

УДК 637.518

DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3990X-2025-37-1-62>

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ АНАЛОГІВ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

В.А. Стасенко, Н.Г. Гринченко, М.О. Янчева, В.О. Крилов

У статті надано результати аналітичних досліджень щодо сучасного стану та особливостей технологій виробництва аналогів м'ясопродуктів. Визначено, що рослинне та культивоване м'ясо мають потенціал, але й певні недоліки та перспективи для розвитку технологій. Визначено проблемні елементи для подальших досліджень.

Ключові слова: *аналог, м'ясопродукти, технології, рослинні білки.*

MODERN TECHNOLOGIES, CHALLENGES AND PROSPECTS FOR CREATING ANALOGUES OF MEAT PRODUCTS

V. Stasenko, N. Grynchenko, M. Yancheva, V. Krylov

The article presents the results of analytical research on the current state and features of technologies for the production of meat analogs.

The relevance and advantages of such products, including environmental sustainability, ethics, potential safety, variability of ingredients and flavor profiles, are noted. It is determined that vegetable and cultured meat have potential, but also certain disadvantages and prospects for technology development.

The key ingredients of meat product analogs and their functions in the technological system are characterized. It is determined that the key technological challenges in the production of meat analogues are the reproduction of the structure of native meat, its color, taste, aroma, and nutritional properties.

The problematic elements for further research are identified, in particular, the existing gap between analogs and real meat in terms of texture, color, taste, aroma, and nutritional properties. It is noted that mixing and blending of various plant materials to obtain functional properties is currently an actual practice. In this case, the emphasis should be on functionality for use in meat analogs, rather than on classical functionality such as purity and solubility. Another direction is to explore new protein sources and structuring technologies. Studying the interaction of components is also crucial for the development of meat analog technologies.

In terms of texture, an important area of research is the transformation of plant globular proteins into fibrillar structures, the use of dietary carbohydrates to increase the viscosity and pseudoplasticity of meat analogues, and the use of a fatty component of plant origin (solid, liquid oils or their blends) to form the structure.

It is also important to take into account the amino acid profiles of different protein sources and incorporate a variety of protein sources, implement appropriate

approaches to increase the nutritional value of meat analogues and reduce losses during production, take into account the problem of imitating meat flavor and aroma, which is to reproduce the complex flavor profile of meat, and achieve the appropriate meat color.

Keywords: analog, meat products, technology, vegetable proteins.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В умовах сучасних змін, що охоплюють глобальні продовольчі виклики, зростання населення, кліматичні загрози та зростання вимог до екологічної відповідальності харчових виробництв, особливої актуальності набуває необхідність пошуку та впровадження нових джерел білка. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є створення харчових продуктів, здатних функціонально й сенсорно замінювати традиційні м'ясні вироби.

Зростання чисельності населення, зміни клімату та етичні питання, пов'язані з тваринництвом, стимулюють інтерес до альтернатив м'ясу. Згідно з прогнозами, глобальний попит на м'ясо до 2050 року зросте на понад 70% [1–4]. Індустріальне тваринництво супроводжується високими викидами парникових газів, значним використанням води та кормів, що створює загрозу для довкілля [5]. Тому розробка альтернативних джерел білка є критично важливою.

Рослинні та культивовані (*in vitro*) м'ясні аналоги розглядаються як потенційно стійкі рішення цієї проблеми. На цьому підґрунті розвиваються два основні напрями: рослинне «м'ясо» (plant-based meat) і культивоване м'ясо (cultured meat), кожне з яких має свої технологічні й соціальні особливості. Альтернативи м'ясу пропонують нову модель: виробляти білкові продукти не через тварину, а через біохімічне та фізико-хімічне моделювання м'ясної структури. Перевагами такого рішення є екологічна сталість, етичність, потенційна безпечність (менше патогенів, антибіотиків), варіативність інгредієнтів і смакових профілів.

