

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КУЛАКОВА ЛЮДМИЛА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 637.524:631.8.022.3:582.261.2

**ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕНИХ КОВБАС
З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ ДОБАВОК
НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ**

181 «Харчові технології»

18 «Виробництво та технології»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело _____ Людмила КУЛАКОВА

Науковий керівник:

СЛИВА Юлія Володимирівна,
кандидат технічних наук, доцент

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Кулакова Л. В. Удосконалення технології варених ковбас з використанням біологічно-активних добавок на основі морських водоростей. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2025.

У сучасних умовах глобалізації та зростання інтересу до здорового способу життя забезпечення населення безпечною, якісною та поживною їжею стає одним із ключових пріоритетів суспільства. Рациональне харчування розглядається не лише як основа фізіологічного добробуту людини, а й як важливий фактор профілактики захворювань і продовження тривалості життя. З огляду на це харчова промисловість активно орієнтується на розробку та вдосконалення продуктів із підвищеною харчовою та енергетичною цінністю, що відповідають вимогам сучасного споживача.

Одним із перспективних напрямів розвитку галузі є виробництво варених ковбас, які поєднують у собі високі органолептичні показники, зручність у споживанні та оптимальний поживний склад. Варені ковбаси є прикладом м'ясних продуктів широкого вжитку, здатних задовольнити потреби різних груп населення завдяки їх універсальності, доступності та відповідності сучасним принципам харчування. Інноваційні підходи до розробки рецептур варених ковбас, зокрема із використанням функціональних інгредієнтів, біологічно активних добавок і технологій зниження вмісту шкідливих компонентів (насичених жирів, солі, штучних добавок), відкривають нові можливості для створення продукції з покращеними ознаками безпечності та користі для здоров'я. У зв'язку з цим зростає інтерес до використання нетрадиційних інгредієнтів рослинного та морського походження в технологіях виготовлення традиційної м'ясної продукції.

Морські водорості, зокрема *Chlorella*, є джерелом білків, незамінних амінокислот, вітамінів, мінералів, харчових волокон і біологічно активних сполук з антиоксидантними і детоксикаційними властивостями, що обумовлює доцільність їх застосування як функціонального компонента. Збагачення рецептури варених ковбас морськими водоростями (*Chlorella*) в поєднанні з рослинними оліями (лляною) може суттєво покращити харчову та біологічну цінність готового продукту, збалансувати жирнокислотний склад і надати йому функціональних властивостей. Впровадження таких інгредієнтів потребує всебічного дослідження їх впливу на структурно-механічні, фізико-хімічні, технологічні й органолептичні характеристики варених ковбас, а також розробки науково обґрунтованої технології їх виробництва.

Комплекс наукових досліджень було реалізовано в межах чотирьох послідовних етапів, кожен з яких мав важливе значення для формування обґрунтованої технологічної концепції використання морських водоростей у виробництві варених ковбас.

На першому етапі здійснено аналітичне опрацювання наукових джерел, нормативної документації та сучасних тенденцій у галузі функціонального харчування, що дозволило обґрунтувати доцільність використання морських водоростей як джерела біологічно активних речовин, харчових волокон і мінеральних елементів у рецептурах м'ясної продукції. Особлива увага приділялася вивченню їх впливу на органолептичні, технологічні та харчові характеристики продуктів.

Другий етап охоплював організаційно-методичну підготовку та безпосереднє проведення експериментальних досліджень, включно з розробкою рецептур, вибором параметрів досліду і визначенням критеріїв оцінювання якості.

На третьому етапі були досліджені основні технологічні властивості сировини та готової продукції. Проводилася оцінка впливу додавання водоростей на фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні та

органолептичні показники варених ковбас, а також їхню стабільність під час зберігання.

Четвертий етап був присвячений науково-практичному обґрунтуванню доцільності використання *Chlorella* у виробництві варених ковбас, а також удосконаленню технологічного процесу з урахуванням отриманих результатів. Розроблено рекомендації щодо оптимальних дозувань, способів підготовки водоростей до використання та режимів технологічної обробки для забезпечення високої якості та безпечності кінцевого продукту.

Основними завданнями, поставленими у дисертації, були: проведення аналітичного огляду, систематизація та оцінка перспективи використання морських водоростей у рецептурах варених ковбас; експериментально обґрунтувати рецептуру варених ковбас, збагачених *Chlorella* та рослинними оліями; дослідити вплив *Chlorella* на технологічні параметри, харчову та біологічну цінність готового продукту; встановити якісні показники варених ковбас за допомогою методів математичного моделювання, використовуючи двобічне оцінювання факторного простору; здійснити економічне обґрунтування та впровадження удосконаленої технології у виробничі умови.

Під час реалізації досліджень автором використано методи планування експерименту та статистичного оброблення даних, органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні методи та методи математичного моделювання.

На основі результатів проведених аналітичних досліджень було обґрунтовано вибір свинини як основного виду м'ясної сировини для виготовлення варених ковбас. У межах дослідження проведено всебічне оцінювання фізико-хімічних, мікробіологічних і органолептичних характеристик свинини. Отримані результати свідчать про те, що свинина характеризується високим вмістом біологічно повноцінних білків, які містять усі незамінні амінокислоти, необхідні для нормального функціонування організму людини. Крім того, у складі свинини виявлено значну кількість

макро- і мікроелементів, що мають важливе значення для підтримання обміну речовин і загального стану здоров'я.

Як додаткову сировину використано *Chlorella*, з вмістом білків (60 %), жирів (5 %), вуглеводів (20 %), мінеральних речовин (15 %), та лляну олію, що характеризується високим вмістом незамінної омега-3 жирної кислоти (ліноленової – 53 г/100 г), помірним вмістом омега-6 (лінолевої – 13 г/100 г) та меншою кількістю мононенасичених жирів (олеїнової – 21 г/100 г).

Експериментально обґрунтовано удосконалення рецептури варених ковбас з використанням *Chlorella* та лляної олії. Доведено високі органолептичні властивості, збалансований фізико-хімічний склад і харчову цінність готового продукту. Встановлено покращений жирнокислотний склад варених ковбас: вміст насичених жирних кислот – 27,59 %, вміст ненасичених жирних кислот – 72,41 %, відношення омега-6 до омега-3 – 7,14 %.

За результатами мікробіологічних досліджень (БГКП, КМАФАнМ, *S.aureus*, *Salmonella*, *E.coli*, дріжджів), визначення кислотного та пероксидного числа автором встановлено термін зберігання варених ковбас – до 10 діб.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в теоретично-експериментальному обґрунтуванні удосконалення технології варених ковбас за допомогою додавання морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної) задля покращення поживних властивостей (209,5 ккал на 100 г) і біологічної цінності (ненасичені жирні кислоти – не менше 70 %, насичені жирні кислоти – не більше 30 %) готового продукту.

Вперше обґрунтовано та доведено доцільність використання *Chlorella* і лляної олії у виробництві варених ковбас для отримання високоякісного готового продукту (вміст білка 17,50 %) з низьким вмістом жиру (19,28 %), поліпшеним складом жирних кислот (сума насичених жирних кислот на рівні 27,59 % та ненасичених жирних кислот на рівні 72,41 %), повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту, нормованим вмістом солі (1,4 %) і задовільними функціонально-технологічними характеристиками.

Вперше застосовано методи математичного моделювання для оцінювання якості варених ковбас. Доведено, що найбільш якісний факторний простір виявився у зразка вареної ковбаси, що містить у своєму складі *Chlorella* та лляну олію, перевищуючи цей показник для контрольного зразка на 17 %.

Практичне значення отриманих результатів дисертації полягає в удосконаленні та впровадженні у виробництво технології варених ковбас, збагачених *Chlorella* та лляною олією, повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту. Доведено, що виготовлена за удосконаленою технологією варена ковбаса за розробленою автором рецептурою може зберігатися без ознак мікробіологічного псування до 10 діб за температури 0 – 8 °C у поліамідній оболонці.

За результатами дисертації автором розроблено технологічну схему та нормативну документацію для впровадження удосконаленої технології у виробництво СФГ «Колос». Впровадження результатів дослідження відбувалося відповідно до розроблених автором «ТІ до ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Технологічна інструкція з виробництва варених ковбас з хлорелою. Куликівка. 2025». Контроль відповідності готового продукту нормативним вимогам у виробничих умовах здійснювали згідно з розробленим автором «ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Ковбаса варена з хлорелою. Технічні умови. Куликівка, 2025»

Доцільність використання удосконаленої технології у харчовій промисловості підтверджено економічним обґрунтуванням результатів впровадження в умовах СФГ «Колос».

Дослідження тривали з 2021 по 2025 рік в умовах науково-дослідних лабораторій Національного університету біоресурсів і природокористування України, Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України, СФГ «Колос».

Загалом дисертація присвячена вирішенню актуальних завдань сучасної харчової промисловості за допомогою удосконалення технології виробництва

варених ковбас. Основна увага приділяється підвищенню якості, безпечності та харчової цінності готової продукції, що відповідає сучасним вимогам до функціональних харчових продуктів.

У дослідженні представлено інноваційний підхід до створення варених ковбас із використанням морських водоростей як нетрадиційного, проте перспективного інгредієнта. Такий підхід дозволяє не лише збагатити продукт біологічно активними речовинами, мінералами, а й знизити собівартість виробництва, підвищити його рентабельність та екологічність.

Результати, отримані під час проведення наукового дослідження, підтверджують доцільність використання морських водоростей у технологічному процесі виготовлення варених ковбас і відкривають широкі можливості для їхнього практичного застосування. Крім того, вони створюють основу для подальших наукових розробок у м'ясопереробній галузі, сприяючи розвитку інноваційних підходів у створенні продуктів з підвищеною функціональною цінністю.

Ключові слова: варені ковбаси, м'ясна сировина, морські водорості, рослинні олії, жирнокислотний склад, фізико-хімічні показники, структурно-механічні властивості, технологія виробництва, термін зберігання, кислотне число, пероксидне число, безпечність, біологічна цінність, харчова цінність, рентабельність.

ANNOTATION

Kulakova L. V. Improving the technology of boiled sausages using biologically active additives based on seaweed. Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the speciality 181 'Food Technologies'. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2025.

In today's globalised world and with the growing interest in healthy lifestyles, providing the population with safe, high-quality and nutritious food is becoming one of the key priorities of society. A healthy diet is seen not only as the basis of a person's physiological well-being, but also as an important factor in preventing diseases and increasing life expectancy. With this in mind, the food industry is actively focused on developing and improving products with increased nutritional and energy value that meet the requirements of modern consumers.

One of the promising areas of development in the industry is the production of boiled sausages, which combine high organoleptic characteristics, ease of consumption and optimal nutritional composition. Boiled sausages are an example of consumer meat products that can meet the needs of different groups of people due to their versatility, availability and compliance with modern nutritional principles. Innovative approaches to the development of boiled sausage recipes, including the use of functional ingredients, biologically active additives and technologies to reduce the content of harmful components (saturated fat, salt, artificial additives), open up new opportunities for creating products with improved safety and health benefits. In this regard, there is a growing interest in the use of non-traditional ingredients of plant and marine origin in the production of traditional meat products.

Seaweed, in particular *Chlorella*, is a source of proteins, essential amino acids, vitamins, minerals, dietary fibres and biologically active compounds with antioxidant and detoxifying properties, which makes it advisable to use them as a functional component. Enriching the recipe of boiled sausages with seaweed (*Chlorella*) in combination with vegetable oils (linseed) can significantly improve the nutritional and biological value of the finished product, balance the fatty acid composition and give it functional properties. The introduction of such ingredients requires a comprehensive study of their impact on the structural, mechanical, physicochemical, technological and organoleptic characteristics of sausage products, as well as the development of a scientifically sound production technology.

The complex of scientific research was implemented in four consecutive stages, each of which was important for the formation of a sound technological concept for the use of seaweed in the production of boiled sausages.

At the first stage, an analytical study of scientific sources, regulatory documents and current trends in functional food was carried out, which made it possible to substantiate the feasibility of using seaweed as a source of biologically active substances, dietary fibre and mineral elements in meat product formulations. Particular attention was paid to the study of their impact on the organoleptic, technological and nutritional characteristics of products.

The second stage covered the organisational and methodological preparation and direct conduct of experimental studies, including the development of recipes, selection of experimental parameters and determination of quality assessment criteria.

At the third stage, the main technological properties of raw materials and finished products were investigated. The impact of the addition of algae on the physicochemical, structural and mechanical, microbiological and organoleptic characteristics of boiled sausages, as well as their stability during storage, was assessed.

The fourth stage was devoted to the scientific and practical substantiation of the feasibility of using chlorella in the production of boiled sausages, as well as to improving the technological process based on the results obtained. Recommendations were developed on optimal dosages, methods of preparing algae for use, and processing modes to ensure high quality and safety of the final product.

The main objectives of the dissertation were to conduct an analytical review, systematise and assess the prospects for the use of seaweed in boiled sausage formulations; to experimentally substantiate the formulation of boiled sausages enriched with Chlorella and vegetable oils; to investigate the influence of Chlorella on technological parameters, nutritional and biological value of the finished product; to establish the quality indicators of boiled sausages by means of mathematical modelling methods using a two-sided evaluation of the factor space; to carry out an

economic justification and implementation of the improved technology in production conditions.

In the course of the research, the author used methods of experiment planning and statistical data processing, organoleptic, physicochemical, structural and mechanical, microbiological methods and methods of mathematical modelling.

