

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

УДК 637.521:633.3-027.3

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету харчових технологій
та управління якістю продукції АПК

_____ Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

« _____ » _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри технології м'ясних,
рибних та морепродуктів

_____ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА

« _____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Удосконалення технології м'ясних продуктів з використанням
білково-вуглеводного комплексу на основі насіння бобів машу»**

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

Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

Керівник магістерської роботи

к.с.-г.н., доцент

Оксана ПИЛИПЧУК

Виконав

Олександр ГЛУЩИК

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет харчових технологій та управління якістю продукції АПК

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технологій
м'ясних, рибних та морепродуктів
_____ Наталія ГОЛЕМБОВСЬКА
« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Глуцику Олександр Володимировичу

Спеціальність 181 «Харчові технології»

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

Програма підготовки освітньо-професійна

Тема магістерської роботи **«Удосконалення технології м'ясних продуктів з використанням білково-вуглеводного комплексу на основі насіння бобів машу»**

Затверджена наказом ректора НУБіП України від “17” січня 2024 р. № 53 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15. 11. 2024 року

Вихідні дані до магістерської роботи: рослинна сировина; м'ясна сировина; січені напівфабрикати; лабораторні прилади та обладнання; хімічні реактиви; економічно-статистична інформація щодо розрахунків економічної ефективності.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: огляд літератури; матеріали та методи досліджень; результати власних досліджень та їх аналіз; економічна ефективність; висновки; список використаних джерел; перелік графічного матеріалу – таблиці, рисунки, діаграми, технологічні схеми тощо.

Дата видачі завдання “15” березня 2024 р.

Керівник магістерської роботи _____

Оксана ПИЛИПЧУК

Завдання прийняв до виконання _____

Олександр ГЛУЩИК

РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана згідно завдання: «Удосконалення технології м'ясних продуктів з використанням білково-вуглеводного комплексу на основі насіння бобів машу»

Мета: теоретичне обґрунтування та розробка технології м'ясних продуктів із включенням білково-вуглеводного комплексу, отриманого з насіння бобів машу. Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання:

- провести аналіз властивостей бобів машу;
- розробити білково-вуглеводний комплекс;
- отримання комплексу, що забезпечує максимальне збереження корисних речовин;
- розробка співвідношень м'яса і білково-вуглеводного комплексу для досягнення найкращих органолептичних показників;
- дослідити вплив комплексу на якість м'ясних продуктів;
- провести оцінку харчової та біологічної цінності продуктів;
- провести сенсорну оцінку якості готових виробів;
- розробити технологічну схему виробництва нового м'ясо-рослинного продукту.

Об'єкт дослідження – технології м'ясних продуктів з використанням білково-вуглеводного комплексу на основі насіння бобів машу.

Предмет дослідження – борошно бобів маш, м'ясо птиці механічного обвалювання; модельні фаршеві системи і готові вироби.

Дипломна робота складається із вступу, огляду літератури, матеріалу та методики досліджень, результатів власних досліджень, аналізу і узагальнення, економічної доцільності, висновків та списку літератури.

Магістерська робота виконана на 62 сторінках, містить 12 таблиці та 1 рисунок. Список літератури складає 89 джерела.

Ключові слова: м'ясна сировина, готовий виріб, термічна обробка, технологія виготовлення, харчові волокна, квасолева паста.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1 Аналіз ринку виробництва альтернативної заміни м'ясу з рослинної сировини	8
1.2 Характеристика рослинної альтернативи м'ясу	12
1.2.1 Рослинні білки, їх структура та функціональність	12
1.3 Роль небілкових інгредієнтів в технології м'ясних продуктів ...	15
1.4 Виклики та можливості виробництва м'ясо-рослинних продуктів	20
1.5. Харчування, здоров'я та безпечність м'ясо-рослинних харчових продуктів	22
Висновок до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1. Організація проведення експериментальних досліджень	28
2.2. Матеріали та об'єкти дослідження	30
2.3. Методи проведення досліджень	31
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3.1 Дослідження хімічного складу та ф ункціонально-технологічних властивостей бобів машу	33
3.2 Дослідження впливу борошна маш із пророщеного насіння на технологічні властивості модельних систем фаршу	39
3.3. Розробка технології ковбасних виробів з додаванням борошна бобів маш	43
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ, ТА ЇХ ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	49
4.1. Розрахунок економічної ефективності виробництва варених ковбас із застосуванням білкової добавки	49

ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

ВСТУП

В даний час спосіб життя сучасної людини помітно змінився, багато факторів впливають на його здоров'я, а також на ефективну працездатність і емоційний стан. Це, насамперед, режим харчування, рівень нервового та фізичного навантаження, екологічний стан тощо [7, 11, 13].

Використання в раціоні нових видів рослинної сировини є одним із шляхів підвищення якості продукції. Широкий спектр функціональних компонентів рослинного походження дозволяє використовувати його в технології виробництва м'ясних продуктів. Джерела харчового рослинного білка мають високу біологічну цінність, добру засвоюваність, органолептичну привабливість [2, 4].

Поєднуючи рослинні і тваринні білки, можна досягти білкового балансу. Крім того, встановлено, що вміст одного тваринного або рослинного білка в їжі має меншу біологічну цінність, ніж суміш [8, 12].

Введення білкових добавок рослинного походження дозволить замінити частину тваринного білка рослинним, підвищити біологічну та вітамінну цінність продукту, покращити його мінеральний склад, збагатити харчовими волокнами та іншими цінними компонентами [5, 10].

Рослинна сировина, порівняно з м'ясом, містить велику кількість мікро- і макроелементів, вітамінів, а також клітковину і пектин, виступає джерелом необхідних біологічно активних речовин, вміст яких у м'ясі недостатній. Використання рослинної сировини у виробництві м'ясопродуктів сприяє його збагаченню функціональними інгредієнтами, підвищенню засвоюваності, а також отриманню продуктів, що відповідають фізіологічним нормам поживності. У їжу доцільно використовувати рослинну сировину, що росте на території нашої країни, та верств населення, які її споживають [6, 9, 15].

Зерно зернобобових є джерелом рослинного білка і знаходять застосування в харчовому виробництві як інгредієнти з харчовою, технологічною та лікувальною цінністю, завдяки наявності функціональних

властивостей. Функціональні властивості – це фізико-хімічні властивості білків, які впливають на процес, покращуючи споживчі, технологічні та структурні властивості кінцевого продукту. Нині вивчення функціональних характеристик рослинних білків – один із провідних напрямків у вирішенні проблеми отримання принципово нових форм харчових продуктів, забезпечення розробки рецептур і технологій виробництва багатокомпонентних харчових систем, а також вибору процесів і режимів їх переробки в готові харчові продукти [1, 3, 14].

Як перспективні джерела рослинної сировини для створення біологічно активних добавок, поряд із вторинними ресурсами харчової та переробної промисловості, практичний інтерес становить нетрадиційна сировина, зокрема зерно бобових бобів мунг та продукти їх переробки.

При цьому особливого значення набуває розробка рецептур і технологій нових видів продуктів підвищеної біологічної цінності, заснованих на поєднанні м'ясної сировини з функціональними добавками рослинного походження.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз ринку виробництва альтернативної заміни м'ясу з рослинної сировини

Різноманітний тиск на виробництво м'яса тварин спонукав багатьох споживачів зменшити кількість м'язової їжі у своєму раціоні. Зокрема, відносно низька ефективність виробництва м'яса тварин, негативне ставлення до впливу м'ясних продуктів на здоров'я, екологічний стрес, пов'язаний з тваринництвом, і добробут тварин є основними рушійними силами ринку альтернатив м'ясу (Kumar et al., 2017). ; Sanchez-Sabate & Sabate, 2019). Таким чином, альтернативні білкові продукти, такі як гамбургери на основі бобових, котлети та смажені кульки, які існують протягом багатьох десятиліть і колись вважалися нішевим сектором харчової промисловості, зазнають швидкого розширення ринку. Партнерство та співпраця між підприємцями та компаніями венчурного капіталу відіграли ключову роль у безпрецедентному сплеску ринку за останні 3 роки. Beyond Meat, Impossible Foods і Gardein є прикладами успішних нових компаній. Багато традиційних компаній, що займаються виробництвом м'яса та птиці, зокрема Tyson, Smithfield, Perdue Farms, Hormel Foods і Maple Leafs, також приєдналися до ринку альтернативного м'яса, розробляючи власні марки продуктів рослинного походження.

Прогнозується, що зростання ринку рослинного м'яса збільшиться з 4,6 мільярдів доларів США у 2018 році до 85 мільярдів доларів США у 2030 році (UBS, 2019) і, як віха, до 2026 року досягне 30,9 мільярдів доларів США (Watson, 2019). Здається, цей новий ринок має хороші можливості для подальшого розширення та інновацій. У травні 2019 року Impossible Foods у партнерстві з Burger King випустили Impossible Whoppers без рослинної яловичини (Yaffe-Bellany, 2019); у січні 2020 року в меню ресторану були додані «Неможлива свинина» без м'яса та «Неможлива ковбаса» (Lucas, 2020). У серпні 2019 року KFC почав подавати «курячі крильця» без кісток і нагетси

на рослинній основі, розроблені Beyond Meat і LightLife. Kroger, найбільша мережа продуктових магазинів у США, також представила «яловичий фарш», «пиріжки для гамбургерів» та інші безм'ясні продукти на основі горохового протеїну в лінійці Simple Truth Emerge. Ці початкові випробування призвели до хвилі багатьох інших мереж швидкого харчування для тестування нем'ясних продуктів (CB Insights, 2019), і цей новий сплеск ринку, схоже, триватиме в наступні кілька років.

«Альтернативи м'яса» — досить загальний термін; для цілей цього огляду номенклатура повинна охоплювати аналоги, які точно імітують м'ясо цільних м'язів тварин за текстурою, смаком і зовнішнім виглядом, а також реструктуровані продукти, які імітують оброблене м'ясо, такі як бургери, котлети, ковбаси та нагетси. М'ясні альтернативи можна класифікувати як рослинні (соя, горох, глютен тощо), клітинні (*in vitro* або культивоване м'ясо) і ферментаційні (мікопротеїни). Останні розробки в галузі також включають інші джерела білка, наприклад, білки мікрободоростей, витягнуті зі спіруліни (Percival, 2019) і білки, виділені з комах (Megido et al., 2016). Білки, синтезовані *in vitro* (Zhang et al., 2020), і мікопротеїни, утворені грибовою ферментацією (Finnigan et al., 2019), мають перевагу в утворенні подовжених волокон. Білок ниткоподібного міцелію надає властивість жувального м'яса і вважається корисним для здоров'я. Однак через високу вартість виробництва, прогнозований кліматичний вплив та інші фактори (Lynch & Pierrehumbert, 2019; Souza Filho, Andersson, Ferreira, & Taherzadeh, 2019) обидва альтернативні білки все ще знаходяться на стадії розробки або подальшого вдосконалення. Для порівняння, рослинні білки можна використовувати безпосередньо для створення м'ясних альтернатив. Таким чином, рослинні заміники м'яса є основним сектором цієї індустрії, яка швидко розвивається. Ці нетрадиційні харчові продукти привертають значні інвестиції, дослідження, споживчу цікавість і увагу ЗМІ. Оновлення прихильності світових вчених харчової промисловості до вивчення альтернатив за останні кілька років призвело до різкого збільшення публікацій про альтернативи

м'ясу. Як «замінники» традиційних харчових продуктів тваринного походження, їх часто продають як «здоровіші» (ніж м'ясо) і екологічно чисті нові продукти (Godfray, 2019).

Щоб бути успішними, альтернативи рослинного м'яса повинні мати смак м'яса. Атрибут смаку (включаючи відчуття у роті) має вирішальне значення для спонукання регулярних споживачів м'яса змінити свою дієту, зменшивши споживання м'яса (Tuorila & Hartmann, 2020). Звичайно, інші фактори також можуть відігравати роль, наприклад, наявність додаткових продуктів до їжі. Це було підкреслено у звіті про дослідження споживачів у рамках програми «Протеїнова їжа, навколишнє середовище, технології та суспільство» (PROFETAS), де Елзерман, Хук, Ван Бокель та Лунінг (2011) виявили, що контекст їжі (тобто тип і зовнішній вигляд комбінована їжа з гарніром) вплинула на сенсорне сприйняття споживача та прийнятність замінників м'яса. Тим не менш, на відміну від клітинної культури, яка має технологічний потенціал для виробництва цільно-м'язового м'яса (Zhang et al., 2020), важко, якщо взагалі неможливо, відновити цільно-м'язове м'ясо з рослинних білків з огляду на тонку текстуру, яка ніжністю і соковитістю мікроскопічно нагадує міофіламенти. Таким чином, дослідження розробки продукту на рослинних альтернативах в основному обмежувалися реструктурованими (або реконструйованими) продуктами. Ці сформовані нем'ясні продукти можна розділити на дві великі групи: продукти з грубими частинками та продукти з дрібними частинками. До перших належать гамбургери без м'яса, пиріжки, ковбаси, фрикадельки, курячі нагетси тощо, а до других зазвичай належать емульговані продукти, такі як альтернативні сосиски та болонья. Також були розроблені менш структуровані продукти, такі як розсипані начинки тако та начинки для піци.