У контексті стрімкого розвитку біотехнологій, зокрема у сфері ферментативного формування текстур, трансформації білкових компонентів та застосування гідроколоїдних структуроутворювачів, виникає об'єктивна потреба у комплексному переосмисленні сучасних досягнень і наявних обмежень, що супроводжують створення альтернатив традиційним м'ясним продуктам. Однією з ключових перешкод для подальшого поступу цієї галузі є відсутність уніфікованої класифікації продуктів даного типу, фрагментарність нормативно-правового регулювання в різних країнах, а також нестабільність органолептичних характеристик при переході до промислового виробництва. У зв'язку з цим важливим завданням сучасної наукової

спільноти є систематизація наявних технологічних підходів, ідентифікація ключових бар'єрів, що стримують розвиток індустрії альтернативного білка, і формування бачення перспектив розробки високоякісних м'ясних аналогів, які можуть бути інтегровані в глобальні продовольчі ланцюги без втрати сенсорної та харчової цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх десяти років спостерігається помітне зростання інтересу наукової спільноти до тематики альтернатив м'ясним продуктам, зокрема на основі рослинної та біотехнологічної сировини. Провідні публікації у фахових виданнях засвідчують посилення дослідницького фокусу не лише на харчовій і функціональній цінності таких продуктів, а й на специфіці споживчого сприйняття, моделюванні смакових властивостей, текстури та відповідності структурним параметрам традиційного м'яса.

Розробка багатих на білок рослинних продуктів, які можуть замінити м'ясо в харчовому сенсі, вже традиційно досліджується у виробництві тофу, темпе, сейтану тощо. Останні дослідження та розробки аналогів м'яса зосереджені на виробництві екологічно чистих продуктів, які відтворюють традиційне м'ясо не лише з точки зору поживних властивостей, але й за всіма фізичними відчуттями, включаючи текстуру, зовнішній вигляд, запах та смак [6–9].

Рослинне м'ясо набуло популярності завдяки компаніям Beyond Meat [10] і Impossible Foods [11], які використовують технології текстурування білка через екструзію, використання гем-протеїнів з дріжджів для імітації крові (Impossible Foods), зв'язування структури завдяки метилцелюлозі або глютену.

Новітні підходи включають пошук та використання нових білкових джерел [12–15]: гриби (*Quorn – Fusarium venenatum*), водорості, мікрowodорості (спіруліна, хлорела), бактерії та ферментативні білки (precision fermentation).

Розширюються методи текстурування (екструзія, shear cell, біодрук) та функціоналізації інгредієнтів (емульгування, зв'язування води, гелеутворення). Дослідження також фокусуються на споживчих перевагах: гнучкі м'ясоїди («флекситаріанці») є основною цільовою аудиторією для рослинних бургерів і ковбасок [6].

Технологія культивованого м'яса є більш складною та створюється шляхом вирощування м'язових клітин (міобластів) у лабораторних умовах на спеціальних матрицях або в біореакторах із використанням клітинних ліній з м'язових стовбурових клітин [16, 17]. Компанії на кшталт Mosa Meat [18] та Eat Just [19] вже представили

готові зразки продуктів, але виробництво залишається дорогим і не масштабованим.

Обидва підходи – рослинне м'ясо та культивоване – мають потенціал для зниження викидів парникових газів, зменшення використання земельних і водних ресурсів та етичні переваги. Проте рослинне м'ясо вже присутнє на ринку та, маючи широку підтримку споживачів, потребує поліпшення смакових характеристик, функціональності інгредієнтів, має обмеження в смаку та текстурі, високу ступінь обробки, нестачу харчових компонентів, які притаманні традиційному м'ясу. Водночас культивоване м'ясо має високий потенціал, імітує м'ясо практично на 100%, але перебуває на етапі технологічного прориву та потребує значних інвестицій, технологічної оптимізації, вирішення нормативних та етичних питань [20].

На сьогоднішній день основними категоріями м'ясних аналогів є:

а) продукти емульсійного типу (Emulsion-type продукти), як-то рослинні сосиски та ковбаси, імітують структуру класичних м'ясних емульсій (Mortadella, Frankfurter тощо) [21]. Типовими інгредієнтами в них є соєвий білок, пшеничний глютен, крохмалі, метилцелюлоза, соняшникова та кокосова олія. Для утримання жиру використовують білки з високою емульсійною здатністю або олеосоми [22];

б) фаршеві продукти (бургери, котлети тощо), основу для яких складає TVP (Textured Vegetable Protein), що виробляється методом екструзії за низької вологості [23, 24] та надає продукту м'ясоподібну текстуру та утримує соковитість [25];

в) м'ясоподібні вироби – найскладніша категорія – вимагає створення волокнистої структури за допомогою екструзії за високої вологості або технології shear-cell [26, 27]. Досягнення структури справжнього м'яса вимагає суворого контролю водоутримуючих і гелеутворюючих властивостей білків [28].

Ці дослідження заклали підґрунтя для подальшого наукового аналізу сучасних викликів і пошуку технологічних рішень, що дозволять удосконалити розробку аналогів м'ясної продукції з урахуванням сенсорних, функціональних і нормативних параметрів.