Based on the results of the analytical studies, the choice of pork as the main type of meat raw material for the production of boiled sausages was substantiated. A comprehensive assessment of the physicochemical, microbiological and organoleptic characteristics of pork was carried out as part of the study. The results show that pork is characterised by a high content of biologically complete proteins that contain all the essential amino acids necessary for the normal functioning of the human body. In addition, pork contains a significant amount of macro- and microelements that are important for maintaining metabolism and overall health.

As an additional raw material, Chlorella was used, which contains proteins (60 %), fats (5 %), carbohydrates (20 %), minerals (15 %) and flaxseed oil, characterised by a high content of essential omega-3 fatty acid (linolenic – 53 g/100 g), a moderate content of omega-6 (linoleic – 13 g/100 g) and a lower amount of monounsaturated fat (oleic – 21 g/100 g).

The improvement of boiled sausage formulations using Chlorella and linseed oil has been experimentally substantiated. The high organoleptic properties, balanced physicochemical composition and nutritional value of the finished product have been proved. The fatty acid composition of the boiled sausages was found to be improved: the content of saturated fatty acids was 27.59 %, the content of unsaturated fatty acids was 72.41 %, and the ratio of omega-6 to omega-3 was 7.14 %.

Based on the results of microbiological studies (BCCP, KMAFanM, S.aureus, Salmonella, E.coli, yeast), determination of the acid and peroxide numbers, the author established the shelf life of boiled sausages - up to 10 days.

The scientific novelty of the obtained results lies in the theoretical and experimental substantiation of the improvement of the technology of boiled sausages by adding seaweed (Chlorella) and vegetable oils (linseed) to improve the nutritional

properties (209.5 kcal per 100 g) and biological value (unsaturated fatty acids not less than 70 %, saturated fatty acids not more than 30 %) of the cooked product.

For the first time, the expediency of using Chlorella and linseed oil in the production of boiled sausages was substantiated and proved to be feasible in order to obtain a high-quality finished product (protein content 17.50 %) with low fat content (19.28 %), improved fatty acid composition (the sum of saturated fatty acids at 27.59 % and unsaturated fatty acids at 72.41 %), complete replacement of sodium nitrite with ascorbic acid, normalised salt content (1.4 %) and satisfactory functional and technological characteristics.

For the first time, mathematical modelling methods were used to assess the quality of boiled sausage products, and it was proved that the best quality factor space was found in the sample of boiled sausage containing Chlorella and linseed oil, exceeding this indicator of the control sample by 17 %.

The practical significance of the results of the dissertation is to improve and implement the technology of boiled sausage products enriched with Chlorella and linseed oil, with the complete replacement of sodium nitrite with ascorbic acid. It was proved that the boiled sausage produced by the improved technology according to the recipe developed by the author can be stored without signs of microbiological spoilage for up to 10 days at a temperature of 0 – 8 °C in a polyamide casing.

Based on the results of the dissertation, the author developed a technological scheme and regulatory documentation for the implementation of the improved technology in the production of Kolos Farm. The implementation of the research results was carried out in accordance with the ‘Technical specifications to TUU 10.1-14246880-001:2025. Kolos Farm. Technological instruction for the production of boiled sausages with chlorella. Kulykivka. 2025’. Control of compliance of the finished product with regulatory requirements in production conditions was carried out in accordance with the ‘TUU 10.1-14246880-001:2025. Kolos Farming Enterprise. Boiled sausage with chlorella. Technical specifications. Kulykivka, 2025’.

The feasibility of using the improved technology in the food industry was confirmed by the economic justification of the results of implementation in the conditions of Kolos Farm.

The research was conducted from 2021 to 2025 in the research laboratories of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, the Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products, the Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, and Kolos Farm.

In general, the dissertation is devoted to solving the urgent problems of the modern food industry by improving the technology of production of boiled sausage products. The main focus is on improving the quality, safety and nutritional value of finished products that meet modern requirements for functional foods.

The study presents an innovative approach to the creation of boiled sausages using seaweed as an unconventional but promising ingredient. This approach allows not only to enrich the product with biologically active substances and minerals, but also to reduce production costs, increase its profitability and environmental friendliness.

The results obtained in the course of the research confirm the feasibility of using seaweed in the process of making boiled sausages and open up wide opportunities for their practical application. In addition, they create the basis for further scientific developments in the meat processing industry, contributing to the development of innovative approaches to creating products with increased functional value.

Key words: boiled sausages, meat raw materials, seaweed, vegetable oils, fatty acid composition, physicochemical parameters, structural and mechanical properties, production technology, shelf life, acid number, peroxide number, safety, biological value, nutritional value, profitability.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. Аналіз можливостей застосування морських водоростей та продукції з них під час виробництва харчових продуктів. Здоров'я людини і нації. 2024. № 1. С. 7–19. *(Кулаковою Л. В. проаналізовано та систематизовано наукову інформацію щодо використання морських водоростей у харчовій промисловості. Сливою Ю. В. проведено підбір методів для виконання дослідження).*

2. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. Розроблення рецептур варених ковбасних виробів збагачених хлорелою. Здоров'я людини і нації. 2024. № 3. С. 84–93. *(Кулаковою Л. В. експериментально досліджено та розроблено рецептури варених ковбасних виробів з використанням хлорели, визначено параметри технологічного процесу. Сливою Ю. В. здійснено аналіз використання хлорели, як перспективного інгредієнта фаршів удосконаленого складу).*

3. Кулакова Л. В. Жирнокислотний склад варених ковбасних виробів, збагачених хлорелою. Здоров'я людини і нації. 2024. № 4. С. 98–105.

4. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. Амінокислотний склад варених ковбасних виробів збагачених хлорелою. Здоров'я людини і нації. 2025. № 1. С. 126–134. *(Кулаковою Л. В. експериментально досліджено вплив додавання хлорели на формування амінокислотного складу варених ковбасних виробів для оптимізації їхньої поживної цінності. Сливою Ю. В. проведено оброблення отриманих результатів з подальшим формуванням висновків).*

Тези наукових доповідей

5. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. Використання добавок з морських водоростей при виробництві харчових продуктів. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XI Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 12–13 квітня 2022 року: тези доповіді.

Київ, 2022. С. 184–186. (*Кулаковою Л. В. проведено дослідження щодо можливості використання морських водоростей у харчовій промисловості. Сливою Ю. В. проведено оброблення отриманих результатів з подальшим формуванням висновків*).

6. **Кулакова Л. В.,** Слива Ю. В. Морські водорості як один із функціональних компонентів харчових продуктів. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу. Секція 3: Роль тваринництва, ветеринарної медицини та харчових технологій в умовах війни та вирішенні завдань плану відродження України: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 25 травня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 424–426. (*Кулаковою Л. В. проведено дослідження щодо визначення функціональних властивостей морських водоростей. Сливою Ю. В. проведено статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до публікації*).

7. **Кулакова Л. В.,** Слива Ю. В. Аналіз можливостей застосування водоростей при виробництві харчових продуктів. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XII Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 18–19 квітня 2024 року: тези доповіді. Київ, 2024. С. 57–60. (*Кулаковою Л. В. встановлено перспективи використання морських водоростей в м'ясних продуктах. Сливою Ю. В. здійснено аналіз отриманих даних та сформовано висновки*).

8. **Кулакова Л. В.,** Слива Ю. В. Дослідження мікробіологічних показників безпечності варених ковбасних виробів збагачених хлорелою. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XIII Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 10–11 квітня 2025 року: тези доповіді. Київ, 2025. С. 113–115. (*Кулаковою Л. В. проведено дослідження мікробіологічних показників безпечності варених ковбас з*

використанням хлорели. Сливою Ю. В. сформульовано висновки та підготовлено матеріали до публікації).

Технічні умови України

9. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Ковбаса варена з хлорелою. Технічні умови. Куликівка, 2025. *(Кулаковою Л. В. сформовано нормативно-технічні вимоги щодо якості та безпечності готового продукту. Сливою Ю. В. сформовано методи контролювання сировини та готового продукту).*

Технологічна інструкція до технічних умов України

10. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. ТІ до ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Технологічна інструкція з виробництва варених ковбас з хлорелою. Куликівка. 2025». *(Кулаковою Л. В. сформовано вимоги, розроблено технологічний процес виробництва та рецептура варених ковбас з хлорелою. Сливою Ю. В. розроблено журналу контролю сировини та виробничого процесу готового продукту).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	18
ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ.....	24
1.1. Сучасний стан ринку виробництва м'ясних виробів і перспективи його розвитку.....	25
1.2. Аналіз і коротка характеристика морських водоростей	30
1.3. Застосування морських водоростей в харчових продуктах.....	36
1.4. Аналіз застосування рослинних олій у харчових продуктах	44
Висновки до розділу 1	54
РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	57
2.1. Схема проведення експерименту	57
2.2. Об'єкт і предмет дослідження	59
2.3. Методи проведення досліджень	59
2.4. Методи статистичної обробки даних.....	66
Висновки до розділу 2	66
РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУР ВАРЕНИХ КОВБАС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ.....	68
3.1. Характеристика фізико-хімічних показників м'ясної сировини	68
3.2. Аналіз складу компонентів фаршевих систем варених ковбас.....	74
3.2.1. Обґрунтування доцільності використання Chlorella (порошок), як сировини для виробництва варених ковбас	74
3.2.2. Обґрунтування доцільності використання рослинних олій для підвищення вмісту омега-жирних кислот і покращення смаку готового продукту.....	81

3.3. Удосконалення рецептури варених ковбас	83
Висновки до розділу 3	84
РОЗДІЛ 4 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕНИХ КОВБАС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ	86
4.1. Обґрунтування раціональної схеми виробництва варених ковбас із Chlorella(порошок).....	86
4.2. Дослідження фізико-хімічних, функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей фаршевих систем	89
4.3. Дослідження фізико-хімічних, функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей варених ковбас	90
4.4. Оцінка харчової та біологічної цінності варених ковбас.....	97
4.5. Визначення тривалості зберігання варених ковбас	103
4.6. Встановлення показників якості варених ковбас методами математичного моделювання.....	108
4.7. Розроблення нормативної документації на впровадження удосконаленої технології варених ковбас	117
Висновки до розділу 4	121
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕНИХ КОВБАС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ.....	124
5.1. Економічна ефективність виробничої діяльності підприємства.....	124
5.2. Розрахунок економічної ефективності виробництва вареної ковбаси з хлореллою	128
ВИСНОВКИ.....	132
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	134
ДОДАТКИ.....	159

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АКС – амінокислотний скор;

БГКП – бактерії групи кишкової палички;

ВЗЗ – вологозв'язувальна здатність;

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я;

ВРХ – велика рогата худоба;

ДСТУ – національний стандарт України;

ДРХ – дрібна рогата худоба;

КУО – колонієутворювальні одиниці;

ЛПВЩ – ліпопротеїди високої щільності;

ЛПНЩ – ліпопротеїди низької щільності;

МАФАнМ – мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми;

НД – нормативні дані;

ОВП – окислювально-відновний потенціал;

СФГ – селянське фермерське господарство;

ТІ – технологічна інструкція;

ТУУ – технічні умови України;

DHA – докозагексаєнова кислота;

EPA – ейкозапентаєнова кислота;

MUFA – мононенасичені жирні кислоти;

PUFA – поліненасичені жирні кислоти;

SFA – насичені жирні кислоти.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. На сьогодні харчова промисловість потребує розроблення шляхів удосконалення технологій для підвищення безпечності та якості харчових продуктів. М'ясо та м'ясні продукти загалом належать до найважливіших продуктів харчування, поживна цінність яких визначається органолептичними властивостями та хімічним складом. Вони містять повноцінні білки, жири, вітаміни, біологічно активні речовини, мінеральні речовини та незамінні амінокислоти.

З огляду на сучасний темп життя та розвиток харчової промисловості харчування зараз повинно бути організоване з урахуванням індивідуальних особливостей, статі, віку та кількості витраченої енергії. За надлишкового та недостатнього харчування порушується обмін речовин в організмі, що і призводить до виникнення різних захворювань, передчасного старіння та навіть зменшення тривалості життя. Якщо недостатнє харчування відноситься до економічних чинників, то надлишкове харчування пов'язане з надмірним споживанням солі, цукру, насичених жирних кислот тощо.

Для покращення харчування населення значну роль відіграє підвищення харчової цінності продуктів за рахунок правильної технологічної обробки сировини, комбінування окремих продуктів харчування та збагачення їх незамінними амінокислотами, вітамінами, мінеральними речовинами. В умовах підвищеної уваги до здорового способу життя та вживання натуральних продуктів морські водорості привертають особливу увагу цінним джерелом антиоксидантів, харчових волокон, незамінних амінокислот, вітамінів, поліненасичених жирних кислот і мінералів.

Вагомий внесок у вдосконалення технології м'ясних виробів із використанням рослинної сировини зробили науковці: Л. Баль-Прилипко, В. Пасічний, М. Паска, М. Янчева, та інші. Використанню морських водоростей у харчуванні присвячено праці багатьох українських і закордонних вчених,

серед яких: В. Дробот, В. Корзун, М. Пересічний, Л. Пешук, Л. Шаран, A. Bocanegra, I. Lopez-Lopez, S. Cofrades, F. Jiménez-Colmenero, L. Gouveia.

Незважаючи на значну кількість досліджень у галузі м'ясних продуктів, питання використання морських водоростей у технологічному процесі виробництва варених ковбас залишається недостатньо вивченим. Зокрема, необхідно дослідити вплив на органолептичні та структурно-механічні властивості варених ковбас, зберігання та кінцеві характеристики продукту. Важливо також оцінити можливі зміни мікробіологічної стабільності та вивчити оптимальні умови введення морських водоростей у технологічний процес.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація є частиною наукових досліджень кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування за темою «Наукові основи створення комплексу технологій здорових, оздоровчих та функціональних продуктів з використанням лікарських рослин та нетрадиційної сировини» (номер державної реєстрації 0120U102377, 2020–2022 рр.)