Основою розробки рослинних альтернатив є білок. Також потрібні різні функціональні інгредієнти для створення та імітації типу текстури, зовнішнього вигляду, смаку та відчуття у роті продуктів на основі тваринного білка. Формування м'ясоподібних волокнистих структур передбачає

інтенсивну обробку, наприклад, термоекструзію, зсув, прядіння та зшивання (Chajuss, 2004). Ці процеси дозволяють трансформувати нативні білкові структури в розгорнуту, денатуровану форму для сприяння взаємодії між білками та вуглеводними полімерами. З іншого боку, додають червоні пігменти, щоб надати естетики м'яса, а різні вітаміни та мінерали додають, щоб забезпечити рівень поживності, порівнянний з м'ясом. Принципи доступних виробничих технологій і стратегій для перетворення рослинних і грибкових білків у м'ясоподібні волокна широко обговорювали Деккерс, Бум і ван дер Гут (2018) . Було також описано футуристичний аспект цих та інших альтернативних джерел білка (наприклад, комах) для розробки аналогів м'яса (McClements, 2019).

Незважаючи на помітний початковий успіх, попереду постають проблеми для альтернатив рослинного м'яса. Окрім технологічних перешкод для імітації текстури та смаку м'яса, безпека харчових продуктів та поживність представляють інші потенційні перешкоди, які не були належним чином розглянуті. Наприклад, включення широко доступних, але алергенних рослинних білків, додавання великої різноманітності інгредієнтів і добавок для створення сенсорних характеристик, схожих на м'ясо, потенційні несприятливі хімічні зміни для термочутливих сполук і, можливо, мікробіологічне забруднення, повинні систематично досліджуватися.

Метою цього оновленого огляду є опис функціональних можливостей основних білкових інгредієнтів, технологій обробки, ролі різних добавок, проблем (особливо поживних речовин і безпеки), а також можливостей для приготування рослинних альтернатив м'ясу. Вважається, що хороші знання переробки м'яса є важливими для розробки м'ясоподібних альтернатив із рослинних білків. Таким чином, на відміну від попередніх оглядів, представлено детальну структуру м'язів, функціональність міофібрилярного білка та роль звичайних добавок, які використовуються при переробці м'яса тварин, щоб забезпечити контекст і довідкову інформацію. Варто також відзначити, що систематичний аналіз ринку та прогнозування альтернатив

м'ясу, ставлення споживачів і їх прийнятність, суспільна участь і вплив, а також нові правила чи формування політики були вичерпно описані в кількох останніх оглядах (Sanchez-Sabate & Sabate, 2019 ; Tuorila & Хартманн, 2020 ; Ціва, Калфагіанні та Хеккерт, 2020 ; der Weele, Feindt, van der Goot, van Mierlo та van Boekel, 2019). Декілька інших відповідних аспектів виробництва альтернатив м'яса, включаючи упаковку та термін придатності продукту, не включені та спеціально не обговорюються в цьому огляді, але їх можна знайти в останніх публікаціях, наприклад, Куґіакоролу, Dekkers та van der Goot (2019) .

1.2. Характеристика рослинної альтернативи м'ясу.

1.2.1. Рослинні білки, їх структура та функціональність. Практично всі рослинні білки можуть бути кандидатами для приготування аналогів м'яса та інших альтернативних продуктів. Однак, враховуючи широку доступність, вартість і функціональні можливості обробки, білки сої та гороху (насіння бобових або бобових) і пшеничний глютен (зернові) найбільш широко використовуються як будівельний матеріал для альтернативних продуктів. Щоб створити поживний збалансований амінокислотний профіль, білки рису та білки квасолі мунг часто також використовують у поєднанні з основними білками бобових (Migala & Nied, 2019). Природна глобулярна структура білків бобових не сприяє створенню м'ясоподібної волокнистої текстури. Отже, руйнівні процеси, такі як термічна екструзія та прядіння волокон, які перетворюють рідні глобули на ниткоподібні агрегати або інтерактивні волокна стають необхідністю.

Соєвий білок Ізолювати і концентрувати; запасні глобуліни переважно гліцинін (11S, гексамер, молекулярна маса 320–380 кДа) і β -конгліцинін (7S, тример, молекулярна маса 150–220 кДа); основна і кислотна субодиниці в гліциніні з'єднані дисульфідними зв'язками. Агрегація, гелеутворення та формування волокна шляхом нагрівання та екструзії; маслозв'язування та емульгування. Фукусіма, 2011 р.;

Гороховий білок Ізолювати і концентрувати; переважають глобуліни: легумін (11S, гексамер, молекулярна маса 320–380 кДа), вицилін (7S, тример, молекулярна маса 150–170 кДа, відсутні залишки цистеїну; мінорна фракція конвіцилін (молекулярна маса 290 кДа). Функціональні властивості подібні до соєвих білків Varac та ін., 2010 ; Лам та ін., 2018 .

Пшеничний білок Глютен у подовженій структурі з двома компонентами: гліадин (спирторозчинні поліпептиди з молекулярною масою 25–100 кДа, з'єднані внутрішньомолекулярними дисульфідними зв'язками) і глютенін (розчинні в лугах полімерні великі субдиниці з молекулярною масою 66–88 кДа та малі субдиниці з молекулярною масою 32–45 кДа з'єднані в полімери 150–1500 кДа). Використовується разом з білками бобових для забезпечення волокнистої текстури; еластичність і розтяжність.

Картопляний білок Класифікуються на три групи: пататини (40–60%, молекулярна маса 40–43 кДа), інгібітори протеази (20–30%, молекулярна маса 16–25 кДа) та інші (високомолекулярні) білки. Використовується як доповнення до білків бобових для покращення текстурних характеристик. Альтинг та ін. (2011) .

Білок маш Глобуліни (60%, вицилін типу 8S з молекулярною масою 26–60 кДа), альбуміни (25%, молекулярна маса 24 кДа); інші глобуліни, включаючи основний тип 7S і легуміновий тип 11S. Хороший гелеутворюючий потенціал для сприяння зв'язуванню частинок і утриманню води. І-Шен та ін. (2018) .

Рисовий білок. Глютелін (розчинний у лугах, 80%, молекулярна маса 60–600 кДа) із субдиницями, з'єднаними дисульфідними зв'язками, глобулін (розчинний у солі, 12%, молекулярна маса 12–20 кДа), альбумін (водорозчинний, 5%) та проламін (спирторозчинна, 3%) фракції. Формування текстури; харчування Амальяні та ін., 2017.

Соєві та горохові білки є двома основними джерелами білків, які використовуються у виробництві нем'ясних продуктів завдяки їх великій

доступності та низькій вартості. Обидва складаються з фракції альбуміну та фракції глобуліну.

Під час обробки харчових продуктів за відповідних умов іонної сили та нагрівання окремі субодиниці глобулінів 7S та 11S зазнають дисоціації, розгортання та агрегації, щоб зробити їх більш функціональними з точки зору розчинності, гелеутворення, емульгування та піноутворення (Nishinari, Fang, Nagano, Guo & Wang, 2018). Ізольовані білки із сої (SPI), гороху (PPI) та інших бобових, отримані лужною екстракцією та ізоелектричним осадженням, забезпечують ці важливі функції. Гелеутворювальна здатність є особливо важливою, оскільки в'язкопружний гель відіграє важливу роль у зчепленні частинок, іммобілізації жиру та захопленні води в матриці альтернативних білкових продуктів емульсійного типу.

На відміну від міозину або актоміозину, присутніх у м'язовій тканині, молекулярна асоціація та структурне вирівнювання глобулярних білків бобових у їхніх нативних формах не надають типу волокнистої текстури та здатності зв'язувати воду, які спостерігаються в м'язовій клітині. Таким чином, необхідні інтенсивні процеси, такі як термічна екструзія та ферментативне зшивання, для створення м'ясоподібної волокнистої структури, конформації та жування . Текстуrowаний рослинний білок (TVP), в основному виготовлений із концентрату соєвого білка, отриманого шляхом промивання водним спиртом, є чудовим матеріалом для м'ясних альтернатив (Chajuss, 2004). Пшеничний глютен входить до складу деяких продуктів на основі соєвого або горохового білка через його подовжену структуру, яка сприяє жуванні, схожому на м'ясо (Chiang, Loveday, Hardacre, & Parker, 2019). Властивості глютену еластичності та розтяжності приписують двом основним білковим фракціям: глютенінам і гліадинам. Декілька інших рослинних білків зі структурною та поживною роллю, включаючи білок картоплі (Alting, Pouvreau, Giuseppin, & van Nieuwenhuijzen, 2011), білок квасолі мунг (Yi-Shen, Shuai, & FitzGerald, 2018) і білок рису (Amagliani, O'Regan, Kelly, & O'Mahony, 2017), також були включені для розробки

композиційних текстурних характеристик шляхом фізичної взаємодії з основними білками-інгредієнтами (Wang, Xu, Chen, Zhou, & Wang, 2018). Незважаючи на ці стратегії формування, залишається складним створити проміжні простори, які природно існують між м'язовими міофіламенатами, ідеальні для захоплення води, на основі рослинних білків.

1.3. Роль небілкових інгредієнтів в технології м'ясних продуктів.

М'ясопродукти тваринного походження є складною біосистемою. Окрім характерної консистенції та унікальних органолептичних властивостей, м'ясо та м'ясні продукти містять велику кількість поживних та корисних для здоров'я речовин. Для створення сенсорних властивостей і поживних профілів, схожих на м'ясо, в альтернативні рецептури продукту включено широкий спектр добавок. Тваринний жир є основним фактором смаку, консистенції, соковитості та смаку м'яса та м'ясних продуктів (Calkins & Hodgen, 2007). Для створення консистенції та смаку, що нагадує тваринний жир, тверді жири, витягнуті з тропічних фруктів, таких як кокос і какао-боби, змішуються з рідкими оліями, які містять більше ненасичених жирних кислот, такими як соняшникова олія та олія канולי. Щоб надати рослинним «бургерам» і «ковбаскам» мармуровий вигляд звичайних котлет з яловичого і свинячого фаршу, суміші насичених і ненасичених олій збивають у маленькі кульки білого жиру (Moskin, 2019). Для харчових і смакових цілей також використовували кунжутну олію та олію авокадо. Слід зазначити, що багато жиророзчинних сприятливих летких речовин природним чином відкладаються в тваринному жирі (яловичина, свинина, баранина та птиця), включаючи вуглеводні, спирти, альдегіди та сполуки сірки (Arshad et al., 2018; Shahidi, Rubin, D'Souza), не можна замінити в продуктах рослинного походження. З іншого боку, рослинні олії не містять холестерину, тому вважаються кориснішими за тваринний жир.

На відміну від обробленого м'яса, де міофібрилярні білки, екстраговані сіллю, відіграють домінуючу роль у формуванні текстури та іммобілізації

води, в альтернативних продуктах рослинного походження вуглеводні полімери зазвичай потрібні для покращення консистенції текстури, зв'язування води та зменшення синеризису.

Ці основні рослинні біополімери поділяються на три групи:

- 1) сирі волокна матеріалів клітинних стінок рослин, отримані з пшениці, вівса, яблук та інших їстівних рослин;
- 2) засвоюваний крохмаль%
- 3) очищені полісахариди та похідні.

Пектинові сполуки є основними вуглеводами, присутніми у фруктових волокнах, а амілоза та амілопектин складають різні крохмалі. Полісахаридні камеді витягують з морських водоростей (наприклад, карагенан і альгін), дерев (наприклад, камедь бобів бобів і гуміарабік) або виробляють шляхом мікробної ферментації (наприклад, ксантан). Завдяки структурі поліолів (ОН-групи), часто з негативно зарядженими групами (сірковими та карбоксильними групами), ці вуглеводні полімери здатні міцно зв'язувати воду через водневі зв'язки та іон-дипольні взаємодії, тим самим покращуючи товщину та консистенцію продукту та зменшуючи варіння. втрата. Крім того, полісахариди сприяють тонкій текстурі деяких варених альтернативних продуктів. Через його схильність утворювати холодний гель (Johnson, Muller, Romans, Costello, & Jones, 1990), водний альгінат кальцію використовується для забезпечення адгезії для певних матеріалів. Мікробна трансглютаміназа, яка зшиває залишки глютаміну та лізину з різних поліпептидів, забезпечує міцне зв'язування білків для покращення нарізки тонко текстурованих рослинних білкових продуктів.