Мета статті. Мета дослідження полягає у всебічному аналізі сучасного стану розвитку технологій виробництва рослинних та альтернативних аналогів м'ясних продуктів, з акцентом на виявлення ключових технологічних особливостей, проблемних елементів та складнощів реалізації інноваційних підходів, а також систематизацію існуючих наукових і практичних рішень щодо вдосконалення рецептурного складу, структуроутворення, органолептичних параметрів та поживної цінності.

Відповідно до мети дослідження сформульовано наступні завдання:

- проаналізувати наукові джерела та публікації щодо сучасних тенденцій у виробництві рослинних та біотехнологічних аналогів м'ясних продуктів;
- охарактеризувати різновиди аналогів м'яса, їх функціональну, поживну та органолептичну цінність з урахуванням типів білкової сировини (соєва, горохова, пшенична, мікробна тощо);
- дослідити технологічні процеси, що використовуються у виробництві аналогів м'ясопродуктів, зокрема: екструзію, ферментацію, структуроутворення за допомогою гідроколідів, використання дріжджових екстрактів, ферментів та ароматичних компонентів;
- визначити технологічні та рецептурні проблеми, що виникають при масштабуванні виробництва аналогів м'яса, включаючи труднощі в імітації текстури, кольору, смаку, збереженні стабільності під час термообробки;
- оцінити потенціал інноваційних підходів (3D-друк, клітинне м'ясо, білки з комах або водоростей) у подальшому розвитку сегменту альтернативних м'ясопродуктів;
- визначити перспективи розвитку технологій та формулювати рекомендації щодо покращення якості, безпечності та органолептичних властивостей м'ясних аналогів з урахуванням споживчих очікувань і запитів ринку.

Матеріали та методи. Матеріали, використані у цьому дослідженні, охоплюють широкий спектр джерел як теоретичного, так і прикладного характеру. Основу аналітичної бази становили рецензовані наукові статті з вітчизняних та міжнародних фахових видань, у яких розглядаються питання розробки, структурно-функціонального проектування та органолептичної оцінки альтернативних м'ясних продуктів рослинного походження. Додатково було залучено матеріали монографічного характеру, тези наукових конференцій, методичні публікації, а також оглядові звіти провідних інституцій, що спеціалізуються на дослідженнях у сфері харчових технологій та нутриціології.

Особливу увагу приділено вивченню нормативно-правової документації, яка регулює вимоги до складу, безпечності, маркування та класифікації білковмісних продуктів відповідно до міжнародних та національних стандартів (зокрема Codex Alimentarius, ISO 23662:2021, Регламент ЄС № 1169/2011, а також чинне українське законодавство у сфері харчової безпеки).

Також було опрацьовано галузеву аналітику, що надається профільними дослідницькими агентствами (такими як Mintel, Innova Market Insights, GFI, FRI), з метою аналізу динаміки ринку, трендів споживання та інновацій у продуктовому портфелі провідних виробників. Зібрано й проаналізовано зразки рецептур, що застосовуються у виробництві рослинних м'ясних аналогів (у тому числі брендів Beyond Meat, Impossible Foods, Garden Gourmet, Eat Me At, Green Go), з акцентом на використанні білкових ізолятів, текстуратів, ароматизаторів природного походження та гідроколоїдів.

Окрему групу джерел становили внутрішньогалузеві технічні матеріали, а також патентна документація, доступна через бази WIPO, Espacenet і Google Patents, що дала змогу простежити еволюцію технологічних рішень у сфері білкового текстування, та формування ароматичних профілів.

Під час виконання дослідження було використано сукупність загальнонаукових і спеціалізованих методологічних підходів, які забезпечили глибоке вивчення поточного стану, напрямів еволюції та потенціалу розвитку технологій зі створення альтернатив м'ясним продуктам.

Ключовим аналітичним інструментом виступив метод системного опрацювання літературних джерел, що дозволив узагальнити напрацювання науковців, проаналізувати відмінності між існуючими технологічними концепціями та критично осмислити основні напрями моделювання текстури, складу та органолептичних характеристик альтернативних м'ясних продуктів.

У межах пошукового аналізу було зібрано й опрацьовано актуальні джерела наукового, нормативного та аналітичного характеру – зокрема, сучасні публікації у фахових виданнях, регламентуючі документи міжнародного рівня, маркетингові звіти та приклади індустріальних практик.