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є наукове обґрунтування використання морських водоростей і рослинних олій у технології варених ковбас функціонального призначення.

Для досягнення поставленої мети та на підставі наукових публікацій необхідно було вирішити такі завдання:

- провести скринінг сучасного стану і тенденцій ринку технологій м'ясних виробів, зокрема варених ковбасних виробів, з використанням морських водоростей і рослинних олій;
- вивчити особливості хімічного складу, харчової, біологічної цінності морських водоростей (*Chlorella*, *Spirulina*, *Laminaria*) та рослинних олій (ляної та оливкової);
- розробити оптимальні рецептури варених ковбас для підвищення рівня їх технологічних характеристик і визначити їх вплив на функціонально-

технологічні, фізико-хімічні та структурно-механічні властивості варених ковбас;

- встановити вплив морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової) на показники якості, біологічну цінність та мікробіологічну безпеку варених ковбас протягом терміну зберігання;

- удосконалити технологічну схему виробництва варених ковбас, збагачених функціональними інгредієнтами з використанням морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової);

- встановити показники якості варених ковбас із використанням морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової) за допомогою методів математичного моделювання, використовуючи двобічне оцінювання багатфакторного простору;

- розробити нормативну документацію на варені ковбаси, здійснити промислову апробацію вдосконаленої технології та визначити її економічну ефективність.

Об'єктом дослідження є технологія варених ковбас із використанням морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової).

Предметом дослідження є м'ясна сировина, морські водорості (*Chlorella*, *Spirulina*, *Laminaria*), рослинні олії (лляна, оливкова), комплексні показники безпечності та якості варених ковбас.

Методи дослідження. Упродовж проведення досліджень і написання дисертації було використано загальні та спеціальні наукові методи досліджень, а саме: органолептичні – для визначення зовнішнього вигляду, кольору, консистенції, текстури, смаку, запаху); фізико-хімічні – для встановлення масової частки вологи, білка, жиру, золи, вмісту хлориду натрію, показника пластичності, жирнокислотного та амінокислотного складу, кислотного та пероксидного числа); мікробіологічні – для обрахунку кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерій виду *Escherichia coli*, *Salmonella*); математичного моделювання – для побудови моделі якості), структурно-механічні – для визначення реологічних показників;

визначення енергетичної цінності; методи планування експерименту і статистичного оброблення даних на основі комп'ютерних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в теоретично-експериментальному обґрунтуванні удосконалення технології варених ковбас за допомогою додавання морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної) задля покращення енергетичної цінності (209,5 ккал на 100 г) та біологічної ефективності (ненасичені жирні кислоти – не менше 70 %, насичені жирні кислоти – не більше 30 %) готового продукту.

За результатами дослідження *вперше*:

- обґрунтовано і доведено доцільність використання морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової) в технології варених ковбас для отримання високоякісного готового продукту (вміст білка 17,50 %) з низьким вмістом жиру (19,28 %), з підвищеною біологічною цінністю (сума насичених жирних кислот на рівні 27,59 % та ненасичених жирних кислот на рівні 72,41 %), повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту, нормованим вмістом солі (1,4 %) і задовільними функціонально-технологічними характеристиками;
- експериментально встановлено концентрації функціональних інгредієнтів – морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової) – в технології варених ковбас для забезпечення структурно-механічних властивостей та безпечності модельних фаршів і готових виробів;
- застосовано методи математичного моделювання для оцінювання якості варених ковбас, доведено, що найбільш якісний факторний простір виявився у зразка вареної ковбаси, що містить у своєму складі *Chlorella* та лляну олію, перевищуючи такий показник для контрольного зразка на 17 %.

Практичне значення отриманих результатів полягає в удосконаленні та впровадженні в технології варених ковбас із використанням морських водоростей *Chlorella* та рослинних олій (лляної і оливкової), повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту, з подальшим визначенням показників

якості та безпечності удосконаленого продукту, розробкою нормативних документів.

Результати дисертації впроваджені та використовуються в умовах виробництва СФГ «Колос», зокрема технічні умови України «ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Ковбаса варена з хлорелою. Технічні умови. Куликівка, 2025» та технологічна інструкція «ТІ до ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Технологічна інструкція з виробництва варених ковбас з хлорелою. Куликівка. 2025».

Особистий внесок здобувача полягає у плануванні експерименту, виконанні аналітичної та експериментальної роботи, наукових досліджень у лабораторних і виробничих умовах, аналізі отриманих результатів досліджень, формулюванні висновків, підготовленні матеріалів до публікації, розробленні нормативно-технічної документації.

У процесі виконання дисертації здобувачем було систематизовано наукову інформацію та обґрунтовано застосування морських водоростей і рослинних олій у виробництві варених ковбас: проведено аналіз та узагальнення сучасних наукових досліджень щодо використання морських водоростей (*Chlorella*, *Spirulina*, *Laminaria*) та рослинних олій (ляної і оливкової); встановлено якість і безпечність варених ковбас на основі експериментальних даних; обґрунтовано доцільність використання *Chlorella* для підвищення якості варених ковбас.

Удосконалено технологію варених ковбас із використанням *Chlorella* та ляної олії, встановлено покращення жирнокислотного складу та стійкості до мікробіологічного псування. Проведено дослідження щодо впливу *Chlorella* на органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники варених ковбас; визначено оптимальні умови технологічного процесу для забезпечення високої якості кінцевого продукту.

Впроваджено та економічно обґрунтовано удосконалення технології варених ковбас із використанням *Chlorella* та ляної олії у виробничих умовах: розроблено нормативно-технічну документацію для виробництва; здійснено

апробацію нової технології у виробничих умовах; проведено економічний аналіз та обґрунтування ефективності впровадження нової технології на підприємствах харчової промисловості.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення дисертації апробовано на таких міжнародних науково-практичних конференціях: XI Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів та студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (м. Київ, 2022 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: роль тваринництва, ветеринарної медицини та харчових технологій в умовах війни та вирішенні завдань плану відродження України» (м. Київ, 2023 р.); XII Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (м. Київ, 2024 р.); XIII Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (м. Київ, 2025 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 8 наукових праць, з них 4 статті в наукових фахових виданнях України, 4 тези наукових доповідей, технічні умови України та технологічна інструкція до технічних умов України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, п'ятьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 172 сторінок, містить 33 таблиці, 16 рисунків і 5 додатків. Список використаних джерел налічує 232 найменування.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ

1.1. Сучасний стан ринку виробництва м'ясних виробів і перспективи його розвитку

На сьогодні світова м'ясна індустрія зазнає значних змін під впливом соціальних, економічних і технологічних факторів. Споживчі вподобання змінюються разом зі зростаючою увагою до якості продуктів та їхнього впливу на здоров'я. В Україні ці зміни також активно відбуваються, проте з урахуванням особливостей військового часу, що в свою чергу впливає на вибір споживачів та формує ринок.

Споживання м'яса та м'ясних продуктів є ключовим фактором, який безпосередньо впливає на ринок ковбасних виробів. Зростання споживання м'яса, як правило, супроводжується збільшенням попиту на продукти, виготовлені з м'яса, зокрема ковбаси. Це зумовлено кількома факторами:

- 1) зручністю – ковбасні вироби не потребують тривалої кулінарної обробки, що робить їх популярними серед зайнятих споживачів;
- 2) різноманітністю – ринок пропонує широкий вибір ковбас (варені, копчені, сирокопчені, ліверні тощо, що задовольняє смаки різних категорій споживачів);
- 3) кулінарним використанням – ковбаси активно використовуються в бутербродах, закусках, піці, сніданках тощо, що розширює сферу їх споживання.

Позитивна динаміка у цьому сегменті зазвичай веде до зростання виробництва та продажів ковбас, тимчасом як зміни в харчових звичках, економічних умовах або ціновій політиці можуть негативно впливати на попит. Важливо також враховувати тренди здорового харчування, які зумовлюють появу інноваційних ковбасних продуктів на рослинній основі.

У деякі періоди року (зимовий період, свята, пікніки) споживання ковбас зростає. Водночас у періоди постів або літньої спеки воно може знижуватись. Традиції певних регіонів або культур визначають, наскільки активно споживаються ковбасні вироби.

Економічна ситуація також істотно впливає на споживання м'яса та ковбас. Зростання цін на м'ясо може стимулювати перехід споживачів на споживання дешевших ковбасних виробів низької якості чи скорочення їх споживання взагалі. Купівельна спроможність населення визначає, чи споживач обирає ковбаси преміум сегменту з високим вмістом м'яса чи мас маркет із додаванням замінників.

Споживання м'яса на душу населення в різних країнах світу станом за 2024 рік представлено на рисунку 1.1.

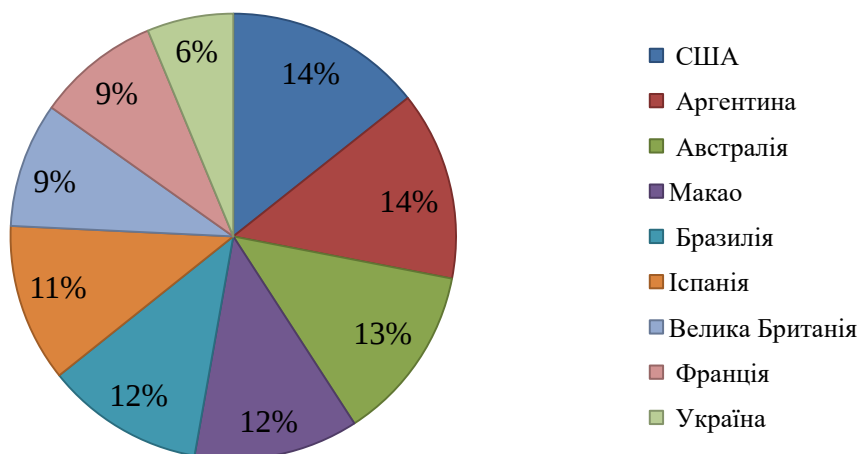


Рис. 1.1. Світове споживання м'яса на душу населення*

Примітка. *Опрацьовано автором за даними Reportlinker, 2024

Наведені дані демонструють рівень споживання м'яса на душу населення у різних країнах світу, включаючи Україну. Вона дозволяє порівняти харчові звички населення щодо м'ясної продукції. Високий рівень добробуту, популярність фаст-фуду та великий вибір м'ясних продуктів стимулюють споживання м'яса в США, що і робить їх лідером за цими показниками [1]. У

країнах Європи споживання м'ясопродуктів (ковбас, хамону, тощо) нижче, але стабільне [2]. Україна має майже вдвічі нижчий рівень споживання м'яса ніж у США, причинами даного явища можна виокремити: війну, нижчу купівельну спроможність, втрату частини тваринництва на окупованих територіях, часткову переорієнтацію населення на дешевші продукти (круп, овочі) та ін..

Згідно з даними Міністерства аграрної політики України, у 2024 році споживання м'яса на душу населення склало 55,3 кг, що дещо більше порівняно з 54,7 кг у 2023 році. Розподіл за видами м'яса представлено на рисунку 1.2.

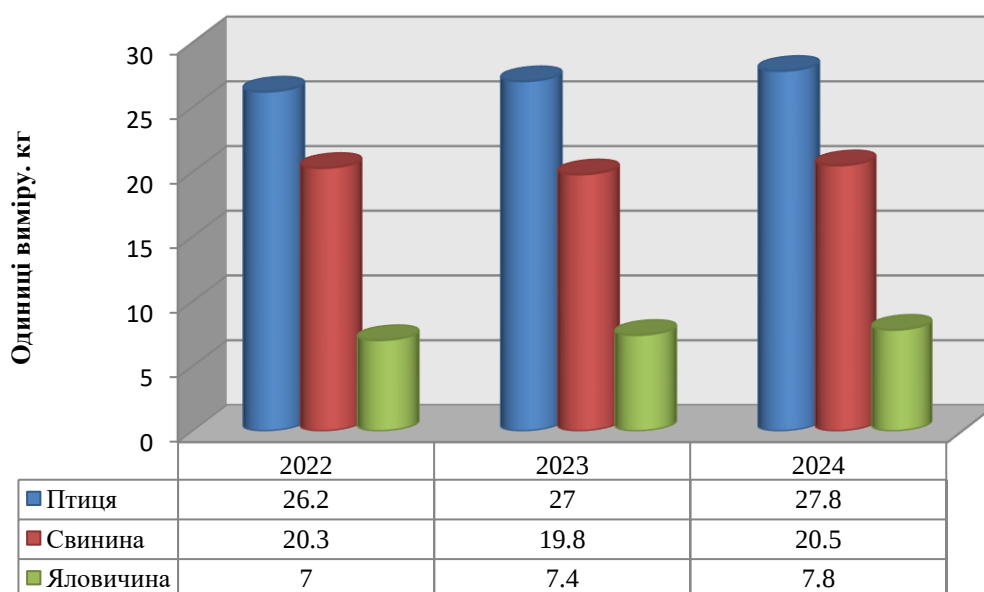


Рис. 1.2. Рівень споживання м'яса в Україні*

Примітка. *Опрацьовано автором за даними Міністерства аграрної політики України, 2024

Історично, споживання м'яса в Україні було вищим. Наприклад, у 1992 році споживання яловичини на душу населення становило 26,0 кг, тоді як у 2022 році – лише 7 кг [3]. У 2022 році вся світова торгівля свининою була трохи більше 11 млн тонн. За прогнозом Організації економічного співробітництва (ОЕСР) ФАО, до 2030 року у світі споживання свинини збільшиться на 16,5 млн тонн. Тобто щороку споживання свинини зростатиме в середньому на 2 млн тонн. Україна до війни вирощувала свинини в забійній вазі в межах 0,6 млн тонн, а зараз менше 0,5 млн тонн [4]. Війна позначилася на економічному

становищі України, та суттєво вплинула на споживчі звички та вподобання. З одного боку, відбувається зростання цін на споживчі товари, з іншого, – повна або часткова втрата джерела стабільного прибутку, через що більшість українців перейшли на режим економії та змінили свої споживчі звички.