Леггемоглобін, гемовий пігмент, що походить із рослин сої, був успішно отриманий за допомогою біотехнології. Як кольорову добавку його можна використовувати в аналогах фаршу з максимальним рівнем застосування 0,8% від маси продукту (FDA, 2019). Соевий леггемоглобін здатний відтворювати «кривавий» вигляд гемових білків м'яса (гемоглобіну та міоглобіну). Екстракти пігменту з червоного буряка, червоної капусти, червоних ягід,

паприки та моркви додають у більш високооброблені альтернативні котлети та ковбаси, щоб надати червонуватого вигляду. Однак під час обробки ці рослинні пігменти можуть змінити колір або, навпаки, не перейти до бажаного кольору «вареного» м'яса. Екстракт яблука використовувався для створення вигляду готовності пігментованих червоних пиріжків під час приготування, оскільки поліфеноли та аскорбінова кислота в екстракті окислюються та стають коричневими, коли їх піддають дії повітря або варять (Yöruk & Marshall, 2003). Як барвник діоксид титану (TiO_2) використовувався в рослинній курці, головним чином для посилення та освітлення білуватого кольору. Він також має антимікробну дію, що подовжує термін придатності продукту (Liao, Li, & Tjong, 2020).

Солоний дріжджовий екстракт, нуклеотиди, цукор та інші смакові інгредієнти зазвичай використовуються в рослинних альтернативах, і рівень використання, як правило, вищий, ніж у звичайних м'ясних продуктах, щоб компенсувати відсутність смаку. Інтенсивний і складний аромат вареної ковбаси, пиріжків і багатьох інших продуктів переробленого м'яса імітується за допомогою комбінованих спецій і трав, включаючи чорний перець, орегано, шавлія, розмарин і гвоздику. Ці ароматизатори не тільки створюють складний профіль смаку обробленого м'яса, але й маскують неприємний присмак певних білків бобових. Вибрані мінерали та вітаміни додаються, щоб компенсувати дефіцит поживних речовин, наближаючи поживний профіль до звичайного м'яса. Використання рослинних олій як заміни тваринного жиру в поєднанні з інтенсивними операціями обробки призводять до окислення рослинних продуктів ліпідів і білків. Таким чином, антиоксиданти включені для пригнічення окислювальних реакцій і прогоркання. Включення органічних кислот, екстрактів спецій і фосфатних сполук також сприяє мікробній стабільності та терміну придатності, окрім зміни смаку готових альтернатив м'яса з рослинної сировини.

Було розроблено або прийнято низку методів обробки для альтернатив м'яса рослинного походження, будь то аналоги з цільними м'язами чи

реструктуровані альтернативи, більшість з яких спрямовані на імітацію текстури. Термоекструзія, відносно зріла і найбільш вивчена техніка, широко використовується. Однак для побудови аналогів м'язового волокна також було введено кілька альтернативних методів, наприклад, мокре прядіння, електропрядіння та конічний зсув. Принципи роботи та морфологічні та структурні варіації між волокнами, виготовленими різними методами, були детально описані Dekkers et al. (2018) . Наприклад, у типовому процесі прядіння волокна виготовляються у фільтрі шляхом створення ниток із водного розчину білка з відповідним рН. Нещодавно Mattice і Marangoni (2020) порівняли електроформування, осадження антирозчинниками та механічне подовження для отримання волокнистих мереж або окремих білкових волокон із зеїну. Виходячи з результату, механічне подовження виявилось найбільш перспективним для побудови волокнистої структури, яка потенційно може підійти для аналогів цільного м'яса.

Завдяки високій продуктивності, низькій вартості, універсальності та енергоефективності, термоекструзія наразі є основною технологією обробки, яка використовується для перетворення рослинних білків у структуровані агрегати або фібрили для подальшого виготовлення альтернативних м'ясних продуктів (Dekkers et al., 2018). Екструдер — це пристрій із гальмівним потоком із подачею вперед одним або двома шнеками, що обертаються. На відміну від одношнекової екструзії, яка базується на терті між циліндром (і шнеком) і розплавом, у двошнековій екструзії продукт переміщується масою від одного шнека до іншого, що робить попереднє транспортування більш ефективним. Отже, для білкових сумішей з високим вмістом вологи, де є нижче тертя та розсіювання в'язкості, краща двошнекова екструзія.

Термоекструзію можна розділити на екструзію з низькою вологістю, екструзію з середньою вологістю та екструзію з високою вологістю (Akdogan, 2009). Екструзія з низьким вмістом вологи (<30% вологи) використовується для приготування TVP, і продукт має агреговану та більш-менш розширену конформацію. Денатуровані та агрегатні білки після регідратації надають TVP

текстури, що нагадує частинки м'яса, тому вони використовуються як основний інгредієнт нем'ясних продуктів (Chajuss, 2004). TVP, виготовлений з концентрованого соєвого білка та горохового білка, може бути додатково оброблений для отримання реконструйованих шматочків з високим вмістом білка, нагетсів, смужок і безформних крихт (як наповнювачі тако та начинки для піци).

З іншого боку, екструзія з високою вологістю (також відома як волога екструзія) протеїнової суміші з вмістом вологи >50 % використовується для створення м'ясоподібної волокнистої текстури з рослинних білків, отже, придатної для аналогів м'яса з цільними м'язами (Wild et al., 2014). Перегрупування білкових поліпептидів, ламінарний потік і сильна тенденція розшарування в охолоджувальній головці екструдера з довгою щілиною сприяють утворенню волокнистої структури (Liu & Hsieh, 2008 ; Sandoval Murillo, Osen, Hiermaier, & Ganzenmüller, 2019). У типовому процесі екструзії для приготування м'ясних аналогів змішані білки бобових (переважно білки сої та гороху), часто разом із глютенем, крохмалем і неперетравлюваними полісахаридами як загусниками, екструдуються у складну волокнисту м'ясоподібну текстуру при високих температурах. Залежно від конкретного білка, який використовується, дисульфідні зв'язки можуть відігравати більш важливу роль, ніж нековалентні зв'язки, у збереженні жорсткої структури екструдатів, а також у формуванні волокнистої текстури (Chiang et al., 2019; Liu & Hsieh, 2007, 2008). .

Процес екструзії є багатофункціональною операцією, яка включає змішування, гідратацію, зсув, гомогенізацію, стиснення, деаерацію, нагрівання, формування та розширення. Коли екструзія виконується за помірного та високого рівня вологості (40–80%) і високих температур (140–180 °C), волокна та шарові структури утворюються шляхом текстурування білка через складний процес зсуву (Wild та ін., 2014). Такі умови дозволяють контролювати в'язке розсіювання енергії та розширення продукту та сприяють емульгуванню жиру, гелеутворенню білка, реструктуризації частинок та

формуванню подрібненого тіста (Cheftel та ін., 1992). У процесі екструзії досягається мікрокоагуляція та фібриляція специфічних білкових складових. Варто зазначити, що, хоча вирівнювання розгорнутих білкових молекул може бути легко зшито у волокна, мікроскопічно такі волокна є анізотропними та структурно не схожі на ті, які природно складають м'язову тканину (Lin, Huff, & Hsieh, 2002). Ієрархічна організація м'язових волокон є досить складною та унікальною, що надає м'ясу характерні органолептичні властивості (консистенцію, зв'язування води тощо).

Під час термоекструзії вихідний білок, який зазвичай вводиться в екструдер у формі сухої суміші, переробляється у волокнистий матеріал, придатний для використання в якості основи для створення м'ясоподібної текстури (рис. 5). Для отримання бажаної волокнистої структури, здатної поглинати воду, важливо мати рівень вологості вище 40% у вихідній суміші матеріалів. При розробці аналогів м'яса на основі соєвого білка Lin et al. (2002) порівняли три рівні вологості (60, 65 і 70%) і три температури екструзії (138, 149 і 160 °C). Було виявлено, що вміст вологи є більш важливим фактором для сенсорних характеристик продукту, ніж температура приготування. Рівні вологості від помірного до високого є важливими для формування тривимірної конформації, що сприяє прийнятній текстурі та жуванні.

1.4. Виклики та можливості виробництва м'ясо-рослинних продуктів.

Нещодавні зусилля з розробки продукту та маркетингу призвели до сплеску виробництва рослинних альтернатив м'ясу. Однак цей початковий імпульс стикається з численними технологічними та споживацькими викликами. По-перше, спроба змодельовати сенсорні характеристики (консистенцію та смак) м'ясних продуктів тваринного походження виявилася складною, особливо щодо побудови м'язової тканини. Проте споживачі вважають зовнішній вигляд, відчуття в роті та смак такої їжі вирішальними факторами, які впливають на їх сприйняття та споживання на регулярній

основі, згідно з кількома нещодавніми опитуваннями, наприклад Weinrich (2019). Інноваційні технології переробки та креативні формули продуктів продовжуватимуть покращувати якісні характеристики, подібні до м'ясних. Включення різноманітних добавок для створення текстури, схожої на м'ясо, соковитості, відчуття смаку та смаку викликає занепокоєння щодо поживності, безпеки харчових продуктів, чистої етикетки, вартості та довіри споживачів.

Через природні відмінності між м'язовими та рослинними матеріалами, тобто структурою та розміром білкових молекул, амінокислотним складом, послідовністю пептидів та хімічним складом як внутрішньоклітинних, так і позаклітинних матеріалів, важко відтворити складний і делікатний сенсорний профіль тварини. м'ясні продукти. Особливою проблемою є створення типу високоорганізованої тонкої текстури та здатності зв'язувати воду м'яса, щоб надати альтернативам рослинного походження відчуття смаку м'яса. Традиційні та нові процеси структурування, такі як термомеханічна екструзія та зсув, досягли певного успіху (Dekkers et al., 2018). Однак агрегати, утворені високоденатурованими рослинними білками, мікроскопічно не нагадують тривимірну анізотропну структуру м'язового волокна або пучка волокон. Проте текстура м'язових волокон і їх капілярність для іммобілізації води є найбільш бажаними структурними атрибутами м'яса. Щоб компенсувати ці відмінності, до альтернативних продуктів рослинного походження додають різні загусники, речовини, що зв'язують воду та покращують структуру. Тим не менш, сухість (низька соковитість) готових продуктів залишається поширеним недоліком.

Відсутність смаку м'яса тварин, з яким знайомі та очікують споживачі, є ще однією серйозною перешкодою на шляху розвитку альтернативних продуктів (Graça, Godinho, & Truninger, 2019). Для імітації смаку обробленого м'яса додається широкий спектр спецій і трав, у тому числі тих, які також застосовуються при переробці м'яса. Однак післясмак все ще можна виявити в багатьох рослинних альтернативах. Характерний бобовий запах, який, як

вважають, пов'язаний із вторинними продуктами окислення ліпідів або похідними, такими як гексаналь і метанетіол (Boatright & Lu, 2007), а також гірко-терпкий смак через природну присутність сапонінів та ізофлавонів , можуть бути перешкода використанню соєвого білка як основного матеріалу для заміни м'яса. Таким чином, дослідження виправдані, щоб мінімізувати вплив цих небажаних ароматизаторів при приготуванні ізоляту або концентрату соєвого білка. Крім того, відсутність яскраво вираженого червоного (свіже м'ясо) або рожевого (в'ялене на нітритах м'яса) кольору м'яса є обмеженням для продуктів рослинного походження. Легемоглобін додають у свіжі гамбургери , щоб надати кольору крові. Цей пігмент відкриває можливість для розробки альтернатив обробленого м'яса, якщо його додавати разом із нітритом для надання приготованим продуктам рожевого кольору в'яленого м'яса (нітрозилгемохром) і смаку. Звісно, потрібно оцінити економічну доцільність.

1.5. Харчування, здоров'я та безпеку м'ясо-рослинних харчових продуктів.

Однією з передбачуваних переваг альтернатив рослинного м'яса перед звичайним м'ясом тварин і м'ясними продуктами є покращене харчування та користь для здоров'я. Проте висока обробка більшості таких нем'ясних продуктів не обов'язково свідчить про добрі наміри. Завдяки інтенсивній схемі переробки (змішування, гомогенізація, часто приготування при високій температурі тощо) рослинні альтернативи неминуче втратять частину поживних речовин, наявних у природі або доданих як добавки. Наразі проведено небагато харчових досліджень, які підтверджують конкретні заяви про користь для здоров'я рослинних альтернатив у порівнянні з поживним складом м'яса. Наприклад, незрозуміло, чи неорганічні мінерали, додані до складу продукту, за біологічною ефективністю еквівалентні органічному гемовому залізу, цинку, селену та іншим мікроелементам, які природно присутні в м'язовій тканині. Альтернативи м'ясу часто містять більше солі,

ніж м'ясні продукти, які вони призначені замінити, що становить проблему для зменшення вмісту натрію та покращення здоров'я.

Необхідно розглянути передобробку, яка дозволяє інактивувати певні антипоживні фактори, присутні в матеріалах рецептур на основі сої. Наприклад, обробка фітазою може знизити вміст фітинової кислоти в ізолятах соєвого білка з цілих 8,4 мг/г білка до менш ніж 0,01 мг/г білка. Крім того, ізоляти соєвого білка містять інгібітори трипсину (інгібітори Куніца та Боумена-Бірка) у концентрації 1–30 мг/г ізолят. Хоча інгібітори протеази зазвичай вважаються чутливими до тепла (Arntfield, 2018), їх руйнування при помірних температурах обробки (наприклад, 93 °C) вимагає тривалого нагрівання (наприклад, 60 хв) (Kwok, Qin, & Tsang, 1993). Одним із можливих засобів зниження вмісту інгібіторів ферменту в білкових інгредієнтах бобових (ізолятах або концентратах) для м'ясних альтернатив є надвисокотемпературна попередня обробка. Як повідомили Kwok, Qin і Tsang (1993) , понад 75% активності інгібітора трипсину в соєвому молоці було втрачено після 45 секунд термічної обробки при 121 °C.