Застосування логіко-теоретичного підходу дало змогу структурувати понятійний апарат, класифікувати типові підходи до рецептурного та функціонального проектування продуктів, а також проаналізувати кореляції між технологічними параметрами, використаними білковими матрицями та очікуваними органолептичними результатами.

Обрана методологічна база дозволила сформувати міждисциплінарне бачення проблематики, узагальнити наявні наукові доробки та виявити основні вектори, які потребують подальших досліджень і практичної апробації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як правило, в аналогах м'ясопродуктів окрім рослинних білків, як основної сировини, використовують вода, жир, полісахариди, ароматизатори, барвники тощо (табл. 1).

Таблиця 1

Ключові інгредієнти та їх функціональність

Категорія	Приклади	Функції
Білкові речовини	Соя, горох, пшениця, нут тощо	Структура, емульгування, гелеутворення, забезпечення в'язкість
Жирові компоненти	тверді (кокосова, пальмова олія) рідкі (соняшникова, ріпакова) імітація тваринного жиру (емульговані структури та олеосоми)	Забезпечення соковитості
Загущувачі, модифікатори текстури	Метилцелюлоза, карагінан, модифіковані крохмалі, глютен	Досягнення структурної стабільності, еластичності, забезпечення вологоутримання
Ароматизатори, смакові модифікатори	Дріжджові екстракти, димові екстракти, нуклеотиди, технологічні ароматизатори	Формування смаку умами, кокумі, м'ясного аромату
Барвники	Екстракти буряку, паприки, ферментовані барвники	Формування відповідного кольору

Хоча вибір рослинних білкових інгредієнтів є відправною точкою для розробки аналогів, фактичний вибір часто продиктований доступністю білка, врожайністю культур і потенціалом вилучення білка.

Соя, горох, пшениця, глютен – поки що основні інгредієнти, які зустрічаються в комерційних м'ясних аналогах. Ці інгредієнти об'єднує те, що вони широко доступні є побічними продуктами вже налагоджених ліній з виробництва продуктів харчування/інгредієнтів,

що супроводжується. Нові культури можуть бути використані для розробки процесів фракціонування, спрямованих на виробництво м'ясних аналогів, для яких включення небілкових компонентів може бути прийнятним, що призведе до скорочення потоку побічних продуктів. Це означає, що з'являється більше можливостей для покращення функціональності та використання ресурсів. Крім того, спостерігається також тенденція до іншого використання класичних джерел білка – менше уваги приділяється чистоті, а більше – функціональності.

Ключовими технологічними викликами в технологіях виробництва аналогів м'ясопродуктів є відтворення структури нативного м'яса, його кольору, смаку, аромату, поживних властивостей.

З точки зору текстури, важливим напрямком досліджень є трансформація рослинних глобулярних білків у фібрилярні структури. Для цього можливе використання комбінації рослинних білків разом з жирами, нерозчинними волокнами та іншими інгредієнтами.

Важливим процесом для перетворення рослинних білків у волокнисті структури для подальшої переробки в альтернативні м'ясні продукти є технологія екструзії. Існують наступні технології структурування білків:

- екструзія за низької вологості (Low-moisture extrusion): створює TVP (textured vegetable protein), що імітує фарш;
- екструзія за високої вологості (High-moisture extrusion): дає волокнисту структуру, наближену до філе;
- Shear-cell технологія: шарування білків для створення «м'язових» волокон.

У процесах високовологісної екструзії альтернативної білкової сировини перспективним напрямом є використання ферментативного зшивання білків, зокрема за допомогою трансглютамінази, яка каталізує утворення ковалентних зв'язків між білковими молекулами. Цей підхід дозволяє покращити структурно-механічні характеристики екстродованих систем, сприяючи формуванню більш щільної, еластичної та волокнистої текстури, що наближає органолептичні властивості рослинних продуктів до характеристик традиційного м'яса. Результати попередніх досліджень [29] свідчать про позитивний вплив додавання трансглютамінази до рецептурного складу на стабільність та однорідність структури екструдату, а також на його текстурну щільність і жувальні властивості, що має суттєве значення для підвищення споживчої привабливості м'ясних аналогів.

Одним із інноваційних напрямів у створенні альтернатив м'ясної продукції є застосування технології тривимірного (3D) друку, яка дозволяє відтворювати морфологічну структуру м'язової тканини шляхом контрольованого пошарового формування волокон із білковмісної пастоподібної маси. Такий підхід забезпечує високий рівень варіативності текстурних параметрів та дає змогу моделювати як фізичну форму, так і структурну ієрархію продукту. При цьому 3D-друк дозволяє точно дозувати компоненти, створювати зональну диференціацію щільності або кольору матеріалу, імітуючи, наприклад, м'ясні та жирові фракції у готовому виробі [30].