Ціни на м'ясо та м'ясні продукти, в останні три роки демонструють поступову зростаючу динаміку. Серед м'ясних ковбасних виробів у 2024 році порівняно з 2023 роком, найбільше додала в ціні копчена ковбаса на 52,03 %. Інші м'ясні вироби також демонструють стійке зростання цін, зокрема: варена ковбаса на 22,82 %, напівкопчена ковбаса на 25,45 %, бекон на 14,55 %, буженина на 12,05 %, сало на 59,75 %, сардельки на 15,58 % та сосиски на 19,75 % [5].

За даними State statistics service of Ukraine (2024) українська м'ясна галузь, попри несприятливу загальноекономічну ситуацію, демонструє відродження і стає стратегічним сектором у формуванні національної продовольчої безпеки. Після спаду у 2022 році на 11 %, у 2023–2024 роках ринок ковбасних виробів демонструє зростання на 3 % та 6 % відповідно, досягнувши 253 тис. тонн у 2024 році [6].

Станом на 2025 рік, ринок м'ясних продуктів в Україні демонструє поступове відновлення після спаду, спричиненого війною та економічними труднощами. Зростання виробництва, активізація експорту та впровадження інноваційних технологій створюють передумови для подальшого розвитку галузі. Однак для досягнення стабільного зростання необхідно подолати існуючі виклики, зокрема пов'язані з логістикою, цінами та змінами споживчих вподобань.

Із зростанням обізнаності про здорове харчування, багато споживачів почали віддавати перевагу менш обробленим продуктам або шукати альтернативи м'ясу. Зменшення споживання м'яса через дієтичні або етичні міркування (вегетаріанство, веганство) автоматично знижує попит на традиційні ковбасні вироби. Зростання споживчого попиту на більш здорові продукти, стимулює харчову промисловість до розробки нових харчових

продуктів зі зниженим вмістом жиру, солі, покращеним жирнокислотним складом та включенням функціональних інгредієнтів [7].

М'ясні вироби можна удосконалювати, перетворюючи їх на функціональні продукти харчування, додаючи певні інгредієнти, які виключають або зменшують шкідливі компоненти в організмі і таким чином корисні для здоров'я.

Функціональні продукти – це переважно звичайна їжа, яка споживається як частина звичайного раціону. Термін «функціональна їжа» вперше був використаний у Японії у 1980-х роках для позначення харчових продуктів, збагачених певними компонентами з корисними фізіологічними ефектами [8]. Продукти харчування, що продаються у функціональній категорії, містять додані технологічно розроблені інгредієнти [9], та важливі біологічно активні сполуки [10]. Ці продукти харчування забезпечують користь для здоров'я, опосередковуючи певні фізіологічні функції в організмі, і продаються та споживаються саме завдяки цій властивості.

Основні стратегії при розробці функціональних продуктів харчування передбачають:

- 1) збільшення компонента, який вже наявний у їжі;
- 2) додавання компонента, якого немає в їжі;
- 3) виключення шкідливого компонента з їжі;
- 4) заміна шкідливого компонента на здоровіший;
- 5) підвищення біодоступності доданого інгредієнта або біоактивної речовини;
- 6) поєднання деяких або всіх попередніх стратегій.

Існує кілька стратегій отримання функціональних м'ясних продуктів, зусилля в яких спрямовані на модифікацію вмісту жирів та жирних кислот або додавання функціональних інгредієнтів, таких як клітковина, рослинні білки, мононенасичені жирні кислоти (MUFA) або поліненасичені жирні кислоти (PUFA), вітаміни, мінерали та фітохімічні речовини; можна додавати навіть цілісні продукти, такі як морські водорості [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Функціональний харчовий продукт повинен відповідати певним вимогам, тобто він повинен бути отриманий з натурального інгредієнта; споживатися як частина звичайного раціону та повинен брати участь у регуляції певних процесів в організмі людини, таких як уповільнення старіння, запобігання ризику захворювань та покращення імунологічних реакцій [18]. Іноді до функціональних продуктів додають один або декілька додаткових інгредієнтів, які демонструють переваги для здоров'я, що перевищують переваги звичайних продуктів [19]. Функціональні продукти харчування широко використовуються в розвинених країнах завдяки їхньому тривалому терміну придатності, передовим харчовим технологіям, користі для здоров'я. Сучасні продукти харчування вживаються не лише для позбавлення голоду та отримання необхідних поживних речовин, але й для запобігання розладам пов'язаним з харчуванням, та для психічного та фізичного благополуччя людини [20]. Дієтологи та технологи докладаючи значних зусиль, прагнуть розробити функціональні м'ясні продукти, які можуть містити натуральні антиоксиданти та антимікробні речовини, мають низький вміст жиру та натрію, збагачені харчовими волокнами, омега-3 та омега-6 жирними кислотами [21].

Розробка функціональних харчових продуктів з покращеними фізико-хімічними та оздоровчими властивостями може бути досягнута шляхом додавання морських водоростей або їх екстрактів, що містять біоактивні компоненти [22].

1.2. Аналіз і коротка характеристика морських водоростей

Залежно від характеристик пігментів водорості поділяються на бурі (Phaeophyceae), зелені (Chlorophyceae) і червоні (Rhodophyceae), які також називаються макроводоростями. Висота бурих водоростей коливається від 20 м до 30–60 см. Червоні та зелені водорості мають різну висоту від кількох сантиметрів до метра. Rhodophyceae також можуть представляти себе з відтінками червоного, коричнево-червоного та фіолетового. Мікроводорості

(Cyanophyceae), також звані синьо-зеленими водоростями, часто можуть бути одноклітинними з мікроскопічними розмірами [23].

Кожне сімейство водоростей має різні види, які широко використовуються людиною в їжу. Деякі їстівні морські водорості називаються не так, як їх латинська назва. Наприклад, *Ascophyllum nodosum* (Вузлуватий уламок), *Chondrus crispus* (Ірландський мох), *Himanthalia elongata* (Морські спагеті), *Laminaria digitata* (Комбу), *Laminaria saccharina* (Королівський або солодкий комбу), *Porphyra umbilicalis* (Норі), *Ulva lactuca* (Морський салат), *Undaria pinnatifida* (Вакаме) [24].

Традиційно найбільшими виробниками і споживачами водоростей є країни Азії, такі як Китай, Японія, Південна Корея. Протягом тривалого часу Канада, США та деякі європейські країни використовують морські водорості як інгредієнти. Глобалізація харчових ланцюгів сприяла експорту та споживанню водоростей як їжі [25].

Існують різні способи споживання водоростей як цілісної їжі: свіжі, сушені бо варені. Що стосується екстрактів, агару, альгінатів і карагенанів, вони мають тривалий термін зберігання і високо цінуються при приготуванні їжі. Використання водоростей у виробництві їжі багато: ми можемо знайти їх у напоях, молочних продуктах, м'ясі, локшині та супі [26, 27].

Морські водорості містять різний вміст вуглеводів (від 3 до 50 %), білків (від 7 до 75 %), ліпідів (менше 5 %), золи (від 10 до 40 %) [27, 28]. На їх хімічний і поживний склад впливає багато факторів, як екологічних (район походження або вирощування, географічне положення, пори року, температура навколишнього середовища), так і неекологічних (види водоростей, фізіологічні коливання, час збору врожаю та процес виробництва) [27, 29].

Вміст білка в морських водоростях коливається від 7 до 47 г/100 г сухої ваги і залежить від факторів навколишнього середовища, згаданих вище [30]. Наприклад, *Chlorella* містить 60–70 % білка, набагато більше ніж в будь-якому іншому продукті: яйце 47 %, яловичина 18–21 %, в порошку сої 37 % білка [31]. Більше того, засвоюваність білка морських водоростей досягає 60–80 %

(тимчасом як білка м'яса – 30 %), до того ж він містить відносно високу кількість незамінних амінокислот, і більшість цих кислот доступні протягом року, хоча, як відомо, є сезонні коливання їх концентрацій [32].

Нейтральні ліпіди та гліколіпіди є основними компонентами ліпідної структури водоростей. Їх засвоюваність складає 49 – 55 % і, що дуже цінно, до їх складу входять ненасичені жирні кислоти. Дуже важливою поживною характеристикою є вміст довголанцюгових поліненасичених жирних кислот, таких як ейкозапентаєнова (ЕРА) і докозагексаєнова кислоти (ДНА) [33]. Відсоток нерозчинних волокон від загальної ваги водоростей становить від 39 до 93,5 %, а розчинних від 6,5 до 61 %, а також альгінати та карагенани, які виконують функцію накопичувальних полісахаридів [27, 34]. Вміст водоростевої клітковини зазвичай коливається від 32 до 75 г/100 г сухої маси [28, 35].

Водорості отримують з морського середовища, в якому вони живуть, велику кількість мінеральних речовин, таких як натрій, кальцій, магній, калій, хлорид, сульфат, фосфор, а також мікроелементів, таких як йод, залізо, цинк, мідь, селен, молібден, фтор, марганець, бор, нікель, кобальт тощо [36]. Однак мінеральний склад може змінюватися в залежності від таксономічної групи, географічних, сезонних і фізіологічних коливань [37], і навіть із застосуванням типом обробки та методом мінералізації [38]. Водорості є основним джерелом йоду, що забезпечує добову потребу (150 мг/день) [39]. Завдяки високому вмісту мінералів водорості можна використовувати як дієтичну добавку, щоб допомогти досягти рекомендованої добової кількості деяких макроелементів і мікроелементів.

У морських водоростях високий вміст вітамінів, у значних кількостях присутні: вітамін А (ретинол), В₁ (тіамін), В₂ (рибофлавін), В₃ (ніацин), В₅ (пантотенову кислоту), В₉ (фолієву кислоту), В₁₂ (кобаламін), Е (токоферол), Н (біотин). При цьому вміст перерахованих вітамінів часом значно перевищує їх вміст у наземних рослинах. Наприклад, більший вміст вітаміну В₁₂ міститься в

червоних макроводоростях (*Porphyra tenera*) і в деяких зелених мікроводоростях (*Chlorella*) [27, 40].

Chlorella – одноклітинна зелена мікроводорість, що зустрічається в багатьох водних системах. Завдяки своїй чисельності та позитивному впливу на здоров'я, *Chlorella* вважається важливим функціональним продуктом харчування та цінним джерелом поживних речовин у багатьох регіонах, широко продається як здорова їжа, харчова добавка та нутрицевтик. *Chlorella* містить 55 – 67 % білка, 1–4 % хлорофілу, 9–18 % харчових волокон, численні мінерали та вітаміни у перерахунку на суху речовину. Білок хлорели містить усі незамінні амінокислоти, необхідні для гетеротрофних організмів [41, 42]. Екстракти хлорели показали різноманітну протипухлинну та антиоксидантну дію, протизапальні та антимікробні властивості [43, 44, 45, 46, 47]. Також хлорела здатна знижувати кров'яний тиск і рівень холестерину, прискорювати загоєння ран, зміцнюють імунну систему, і мати позитивний ефект у зменшенні виразок шлунка, запорів, анемії, гіпертонії та діабету [41, 48]. Ліпідний склад (де основними компонентами є олеїнова, пальмітинова та ліноленова кислота, що становить 41 %, 22 % та 9 % від загальної кількості відповідно), хлорела відіграє важливу роль у профілактиці атеросклерозу та у профілактиці пухлин, завдяки вмісту глікопротеїнів, пептидів та нуклеотидів [49]. Містить багато харчових антиоксидантів, таких як лютеїн, α -каротин, β -каротин, аскорбінову кислоту та α -токоферол [50]. Найважливіша поживна сполука, що міститься в хлорелі β -1,3-глюкан, який є активним імуностимулятором, поглиначем вільних радикалів та знижує рівень холестерину в крові [42, 51].

Spirulina – це прокаріотична ціанобактерія, яка промислово виробляється для корму риб, вітамінних добавок, харчових барвників, фармацевтичних препаратів та нутрицевтиків. *Spirulina* є багатим джерелом вітамінів групи В, фікоціаніну, хлорофілу, вітаміну Е, омега-6 жирних кислот та численних мінералів. Вміст білка коливається від 50 до 70 % від сухої ваги (включаючи багато амінокислот, особливо незамінних таких як лейцин, валін та ізолейцин) і містить до 10 разів більше β -каротину, ніж морква на одиницю маси [41, 42,

52]. Спіруліна природним чином виробляє антиоксиданти, такі як каротини та ксантофіли, а також антимікробні речовини [49]. Спіруліна є цінним джерелом жирних кислот, таких як пальмітинова, олеїнова, лауринова, докозагексаєнова кислота (до 9,1 % від загального вмісту жирних кислот), є джерелом γ -ліноленових кислот (20–25 % від загальної ліпідної фракції), регулює запальні процеси, імунологічні та серцево-судинні розлади [53, 54]. Має позитивний вплив на метаболізм холестерину шляхом підвищення рівня ЛПВЩ, що може сприяти здоровішому функціонуванню серцево-судинної системи [41]. Спіруліна показала позитивний вплив на втрату ваги, діабет, високий кров'яний тиск та гіпертонію. Крім того має протівірусні, протигрибкові, антибактеріальні, протипухлинні, протизапальні та антиоксидантні властивості [42].

