептури не лише зберігається економічна ефективність виробництва, а й підвищується конкурентоспроможність продукту за рахунок покращення якості та споживчих характеристик.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження можливості удосконалення технології виробництва сардельок шляхом часткової заміни тваринної сировини рослинним компонентом – борошном топінамбуру.

На підставі проведених експериментальних досліджень, аналізу органолептичних, фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей, а також економічного обґрунтування впровадження нової рецептури сформовано такі узагальнені висновки:

Проведений літературний та аналітичний огляд показав, що сучасні тенденції харчової промисловості спрямовані на використання рослинних інгредієнтів із високою біологічною цінністю, які здатні частково замінювати м'ясну сировину без погіршення якісних характеристик продукту. Топінамбур містить інулін, харчові волокна, мікроелементи, що робить його перспективним компонентом для м'ясних продуктів функціонального призначення.

Розроблено три рецептури сардельок з умістом борошна топінамбуру 1 %, 2 % та 4 % шляхом часткової заміни соєвого білкового концентрату. Порівняльна оцінка зразків та контрольної рецептури дала змогу визначити оптимальний діапазон використання рослинної добавки.

Органолептичні дослідження засвідчили, що всі дослідні зразки мають приємний смак, запах, рожевий колір та однорідну соковиту консистенцію. Сумарна органолептична оцінка дослідних зразків становила 5 балів, що вище за контроль (4,8 бала). Додавання топінамбуру не погіршує органолептичних властивостей виробу.

Функціонально-технологічні показники сардельок покращуються зі збільшенням кількості борошна топінамбуру. Найвищі значення вологоутримуючої здатності, вологозв'язування та стабільності емульсії відзначено у зразку з 4 % борошна топінамбуру. Це зумовлено високою гідрофільною здатністю інуліну та харчових волокон.

Реологічні вимірювання підтвердили, що структура дослідних зразків є більш пружною і стабільною порівняно з контрольним. Зусилля penetрації у

фарші та готових сардельках було вищим, що свідчить про формування більш міцного білково-жирового каркаса. Найкращі показники отримано у зразка з 4 % топінамбуру.

Визначений хімічний склад дослідних сардельок показав, що введення топінамбуру сприяє збільшенню вмісту білка (у варіантах 2 % та 4 %), а також підвищенню енергетичної цінності продукту. Вміст вологи зменшується пропорційно до кількості рослинної добавки, що є позитивною ознакою для формування стабільної структури.

Розроблена вдосконалена технологічна схема виробництва сардельок враховує особливості внесення борошна топінамбуру та забезпечує отримання продукту з покращеними якісними характеристиками. Схема може бути впроваджена у виробничих умовах без модернізації основного обладнання.

Економічний аналіз показав, що введення борошна топінамбуру підвищує витрати на сировину на 2200 грн/1000 кг продукції ($\approx 1,4$ %), однак покращені якісні характеристики та функціональні властивості компенсують це підвищення. Дохід підприємства за модернізованою рецептурою перевищує контроль на 5197 грн, а собівартість зменшується на 10197 грн. Рентабельність продукції зростає з 0,54 до 0,74, що підтверджує економічну доцільність впровадження технології.