Використання цієї технології має значний потенціал для розширення асортименту персоналізованих харчових продуктів, оскільки дозволяє враховувати як технологічні, так і нутриціологічні аспекти, включаючи вміст білка, жиру, мікроелементів і функціональних добавок. Зважаючи на високий ступінь контролю над архітектонікою структури, технологія 3D-друку поступово інтегрується у галузі альтернативних білків як платформа для біоінженерного формування м'ясоподібних виробів нового покоління [31, 32].

Для підвищення в'язкості та псевдопластичності аналогів м'яса використовуються харчові вуглеводи. Додавання метилцелюлози, волокон з цитрусових сприяє утворенню однорідного гелю та зв'язувати воду під час приготування, що призводить до покращення текстурного сприйняття.

Одним з напрямів формування структури м'ясних аналогів є використання жирової складової рослинного походження. Для цього перспективним є використання структурованих емульсій, олеогелів, що призводить до зміни показників твердості та модифікації притаманних рослинній рідкій олії ароматів.

У процесі розробки рецептур альтернативної м'ясної продукції особливу увагу слід приділяти балансуванню амінокислотного складу, що є ключовим фактором нутриціологічної повноцінності кінцевого продукту. Оскільки окремі джерела рослинного білка – зокрема бобові чи злакові культури – мають обмежувальні амінокислоти (наприклад, дефіцит лізину в пшениці або метіоніну в сої), доцільним є поєднання різних типів білкової сировини з комплементарним амінокислотним профілем. Такий підхід дозволяє досягти оптимального співвідношення незамінних амінокислот, необхідних для задоволення фізіологічних потреб організму людини відповідно до рекомендацій FAO/WHO.

Наприклад, комбінація соєвого білка з пшеничним забезпечує взаємне доповнення амінокислотного складу, що покращує загальний індекс біологічної цінності. Урахування цих аспектів на етапі

рецептурного проєктування дозволяє створювати альтернативи м'ясним продуктам, які не лише відтворюють текстурні та сенсорні характеристики тваринного м'яса, а й є повноцінними джерелами білка для різних груп споживачів, зокрема для веганів, вегетаріанців, спортсменів та людей з підвищеними харчовими потребами [33, 34].

Враховуючи поживні відмінності між рослинним і тваринним білком, необхідно впроваджувати відповідні підходи для підвищення поживної цінності аналогів м'яса та зменшення втрат під час виробництва [35–37], а саме:

- підвищення вмісту вітамінів та мінералів для оптимізації інгредієнтів та підвищення поживної цінності;

- збільшення швидкості відновлення поживних сполук у процесі переробки (використання фільтрації або центрифугування);

- збереження поживних властивостей (наприклад, за рахунок використання обробки під високим тиском, нагрівання в мікрохвильовій печі);

- інгібування або зменшення антипоживних факторів, які можна вирішити шляхом замочування, варіння або ферментації.

Важливо враховувати, що перетравлюваність дещо нижча у рослинних білків, проте ферментація та термічна обробка покращують ці властивості.

Важливою є проблема імітації м'ясного смаку та аромату, яка полягає у відтворенні складного смакового профілю м'яса, який включає реакцію Майяра, наявність певних амінокислот і жирів. Виробники аналогів м'ясопродуктів використовують сполуки умами (глутамат, інозинат і гуанілат), можуть використовуватися деякі попередники смаку, такі як редукуючі цукри, амінокислоти, ароматичні нуклеотиди, дріжджовий екстракт тощо [38].

Слід враховувати, що білкові матеріали на рослинній основі (зокрема, бобові) мають небажані присмаки, такі як бобовий, гіркий, трав'янистий, що важко сприймається споживачами. Існує два основних методи видалення або зменшення небажаного смаку: використанні модифікації білка контрольованою ферментацією або технологія маскування запаху – додавання приправ та натуральних спецій.

Щоб досягти відповідного м'ясного кольору виробники досліджують методи відтворення та імітації міоглобіну та гемоглобіну [39]. Це може бути складним завданням, оскільки рослинні інгредієнти в природі не містять цих сполук, а знайти відповідні замітники складно.