Dunaliella salina є найбільш підходящою молекулярною масою для масового виробництва β -каротину, оскільки вона може виробляють до 14 % від своєї сухої ваги [49, 42, 55, 56]. Виробляє велику кількість гліцерину та білка, меншу кількість α -каротину, лютеїну та лікопіну. Каротиноїди є потужними поглиначами вільних радикалів, що знижують рівень пероксидного окислення ліпідів та інактивації ферментів, таким чином сприяючи відновленню активності ферментів, β -каротин має позитивний вплив на внутрішньоклітинну комунікацію, імунну відповідь та захист від багатьох видів новоутворень [41].

Laminaria – типовий представник бурих, водоростей. Неабиякі цілющі якості морської капусти обумовлені тим, що її хімічний склад по своїх біологічних характеристиках вигідно відрізняється від харчових рослин. Ламінарія стимулює процеси загального обміну речовин, коректує роботу ендокринних залоз (зокрема, щитовидної), нормалізує мінеральний баланс, виявляє потужну антисклеротичну дію, запобігає виникненню таких хвороб, як стенокардія та інфаркт міокарду. Ламінарія є готовим натуральним, створеним самою природою, ідеально збалансованим комплексом, який містить більше 40 макро- та мікроелементів, в тому числі йод в органічно зв'язаній формі. У складі ламінарії містяться такі речовини, % на суху масу: азотисті речовини 6,8–

15,5 %; клітковина 5,7–6,2 %; пентозани 6,5–10,6 %; метилпентозани 0,8–0,9 %; редуковані цукри 20,0–29,6 %; ламінарин (водоростевий крохмаль) 8,5–19,6 %; альгінові кислоти 15,8–27,9 %; маніт 3,7–28,9 %; розчинні в ефірі речовини 0,3–1,6 %. Що стосується співвідношення білків, жирів і вуглеводів у 100 г продукту рівень білків становить 9,6 г або 2 % від добової норми, необхідної людині, жирів – 0,6 г (1 %), вуглеводів – 3 г (3 %). Розчинні в ефірі речовини представлені каротиноїдами, вміст яких зростає із збільшенням глибини, на якій ростуть водорості. Водорість в своєму складі містить значну кількість вітамінів, мінеральних речовин, амінокислот. Ламінарія задовольняє потребу організму людини в харчових волокнах і в йоді, нормалізує травлення та обмінні процеси, діяльність серцево-судинної і дихальної систем, кров'яний тиск і рівень холестерину в крові. Містить комплекс речовин, необхідних для відновлення організму після екстремальних дій радіоактивного опромінювання, отруєння важкими металами та токсичними речовинами. Підвищує імунітет і надає антивірусну дію, а також зменшує в'язкість крові, знижує тонус судин і уповільнює процес атеросклерозу [27, 53, 54].

Cystoseira – морська бура водорість біологічною особливістю є виключна різноманітність, специфічність і неповторність складу біологічно активних речовин. Встановлено, що в тканинах цистозейри чорноморської міститься 70–80 % вологи і від 20–30 % сухих речовин, у висушеній – близько 10,0 % вологи і до 90,0 % – сухих речовин. Сухі речовини складаються з мінеральних і органічних речовин, подібний хімічний склад цих водоростей отримали різні дослідники. Вміст золи, до складу якої входять до 28 макро- і мікроелементів, у цистозейри досягає 17,0 %. Загальний вміст вуглеводів складає 41,0 % від сухої маси, з них полісахаридів близько 39 %, зокрема альгінової кислоти майже 25,0 %, моносахариду маніту – до 1,5 %. До складу цистозейри входить також полісахарид фукоїдин, вміст якого досягає 2,0 %. У фукоїдині визначається до 60,0 % фруктози, іншу частину складають уронові кислоти, галактоза, ксилоза. Білків у цистозейрі небагато – близько 8 % від сухої речовини. Серед амінокислот – йодовмісні моно- і дийодтиронін, дийодтирозин, тироксин. У

цистозейри мало ліпідів – 1,3 % від сухої речовини, з них 70 % – тригліцериди жирних кислот (лінолева, α -ліноленова, арахідонова, ейкозопентаєнова) [57].

Особливістю морських водоростей є те, що вони здатні акумулювати з морської води корисні речовини, а також синтезувати різноманітні полімерні речовини, які не синтезуються наземними вищими рослинами – полісахариди, дуже специфічного складу та властивостей, що здатні виводити з організму токсичні речовини, солі важких металів, радіонукліди. Полісахариди морських водоростей є потенційним джерелом розчинних і нерозчинних харчових волокон. Розчинні полісахариди морських водоростей демонструють вищу здатність утримувати воду, ніж целюлозні (нерозчинні) волокна. Розчинні харчові волокна демонструють здатність збільшувати в'язкість, утворювати гелі та діяти як емульгатори, а також характеризуються здатністю знижувати як глікемічний індекс так і рівень холестерину в плазмі крові людини [58, 59].

Саме хімічний склад водоростей забезпечує їх особливу цінність як високопоживної, багатой на вітаміни та мікроелементи їжі з низкою дієтичних і лікувальних властивостей. Їжа з водоростей має імуностимулюючі і гепатопротекторні властивості, знижує рівень холестеролу і ліпідів у крові, здатна стимулювати кровотворення, має ентеросорбуючий, радіопротекторний та онкопрофілактичний ефекти [60].

1.3. Застосування морських водоростей в харчових продуктах

Сьогодні новою тенденцією є включення біомаси морських водоростей або сполук, отриманих з водоростей, як інгредієнта до харчових продуктів. Кількість комерційно доступних продуктів, що містять водорості, значно зросла за останні 4–5 років. Харчові продукти, що містять морські водорості, можна розділити на дві основні групи: ті, що містять всю біомасу водоростей, і ті, що містять сполуку, отриману з водоростей.

Харчові продукти, що містять біомасу, можна додатково розділити на ті, в яких біомаса водоростей використовується лише як барвник, і ті, в яких водорості використовуються як відмінний інгредієнт через їхні харчові чи

функціональні властивості або як маркетингова стратегія. Використання морських водоростей або їх екстрактів як харчових добавок стає все популярнішим завдяки широкому спектру функціональних властивостей, які вони надають харчовим продуктам. Морські водорості містять велику кількість полісахаридів, білків, мінералів і вітамінів, мають низький вміст жирів [61].

М'ясо та м'ясні продукти є важливою групою продуктів харчування в раціоні багатьох людей завдяки своїй високій харчовій цінності, вважаються основним джерелом білків з високою біологічною цінністю, а також вітамінів і мінералів, таких як цинк і залізо [62]. Тому звичка вживати оброблене м'ясо, таке як ковбаси, хот-доги та м'ясні закуски, стала надзвичайно поширеною для багатьох людей. У зв'язку з цим все більше розглядається варіантів як збагатити м'ясні продукти. Додавання морських водоростей як джерела мінеральних речовин може допомогти покращити загальний профіль і водночас задовольнити вимоги споживачів [63].

Інтерес до розробки м'ясних продуктів із корисними для здоров'я властивостями є особливо актуальним у випадку таких продуктів, як котлети, оскільки вони є традиційними м'ясними продуктами, широко прийнятими в певних групах населення, і їх можна легко збагатити. Наприклад, котлети з яловичини були виготовлені із використанням водоростей wakame у кількості 3 %, меншої кількості солі (0,5 %) та жиру (10 %), частковою або повною заміною свинячого сала на емульсію оливкової олії у воді [7]. Wakame загалом покращила водозв'язувальні властивості та зробила більш м'якими текстури як сирих, так і варених котлет, ефекти, які можуть бути пов'язані з основними компонентами морських водоростей, тобто харчовими волокнами (41 %) та мінералами (36 %) [64]. При цьому додавання wakame не вплинуло негативно на сенсорні властивості котлет. Результати показали, що wakame можна використовувати як потенційний функціональний інгредієнт у складі котлет з низьким вмістом солі, щоб подолати технологічні та сенсорні проблеми, пов'язані з продуктами з низьким вмістом солі [65].

Нещодавні наукові дослідження також досліджували функціональність макроводоростей подрібнених/сушених (*Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*, *Porphyra umbilicalis*, *Laminaria japonica*) у оброблених м'ясних напівфабриках, таких як котлети з яловичини або свинини, реструктуровані стейки з птиці, та готових ковбасних виробів(сосиски) [66, 67, 68]. Пігменти, присутні в морських водоростях, можуть впливати на колір м'ясного продукту залежно від типу водоростей/екстракту та їх масової частки в готовому продукті [66, 69]. Кислі компоненти морських водоростей, такі як фукоїдан і альгінова кислота, знижують рН м'ясних продуктів, що містять порошкоподібні морські водорості [66, 64]. Антиоксидантна здатність емульсійних систем свинячого м'яса зросла завдяки високому фенольному вмісту порошкоподібних морських водоростей [70]. Ліпіди з водоростей використовували для покращення ліпідного профілю сосисок [71, 72]. Розчинні та нерозчинні харчові волокна з макроводоростей при варінні покращили текстуру та вихід готового продукту, за рахунок зв'язування жиру та води і стабільності емульсії, а також знизили собівартість готового продукту [73, 74]. Морські водорості містять високу концентрацію мінеральних речовин та можуть потенційно використовуватись як замітники солі в оброблених м'ясних продуктах [68].

Розробка функціональних м'ясних продуктів, передбачає використання морських водоростей в сухому вигляді, оскільки цей матеріал (зневоднений і порошкоподібний) має ряд переваг перед цілісними. А при використанні цілих водоростей, забезпечується одночасна присутність різних компонентів (харчових волокон, білків, мінералів, вітамінів тощо), які мають корисний вплив на здоров'я [67].

Включення біомаси мікроводоростей до рецептів традиційних харчових продуктів, таких як хліб, є світовою тенденцією, оскільки кілька продуктів було випущено по всьому світу. Наприклад, британські споживачі можуть придбати хлібні палички «Mavericks greenzilla» компанії Maverick Makers Snacks Ltd., які містять 2 % *Spirulina*, а малайзійська компанія Lee Biscuits Ltd. комерціалізує «крекери з начинкою зі спіруліни». Мікроводорості зазвичай вводять до

рецептур хліба для збільшення вмісту білка. Наприклад, Achour et al. (2014) досліджували збільшення вмісту білка в хлібі шляхом використання біомаси *Spirulina*, отримана з харчових добавок, що продаються у вигляді гранул. Включення біомаси у концентраціях від 1 до 3 % призвело до збільшення вмісту білка, який варіювався від 8,18 % у контрольному білому хлібі до 9,90 % у хлібі, що містив *Spirulina* у концентрації 3 %. Автори спостерігали, що включення мікроводоростей за обох концентрацій значно зменшило об'єм хліба [75]. Більше того, Figueira et al. (2011) розробили безглютеновий хліб, виготовлений з рисового борошна, збагаченого *Spirulina* в концентраціях від 2 до 5 %. У цьому дослідженні автори спостерігали, що концентрації нижче 4 % не впливала на питомий об'єм та текстурні властивості хліба. Однак, після включення біомаси мікроводоростей у концентрації 5 % було отримано зменшення об'єму на 22 % та збільшення твердості на 113 %. Що стосується харчової цінності, основним результатом, отриманим після включення мікроводоростей до рецептури хліба, було приблизно 40 % збільшення вмісту білка в продукті. Автори не повідомляли про відмінності в сенсорних властивостях двох видів хліба, що містять *Spirulina* при концентраціях 3 або 5 % [76]. Більшість досліджень, проведених на сьогодні, оцінювали включення *Spirulina* у хліб, і лише обмежена кількість досліджень використовувала інші види. Наприклад, Graça et al. (2018) нещодавно вивчали вплив внесення *Chlorella* на реологію тіста з пшеничного борошна та текстурні властивості хліба, і дійшли висновку, що додавання мікроводоростей у концентраціях до 3 % позитивно впливає на реологію тіста та в'язкопружні характеристики. Однак автори цього дослідження повідомили, що вищі концентрації мікроводоростей призводять до негативного впливу не лише на реологію тіста, але й на текстуру та смак хліба [77]. Одним з головних факторів, що обмежують використання мікроводоростей у хлібобулочних виробках, є їхній зелений колір, який зазвичай не асоціюється з хлібом. Загалом, результати свідчать про те, що біомасу мікроводоростей можна ефективно включати до рецептур хліба для отримання високоякісної продукції. Більшість опублікованих на сьогодні

досліджень повідомляли про збільшення вмісту білка в хлібі після включення біомаси мікродоростей до їхніх рецептур. Kwon et al. (2003) оцінювали якісні характеристики хліба з вмістом порошку *Laminaria*, який додають до борошна в різних концентраціях (2,5–7,5 %) для приготування хліба [78]. Lianjun et al. (2005) вказали, що притаманний запах водоростей можна усунути шляхом замочування *Laminaria*, що використовується для приготування хліба в 2 % розчині лимонної кислоти при 50 °C протягом 2 годин перед висушуванням і подрібненням [79].