Відсутність чистої етикетки є ще одним поширеним зауваженням для альтернатив рослинного м'яса. У цих продуктах міститься велика кількість інгредієнтів, зазвичай понад 20 (і навіть 40). Додатки можуть включати консерванти, стабілізатори та барвники, які зазвичай не додають у звичайні м'ясні продукти, наприклад, діоксид титану, метилцелюлозу та лецитин (Berman, 2019). У недавньому звіті Борер (2019) проаналізував рецептуру та харчовий склад семи популярних комерційних альтернативних продуктів (бургерів, шинки та нагетсів), зазначивши, що кожен містив від 20 до 30 добавок відповідно до списку інгредієнтів. Велика кількість добавок разом із насиченим жиром і високим вмістом солі в деяких продуктах викликає питання про те, чи справді деякі з рослинних альтернатив є здоровішими та поживнішими за м'ясо. Крім того, високотемпературна обробка білкових продуктів може генерувати токсиканти та канцерогени, такі як гетероциклічні ароматичні аміни (Barzegar, Kamankesh, & Mohammadi, 2019). Повідомлялося

про це для м'яса, підданого тепловій обробці при високій температурі, включаючи гриль, смаження, смаження та запікання (Jiang & Xiong, 2016 ; ur Rahman, Sahar, Khan, & Nadeem, 2014). Високий вміст білка в м'ясних альтернативах рослинного походження, які часто обробляються при високих температурах (на грилі, смаженні тощо), схиляє їх до схожої сприйнятливості до утворення токсикантів. Це має бути досліджено шляхом наукових досліджень. У обробленому м'ясі фенольні природні антиоксиданти є перспективними як потенційні інгібітори утворення токсикантів для підвищення безпеки (Lu, Kuhnle, & Cheng, 2018), і це може бути гарною стратегією для забезпечення безпеки рослинних альтернатив.

Для певної групи споживачів алергенність деяких рослинних білків, таких як соєвий білок (IgE-зв'язуючий G2 гліцинін) (Helm та ін., 2000), вважається ризиком для здоров'я; рівень чутливості може варіюватися від легкого до важкого (McClain, Bowman, Fernández-Rivas, Ladics, & van Ree, 2014). Крім того, незважаючи на те, що соєві білки широко вважаються поживними та корисними для здоров'я серцево-судинної системи людини, суперечливі результати досліджень призвели до того, що Управління з контролю за продуктами та ліками (FDA) відкликала свою санкціоновану заяву про здоров'я, надану в 1999 році (FDA, 2017). Подібним чином, для альтернативних продуктів, що містять протеїни пшениці, чутливість до глютену, непереносимість і алергія, як у випадку целиакії, є потенційними факторами ризику, які необхідно ретельно контролювати серед чутливих груп населення (Miller, 2018). Крім того, оскільки готові м'ясні альтернативи, як правило, є харчовими продуктами з високим вмістом вологи та включають як варені (готові до вживання), так і сирі продукти, вплив обробки після обробки та конкретних умов зберігання (упаковка, температура тощо) на слід досліджувати мікробну безпеку продуктів і зміну смаку (наприклад, окислення ліпідів).

Загалом значно вищі ціни на альтернативні м'ясні продукти порівняно зі звичайними м'ясними продуктами є недоліком. Екстенсивність переробки

та висока залежність від функціональних інгредієнтів і добавок роблять нем'ясні альтернативи дорогим придбанням, створюючи економічну проблему для споживачів, чий регулярний раціон складається з рослинної їжі (вегани тощо). Очевидно, що подальші технологічні інновації повинні бути здійснені, щоб знизити собівартість виробництва при збереженні якості продукції. Методи виробництва високої потужності, оптимізація умов обробки, можливо, недорогі білки та інші недорогі, але функціональні інгредієнти можуть стати рішенням.

Регуляторні проблеми зросли, оскільки альтернативи рослинного м'яса, ймовірно, підлягають ретельному розгляду щодо маркування інгредієнтів і назв продуктів. Терміни, які традиційно використовуються для позначення м'яса тварин, зараз прийняті для маркетингу продуктів рослинного походження. У лютому 2018 року Національна асоціація скотарів подала петицію до Міністерства сільського господарства США, стверджуючи, що продукти рослинного походження (а також м'ясо, вирощене в лабораторії) не слід називати «м'ясом», оскільки вони не походять від вирощених і забитих тварин і будуть лише заплутують споживача (Garfield, 2018). Франція заборонила використання термінів, схожих на м'ясо, таких як «вегетаріанські сосиски» та «веганський бекон» на упаковці вегетаріанської їжі, вважаючи, що вони вводять споживачів в оману. Замінники без м'яса, виготовлені з сої, гороху чи інших бобових, не можуть включати такі терміни, як «бургер», «стейк», «ковбаса» або «філе», «шинка» чи «курка». FDA зараз розробляє рекомендації щодо маркування харчових продуктів рослинного походження. Деякі штати Сполучених Штатів також розглядають або вже запровадили обмежувальні правила, які забороняють маркування м'ясних альтернатив словами та фразами, які зазвичай використовуються для опису звичайних м'ясних продуктів.

Висновок до розділу 1

Білкові продукти на основі бобових і зернових – це цінний вибір як для вегетаріанців, так і для традиційних споживачів м'яса. Постійне зростання та попит на ринку м'ясних альтернатив, що швидко розвивається, надасть широкі можливості для дослідників харчових продуктів і підприємців для вивчення нових інновацій. Пов'язані з текстурою сенсорні властивості м'ясних альтернатив є основною метою розробки продукту та прикладних досліджень. Традиційні та новітні технології перетворення рослинних білків, часто за допомогою полісахаридів та інших небілкових речовин, у волокна або ниткоподібні білкові агрегати досягли значних успіхів. Однак мікромасштабна анізотропна структура, яка визначає міофібрили, м'язові клітини та м'язову тканину, а також їхні властивості зв'язування води (соковитість) і відчуття в роті (жування, ніжність тощо), не були належним чином розроблені на основі рослинних білків, що вимагає більшого ретельні дослідження з підходом зверху вниз. Крім того, м'ясний смак і естетичні властивості повинні бути додатково досліджені шляхом дослідження функціональності інгредієнтів. Це було певною мірою успішно для виготовлених альтернатив, які побудовані з частинок рослинного білка, агрегатів або окремих білкових молекул, здатних утворювати напівтверді гелі або гелеподібні емульсії, оскільки спеції та ароматичні екстракти можуть бути легко включені для створення м'ясного продукту. -подібні ароматизатори та маскують небажані бобові сторонні присмаки.

Незважаючи на це, існують проблеми, які постають перед ринком, щоб зберегти поточну динаміку через згадані вище технологічні бар'єри, а також фактори, пов'язані з безпекою продукту, поживністю, терміном придатності та правилами. Систематичний науковий підхід до дослідження функціональності білків, фізико-хімічних взаємодій між різними інгредієнтами та впливу умов обробки продовжуватиме вирішувати ці проблеми. Крім того, необхідно розробити нові методи зниження собівартості продукції. Це можна зробити шляхом підвищення як ефективності білків

(краща функціональність), так і загальної якості розроблених продуктів, щоб розширити обсяг ринку завдяки вищій прийнятності споживачів.

Як останнє зауваження, рослинні білкові продукти є дієтичним варіантом; навряд чи вони замінять звичайні продукти з м'яса та птиці . Фактично, попит на м'ясо тварин залишається високим у всьому світі. Згідно з прогнозом ОЕСР/ФАО (2019) , світове виробництво м'яса у 2019 році зросте до 328 мільйонів метричних тонн (яловичина, свинина, баранина та птиця разом), до 2028 року зросте до 364 мільйонів метричних тонн. Тільки в Сполучених Штатах на душу населення було спожито майже рекордні 100,8 кг (222 фунти) червоного м'яса та птиці. У 2018 році внутрішнє виробництво м'яса досягло рекордного рівня з понад 45,4 млрд кг (100 млрд фунтів), згідно з даними USDA (2019) . Майже напевно, що в доступному для огляду найближчому майбутньому м'ясо й надалі буде домінуючим джерелом білка, особливо в Північній Америці. Отже, може бути необачно та нереалістично розробляти альтернативи м'ясу з наміром повністю замінити або замінити м'ясо тварин. Відповідно, дотримання таких термінів, як «альтернативи м'яса», а не «аналоги м'яса» або тих, які означають повну заміну м'яса (ковбаса, гамбургери, нагетси, франки тощо), краще слугуватиме цілям забезпечення сталого постачання білка. Таким чином галузь уникне багатьох вищезазначених суперечок і перешкод, які виникають через практику імітації м'яса тварин, і усуне непотрібні очікування споживачів. Такий підхід дозволить науковцям і переробникам харчових продуктів зосередитися на розробці найкращих можливих органолептичних і поживних якостей їжі зі стійких рослинних білків для годування населення планети, яке постійно зростає.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Організація проведення експериментальних досліджень

Теоретичні та експериментальні дослідження проводились у лабораторних умовах кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України, а саме: здійснено дослідження щодо вологоутримуючої, жирутримуючої, вологозв'язувальної здатності фаршів ковбас, розроблено рецептуру та технологічну схему виробництва напівкопчених ковбас, розраховано їх енергетичну цінність, опрацьовано результати досліджень.

Дослідження хімічного складу рослинної сировини, визначення амінокислотного та жирнокислотного складу рослинної сировини і напівкопчених ковбас, проведення гістологічного аналізу напівкопчених ковбас здійснено у Перетравлюваність продукту і біологічну цінність визначено *in vivo* на тест-організмах інфузорії *Tetrahymena pyriformis* у Інституті продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України (м. Київ).

Відповідно до поставлених завдань, було розроблено план та схему проведення досліджень. На першому етапі в результаті аналізу вітчизняної та іноземної наукової літератури та патентного пошуку сформовано наукову проблему та визначено мету досліджень. На рисунку 2.1 представлена схема проведення досліджень.