Виробники та науковці намагаються відтворити цей ефект, моделюючи структурно-функціональні аналоги гему або

використовуючи альтернативні підходи до створення візуально подібного ефекту. Одним із найпоширеніших рішень є застосування харчових барвників як природного, так і синтетичного походження, зокрема екстрактів буряка, граната, аннато, карамелізованих цукрів, каротиноїдів, антоціанів та залізовмісних комплексів. Ці барвники можуть вводитися на різних етапах виробництва для регулювання забарвлення як зовнішньої поверхні продукту, так і внутрішньої частини після термічної обробки.

Проте відтворення кольору не є лише візуальним завданням – воно тісно пов'язане зі споживчим сприйняттям автентичності, свіжості та якості продукту, а також із стабільністю кольору під час зберігання. У зв'язку з цим актуальними залишаються дослідження щодо розробки стабільних, термостійких і безпечних барвників, які б максимально наближалися до дії натурального міоглобіну, а також щодо інженерії білків, зокрема створення гемових структур з використанням дріжджів (як у випадку з леоглобіном компанії Impossible Foods).

Вода в м'ясних аналогах виконує кілька функцій. Вона діє як гідратаційне середовище для різних сухих інгредієнтів, а також як пластифікатор і реакційний агент під час переробки. Під час екструзійної обробки вода визначає в'язкість розплаву, бере участь у хімічних реакціях (починаючи з індукції конформаційних змін у білку), впливає на тертя і діє як середовище для передачі енергії (теплової та механічної).

У результаті проведеного аналізу можна стверджувати, що технології створення рослинних та інших альтернатив м'ясній продукції демонструють стрімкий розвиток і мають значний потенціал для подальшого впровадження у глобальні продовольчі системи. Комплексність поставленого завдання – від відтворення текстурно-структурних параметрів до забезпечення нутриціологічної цінності й сенсорної автентичності – потребує системного міждисциплінарного підходу та активної співпраці науки, промисловості й регуляторних органів.

У подальших дослідженнях доцільним є акцентувати увагу на формуванні збалансованих білкових матриць з оптимальним амінокислотним профілем, підвищенні біодоступності поживних речовин, а також на розробці стабільних кольорових і смакових рішень, що максимально наближатимуть альтернативи до характеристик традиційного м'яса. Важливим напрямом залишається і створення єдиної термінологічної та класифікаційної системи для регулювання та позиціонування цих продуктів на ринку.

Висновки. Найближче десятиліття стане вирішальним для масштабування інновацій та формування нового підходу до харчування

у глобальному масштабі. На сьогоднішній день все ще існує великий розрив між аналогами та справжнім м'ясом з точки зору текстури, кольору, смаку, аромату та поживних властивостей.

Проблеми у процесах структурування оптимізуються на основі інгредієнтів, які спочатку не були розроблені для застосування в аналогах м'яса. Тому змішування та купажування різних рослинних матеріалів для отримання функціональних властивостей наразі є актуальною практикою. У цьому випадку акцент треба робити на функціональності для використання в м'ясних аналогах, а не на класичній функціональності, такій як чистота і розчинність. Іншим напрямом є дослідження нових джерел білка та технологій структурування. Вивчення взаємодії компонентів також має вирішальне значення для розвитку технологій аналогів м'ясопродуктів.

Список джерел інформації / References

1. Specht L. Meat by the Molecule: Making Meat with Plants and Cells. The Good Food Institute, 2018.
2. Szejda K., Urbanovich T., Wilks M. Accelerating Consumer Adoption of Plant-Based Meat: An Evidence-Based Guide for Effective Practice. – February 2020. – URL: <https://www.gfi.org/images/uploads/2020/02/NO-HYPERLINKEDREFERENCES-FINAL-COMBINED-accelerating-consumer-adoption-of-plant-based-meat.pdf>
3. Kyriakopoulou K., Keppler J.K., van der Goot A.J., Boom R.M. Alternatives to Meat and Dairy // Annual Review of Food Science and Technology. 2021. Vol. 12.
4. Niva M., Vainio A., Jallinoja P. Barriers to Increasing Plant Protein Consumption in Western Populations // In: Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention. Amsterdam: Elsevier, 2017. P. 157–171.
5. Day L. Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security // Trends in Food Science & Technology. 2013. Vol. 32. P. 25–42. DOI: 10.1016/j.tifs.2013.05.005
6. Kyriakopoulou K., Keppler J.K., van der Goot A.J. Functionality of Ingredients and Additives in Plant-Based Meat Analogues // Foods. 2021. Vol. 10, No. 3. P. 600. DOI: 10.3390/foods10030600
7. Kyriakopoulou K., Dekkers B., van der Goot A.J. Plant-Based Meat Analogues // In: Sustainable Meat Production and Processing. – Amsterdam: Elsevier, 2019. P. 103–126.
8. Corrin T., Papadopoulos A. Understanding the attitudes and perceptions of vegetarian and plant-based diets to shape future health promotion programs // Appetite. 2017. Vol. 109. P. 40–47.
9. Hoek A.C., Luning P.A., Weijzen P., Engels W., Kok F.J., De Graaf C. Replacement of meat by meat substitutes: A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance // Appetite. 2011. Vol. 56. – P. 662–673.
10. Beyond Meat. – URL: <https://www.beyondmeat.com/en-GB/>