В Україні були проведені дослідження з використання зостери у хлібопекарному виробництві, оскільки за своїм хімічним складом і дією на організм зостера може вважатися цінною добавкою для надання хлібним виробам оздоровчої дії. Встановлено, що дану добавку доцільно вносити в хліб у кількості 2 % до маси борошна. При цьому вона позитивно впливає на технологічні показники та якість хліба [80, 81]. Фукусові водорості вважають перспективним об'єктом промислу, оскільки їхній запас у Чорному морі вимірюються десятками тисяч тонн. У НУХТ досліджували технологічні та клінічні аспекти цих водоростей, їхньою характерною особливістю є значна кількість альгінової кислоти у порівнянні з іншими водоростями [82]. Розробники нових сортів хліба рекомендують перед внесенням в тісто сухі водорості гідратувати протягом 30 хв. у воді кімнатної температури при гідромодулі 1:30. Порошок водорості фукусу доцільно додавати в кількості 3% до маси борошна. Для отримання хліба з оптимальними органолептичними показниками якості, рекомендується використовувати порошок фукусу із середнім розміром частинок 0,5 мм. Вчені довели клінічними дослідженнями, що хлібобулочні вироби з додаванням порошку морської водорості фукусу можна ефективно використовувати як засоби профілактики та лікування йододефіцитних станів у населення [81]. Також доведено перспективність використання морської водорості цистозіри для формування споживних властивостей структуроутворювачів [83].

Печиво, бісквіти, крекери та тістечка містять високий відсоток цукру та жирів порівняно з борошном, і їх зазвичай відокремлюють від хліба в групі хлібобулочних виробів. Однією з переваг печива або крекерів порівняно з хлібом є те, що їх нижчий вміст вологи забезпечує їм довший термін зберігання. За останні роки було розроблено кілька хлібобулочних виробів, що містять мікробіодорості. Наприклад, Rabelo et al. (2013) розробили пончики за спеціальною формулою, збагачені *Spirulina* в концентраціях від 2,6 до 5,4 % та отримали покращену харчову якість (склад білка, мінералів, клітковини та ліпідів) разом із хорошою сприйнятливістю продукту [84]. Batista et al. (2017), оцінили потенціал мікробіодоростей *Spirulina* та *Chlorella* для покращення функціональних властивостей печива. Мікробіодорості були введені до рецептур у концентраціях 2 та 6 %, та показали вищий вміст білка, фенолів та антиоксидантну активність порівняно з контролем [85]. Подібні результати спостерігали Sahni et al. (2019), які розробили печиво, що містить знежирене борошно з мікробіодоростями *Chlorella* при різних концентраціях та не повідомляли про відмінності в сенсорних характеристиках при рівнях заміни борошна нижче 6 % [86]. Cervejeira Bolanho et al. (2014) збагати печиво спіруліною, концентрацією 5 % та повідомили про збільшення загального вмісту фенолів на 37 % відповідно, а також антиоксидантної активності печива, збагаченого мікробіодоростями, порівняно з контролем. Автори цього дослідження також виявили збільшення вмісту білка на 20 % [87]. Стабільність кольору є важливим параметром для продуктів, що містять натуральні пігменти, які не такі стабільні, як їхні синтетичні аналоги [88]. Однак, стабільність кольору продуктів, що містять мікробіодорості, здається, дуже висока. Gouveia et al. (2007) використовували *Chlorella*, як барвник у вершковому печиві та спостерігали збільшення твердості, що підтверджувалося збільшенням концентрації біомаси мікробіодоростей, а також стабільним зеленим кольором печива протягом 3 місяців зберігання при кімнатній температурі [89].

Досить цікаве дослідження нещодавно було опубліковано Lucas et al. (2018), які розробили снеки, збагачені *Spirulina* при концентрації 2,6 % та оцінили їх щодо їхньої поживної цінності, фізичних та мікробіологічних властивостей, а також сенсорних характеристик. Загалом, автори цього дослідження спостерігали збільшення вмісту білків на 22,6 %, ліпідів на 28,1 % та мінералів на 46,4 %, більше того текстура, смак та загальне сприйняття не зазнали впливу [90].

Основні функціональні напої, що зараз комерціалізуються, можна розділити на три групи, до яких належать напої на молочній основі, напої на овочевій або фруктовій основі, а також спортивні або енергетичні напої [91]. Однією з головних переваг додавання мікроводоростей до соків, коктейлів, смузі або інших напоїв є те, що ці продукти, як правило, забарвлені, і споживачі цих продуктів вимагають здорових та натуральних смаків або інгредієнтів. Дійсно, деякими з основних тенденцій у напоях та концентратах є продукти на рослинній основі, без консервантів зі зниженим вмістом цукру та продукти, збагачені корисними для здоров'я інгредієнтами, такими як вітаміни або мінерали. Також були розроблені рослинні супи та напої, що містять мікроводорості. Наприклад, Castillejo et al. (2018) вивчали зміни якості смузі, приготованих з кількох видів водоростей, включаючи *Spirulina* та *Chlorella*. (у концентрації 2,2 %), а також виноград, броколі та огірок [92]. Більше того, Lafarga et al. (2019) нещодавно розробили суп з броколі, збагачений *Spirulina* та *Chlorella*. у концентраціях від 0,5 до 2,0 % та оцінили вплив включення мікроводоростей на фізико-хімічні та сенсорні властивості супів. Головною перевагою включення біомаси мікроводоростей до супу з броколі є те, що цей продукт має природний зелений колір. У цьому дослідженні на колірні характеристики супів впливала концентрація мікроводоростей, а сенсорний аналіз показав, що споживачі віддають перевагу супам зі світлішим та зеленішим кольором. Включення мікроводоростей до супів також призвело до збільшення в'язкості, антиоксидантної здатності та вмісту фенолів (а також до вищого вмісту біодоступних поліфенолів). Крім того, індекс прийнятності

супів, виготовлених з використанням нижчих концентрацій мікрowodоростей, становив понад 70 % [93].

Молочні продукти, особливо сир (твердий та сичужний), були змінені, додавши різні види водоростей, щоб покращити їх поживну якість. Поєднання обох видів їжі допомагає отримувати здорові продукти, збагачені різними основними поживними речовинами. Молоко і молочні продукти є основними джерелами кальцію в харчуванні, однак кальцій у сирі заблокований у казеїні. Люди, у яких відсутні ферменти, що розщеплюють казеїн, не можуть реабсорбувати кальцій з молочних продуктів і тому можуть розвинути певний тип гіпокальціємії [94]. Таким чином, додавання водоростей, багатих кальцієм, може збільшити його вміст в молочних продуктах. Koval et al. (2005) розробили збагачений йодом пробіотичний йогуртовий продукт, який містить 0,2 або 0,5 % водоростей *Laminaria*. Цей новий продукт містив у середньому 570 мкг йоду/100 г і мав значно вищий вміст Ca, K, Na, Mg і Fe та харчову цінність, ніж контрольний зразок без водоростей [95]. Сири (власного та промислового виробництва) виготовляли з 3 %, 9 % та 15 % *U. pinnatifida* і *L. japonica* [96]. Ефект додавання одноклітинної водорості *Chlorella* (0,5–1 %) на фізичні та сенсорні властивості плавленого сиру досліджував Jeon (2006) [97]. Також Neo et al. (2006) досліджували ефект додавання *Chlorella* порошку (0,1–2,0 %) на ріст молочнокислих бактерій, швидкість дозрівання та сенсорні властивості сиру Appenzeller. Кількість молочнокислих бактерій була вищою в сирі з додаванням водоростей, ніж у контрольному зразку. Оптимальний рівень додавання *Chlorella* порошку, що дозволило б отримати сир Appenzeller належної якості, становив 0,5 % [98]. Науково обґрунтовано та удосконалено технологію виробництва вершкового масла підвищеної харчової цінності з використанням морських водоростей (ламінарії, фукусу, спіруліни та цистозіри), що вирішує завдання виробництва оптимізованих за показниками харчової цінності продуктів харчування [99].

Макаронні вироби широко споживаються в усьому світі завдяки їхнім сенсорним властивостям, низькій вартості та простоті приготування. У цьому

контексті їстівні водорості використовувалися як додаткові інгредієнти в макаронних виробках, щоб ще більше покращити їх поживні властивості та допомогти зробити їх популярними серед людей, які не їдять водорості. Паста з додаванням водоростей призвела до покращення профілю амінокислот і жирних кислот, вищого загального фенольного вмісту та антиоксидантної активності, а також вищого вмісту фукоксантину та фукостеролу [100]. Rodríguez de Marco et al. (2014) розробили пасту, формула якої змінюється зі збільшенням кількості *Spirulina* від 5 до 20 % та оцінили технологічну та харчову якість висушених продуктів. Автори цього дослідження повідомили, що лише макаронні вироби, виготовлені з *Spirulina* у концентрації 20 % показали змінену технологічну якість. Включення *Spirulina* призвело до збільшення загального вмісту фенолів та білка, хоча засвоюваність білка знижувалася зі збільшенням концентрації мікроводоростей [101]. Подібні результати спостерігали Zouar et al. (2011), які повідомили про підвищену антиоксидантну здатність макаронних виробів, що містять *Spirulina* при концентраціях від 1 до 3 % [102]. Більше того, Fradique et al. (2010) включили *Chlorella* та *Spirulina* в спагеті в концентраціях 0,5, 1,0 або 2,0 % та повідомили про підвищені параметри якості, такі як твердість та вміст білка. Сенсорний аналіз показав, що паста, що містить мікроводорості, мала вищі бали прийнятності порівняно з контрольною групою [103].

1.4. Аналіз застосування рослинних олій у харчових продуктах

Розробка здоровіших м'ясних продуктів шляхом часткової або повної заміни насичених жирів ненасиченими жирами зі збереженням сенсорних властивостей, бажаних для продуктів з повним вмістом жиру, є однією з важливих областей досліджень [104, 105]. Це також один із найскладніших процесів, оскільки жир надає функціональних та сенсорних властивостей, покращуючи ніжність, смак та соковитість м'ясних продуктів [106].

Один із запропонованих підходів полягав в заміні тваринного жиру в м'ясних продуктах рослинною олією, емульгованою зі специфічними

білками [107]. Зі зростанням популярності оброблених м'ясних продуктів серед споживачів, вчені досліджують можливі застосування та переваги структурованих емульсій (олеогелів та емульсійних гідрогелів) як заміників жиру в різних м'ясних продуктах, включаючи болонську ковбасу, сосиски, паштети, ферментовані ковбаси, котлети [108]. Очікується подальший розвиток ринку м'ясних продуктів на основі таких емульсій, оскільки використовуються можливості для переформулювання існуючих продуктів в оздоровчі версії та створення інноваційних корисних продуктів.

Обмеження загального споживання жирів та заміна споживання насичених жирних кислот (SFA) поліненасиченими жирними кислотами (PUFA), може бути рішенням для зниження частоти серцево-судинних захворювань [109].

Комплексний огляд довгострокових рандомізованих контрольованих досліджень, проведених Hooper et al. (2020) припустили, що зменшення споживання насичених жирних кислот забезпечує 21 % зниження серцево-судинних захворювань, а 10 % заміна насичених жирних кислот поліненасиченими жирними кислотами зменшує серцево-судинні захворювання на 27 % [110]. Подібні результати, отримані в мета-аналізі показали, що на 10 % зниження ризику інфаркту міокарда або смерті від ішемічної хвороби серця було досягнуто при збільшенні споживання поліненасичених жирних кислот на 5 % від енергетичної цінності [111]. Навіть незначна заміна SFA може бути корисною для здоров'я. Заміна 1 % SFA на PUFA призвела до загального зниження рівня загального холестерину та рівня холестерину ЛПВЩ (ліпопротеїдів високої щільності) [112]. Керівні принципи ВООЗ стверджують, що менше 30 % загальної енергії повинно надходити із загального споживання жирів, менше 10 % – із споживання насичених жирних кислот (SFA) та понад 6 % – із споживання поліненасичених жирних кислот (PUFA) [113].

Переваги поліненасичених жирних кислот (PUFA), зокрема довголанцюгових PUFA, таких як ейкозапентаєнова кислота (EPA) та докозагексаєнова кислота (DHA), для здоров'я мозку, печінки та серця добре

задокументовані [114]. ЕРА, ДНА та α -ліноленова кислота є прикладами омега-3 жирних кислот, оскільки перший подвійний зв'язок знаходиться між третім і четвертим атомами вуглецю з метильного кінця молекули [115]. Ці жирні кислоти не можуть бути синтезовані людиною, а повинні бути тримані з їжі [116]. Хоча α -ліноленова кислота може перетворюватися на ЕРА та ДНА в організмі людини за допомогою ферментів десатураз, але перетворення є неефективним і ще більше знижується у присутності лінолевої кислоти, яка конкурує з α -ліноленовою кислотою для ферментів, необхідних для перетворення [117].

Методи, що використовуються для часткової або повної заміни тваринного жиру на рослинні олії, включають мікроінкапсулювання, пряме змішування та емульсії [118, 119]. Однак ці рослинні олії мають інші фізико-хімічні характеристики, ніж часто використовувані тваринні жири (свинячий хребтовий жир та яловичий жир), тому для отримання бажаних якісних характеристик у цих продуктах з новою формулою знадобиться коригування умов м'ясопереробки [120, 121]. Ці методи, окремо або в поєднанні, широко використовуються в різних видах м'ясних продуктів, таких як свіжі, варені та ферментовані [122].

Модифікація м'ясних продуктів шляхом заміни SFA мононенасиченими жирними кислотами (MUFA) та PUFA є одним із найкращих практичних підходів покращення зростаючої занепокоєності споживачів щодо ризику захворювань [123, 124]. У цьому контексті, інтеграція рослинних олій та інших рослинних компонентів до рецептур м'ясних продуктів пропонує можливості для здоровішого профілю жирних кислот та джерела антиоксидантів, мінералів, клітковини та вітамінів [125].

Деякі рослинні олії, багаті на мононенасичені жирні кислоти (ріпакова олія, оливкова олія) та поліненасичені жирні кислоти (виноградна олія, лляна олія, соєва олія, соняшникова олія, гарбузова олія та олія чіа), які можна використовувати для заміни тваринного жиру в м'ясних продуктах. Ці рослинні олії з низьким вмістом SFA та високим рівнем MUFA та PUFA можуть бути

використані для розробки здоровіших м'ясних продуктів з метою покращення харчової якості [126, 127, 128].