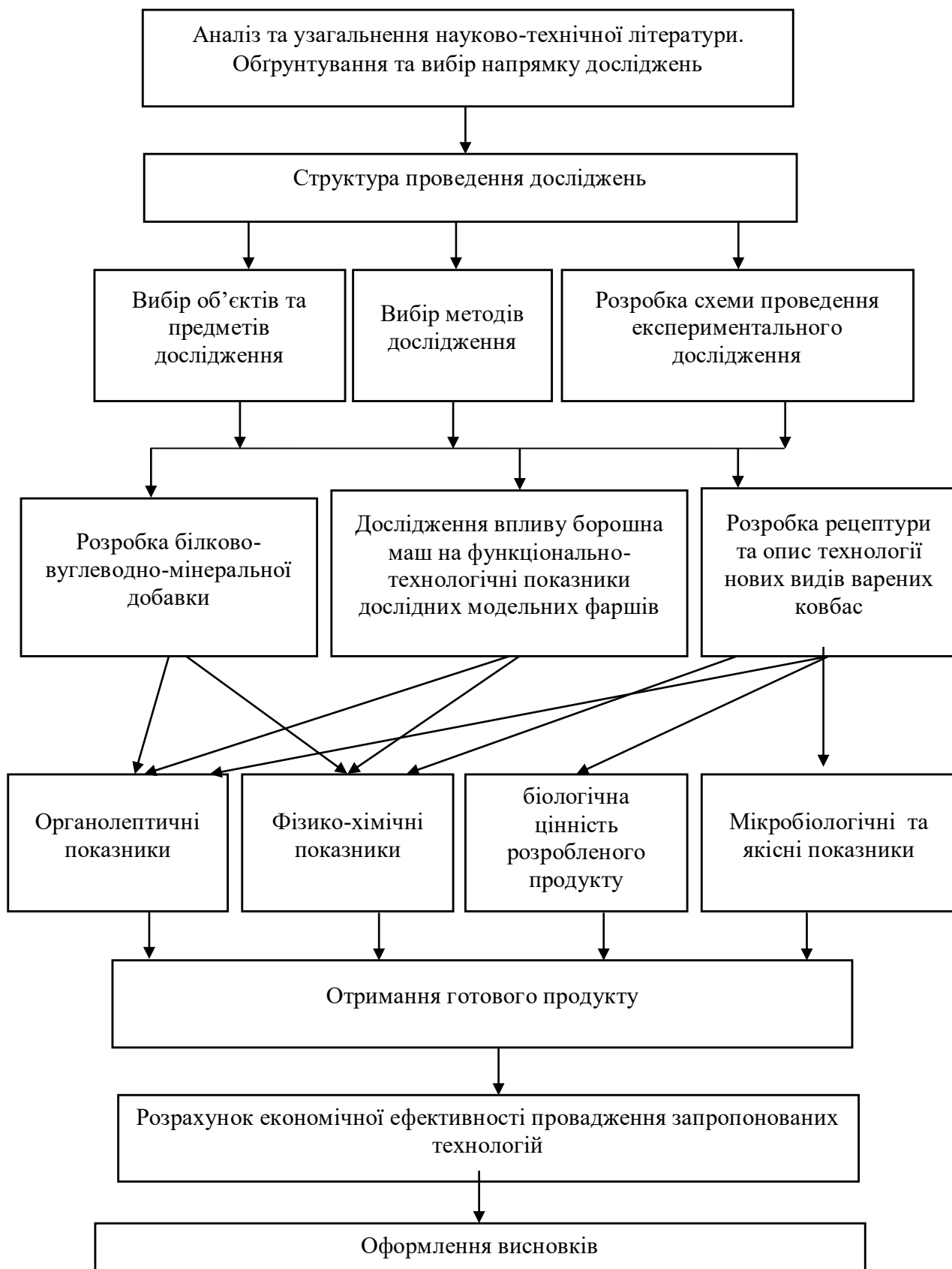


Рис. 2.1 Схема проведення досліджень

На наступному етапі в результаті порівняння хімічного складу м'ясної та рослинної сировини, доведено можливість комбінування м'яса птиці та бобів маш у технології варених ковбас. Встановлено умови пророщування бобів маш та отримання борошна. Визначено функціонально-технологічні властивості фаршів з борошном сочевиці і їхню технологічну стійкість при тепловій обробці залежно від кількості використаного борошна. Розроблено рецептури та удосконалено технологію варених ковбас з борошном сочевиці пророщеної та не пророщеної. Здійснено оцінку якості варених ковбас за органолептичними показниками, фізико-хімічними, показниками безпеки. Встановлено їх харчову та біологічну цінність шляхом порівняльного аналізу амінокислотного та жирнокислотного складу. Досліджено вплив рослинного компоненту на термін зберігання варених ковбас.

Кінцевий етап полягав у розрахунках економічної ефективності нового виду варених ковбас.

2.2. Матеріали та об'єкти досліджень

Мета і завдання дослідження.

Мета: теоретичне обґрунтування та розробка технології м'ясних продуктів із включенням білково-вуглеводного комплексу, отриманого з насіння бобів машу.. Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання:

- провести аналіз властивостей бобів машу;
- розробити білково-вуглеводний комплекс;
- отримання комплексу, що забезпечує максимальне збереження корисних речовин;
- розробка співвідношень м'яса і білково-вуглеводного комплексу для досягнення найкращих органолептичних показників;
- дослідити вплив комплексу на якість м'ясних продуктів;
- провести оцінку харчової та біологічної цінності продуктів;
- провести сенсорну оцінку якості готових виробів;

- розробити технологічну схему виробництва нового м'ясо-рослинного продукту.

Об'єкт дослідження – технології м'ясних продуктів з використанням білково-вуглеводного комплексу на основі насіння бобів машу.

Предмет дослідження – борошно бобів маш, м'ясо птиці механічного обвалювання; модельні фаршеві системи і готові вироби.

Предмет дослідження – борошно бобів маш, м'ясо птиці механічного обвалювання; модельні фаршеві системи і готові вироби.

2.3. Методи проведення досліджень

Під час виконання магістерської роботи використовували такі методи досліджень: органолептичні, фізико-хімічні (визначення масової частки вологи, білку, жиру, золи, рН), біохімічні (визначення вмісту аміно- та жирних кислот, пероксидного та кислотного чисел), структурно-механічні (гранична напруга зсуву, пенетрація), мікробіологічні (визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП), безпечності продукту (на тест організмах *Tetrachymena pyriformis*), дослідження перетравності ковбасних виробів в системі «in vitro», математичні (моделювання складу БВМД і статистична обробка експериментальних даних). Кількість повторень проведених експериментів 3....5, кількість паралельних проб дослідних зразків – 3. Аналіз експериментальних даних проводили з використанням методів розрахунку статистичної достовірності результатів досліджень.

У варених ковбас визначали наступні показники:

– масову частку жиру – згідно ДСТУ ISO 1443:2005 (ISO 1443:1973, IDT):

«М'ясо та продукти м'ясні. Метод визначення загального вмісту жиру»;

– органолептичну оцінку якості напівкопчених ковбас - ДСТУ 4823.2:2007

«Продукти м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 2. Загальні вимоги» за 5-бальною шкалою;

– масову частку вологи – згідно з ДСТУ ISO 1442:2005. «М'ясо та продукти м'ясні. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод)»;

– масову частку хлористого натрію – згідно з ДСТУ ISO 1841 2:2004 «М'ясо та продукти м'ясні. Метод визначення вмісту хлоридів. Частина 2.

– ДСТУ ISO 11290 (ISO 11290-1:1996, IDT)-1(2):2003. Частина 1. (2)

У роботі використовували стандартні методи, за допомогою яких визначали органолептичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні, мікробіологічні та гістологічні показники.

При проведенні досліджень використовували сировину:

– сочевиця – згідно з ДСТУ ISO 605:2007, Бобові;

– перець чорний та духмяний – згідно ТУ У 10.8-01553439-006:2013.

«Прянощі, приправи, суміші прянощів. Технічні умови»;

– суміш прянощів перцю чорного, чебрецю та ялівцю – згідно з ТУ У 10.8-41275804-001:2013. «Концентрати харчові. Суміші прянощів та приправ до м'ясних продуктів. Технічні умови»;

– м'ясо птиці – згідно з ДСТУ 3143:2013. «М'ясо птиці. Загальні технічні умови»;

– сало – згідно з ДСТУ 4668:2006. «Продукти зі свинини варені, копчено-варені, копчено-запечені, запечені, смажені, сирокочені».

– ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні».

Загальні технічні умови.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Дослідження хімічного складу та функціонально-технологічних властивостей бобів машу.

Враховуючи те, що частка рослинного білка повинна становити не менше половини білкового раціону людини, перспективним є пошук нових джерел рослинного білка та шляхів покращення його амінокислотного складу. З цією метою для обґрунтування вибору об'єкта дослідження була проведена робота з вивчення хімічного складу бобів машу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Хімічний склад досліджуваного насіння бобів машу

Показник	Масова частка, %
Волога і леткі речовини	11.71
Білки	21.63
Жири	2.64
вуглеводи	61,80
Целюлоза	3.50

До основних функціональних і технологічних властивостей білка відносяться розчинність у воді, водоутримуюча (ВУ), жирутримуюча (ЖУ), жироемульгуюча (ЖЕ) і піноутворююча здатність (ПУЗ).

Водоутримуюча здатність характеризується адсорбцією води за участю залишків гідрофільних амінокислот, а жирутримуюча здатність характеризується адсорбцією жиру за рахунок гідрофобних залишків. При низькій вологості гідрофільні групи, взаємодіючи з молекулами води, утворюють мономолекулярний шар.

Здатність білків утримувати жир і воду залежить не тільки від особливостей амінокислотного складу і структури, але і від фракційного складу, методу обробки, рН середовища, температури і наявності вуглеводів,

ліпідів та інших білків. Висока здатність білків утримувати воду в м'ясних продуктах підвищує вихід, подовжує термін зберігання і покращує текстуру.

Функціонально-технологічні властивості досліджуваних зернобобових культур представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Функціонально-технологічні властивості машу

Індекс	Кількість
водоутримуюча здатність (ВУЗ), г/г	4.72
жироутримуюча здатність (ЖУЗ), г/г	4.44
жироемульгуюча здатність (ЖЕЗ), %	55,35
піноутворююча здатність (ПУЗ), %	53.33

Високий показник жироемульгуючої здатності бобової культури маш дозволяє рекомендувати її для технології виробництва м'ясних продуктів. Біологічну цінність бобових культур мунг визначали за допомогою мікроскопічної інфузорії *Tetrachymena pyrrophyormis*. В якості контролю використовували казеїновий білок.

Результати досліджень свідчать про високий ріст мікроорганізмів у насінні бобів мунг. Можна припустити, що високий рівень відносної біологічної цінності машу зумовлений вищою збалансованістю амінокислотного складу.

Маш показав високі показники ВУЗ, ЖУЗ, ЖЕЗ, ПУЗ, а також відносної біологічної цінності. Отримані дані дозволяють зробити висновок про доцільність використання бобової культури маш як білкової добавки рослинного походження при створенні функціональних м'ясних продуктів.

Методика дослідження передбачала спрямовану модифікацію насіння мунг. Для цього ми використали найбільш перспективний і безпечний метод ферментативної модифікації, заснований на активації ферментної системи насіння, що відбувається під час проростання. З найвідоміших бобових культур маш є єдиною культурою, яку легко вирощувати.

Як оптимальне середовище для активації ферментної системи досліджуваного об'єкта використовували питну воду. Пророщування насіння машу проводили при кімнатній температурі в поліетиленовому контейнері, насіння бобової культури уклали в один шар, потім заливали шаром питної води. Для визначення функціонально-технологічних властивостей насіння через кожні 12 годин проводили контроль рівня води та відбір проб. Для інактивації ферментів зразки пророщеного насіння піддавали термообробці при $t = 105^{\circ}\text{C}$ протягом 10 хв.

Дані досліджень свідчать про те, що бобові культури змінюють свою вологоутримуючу здатність залежно від часу проростання.

Перші сходи маш дає через 12 годин. Дослідження вологоємності проводили протягом 60 годин, однак через 2 доби проростання тенденція зростання аналізованого показника зменшилася, що дає підстави встановити оптимальний час проростання – 48 годин. Зниження цього показника пояснюється тим, що маш за 48 годин накопичив оптимальну кількість вологи, що сприяло повній активації внутрішньої ферментативної системи насіння.

Жирутримуюча здатність, як і водоутримуюча здатність, при пророщуванні підвищує показники з 4,5 до 5,7 г/г; зміни проходять плавно, без різких коливань у часі.

Згідно з отриманими даними, після перших 12 годин проростання жироемульгуюча здатність насіння машу знижується. Далі процес зниження ФГ завершується на 46%, що зумовлено взаємодією води та гідрофільних частин білка при зниженні дифільних властивостей.

Проведені дослідження свідчать про те, що найбільш оптимальні умови для зростання основних функціонально-технологічних властивостей досягаються при пророщуванні насіння бобів мунг протягом 48 годин при кімнатній температурі, під час якого набувають найвищих показників водоутримуюча, жиротримувальна та жироемульгуюча здатності.

У табл. 3.3 подано порівняльну оцінку пророслого насіння машу з вихідним хімічним та фракційним складом.

Порівняльна оцінка пророщеного насіння машу за вихідним хімічним та фракційним складом

Індикатори. масова частка. sv	Насіння бобів маш до модифікації	Насіння маш після модифікації
Целюлоза	3,8	1,8
Вуглеводи	55,48	11,06
Жири	1,9	0,8
Білки	22,13	27,51
Зола	5,04	2,02

Наведені дані свідчать про те, що пророщений маш містить найбільшу кількість білка, що дозволяє судити про підвищену біологічну та харчову цінність модифікованого машу; встановлено не тільки активацію ферментної системи рослини, що сприяло зміні амінокислотного складу, але й подвоєння її маси за рахунок високої гідрофільності білка, що є дуже важливим фактором у виробництві м'ясних продуктів. У процесі пророщування знижується вміст жиру, що є важливим фактором при створенні функціональних м'ясних продуктів.

Проведені дослідження дозволяють рекомендувати використання модифікованого машу у виробництві функціональних харчових продуктів, як джерела білка, що містить усі незамінні амінокислоти. Запропонований режим ферментативної модифікації сприяв отриманню білкової добавки з більш збалансованим амінокислотним складом і високою біологічною цінністю, що свідчить про перспективність її використання як сировини у виробництві функціональних м'ясних продуктів.

Відомо, що подрібнення насіння бобових культур сприяє збільшенню кількості гідрофільних і гідрофобних центрів і сприятливо впливає на функціональні та технологічні властивості продукції, що випускається.

Методом помелу на зв'язках пророщеного насіння одержано партію борошна харчового сорту зернобобової культури маш з виходом кінцевої частини не менше 60 %. Залежно від ступеня помелу визначали тонкість помелу методом ситового аналізу.