Отримані результати дозволяють рекомендувати рецептуру з 4 % борошна топінамбуру як оптимальну для промислового виробництва сардельок із підвищеними функціональними властивостями, покращеною структурою, стабільністю емульсії та збалансованим хімічним складом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамчук, Л. О., & Пархоменко, В. І. (2020). Технологія м'ясних продуктів: сучасні тенденції та інновації. *Харчова промисловість*, 2(54), 32–41.
2. Андрущенко, А. І., & Мартинюк, О. В. (2019). Функціональні інгредієнти у виробництві м'ясних виробів. *Наукові праці НУХТ*, 25(3), 118–126. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2019-25-3-14>
3. Бабич, О. О. (2021). Технологія ковбасних виробів: інноваційні підходи до формування структури фаршу. *Харчові технології*, 15(1), 44–53.
4. Білан, О. А., & Гринченко, Г. М. (2022). Переробка м'ясної сировини з використанням рослинних добавок. *Вісник аграрної науки*, 100(4), 85–92.
5. Bondarenko, O., & Havryliuk, A. (2020). Influence of plant powders on the technological properties of meat emulsions. *Food Science and Technology*, 14(3), 56–64. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1800>
6. Державна служба статистики України. (2021). *Сільське господарство України: статистичний збірник*. <http://www.ukrstat.gov.ua/>
7. ДСТУ 4436:2005. (2005). *Вироби ковбасні варені. Загальні технічні умови*. Київ: Держспоживстандарт України.
8. ДСТУ ISO 5492:2003. (2003). *Сенсорний аналіз. Словник термінів*. Київ: Держспоживстандарт України.
9. ДСТУ ISO 1442:2005. (2005). *М'ясо та м'ясні продукти. Визначення вологи*. Київ: Держспоживстандарт.
10. ДСТУ ISO 937:2005. (2005). *М'ясо та м'ясні продукти. Визначення азоту*. Київ.
11. Ємельянов, С. В., & Буряк, М. А. (2018). Біотехнологічні аспекти використання топінамбуру у харчових продуктах. *Біотехнологія*, 11(2), 21–29.
12. Іванова, Н. М. (2020). Топінамбур як джерело функціональних інгредієнтів для харчової промисловості. *Харчова хімія і технологія*, 24(1), 74–82.
13. Кодекс законів про працю України. (1971). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>

14. Кравченко, О. С., & Поліщук, Г. В. (2021). Вплив рослинних добавок на емульгуючу здатність м'ясних фаршів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ*, 23(94), 129–135.
15. Закон України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ. (1992). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
16. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» № 771/97-ВР. (1997). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>
17. Луценко, Н. Г., & Карпенко, Л. О. (2020). Вологозв'язуюча здатність м'ясних систем з рослинними інгредієнтами. *Food Industry Economics*, 12(4), 38–47.
18. Маринченко, О. М. (2019). Сенсорна оцінка м'ясних продуктів: методичні аспекти. *Наукові записки УДУХТ*, 5(2), 45–53.
19. Машкін, М. Я. (2018). Економічна ефективність виробництва харчової продукції з використанням функціональних інгредієнтів. *Економіка АПК*, 4, 77–84.
20. Митрохін, С. І. (2022). Структурні та реологічні властивості ковбасних фаршів із рослинними добавками. *Товарознавство. Харчові технології*, 19(1), 91–100.
21. Нечипоренко, Л. А., & Федорчук, С. М. (2022). Емульсійні властивості м'ясних систем із інуліном. *Харчова наука і технології*, 16(5), 121–129.
22. Науменко, Н. В., & Бутенко, І. Ю. (2019). Формування споживчих властивостей м'ясних виробів із рослинною сировиною. *Технологія і безпека продуктів харчування*, 13(2), 57–65.
23. Петрухін, В. П., & Самойленко, О. В. (2021). Сучасні підходи до виробництва ковбасних виробів з підвищеною біологічною цінністю. *Харчова промисловість*, 3(58), 12–20.
24. Rebezov, M., Okuskhanova, E., & Yessimbekov, Z. (2020). Application of plant fibers in meat products. *Food Engineering Reviews*, 12(4), 259–271. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09225-1>