Користь оливкової олії для здоров'я та харчування головним чином пояснюється високим вмістом олеїнової кислоти (MUFA), яка становить близько 75 % [129]. Олія також містить невелику частку α -ліноленову, лінолеву, пальмітинову та стеаринову жирні кислоти. Було виявлено, що дієта, багата на мононенасичені жирні кислоти, знижує загальний рівень холестерину та ЛПНЩ (ліпопротеїдів низької щільності) [130, 131]. Куряча шинка, розроблена з попередньо емульгованою або свіжою оливковою олією для часткової (50 %) заміни свинячого шпику, мала нижчий вміст насичених жирних кислот (21 %) та вищий рівень мононенасичених жирних кислот (20 %), ніж контрольна група. Також показники тромбогенності (28 %) та атерогенності (39 %) були нижчими в дослідній курячій шинці [132]. Інша робота в цій галузі зосереджена на корисності сухоферментованих ковбас, виготовлених з олеогелів та емульсійних гелів з використанням оливкової олії та олії чіа для заміни тваринного жиру. Автори наголосили на придатності оливкової олії для розробки здорових ковбас сухого ферментування через заяви про корисність для здоров'я та харчову цінність, які можуть бути зазначені на етикетці харчового продукту через високий вміст α -ліноленової жирної кислоти у кінцевому продукті. Заміна свинячого шпику (80 %) призвела до зниження вмісту жиру (25 %), вмісту насичених жирних кислот (53 %) та співвідношення омега-6 до омега-3 (92 %) та збільшення співвідношення PUFA/SFA (64 %). Удосконалені ковбаси також демонстрували меншу твердість, ніж контрольна група, але сенсорні характеристики потребували покращення. Під час охолодження ці сухоферментовані ковбаси мали хороший мікробіологічний стан та окислювальну стабільність [133]. Емульсії з качинового м'яса зі зниженим вмістом жиру, приготовані шляхом заміни 100 % свинячого жиру попередньо емульгованою оливковою олією, забезпечили харчові переваги, знизивши рівень SFA (46 %) та збільшивши рівень MUFA (63 %) у продукті. Ці удосконалені емульсії з качинового м'яса продемонстрували кращі сенсорні та

якісні характеристики, такі як пружність, стабільність емульсії, жувальна здатність, розчинність білків, окислення ліпідів та вихід при варінні, ніж контрольні емульсії [134]. Аналогічно, м'ясні емульсії також були розроблені з оливковою олією та порошком яєчного білка, що призвело до значного зниження рівня загального жиру (з 11,54 % до 4,01 %) та SFA (з 50,15 % до 10,96 %), а також підвищення вмісту MUFA (з 33,43 % до 62,64 %), головним чином олеїнової кислоти (з 31,79 % до 62,00 %), та PUFA (з 2,31 % до 6,52 %) [135]. Afshari et al. (2017) покращили жирнокислотний профіль яловичих котлет для бургерів шляхом заміни яловичого жиру оливковою та ріпаковою оліями. Зниження атерогенного індексу (з 1,6 до 0,5), тромбогенного індексу (з 1,8 до 0,49), рівня SFA (з 48 % до 19 – 24 %) та омега-6/омега-3 (від 8,6 до 3), що є ідеальним показником харчової якості будь-якого харчового продукту. Хоча модифікація вмісту жиру призвела до збільшення твердості низькокалорійного бургера, це питання було вирішено додаванням інуліну та β -глюкану [136]. Salcedo-Sandoval et al. (2015) виготовили котлети з покращеним рівнем поліненасичених жирних кислот (PUFA) та зниженим вмістом насичених жирних кислот (SFA). У цьому дослідженні свинячий жир був замінений гелем конжаку та сумішшю рослинних олій (оливкова та лляна). Жирова та енергетична цінність котлет знизилася на 85 % та 54 % відповідно порівняно з їхніми аналогами з високим вмістом жиру, що призвело до отримання здорових м'ясних продуктів. Однак заміна тваринного жиру сприяла підвищенню окислення ліпідів та більш жорстким котлетам, оскільки кількість гелю конжаку збільшувалася [137]. Коли та сама система використовувалася для удосконалення сосисок, продукти можна було маркувати як такі, що містять високий вміст омега-3. Заміна жирів призвела до зниження рівня насичених жирних кислот на 57 %, 92 %, 26 % та 64 % [138]. Різні інші дослідники використовували цю систему суміші конжакового гелю та олій. Jiménez-Colmenero et al. (2013) оцінили його використання в ковбасах сухого ферментування для заміни до 100 % жиру. Знову ж таки, спостерігалася помітне підвищення рівня поліненасичених жирних кислот (зі 124,1 до 254,3

г/кг) зниження рівня насичених жирних кислот (зі 375,1 до 248,6 г/кг) та омега-6/омега-3 (з 11,25 до 1,19) та зниження енергетичної цінності (з 1778,6 до 951,6 кДж/100 г) порівняно зі звичайними ковбасами, але всі сенсорні характеристики також знизилися [139]. Nieto et al. (2017) досліджували заміну свинячого жиру в курячих ковбасах попередньо емульгованою оливковою олією та пастою з волоських горіхів. Результати показали покращення окислювальної та емульсійної стабільності, втрат при готуванні та стабільності продукту порівняно з контрольними зразками. Крім того, ковбаси мали більшу кількість мінералів: високий вміст мононенасичених жирних кислот (18 %) та поліненасичених жирних кислот (22 %); та нижчий вміст насичених жирних кислот (40 %), омега-6/омега-3 (60 %), індекси атерогенності (38 %) та тромбогенності (72 %) [140, 141]. Аналогічно, курячі котлети виготовлені з оливкової олії, інуліну та желатинової емульсії, показали зниження твердості, але негативний вплив на кулінарні властивості (крім утримання жиру) та параметри кольору. Автори дійшли висновку, що заміна яловичого жиру до 50 % можлива для зменшення вмісту жиру (з 19,23 % до 15,61 %) без шкоди для сенсорних характеристик [142].

Соняшникова олія має близько 90 % жирних кислот, які походять переважно з лінолевої та олеїнової кислот [143], що робить її придатним вибором як заміник жиру [144]. Як лінолева, так і олеїнова кислоти допомагають знизити рівень холестерину та, зрештою, зменшити ризик серцево-судинних захворювань у людей, а олеїнова кислота також підвищує окислювальну стабільність олії під час зберігання [145]. Однак, вища лінолева кислота (омега-6 PUFA) може призвести до вищого омега-6/омега-3, що призводить до адипогенезу, системного запалення, ліпідного гомеостазу та побуріння жирової тканини, що викликає різні ефекти на збільшення жиру в організмі [146], і зрештою призводить до ожиріння через підвищену активність канабіноїдної системи та метаболітів ейкозаноїдів арахідонової кислоти [147]. Отже, збалансоване співвідношення омега-6/омега-3 є важливим для здоров'я людини та запобігання ожирінню [148]. Тому заміна тваринних жирів

соняшниковою олією є критично важливою для уникнення негативного впливу, спричиненого вищим вмістом омега-6/омега-3 співвідношення. У своїй нещодавній роботі Ferro et al. (2021) дійшли висновку, що емульсійні гелі на основі соняшникової олії демонструють чудовий потенціал як замітники тваринних жирів для зниження вмісту насичених жирних кислот (з 7,11 до 2,35 г/100 г) та покращення вмісту поліненасичених жирних кислот (з 2,61 до 9,67 г/100 г) без впливу на бажані властивості болонських ковбас. Однак, стабільність емульсії значно постраждала через цю заміну жиру [149]. Аналогічно, коли попередньо емульговану соняшкову олію було змішано з побічними продуктами бананів (джерело харчових волокон) для заміни 50 % тваринного жиру у сосисках, удосконалений продукт мав знижений вміст насичених жирних кислот (з 37,46 до 29,23 г/100 г) та вищий вміст поліненасичених жирних кислот (з 20,57 до 33,45 г/100 г). Крім того, реформовані сосиски також показали менші втрати при варінні, кращу стабільність емульсії та реологічні властивості, а також покращені сенсорні характеристики, ніж версія з високим вмістом жиру [150]. У курячих ковбасах емульсійного типу заміна до 50 % свинячого жиру попередньо емульгованою соняшниковою олією (або оливковою олією) може компенсувати негативний вплив використання м'яса старих курей-несучок [151]. У сосисках, рецептура яких була перероблена з використанням побічних продуктів соняшникової олії для заміни 50 % тваринного жиру, спостерігалось загальне покращення харчової цінності продукту, включаючи зниження вмісту жиру на 37 % та збільшення вмісту білка, мінералів і фенольних сполук, що характеризуються своїми антимікробними та антиоксидантними властивостями [152]. Потрібна була подальша розробка сенсорних аспектів, але продукти були визнані прийнятними з технологічної точки зору. Подібні технологічні та харчові переваги були досягнуті в ковбасах болонського типу da Silva et al. (2019) використали олеогель соняшникової олії (високоолеїнової) як замітник свинячого шпику. Результати показали, що заміна до 50 % тваринного жиру олеогелем була прийнятним варіантом для розробки

болонських ковбас з низьким вмістом жиру зі зниженням рівня жиру та холестерину на 29 % та 10 % відповідно, а також покращенням складу жирних кислот без впливу на окислювальну стабільність та сенсорний профіль [153]. В іншому дослідженні олеогелі соняшникової олії, структуровані фітостеролами та моногліцеридами у сосисках, не тільки покращили реологічні аспекти завдяки створеній міцній гелевій мережі, але й покращили ліпідний профіль (збільшення вмісту поліненасичених жирних кислот та зменшення вмісту насичених жирних кислот) без впливу на сенсорний профіль та окислювальну стабільність [154]. Аналогічно, органогелі соняшнику, структуровані фітостеролами та γ -оризанол у франкфуртських ковбасах успішно знижував рівень насичених жирних кислот (SFA) та збільшував вміст поліненасичених жирних кислот (PUFA) без шкоди для якісних характеристик (тобто pH, твердість, легкість, ступінь окислення) порівняно з обробкою емульсією соняшникової олії, яка знижувала прийнятність продукту відносно контролю [155, 156]. В іншій роботі заміна тваринного жиру в ковбасах британського типу попередньо емульгованою соняшниковою олією знизила вміст насичених жирних кислот з 38 % до 14 % та збільшила вміст поліненасичених жирних кислот з 15 % до 25 %, а також покращила життєво важливі поживні співвідношення, такі як збільшення співвідношення PUFA/SFA з 0,37 до 0,87 та зменшення ω -6/ ω -3 з 10,53 до 3,39 порівняно з ковбасами, виготовленими зі звичайних жирових емульсій без шкоди для сенсорного профілю [157]. Нещодавно, Khalil and Ockerman (2020) розробили курячий ланч, використовуючи соняшкову олію для заміни 100 % курячого жиру. Автори виявили значне зниження рівня насичених жирних кислот (SFA) та холестерину з 48,06 % до 14,30 % та з 232,77 до 129 мг/г відповідно, а також покращення вмісту поліненасичених жирних кислот (PUFA) з 6,79 % до 47,20 % порівняно з продуктом з високим вмістом жиру [158].

Ляна олія містить близько 40–68 % α -ліноленової кислоти, ω -3 жирна кислота, яка може бути корисною для серцево-судинної системи [159]. Ляна олія є потенційним інгредієнтом у розробці функціональних продуктів

харчування для зменшення співвідношення омега-6/омега-3 [160]. Нещодавно, Öztürk-Kerimoğlu, Kavuşan, et al. (2021) розробили ферментовані яловичі ковбаси з емульсією лляної олії. Заміна яловичого жиру призводить до покращення профілю жирних кислот шляхом зниження рівня SFA (з 46,6 % до 23,5 %) та холестерину (з 67,90 до 40,54 мг/100 г). Це також призводить до покращення вмісту PUFA (з 4,7 % до 25,4 %) та співвідношення харчової цінності, тобто PUFA/SFA, омега-6/омега-3, індекси атерогенності та тромбогенності. Однак колір та прогірклий смак збільшилися порівняно з ковбасами з яловичим жиром [161]. В іншому дослідженні ковбаси з баранини, удосконалені внесенням 40 % попередньо емульгованої лляної олії, мали вищу вологоутримуючу здатність, стабільність емульсії, значення кольору, вміст золи та вміст білка. Однак, окислення ліпідів та сила зсуву збільшилися після приготування [162]. Câmara and Pollonio (2015) покращили вміст поліненасичених жирних кислот та зменшили вміст жиру з 18,64 % до 11,92 % у болонських ковбасах шляхом додавання попередньої емульсії лляної олії та казеїнату натрію як часткового замітника свинячого жиру. Вони дійшли висновку, що додавання лляної олії не повинно перевищувати 3,95 % для стабільності та прийнятності кінцевого продукту [163]. Franco et al. (2020) у дослідженні ковбас сухого ферментування, виготовлених з олеогелів лляної олії, структурованих сумішшю β -ситостерол, бджолиним віском та g-оризанол для заміни тваринного жиру, показали покращення профілю жирних кислот, зниження вмісту SFA на 29 % та збільшення рівня PUFA на 67 %; крім того, вони показали покращення співвідношення PUFA/SFA (з 0,64 до 1,48) та зниження співвідношення омега-6/омега-3 (з 10,33 до 0,90) тоді, як на процес сушіння впливало додавання олеогелів та рівень заміщення, що призводило до змін сенсорних та текстурних властивостей [164]. У своєму попередньому дослідженні вони дійшли висновку, що заміна 50 % свинячого шпику попередньо емульгованою лляною олією з бджолиним воском значно зменшила вміст жирних кислот (з 35,95 до 32,34 г/100 г), холестерину (з 25,08 до 17,23 мг/100 г) та співвідношення омега-6/омега-3 (з 14,92 до 1,61), однак це