На вигляд борошно маш дрібного помелу являє собою дрібний порошок від світло-жовтого до сірого кольору. Основні органолептичні показники борошна з насіння мунг представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Органолептичні показники борошна з бобів машу

Назва показника	Характеристики тонкого борошна з бобів машу
Зовнішній вигляд	Дрібний порошок
Колір	Від світло-жовтого до сірого
Смак	Властивий борошну маш, з характерним бобовим смаком, без сторонніх присмаків
Запах	Властивий борошну маш, без сторонніх запахів

Борошно маш характеризується насиченим вираженим запахом бобової культури з жовтуватим відтінком. Борошно має високу харчову цінність за основними фізико-хімічними показниками (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Харчова цінність продуктів переробки бобів маш

Назва показника	Борошно маш
Масова частка вологи %	12±0,3
Жир	3,0±0,2
Білок	21,4±0,4
Вуглеводи	42,0±0,3

Зола	3,5±0,1
Целюлоза	18,5±0,3
Насичені жирні кислоти	0,4±0,2
Енергетична цінність. ккал	300,0

Особливістю борошна з бобів маш є високий вміст білка. За цим показником досліджувана добавка має оптимальні значення, що свідчить про високу біологічну цінність. Низька жирність і велика кількість клітковини дозволяють використовувати борошно маш як функціональну добавку. Вміст амінокислот у борошні маш із пророщеного насіння наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Вміст амінокислот у борошні маш із пророщеного насіння

Біохімічний показник	Борошно з бобів маш		Ідеальне споживання ідеального білка рослинного походження згідно з ВООЗ. на добу
	г на 100 г білка	норма, %	
незамінних амінокислот			
Валін	5,2	104,0	5,0
Лейцин	7,2	107,1	7,0
Ізолейцин	4,2	105,0	4,0
Треонін	4,3	107,5	4,0
Лізині	5,8	105,4	5,5
Метіонін	3,6	102,9	3,5
Фенілаланін	4,9	81,7	6,0
Триптофан	0,9	90,0	1,0
Замінні амінокислоти			
Аргінін	11,3	102,7	11,0
Гістидин	2,6	104,0	2,5

При оцінці кількості незамінних амінокислот, що містяться в борошні маш з пророщеного насіння, отримано значення, що відповідають оптимальному співвідношенню «ідеального білка». Важливим показником, що оцінює міру наближення до ідеального білка, є вміст амінокислот. Лімітуючими амінокислотами є фенілаланін і триптофан.

3.2. Дослідження впливу борошна маш із пророщеного насіння на технологічні властивості модельних систем фаршу.

Методика дослідження включала вивчення впливу борошна маш із пророщеного насіння на технологічні властивості модельних систем фаршу. Як контрольний зразок використовували фарш, що складається з яловичини першого ґатунку, свинини середньої жирності та сала середньої жирності.

У дослідно-модельні фаршеві системи вводили борошно маш із пророщеного насіння, замінюючи частину яловичини яловичини першого сорту борошном у кількості 10–20 % (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Рецептури дослідних модельних фаршів

Назва інгредієнтів	Контроль	Кількість борошна маш		
		10	15	20
Несолена сировина, кг (до 100 кг сировини)				
Яловичина обрізна 1 сорт	60,0	50,0	45,0	40,0
Нежирну свинину	25,0	25,0	25,0	25,0
Жир середньої частини спини	15,0	15,0	15,0	15,0
Борошно з пророщених бобів маш	-	4	6	8
Вода для гідратації	-	6	9	12
Разом		100,0		

Оцінюючи якісні переваги систем фаршу з додаванням функціональних елементів, відзначено, що відносно контролю, в досліді, де замість сирого м'яса вносили борошно у кількості 10%, 15% та 20%, значення рН збільшився на 0,02-0,06 .

Згідно з отриманими даними, зі збільшенням кількості дрібнодисперсної добавки підвищується стійкість емульсії, яка здатна зв'язувати вологу та жири, і паралельно підвищується рН м'яса.

Зміна активної реакції фаршу в лужну сторону відбувається за рахунок лужної фази білкових компонентів. Через підвищення рН змінюється гідрофільність всієї м'ясної системи. Ця закономірність знайшла відображення у функціонально-технологічних властивостях дослідних зразків.

Завдяки лабораторним дослідженням встановлено, що збільшення маси введених інгредієнтів із борошна маш з пророщеного насіння сприяє підвищенню вологозв'язуюча здатності фаршу. Вологозв'язуюча здатність підвищувалася за рахунок набухання вуглеводного комплексу рослинних добавок (рис. 3.1).

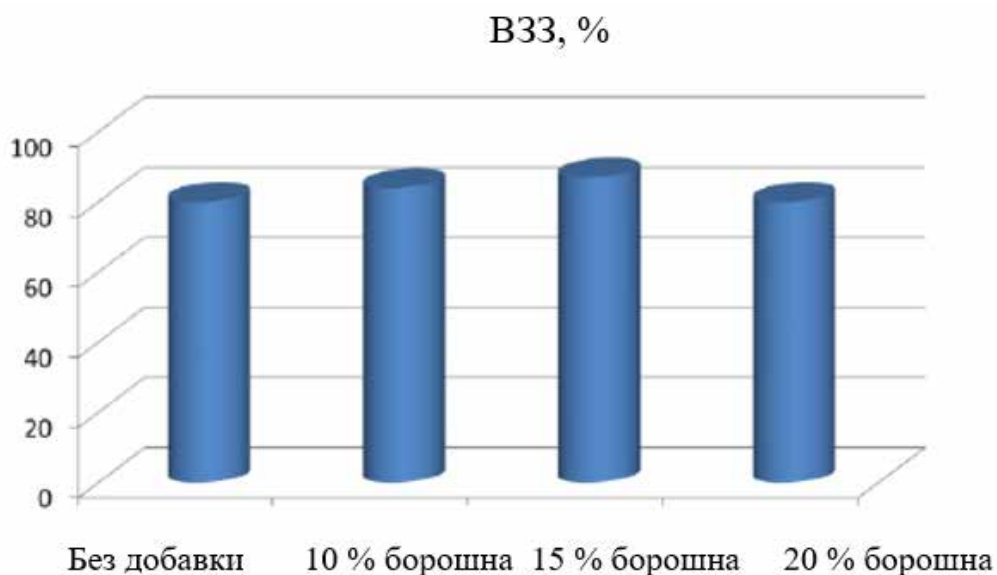


Рис. 3.1. Залежність вологозв'язуючої здатності фаршу від маси добавки, %.

Вологоутримуюча здатність м'ясної системи також змінювалася залежно від кількості введених рослинних інгредієнтів, що містять целюлозу та розчинні поліглікани (рис. 3.2).

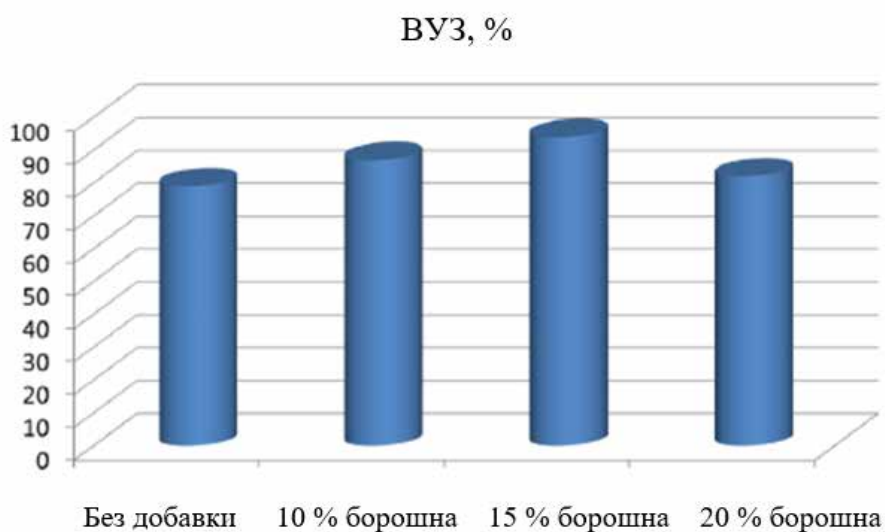


Рис. 3.2. Залежність вологоутримуючої здатності фаршу від маси добавки, %

Іншим значущим функціонально-технологічним показником є в'язкість. Отримані значення в'язкості фаршової системи наведено на рисунку 3.3. На підтвердження технологічної доцільності використання, збагаченого функціонально активними речовинами борошна маш при створенні композиції фаршу, ці компоненти сприятливо вплинули на в'язкість маси. Найбільше значення ефективної масової в'язкості встановлено при внесенні 15% добавки у фарш. При додаванні 20 % в'язкість системи знижується, а збагачення м'ясного комплексу на 10 % борошном з бобів маш не змінює в'язкість, порівнянна з контрольним зразком.

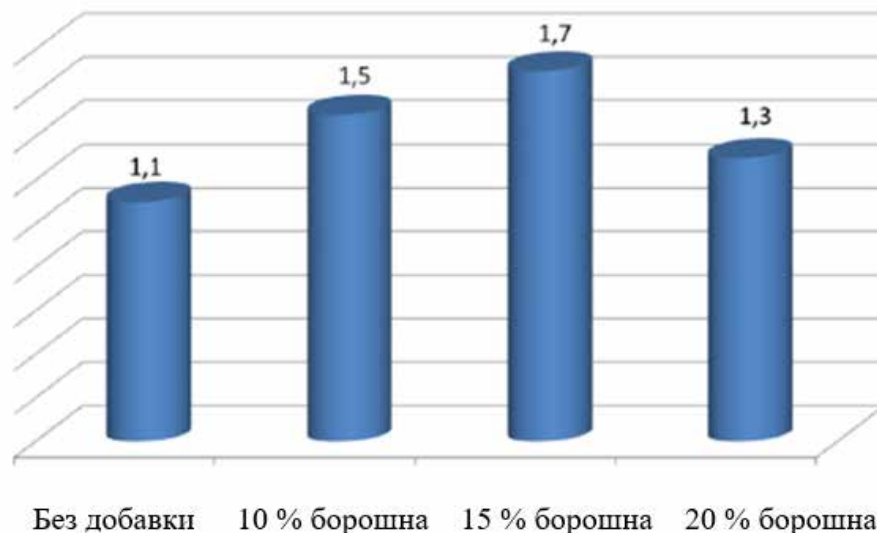


Рис. 3.3. В'язкість добавки маш, Па*с.

Таким чином, тексотропні властивості комбінованого фаршу залежать від структурних елементів доданої добавки та рівня її взаємодії з водою та жиром, який узгоджується з оптимальною кількістю доданих рослинних інгредієнтів. В якості функціональної інгредієнтної основи використано борошно маш із пророщеного насіння, з метою покращення хімічного складу добавки, оскільки процес пророщування активізує обмін речовин і дихання, збагачує насіння ферментами, вітамінами та антиоксидантами. Завдяки пророщуванню збільшується кількість розчинних білків, покращуються важливі функціонально-технологічні показники – вологозв'язувальна жирутримуюча здатність.

Борошно з насіння бобових є важливою системою стабілізації. Підвищенню основних структурно-технологічних показників фаршу сприяє попередня гідратація білка з отриманням дисперсій. Спосіб супроводжується змішуванням водяно-льодової суміші з частиною борошна, короткочасною витримкою і подальшими технологічними прийомами традиційним способом.

Введення білкових інгредієнтів у борошно з нетрадиційної рослинної сировини при формуванні варених ковбас, сприятливо впливає на функціонально-технологічні показники і стабільність систем фаршу,

органолептичні властивості готового продукту, збагачує його біологічно цінними речовинами.

3.3. Розробка технології ковбасних виробів з додаванням борошна бобів маш.

Основним напрямком у приготуванні нових комбінованих форм м'ясної системи є розробка рецептурної форми, що поєднує оптимальні рівні сумісності фаршу та овочевих інгредієнтів.

Розробку дослідних зразків варених ковбас з різним рівнем заміщення м'ясної сировини рослинним білком з використанням борошна маш із пророщеного насіння проводили на основі рецептури ковбаси «Любительська» (контрольний зразок) ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні». Загальні технічні умови. Рецептура дослідних зразків варених ковбас з різним рівнем заміни м'ясної сировини представлена в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Рецептурні зразки варених ковбас

Назва інгредієнтів	Контроль	Кількість борошна маш		
		10	15	20
Несолена сировина, кг (до 100 кг сировини)				
Яловичина трим 1 сорту	60,0	50,0	45,0	40,0
Поріzana нежирна свинина	25,0	25,0	25,0	25,0
Жир середньої частини спини	15,0	15,0	15,0	15,0
Борошно з пророщених бобів маш	-	4	6	8

Вода для зволоження	-	6	9	12
Разом	100,0			
Харчові добавки, спеції, матеріали, г (до 100 кг сировини)				
Цукор	150	150	150	150
Сіль кухонна	2500,0	2500,0	2500,0	2500,0
Нітрит натрію	6.4	6.4	6.4	6.4
Чорний перець	100,0	100,0	100,0	100,0
Духм'яний перець	100,0	100,0	100,0	100,0
Свіжий часник	120,0	120,0	120,0	120,0

При виборі продукції з сирого м'яса переваги споживачів базуються на товарному вигляді, доступній ціні по відношенню до товарів аналогічного сегменту, а також харчових перевагах смаку. Оцінено основні показники якості дослідних зразків варених ковбас із різним рівнем заміни м'ясної сировини високобілковим комплексом у вигляді борошна маш із пророщеного насіння. За контроль використовували варену ковбасу «Любительську», розроблену за традиційною рецептурою (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Основні показники якості дослідних зразків варених ковбас з різним рівнем заміни м'ясної сировини

Назва показника	Характеристика показника				ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні»
	контроль	10 %	15 %	20 %	

Зовнішній вигляд	Ковбаса з чистою і сухою поверхнею, без пошкоджень оболонки, напливів фаршу, налипів, здуття супу і жиру, пустот.				
Консистенція	Пружна				
Колір і тип фаршу на розрізі	Рожевий	Світло-рожевий	Світло-рожевий	Світло-сірий	Фарш рожевий або світло-рожевий, рівномірно перемішаний, містить шматочки жиру білого або рожевого відтінку, розмір сторони не більше 6 мм.
Запах і смак	Властивий даному виду продукту, з запахом прянощів і легкої солоності	Характерний для даного типу продукту, легкий запах бобів	Специфічний запах і ніжний смак бобів	Властивий даному виду продукту, з запахом прянощів і легкої солоності	

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що дослідні зразки варених ковбас із внесенням добавок до 15 % за органолептичними показниками не поступаються контрольним зразкам.