25. Степаненко, А. П. (2020). Застосування харчових волокон у м'ясних продуктах. *Харчові інгредієнти*, 4, 34–41.
26. Шелудько, О. М., & Кравець, Т. А. (2021). Використання інуліну як функціонального інгредієнта в технології м'ясних продуктів. *Продовольчі ресурси*, 9(2), 55–63.
27. Шершун, Н. Я., & Бойко, Л. І. (2019). Харчова цінність м'ясних продуктів із рослинними компонентами. *Науковий вісник НУБіП*, 296(1), 98–104.
28. Official Methods of Analysis of AOAC International. (2020). AOAC International.
29. Almeida, P. F., & Lemos, G. T. (2022). Effect of plant fibers on texture and stability of meat emulsions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16678. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16678>
30. Barbosa, R., Silva, M., & Rodrigues, M. (2023). Application of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) powder in functional food products: A review. *Food Reviews International*, 39(2), 175–196.
31. Bhat, Z. F., Morton, J. D., & Bekhit, A. E.-D. A. (2022). Plant-based proteins as meat extenders: Technological and nutritional aspects. *Meat Science*, 187, 108756. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108756>
32. Богатко, Н. М., & Сизоненко, О. В. (2021). Функціональні властивості інуліну та його використання у м'ясних продуктах. *Технологічний аудит та резерви виробництва*, 4(2), 45–49.
33. Chen, X., Liu, Y., & Wang, S. (2023). Improving water-holding capacity of meat batters with natural plant powders. *LWT – Food Science and Technology*, 181, 114068.
34. Choi, Y. S., Choi, J. H., & Kim, H. W. (2021). Utilization of vegetable powders in processed meat products. *Food Science and Animal Resources*, 41(3), 363–378.
35. Christensen, L., & Christensen, M. (2020). Functional properties of dietary fibers in meat systems. *Meat Science*, 160, 107965.

36. Dashdorj, A., Soltanizadeh, N., & Oh, D. H. (2021). Emerging plant-based ingredients for improving emulsified meat products. *Journal of Food Quality*, 2021, 6612578.
37. European Commission. (2023). *Food safety and food improvement agents*. <https://food.ec.europa.eu>
38. FAO. (2022). *Food outlook: Biannual report on global food markets*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
39. Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (2021). Prebiotics and functional food formulations with inulin sources. *Nutrition Research Reviews*, 34(1), 33–48.
40. Han, M., Wang, Q., & Xu, X. (2023). Structure–function relationships in emulsion-type meat products enriched with plant-based ingredients. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(1), 234–256.
41. Huang, M., & Xiong, Y. L. (2020). Binding water in meat products: Mechanisms and ingredient interactions. *Food Hydrocolloids*, 101, 105451.
42. Іванченко, О. М., & Сухомлин, В. М. (2022). Використання рослинних порошків у технології ковбасних виробів. *Український журнал харчової науки*, 10(2), 58–66.
43. Li, K., Fu, L., & Zhao, Y. (2023). Stabilization mechanisms of emulsified meat systems by dietary fibers. *Food Chemistry*, 404, 134589.
44. Liu, W., Zhang, Z., & Liu, J. (2024). Effect of inulin and plant powders on rheological properties of meat emulsions. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(3), 1421–1433.
45. Naumova, N., & Stepankova, T. (2021). Meat products with reduced meat content and increased functional value. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11), 84–91.
46. Park, S. H., & Kim, H. Y. (2022). Enhancement of texture and sensory properties in sausages using dietary fiber blends. *Foods*, 11(8), 1055.
47. Rababah, T., Brewer, M. S., & Almajwal, A. (2021). Plant-based extenders in processed meat systems: Quality and safety aspects. *Food Control*, 123, 107750.

48. Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council on food information to consumers. (2011). <https://eur-lex.europa.eu>
49. Solas, M. T., & González, M. (2022). Texture profile analysis of plant-enriched sausages. *Journal of Texture Studies*, 53(2), 245–257.
50. Wang, J., Li, Z., & Zhu, L. (2023). Improvement of physicochemical properties of meat batters by incorporating Jerusalem artichoke powder. *Food Hydrocolloids*, 139, 108554.
51. WHO. (2021). *Healthy diet guidelines*. World Health Organization.
52. Yadav, S., & Malik, A. (2022). Trends in functional meat products enriched with plant-based ingredients. *Journal of Food Science and Technology*, 59(10), 3620–3631.