11. Impossible Foods. – URL: <https://impossiblefoods.com/>
12. Liu X. et al. Challenges, process technologies, and potential synthetic biology opportunities for plant-based meat production // *LWT - Food Science and Technology*. 2023. Vol. 184. Article No. 115109. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115109
13. Kamani M.H., Meera M.S., Bhaskar N., Modi V.K. Partial and total replacement of meat by plant-based proteins in chicken sausage: Evaluation of mechanical, physico-chemical and sensory characteristics // *Journal of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 56. P. 2660–2669.
14. Stanojevic S.P., Barać M.B., Pešić M.B., Vucelic-Radovic B.V. Protein composition and textural properties of inulin-enriched tofu produced by hydrothermal process // *LWT*. 2020. Vol. 126. Article. No. 109309.
15. Day L. Wheat gluten: Production, properties and application // In: *Handbook of Food Proteins*. Amsterdam: Elsevier, 2011. P. 267–288.
16. Mateti T. et al. Artificial Meat Industry: Production Methodology, Challenges, and Future // *JOM*. 2022. Vol. 74, No. 9. P. 3428–3434. DOI: 10.1007/s11837-022-05316-x
17. Specht L., Welch D. R., Rees Clayton E. Cultivated meat for a growing population: overview and potential // *Current Developments in Nutrition*. 2021. Vol. 5, Suppl. 2. P. 1404–1411.
18. Mosa Meat. – URL: <https://mosameat.com/>
19. Eat Just, Inc. – URL: <https://www.ju.st/>
20. Lee S.Y. et al. Current technologies, regulation, and future perspective of animal product analogs // *Animal Bioscience*. 2023. Vol. 36, No. 10. P. 1465–1487. DOI: 10.5713/ab.23.0029
21. Weiss J., Gibis M., Schuh V., Salminen H. Microstructure and texture of emulsified meat products // *Meat Science*. 2010. Vol. 86, No. 1. P. 50–59.
22. Nikiforidis C.V., Matsakidou A., Kiosseoglou V. Oleosome-based structures in plant foods // *Food Chemistry*. 2013. Vol. 141, No. 3. P. 2330–2336.
23. Palanisamy M., Töpfl S., Aganovic K., Grauwet T., Van Loey A., Hendrickx M. Low moisture extrusion cooking of meat analogues // *Journal of Food Engineering*. 2018. Vol. 239. P. 1–10.
24. Osen R., Toelstede S., Wild F., Eisner P., Schweiggert-Weisz U. High-moisture extrusion: Meat analogues // *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 128. P. 488–496.
25. Nikiforidis C.V., Scholten E. Emulsion gels for meat analogues // *Food Hydrocolloids*. 2014. Vol. 40. P. 70–79.
26. Dekkers B.L., Boom R.M., van der Goot A.J. Structuring processes for meat analogues // *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 81. P. 25–36.
27. Grabowska K.J., Tekidou S., Boom R.M., van der Goot A.J. Shear cell technology for producing meat analogues // *Journal of Food Engineering*. 2016. Vol. 169. P. 1–10.
28. Dekkers B.L., Nikiforidis C.V., Goot A.J. van der. Fiber formation and cross-linking mechanisms in meat analogue structuring // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2021. Vol. 67. Article No. 102550.
29. Zhang J., Chen Q., Liu L., Zhang Y., He N., Wang Q. High-moisture extrusion process of transglutaminase-modified peanut protein: Effect of transglutaminase on the

mechanics of the process forming a fibrous structure // *Food Hydrocolloids*. 2021. Vol. 112. Article No. 106346. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106346