Усі представлені зразки варених ковбас мали традиційний для даного виду продукту вигляд – ковбаси з чистою та сухою поверхнею, без пошкоджень оболонки, напливів фаршу, накладок, розбухання супу та жиру, пустот; має соковиту і в той же час пружну консистенцію; відмінностей у даній вибірці за цими показниками не виявлено. У всіх зразках ковбаси запах спецій був досить відчутним; в прототипі з 20% рівнем заміщення відмічено специфічний запах і легкий смак бобів. Основні відмінності зразків варених ковбас встановлено при оцінці інтенсивності забарвлення. Візуальна оцінка кольору варених ковбас показала, що контрольний зразок мав більш інтенсивне забарвлення порівняно з іншими, які мали близький відтінок кольору, але зразок із рівнем заміни 20% все ще мав світло-сірий колір. Результати бальної оцінки органолептичних показників дослідних зразків варених ковбас наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Результати бальної оцінки органолептичних показників дослідних зразків варених ковбас

Зразки варених ковбас	Товарний стан	Колір	Запах	Консистенція	Смак	Середній бал
Контрольний зразок	4,9	5,0	5,0	4,8	4,9	4,92
Концентрація борошна маш 10%	4,9	4,9	5,0	4,8	4,9	4,90
Концентрація борошна маш 15%	4,9	4,9	5,0	4,8	4,8	4,88
Концентрація борошна маш 20%	4,9	4,7	4,8	4,8	4,7	4,78

Дегустаційний моніторинг показує, що оптимальними для візуальної оцінки та смаку стали зразки, які містять білкову добавку з борошна маш із пророщеного насіння у кількості 10–15 % замість сирого м'яса. Враховуючи високу поживну цінність добавок з нетрадиційної білкової рослинної сировини, а також з метою раціонального використання м'ясних ресурсів, у дослідженнях була проведена оцінка фізико-хімічних показників якості дослідних зразків варених ковбас. У таблиці 3.11 наведені фізико-хімічні показники якості дослідних зразків варених ковбас.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що за фізико-хімічними показниками дослідні зразки ковбас варених відповідають вимогам ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні»

Таблиця 3.11

Фізико-хімічні показники якості зразків варених ковбас різного ступеня заміни м'ясної сировини

Назва показника	Назва показника			
	Контроль	Рівень заміни м'яса		
		10%	15%	20%
Масова частка вологи	60.7	63.2	63.7	63.5
Масова частка білка	11.3	12.1	12.3	12.7
Масова частка жиру	20.1	19.9	19.6	19.3
Масова частка хлориду натрію	2.3	2.2	2.1	2.0
Масова частка нітриту натрію	0.005	0.005	0.005	0.005

Вміст вологи в дослідних зразках становив у середньому 63,4 %, у контролі – 60,7 %, що відповідає вимогам ГОСТ 33673-2015. Результати хімічного аналізу дослідних зразків варених ковбас свідчать про доцільність використання у технології виробництва ковбасних виробів функціональних компонентів, таких як борошно з модифікованого насіння маш. Використання в технології виробництва варених ковбас рослинних інгредієнтів з широким спектром біологічно корисних властивостей пов'язане зі збагаченням продукту дієтичною клітковиною, вітамінами, макро- і мікроелементами, а також зі зниженням витрат на сировину.

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ, ТА ЇХ ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

4.1. Розрахунок економічної ефективності виробництва варених ковбас із застосуванням білкової добавки

Методика дослідження включала розрахунок економічної ефективності виробництва варених ковбас із застосуванням білкової добавки на основі пророщеного насіння бобів маш. Розрахунок вартості основної сировини для виробництва 100 кг варених ковбас за традиційною рецептурою та розробленого з використанням борошна з пророщеного насіння машу наведено в таблиці 2.

Таблиця 3.12

Розрахунок вартості основної сировини для виробництва варених ковбас з додаванням борошна маш із пророщеного насіння

Найменування основної сировини	Вартість 1 кг, грн.	Контрольний зразок		Рівень заміни			
				10%		15%	
		Витрата, кг	Вартість, грн.	Витрата, кг	Вартість, грн.	Витрата, кг	Вартість, грн.
Яловичина обрізна 1-го сорту	360,00	60,00	21600,00	50,00	18000,00	45,00	16200,00
Свинина середньої жирності	220,00	25,00	5500,00	25,00	5500,00	25,00	5500,00
Жир середньої частини спини	150,00	15,00	2250,00	15,00	2250,00	15,00	2250,00

Борошно пророщених бобів маш	140,00	-	-	4,00	560,00	6,00	840,00
Вода для гідратації	0,025	-	-	6,00	0,15	9,00	0,22
Разом		100,00	29350,00	100,00	26310,15	100,00	24790,22

Отримані дані свідчать про те, що вартість основної сировини для виготовлення дослідних зразків значно нижча, ніж для контролю. Розрахунок економічної ефективності підтверджує доцільність використання борошна маш з пророщеного насіння в технології виробництва варених ковбас. Економічний ефект при 10% заміні м'ясної сировини білковою рослинною добавкою склав 3039,85 грн., при 15% заміні м'ясної сировини - 4559,78 грн.

ВИСНОВКИ

Дослідження щодо розробки технології та оцінки споживчих властивостей варених ковбас з нетрадиційними наповнювачами на основі білкових рослинних добавок із борошна маш із пророщеного насіння дозволили зробити такі висновки:

1. Доцільність використання у виробництві борошна маш із пророщеного насіння Технологія комбінованих варених ковбас функціонального призначення пов'язана зі збагаченням продукту харчовими волокнами, вітамінами, макро- і мікроелементами, а також зі зниженням витрат сировини.

2. Введення у формування варених ковбас білкових інгредієнтів у вигляді борошна з нетрадиційної рослинної сировини сприятливо впливає на функціонально-технологічні показники та стабільність систем фаршу, органолептичні властивості кінцевого продукту та збагачує його біологічно цінними речовинами.

3. Аналіз отриманих даних свідчить про те, що за фізико-хімічними показниками дослідні зразки варених ковбас відповідають вимогам нормативного документу. Встановлено, що використання борошна маш з пророщеного насіння в технології виробництва варених ковбас сприяє підвищенню харчової цінності та виходу кінцевого продукту.

4. Встановлено, що в дослідних зразках з додаванням борошна маш із пророщеного насіння, що містить активні стабілізуючі елементи м'ясної системи, спостерігається підвищення твердості та щільності фаршу, в той же час при дослідженні органолептичних показників дослідні зразки мають більш ніжну текстуру порівняно з контролем.

5. Дослідження показників мікробіологічної безпеки варених ковбас показує, що всі зразки з білковою добавкою рослинного походження за показниками мікробіологічної безпеки відповідають вимогам стандарту.

6. Розрахунок вартості основної сировини підтверджує економічну доцільність виробництва варених ковбас із заміною частини м'ясної сировини на борошно маш із пророщеного насіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alting, A. C., Pouvreau, L., Giuseppin, M. L. F., & van Nieuwenhuijzen, N. H. (2011). Potato proteins. In G. O. Phillips, & P. A. Williams (Eds.). *Handbook of food proteins* (pp. 316–334). Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
2. Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A. L., & O'Mahony, J. A. (2017). The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 1–12.
3. Arntfield, S. D. (2018). Proteins from oil-producing plants. In R. Y. Yada (Ed.). *Proteins in food processing* (pp. 187–221). (2nd ed.). Duxford, UK: Woodhead Publishing. Arshad, M. S., Sohaib, M., Ahmad, R. S., Nadeem, M. T., Imran, A., Arshad, M. U., et al. (2018). Ruminant meat flavor influenced by different factors with special reference to fatty acids. *Lipids in Health and Disease*, 17, 223.
4. Balestra, F., & Petracci, M. (2019). Technofunctional ingredients for meat products: Current challenges. In C. M. Galanakis (Ed.). *Sustainable meat production and processing* (pp. 45–68).
5. Cambridge, MA, USA: Academic Press. Barac, M., Cabrilo, S., Pesic, M., Stanojevic, S., Zilic, S., Macej, O., et al. (2010). Profile and functional properties of seed proteins from six pea (*Pisum sativum*) genotypes. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 4973–4990.
6. Barzegar, F., Kamankesh, M., & Mohammadi, A. (2019). Heterocyclic aromatic amines in cooked food: A review on formation, health risk-toxicology and their analytical techniques. *Food Chemistry*, 280, 240–254.
7. Berman, R. (2019). 'Plant-based meat' is all hat and no cattle. *The Wall Street Journal*. Accessed <https://www.wsj.com/articles/plant-based-meat-is-all-hat-and-no-cattle11572997943/>, Accessed date: 12 November 2019. Boatright, W. L., & Lu, G. (2007). Hexanal synthesis in isolated soy proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84, 249–257.

8. Bohrer, B. M. (2019). An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness*, 8, 320–329.
9. Brown, P. M. (2009). Spices, seasonings, and flavors. In R. Tarte (Ed.). *Ingredients in meat products* (pp. 199–210). New York: Springer.
- Calkins, C. R., & Hodgen, J. M. (2007). A fresh look at meat flavor. *Meat Science*, 77, 63–80.
10. Chajuss, D. (2004). Soy protein concentrate: Technology, properties, and applications. In K. Liu (Ed.). *Soy proteins as functional foods and ingredients* (pp. 121–133).
11. Chiang, J. H., Loveday, S. M., Hardacre, A. K., & Parker, M. E. (2019). Effects of soy protein to wheat gluten ratio on the physicochemical properties of extruded meat analogues. *Food Structure*, 19, 100102.
12. Dankar, I., Haddarah, A., Omar, F. E., Sepulcre, F., & Pujolà, M. (2018). 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 231–242.
13. Dekkers, B. L., Boom, R. M., & van der Goot, A. J. (2018). Structuring processes for meat analogues. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 25–36.
14. Egbert, W. R. (2004). Isolated soy protein: Technology, properties, and applications. In K. Liu (Ed.). *Soy proteins as functional foods and ingredients* (pp. 134–162). Elzerman, J. E., Hoek, A. C., Van Boekel, M. A., & Luning, P. A. (2011). Consumer acceptance and appropriateness of meat substitutes in a meal context. *Food Quality and Preference*, 22, 233–240.
15. Evertz, L. Q., Greising, S. M., Morrow, D. A., Sieck, G. C., & Kaufman, K. R. (2016). Analysis of fluid movement in skeletal muscle using fluorescent microspheres. *Muscle & Nerve*, 54, 444–450.
16. FDA (2017). Food and Drug Administration. Food labeling: Health claims; soy protein and coronary heart disease (proposed rule). *Federal Register* 82 FR 50324. FDA (2019). Food and Drug Administration. Listing of color additives exempt from certification; soy leghemoglobin. *Federal Register* 84 FR 37573.

17. Feher, J. (2017). Contractile mechanisms in skeletal muscle. In J. Feher (Ed.). *Quantitative human physiology: An introduction* (2nd ed.). New York: Academic Press.
18. FSIS. (2012). Subpart C – food ingredients and sources of radiation. Washington, DC, USA: United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service. Accessed <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2012-title9-vol2/pdf/CFR2012-title9-vol2-sec424-21.pdf>, Accessed date: 16 March 2020.
19. Fukushima, D. (2011). Soy proteins. In G. O. Phillips, & P. A. Williams (Eds.). *Handbook of food proteins* (pp. 210–232). Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
20. Garfield, L. (2018). There's a growing battle between fake meat startups and Big Beef, and neither side is backing down. *Business Insider*. Accessed <https://www.businessinsider.com/beef-companies-file-petition-against-lab-grown-meat-startups-2018-2/>, Accessed date: 19 November 2019.
21. Geisler, F. (2018). Structure of skeletal muscles. Accessed <https://bioactive-collagenpeptides.com/effects-muscles/>, Accessed date: 12 December 2019.
22. Godfray, H. C. J. (2019). Meat: The future series – alternative proteins. Geneva, Switzerland: World Economic Forum. Accessed http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Alternative_Proteins.pdf, Accessed date: 1 February 2020.
23. Graça, J., Godinho, C. A., & Truninger, M. (2019). Reducing meat consumption and following plant-based diets: Current evidence and future directions to inform integrated transitions. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 380–390.
24. Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In P. J. Bechtel (Ed.). *Muscle as food* (pp. 135–199).

25. San Diego, CA, USA: Academic Press Inc. Helm, R. M., Cockrell, G., Connaughton, C., Sampson, H. A., Bannon, G. A., Beilinson, V., et al. (2000). A soybean G2 glycinin allergen. *International Archives of Allergy and Immunology*, 123, 205–212.
26. Insights, C. B. (2019). Our meatless future: How the \$1.8T global meat market gets disrupted. Accessed <https://www.cbinsights.com/research/future-of-meat-industrial-farming/>, Accessed date: 20 January 2020
27. Jiang, J., & Xiong, Y. L. (2016). Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science*, 120, 107–117.
28. Johnson, R. C., Muller, T. S., Romans, J. R., Costello, W. J., & Jones, K. W. (1990). Effects of algin/calcium and adipic acid concentration on muscle-juncture formation. *Journal of Food Science*, 55, 906–910.
29. Krintiras, G. A., Diaz, J. G., van der Goot, A. J., Stankiewicz, A. I., & Stefanidis, G. D. (2016). On the use of the Couette Cell technology for large scale production of textured soy-based meat replacers. *Journal of Food Engineering*, 169, 205–213.
30. Kumar, P., Chatli, M. K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O. P., & Verma, A. K. (2017). Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 923–932.
31. Kyriakopoulou, K., Dekkers, B., & van der Goot, A. J. (2019). Plant-based meat analogues. In C. M. Galanakis (Ed.). *Sustainable meat production and processing* (pp. 103–126).
32. Cambridge, MA, USA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814874-7.00006-7>.
33. Lam, A. C. Y., Can Karaca, A., Tyler, R. T., & Nickerson, M. T. (2018). Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. *Food Reviews International*, 34, 126–147.

34. Lamb, C. (2020). NovaMeat unveils version 2.0 of its 3D-printed meatless steak. The spoon. Accessed <https://thespoon.tech/novameat-unveils-version-2-0-of-its-3d-printedmeatless-steak/>, Accessed date: 2 February 2020.
35. Liao, C., Li, Y., & Tjong, S. C. (2020). Visible-light active titanium dioxide nanomaterials with bactericidal properties. *Nanomaterials*, 10, 124.
36. Lin, S., Huff, H. E., & Hsieh, F. (2002). Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. *Journal of Food Science*, 67, 1066–1072.
37. Lipton, J., Arnold, D., Nigl, F., Lopez, N., Cohen, D. L., Norén, N., et al. (2010). Multimaterial food printing with complex internal structure suitable for conventional post-processing. 21st Annual International solid freeform fabrication symposium. USA: University of Texas.
38. Liu, K. S., & Hsieh, F. H. (2007). Protein–protein interactions in high moisture-extruded meat analogs and heat-induced soy protein gels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84, 741–748.
39. Liu, K., & Hsieh, F. H. (2008). Protein–protein interactions during high-moisture extrusion for fibrous meat analogues and comparison of protein solubility methods using different solvent systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 2681–2687.
40. Lu, F., Kuhnle, G. K., & Cheng, Q. (2018). The effect of common spices and meat type on the formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in deepfried meatballs. *Food Control*, 92, 399–411.
41. Lucas, A. (2020). CNBC. Impossible Foods is launching meatless pork and sausage as it prepares for a global push. Accessed <https://www.cnbc.com/2020/01/06/impossible-foods-is-launching-meatless-pork-and-sausage-as-it-prepares-for-a-globalpush.html/>, Accessed date: 6 January 2020.
- Lynch, J., & Pierrehumbert, R. (2019). Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 5.
42. Mattice, K. D., & Marangoni, A. G. (2020). Comparing methods to produce fibrous material from zein. *Food Research International*, 128, 108804.

43. McClain, S., Bowman, C., Fernández-Rivas, M., Ladics, G. S., & van Ree, R. (2014). Allergic sensitization: Food- and protein-related factors. *Clinical and Translational Allergy*, 4, 11.
44. McClements, D. J. (2019). *Towards a more ethical and sustainable edible future: One burger at a time. Future foods*. New York, USA: Springer Copernicus (Cham).
45. Megido, R. C., Gierts, C., Blecker, C., Brostaux, Y., Haubruge, É., Alabi, T., et al. (2016). Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Quality and Preference*, 52, 237–243.
46. Migala, J., & Nied, J. (2019). What is the beyond burger and is it healthy? *Women's health*. Accessed <https://www.womenshealthmag.com/food/a21566428/beyond-meatburger-ingredients/>, Accessed date: 5 January 2020. Miller, M. (2018). The 15 best vegetarian and vegan meat substitutes. *Women's Health*. Accessed <https://www.womenshealthmag.com/food/a19914260/best-meatsubstitutes/>, Accessed date: 15 November 2019.
47. Moskin, J. (2019). How do the new plant-based burgers stack up? *The New York times*. Accessed <https://www.nytimes.com/2019/10/22/dining/veggie-burger-taste-test.html/>, Accessed date: 15 November 2019.
48. Nielsen, N. C., Dickinson, C. D., Cho, T. J., Thanh, V. H., Scallon, B. J., Fischer, R. L., et al. (1989). Characterization of the glycinin gene family in soybean. *The Plant Cell Online*, 1, 313–328.
49. Nishinari, K., Fang, Y., Nagano, T., Guo, S., & Wang, R. (2018). Soy as a food ingredient. In R. Yada (Ed.). *Proteins in food processing* (pp. 149–186).
50. Duxford, UK: Woodhead Publishing. OECD/FAO. (2019). *OECD-FAO agricultural outlook 2019-2028 (summary)*, organization for economic cooperation and development (OECD) and the food and agriculture organization (FAO) of the united nations. Paris, France: OECD Publishing <https://doi.org/10.1787/990badf8-en>.

51. New York: Academic Press, Inc. Percival, A. (2019). Your meat will soon come from algae (and it will be delicious). LIVEKINDLY. Accessed <https://www.livekindly.co/food-of-future-made-from-algae/>, Accessed date: 2 February 2020.
52. Puolanne, E., & Halonen, M. (2010). Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat Science*, 86, 151–165.
53. Samejima, K., Hashimoto, Y., Yasui, T., & Fukazawa, T. T. (1969). Heat gelling properties of myosin, actin, actomyosin and myosin-subunits in a saline model system. *Journal of Food Science*, 34, 242–245.
54. Sanchez-Sabate, R., & Sabate, J. (2019). Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1220.
55. Sandoval Murillo, J. L., Osen, R., Hiermaier, S., & Ganzenmüller, G. (2019). Towards understanding the mechanism of fibrous texture formation during high-moisture extrusion of meat substitutes. *Journal of Food Engineering*, 242, 8–20.
56. Schreuders, F. K. G., Dekkers, B. L., Bodnár, I., Erni, P., Boom, R. M., & van der Goot, A. J. (2019). Comparing structuring potential of pea and soy protein with gluten for meat analogue preparation. *Journal of Food Engineering*, 261, 32–39.
57. Souza Filho, P. F., Andersson, D., Ferreira, J. A., & Taherzadeh, M. J. (2019). Mycoprotein: Environmental impact and health aspects. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, 147.
58. Strasburg, G., & Xiong, Y. L. (2017). Physiology and chemistry of edible muscle tissues. In S. Damodaran, & K. Parkin (Eds.). *Food chemistry* (pp. 955–1016). (5th ed.). Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group.
59. Tuorila, H., & Hartmann, C. (2020). Consumer responses to novel and unfamiliar foods. *Current Opinion in Food Science*, 33, 1–8.

60. Tziva, M., Negro, S. O., Kalfagianni, A., & Hekkert, M. P. (2020). Understanding the protein transition: The rise of plant-based meat substitutes. *Environmental Innovation and societal transitions*.
61. UBS. (2019). Market news. Accessed <https://www.ubs.com/global/en/wealthmanagement/marketnews/home/article.1441202.html/>, Accessed date: 15 November 2019. ur Rahman, U., Sahar, A., Khan, M. I., & Nadeem, M. (2014). Production of heterocyclic aromatic amines in meat: Chemistry, health risks and inhibition. A review. *LWT-Food Science and Technology*, 59, 229–233.
62. USDA. (2019). United States department of agriculture, economic and research service. Accessed <https://www.ers.usda.gov/data-products/livestock-meat-domestic-data/>, Accessed date: 20 January 2020.
63. New York: Marcel Dekker Inc. van der Weele, C., Feindt, P., van der Goot, A. J., van Mierlo, B., & van Boekel, M. (2019). Meat alternatives: An integrative comparison. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 505–512.
64. Wang, T., Xu, P., Chen, Z., Zhou, X., & Wang, R. (2018). Alteration of the structure of rice proteins by their interaction with soy protein isolates to design novel protein composites. *Food & Function*, 9, 4282–4291.
65. Watson, J. (2019). Plant-based meat market to reach USD 30.92 Billion by 2026. Reports and Data. Accessed <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/10/14/1929284/0/en/Plant-based-Meat-Market-To-Reach-USD-30-92-Billion-By-2026-Reports-And-Data.html/>, Accessed date: 1 December 2019. Weinrich, R. (2019).
66. Opportunities for the adoption of health-based sustainable dietary patterns: A review on consumer research of meat substitutes. *Sustainability*, 11, 4028.
67. Wild, F., Czerny, M., Janssen, A. M., Kole, A. P., Zunabovic, M., & Domig, K. J. (2014). The evolution of a plant-based alternative to meat. From niche markets to widely accepted meat alternatives. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 25, 45–49.

68. Xiong, Y. L. (2017a). Structure-function relationships of muscle proteins. In S. Damodaran, & A. Paraf (Eds.). *Food proteins and their applications* (pp. 341–392). New York: Marcel Dekker Inc. <https://doi.org/10.1201/9780203755617>.
69. Xiong, Y. L. (2017b). Inhibition of hazardous compound formation in muscle foods by antioxidative phytochemicals. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1398, 37–46.
70. Xiong, Y. L. (2018). Muscle proteins. In R. Yada (Ed.). *Proteins in food processing* (pp. 127– 148). Duxford, UK: Woodhead Publishing.
71. Yaffe-Bellany, D. (2019). The new makers of plant-based meat? *The New York Times*. Accessed <https://www.nytimes.com/2019/10/14/business/the-new-makers-ofplant-based-meat-big-meat-companies.html/>, Accessed date: 31 January 2020.
72. Yi-Shen, Z., Shuai, S., & FitzGerald, R. (2018). Mung bean proteins and peptides: Nutritional, functional and bioactive properties. *Food & Nutrition Research*, 62, 1–11.
73. Yoruk, R., & Marshall, M. R. (2003). Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: A review. *Journal of Food Biochemistry*, 27, 361–422.
74. Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., & Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science & Technology*. Available online 23 January 2020.
75. E.A. Baldwin, J. Bai, A. Plotto, *Sensors* 11(5), 4744–4766 (2011).
76. A.V. Bannikova, I.A. Evdokimov, *Foods and Raw Materials* 3(2), 3-12 (2015).
77. N. Bibi, Z. Mehmood, A. Zeb, M. Khan, R.A. Anis, *Journal of Food Science and Engineering* 1, 56-61 (2011).
78. E. Casala, C. Matthys, S. Péter and others, *Trends in Food Science & Technology* 37(2), 152–161 (2014).
79. G.A. Dorn, T.V. Savenkova, O.S. Sidorova, O.V. Golub, *Foods and Raw Materials* 3(1), 70-76 (2015).

80. M. Elleuch, D. Bedigian, O. Roiseux, S. Besbes, C. Blecker, H. Attia, *Food Chemistry* 124(2), 411–421 (2011).
81. Ke-Ying Qian, *Structure-Function Relationship of Flaxseed Gum from Flaxseed Hulls* (The University of Guelph, Canada, 2014)
82. A.G. Khramtsov, I.A. Evdokimov, A.D. Lodygin, R.O. Budkevich, *Foods and Raw Materials* 2(1), 22-26 (2014).
83. L. Wenhao, Z. Fusheng, L. Peilin, B. Yunfei, G. Lin, S. Qun, *J. Food Eng.* 4, 388-393 (2011).
84. A.V. Moroni, S. Iametti, F. Bonomi, *Food Chem* (2010). 4, 1225-1230
85. O.N. Musina, P.A. Lisin, *Foods and Raw Materials*. (2015)3(2), 65-73.
86. N. Harri, L. Thibaul, *Nutrition Research Reviews* 23, 299 (2010).
87. A. Ronteltap, S.J. Sijtsema, H. Dagevos, M.A. Winter, *Appetite* 59(2), 333–340 (2012).
88. S. Shravani, *Journal of Food Science and Engineering* 2, 411-426 (2012).
89. L.V. Tereshchuk, K.V. Starovoitova, *Foods and Raw Materials* 1(2), 67-75 (2013)