30. Dong H., Wang P., Yang Z., Xu X. 3D printing based on meat materials: Challenges and opportunities // *Current Research in Food Science*. 2023. Vol. 6. – Article No. 100423. – DOI: 10.1016/j.crf.2023.100423

31. Bae H., Lee W., Cho Y., Choi Y. 3D-printed steak brings lab-grown meat closer to the dinner table // *Advanced Science News*. 2022. URL: <https://www.advancedsciencenews.com/3d-printed-steak-brings-lab-grown-meat-closer-to-the-dinner-table>

32. Gemede H. F., Ratta N. Antinutritional Factors in Plant Foods: Potential Health Benefits and Adverse Effects // *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2014. Vol. 3, No. 4. P. 284–289. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20140304.18

33. Herreman L., Nommensen P., Pennings B., Laus M. Plant-Based Proteins: Sources, Processing, and Functionality // *Current Developments in Nutrition*. 2020. Vol. 4, No. 10. P. 1–10. DOI: 10.1093/cdn/nzaa078

34. Boye J., Wijesinha-Bettoni R., Burlingame B. Protein Quality Evaluation Twenty Years after the Introduction of the Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS) // *British Journal of Nutrition*. 2012. Vol. 108, Suppl. 2. P. S183–S211. DOI: 10.1017/S0007114512002305

35. Kumar V., Sinha A. K., Makkar H. P. S., Becker K. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020. Vol. 2. Article No. 6. DOI: 10.1186/s43014-020-0006-5

36. Tachie C., Nwachukwu I. D., Aryee A. N. A. Trends and innovations in the formulation of plant-based foods // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2023. Vol. 5. Article No. 16. DOI: 10.1186/s43014-023-00129-0

37. Prasad R., et al. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020. Vol. 2. Article No. 20. DOI: 10.1186/s43014-020-0020-5.

38. Li X., Li J. The Flavor of Plant-Based Meat Analogues // *Cereal Foods World*. 2020. Vol. 65, No. 4. P. 40–45. DOI: 10.1094/CFW-65-4-0040

39. Devaere J., De Winne A., Dewulf L., Fraeye I., Šoljić I., Lauwers E., de Jong A., Sanctorem H. Improving the Aromatic Profile of Plant-Based Meat Alternatives: Effect of Myoglobin Addition on Volatiles // *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 13. Article No. 1985. DOI: 10.3390/foods11131985

Стасенко Владислав Андрійович, здобувач PhD кафедри технології м'яса Державного біотехнологічного університету, stas.vladlenko@gmail.com.

Stasenko Vladyslav, PhD candidate, Department of Meat Technology, State Biotechnological University, stas.vladlenko@gmail.com.

Гринченко Наталя Геннадіївна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри технології м'яса Державного біотехнологічного університету, tatagrln1201@gmail.com.

Hrynchenko Natalia., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, tatagrin1201@gmail.com.

Янчева Марина Олександрівна, д-р техн. наук, професор, професор кафедри технології м'яса Державного біотехнологічного університету, ya.marinal1@gmail.com.

Yancheva Maryna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Meat Technology, State Biotechnological University, ya.marinal1@gmail.com.

Крилов Владислав Олександрович, магістр зі спеціальності «Харчові технології» (ОПП «Технології харчових продуктів тваринного походження») Державного біотехнологічного університету, vianastasia23@gmail.com.

Krylov Vladislav, Master in Food Technology (Specialized Program «Technology of Food Products of Animal Origin»), State Biotechnological University, vianastasia23@gmail.com.

УДК 664.68

DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3990X-2025-37-1-76>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАТОНЧИКІВ НА ОСНОВІ ДІЄТИЧНОЇ ЗАЛІЗОВМІСНОЇ ДОБАВКИ

І.В. Цихановська, В.В. Євлаш, Т.А. Лазарсва, А.А. Гладкоскок

Висвітлено актуальність використання дієтичної залізовмісної добавки тваринного походження для розроблення енергетичних батончиків з антианемічними властивостями. Досліджено вплив добавки на фізико-хімічні, сенсорні та мікробіологічні характеристики батончиків. Установлено оптимальний вміст добавки (3%), що сприяє підвищенню харчової цінності, покращенню текстури та стабільності продукту під час зберігання. Отримані дані підтверджують доцільність використання розроблених батончиків для профілактики залізодефіцитної анемії.

Ключові слова: енергетичні батончики, антианемічні властивості, дієтична добавка, фізико-хімічні характеристики, сенсорний аналіз, мікробіологічні показники.