негативно вплинуло на сенсорну сприйнятливість сосисок [165]. Приготування котлет для бургерів з використанням гідрогелевої емульсії призводить до зниження вмісту насичених жирних кислот (SFA) на 64 % та збільшення рівня поліненасичених жирних кислот (PUFA) на 26 %, але приготовані бургери демонструють підвищені значення твердості. Сенсорний аналіз та оцінки прийнятності показали, що до 60 % свинячого жиру можна легко замінити для покращення жирнокислотного профілю функціональних котлет для бургерів [166]. Паштет, приготований з органогелями на основі лляної олії та бджолиного воску з використанням куркуміну як антиоксиданту, показав вищий вміст поліненасичених жирних кислот та покращену окислювальну стабільність [167]. Використання екстрактів водоростей з попередньо емульгованою лляною олією у свинячих котлетах призвело до покращення окислювальної стабільності шляхом зниження вмісту вуглецю та карбонільних груп, але не відновило характеристики кольору та запаху під час зберігання [168]. В іншому дослідженні заміна 60 % свинячого жиру гелем на основі льону та бджолиним воском призводить до зниження рівня SFA на 55 % та 90 % та співвідношення омега-6/омега-3 відповідно, та збільшення омега-3 поліненасичених жирних кислот (з 1,43 % до 33,8 %) у зразках паштету за новою рецептурою. Навпаки, вміст білка, золи та вологи знизився [169]. Аналогічно, гелеутворюючі емульсії на основі лляної олії (інулін та желатин) можуть потенційно покращити стабільність емульсії, відділення рідкого жиру та водоутримувальну здатність, замінюючи при цьому 70 % тваринного жиру в рецептурі здорових м'ясних продуктів [170]. У ферментованих ковбасах 64 % тваринного жиру було замінено гелеподібною емульсією з лляної олії та інуліну, що призвело до сприятливої зміни безпосереднього складу та профілю жирних кислот зі зниженням вмісту насичених жирних кислот (з 36,78 до 33,98 г/100 г), збільшенням вмісту поліненасичених жирних кислот (з 12,74 до 19,57 г/100 г) та низьким вмістом омега-6/омега-3 (від 11,36 до 2,23) [171].

Висновки до розділу 1

Аналіз ринку виробництва м'ясних виробів в Україні відображає стан поступового відновлення після глибокої кризи, спричиненої війною, економічними труднощами та зниженням купівельної спроможності населення. Незважаючи на складну соціально-економічну ситуацію, ковбасні вироби залишаються затребуваними завдяки своїй зручності, різноманіттю та широким можливостям кулінарного використання. Водночас на ринок істотно впливають зміни у споживчих вподобаннях, зокрема зростання інтересу до здорового харчування та функціональних продуктів. Це створює нові вимоги до виробників, які повинні адаптувати асортимент до тенденцій зниження вмісту шкідливих речовин, додавання біоактивних компонентів і використання інноваційних технологій. Розробка та впровадження функціональних м'ясних продуктів із покращеними оздоровчими властивостями може стати стратегічним напрямом розвитку галузі. За умови подолання логістичних бар'єрів, стабілізації економіки й активного впровадження інновацій, український ринок м'ясної продукції має потенціал до сталого зростання, забезпечення продовольчої безпеки та виходу на нові експортні ринки.

На основі теоретико-аналітичного дослідження впровадження морських водоростей у виробництво м'ясних продуктів встановлено, що м'ясопереробна галузь перебуває на етапі активної трансформації. Сучасні наукові тенденції передбачають формування нових концепцій розвитку галузі, удосконалення вже наявних методологічних підходів і активний пошук інноваційних рішень, зокрема у сфері використання нетрадиційних інгредієнтів. Одним із перспективних напрямів є інтеграція морських водоростей як функціональних добавок, здатних підвищити харчову та біологічну цінність м'ясної продукції.

Крім того, окреслюються широкі можливості використання морських водоростей не лише в м'ясопереробній промисловості, а й в інших сферах життєдіяльності людини. Поживна якість водоростей завдяки високому вмісту білка, мінералів, вітамінів, харчових волокон, жирних кислот, полісахаридів і біологічно активних молекул із широким терапевтичним потенціалом може

додатково сприяти покращенню якості життя людини та збалансованості харчування. У процесі дослідження було проаналізовано поділ морських водоростей: на макроводорості та мікроводорості, що відрізняються між собою за пігментним складом, морфологією, біохімічними властивостями та поживною цінністю. Охарактерезовано, що макроводорості *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria digitata*, *Ulva lactuca*, *Porphyra umbilicalis* та інші, використовуються не лише як харчові продукти, але й як джерела функціональних інгредієнтів – агару, карагенану, альгінатів, що застосовуються як загущувачі, емульгатори та стабілізатори в продуктах харчування. Мікроводорості, наприклад *Chlorella*, вирізняються високим вмістом білка, незамінних амінокислот, мінералів, вітамінів і біологічно активних сполук, мають підтверджені антиоксидантні, протипухлинні, протизапальні, антимікробні та імуномодуючі властивості, а також здатність нормалізувати рівень холестерину, кров'яного тиску, сприяти загоєнню ран, покращувати стан при анемії, діабеті, виразках шлунка, що робить їх особливо привабливими для функціонального харчування та нутрицевтики.

Також слід приділити увагу ідентифікації можливих викликів і обмежень, пов'язаних із використанням морських водоростей та рослинних олій у виробництві різноманітних харчових продуктів, зокрема варених ковбас. На сьогодні ця тема залишається недостатньо вивченою, що створює потребу в подальших дослідженнях, орієнтованих на комплексне вивчення як технологічних, так і функціональних аспектів інтеграції вказаних інгредієнтів у харчові матриці.

Майбутні наукові дослідження повинні бути спрямовані на визначення оптимальних концентрацій додавання морських водоростей і рослинних олій, які б забезпечували бажані органолептичні властивості, стабільність структури та безпеку кінцевого продукту. Це особливо актуально при створенні інноваційних харчових продуктів функціонального призначення, до яких пред'являються підвищені вимоги щодо якості, біологічної цінності та користі для здоров'я споживача.

Особливої уваги заслуговує використання водоростей і рослинних олій у виробництві варених ковбас, які є однією з найпоширеніших груп м'ясних виробів. У цьому контексті важливо вивчити їхній вплив на текстуру, смак, зберігання та функціональні властивості готової продукції. Інноваційний потенціал таких інгредієнтів дозволяє говорити про можливість розширення асортименту м'ясних виробів за рахунок функціонально збагачених варіантів, орієнтованих на сучасного споживача, який прагне дотримуватися здорового і збалансованого харчування.

Таким чином, беручи до уваги високий біологічний потенціал морських водоростей і рослинних олій, а також широку номенклатуру харчових продуктів, до складу яких вони можуть бути інтегровані, доцільно акцентувати увагу на їхніх перевагах як функціональних інгредієнтів, що здатні не лише покращити якісні характеристики продукції, але й сприяти формуванню позитивного впливу на здоров'я споживачів.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Схема проведення експерименту

Комплексні теоретичні й експериментальні дослідження дисертації проводили в умовах науково-дослідних лабораторій кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України, Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України.

Аналіз науково-технічної та патентної літератури дав змогу сформулювати підходи до досягнення цілей дисертаційної роботи, а також можливості розробки схеми проведення досліджень. Вирішення поставлених завдань досліджень проводились в декілька етапів.

На першому етапі досліджень було проведено аналіз профільної наукової та патентної літератури з проблем загального стану м'ясної промисловості України. Використання морських водоростей в харчовій промисловості. А також було проаналізовано органолептичні та мікробіологічні показники, загальний хімічний, мінеральний та амінокислотний склади біологічно активних добавок морських водоростей. Проаналізувавши зібрані теоретичні дані було визначено об'єкти і предмети досліджень, обрано методи та методики проведення експериментальних досліджень.

На другому етапі було проведено комплексні дослідження органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних властивостей варених ковбас з використанням морських водоростей та рослинних олій. Наступним етапом експериментальних досліджень було визначення комплексних показників якості готової продукції і розробка удосконаленої технології варених ковбас з використанням морських водоростей.

Схема проведення експериментальних досліджень, наведена на рисунку 2.1.

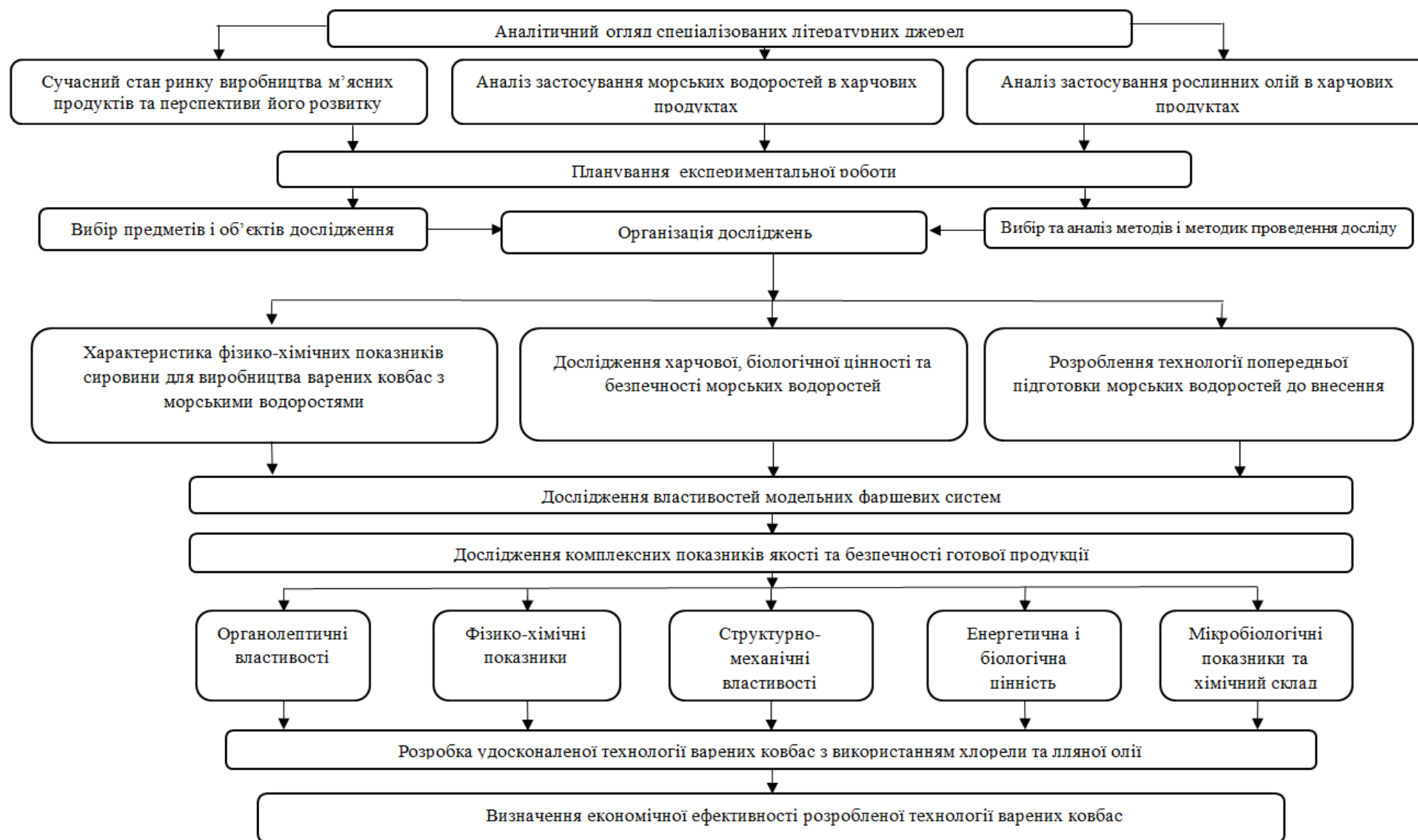


Рис. 2.1. Схема комплексних досліджень

2.2. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження: технологія варених ковбас із використанням морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової).

Предмет дослідження: м'ясна сировина, морські водорості (*Chlorella*, *Spirulina*, *Laminaria*), лляна олія, оливкова олія, комплексні показники безпеки та якості варених ковбас.

2.3. Методи проведення досліджень

Експериментальні дослідження проводили з використанням сучасних стандартних і загальноприйнятих методів хімічних, біохімічних, фізико-хімічних, функціонально-технологічних, структурно-механічних, мікробіологічних, органолептичних досліджень, математичного моделювання статичної обробки результатів досліджень.

Підготовку проб досліджуваних зразків для органолептичних, функціонально-технологічних, структурно-механічних, фізико-хімічних і мікробіологічних досліджень здійснювали за ДСТУ 7963:2015 [172], відбір проб проводили відповідно до ДСТУ 7992:2015, ДСТУ 8051:2015 [173, 174].

Дослідження органолептичних показників за 5-ти бальною шкалою проводили згідно з ДСТУ 4823.1:2007, ДСТУ 4823.2:2007 [175, 176]. До основних показників якості органолептичної оцінки варених ковбас, належать зовнішній вигляд, смак, аромат, колір, соковитість.

Водневий показник (рН) визначали за допомогою лабораторного рН-метра відповідно до методики ДСТУ ISO 2917 – 2001 [177] у водному та сольовому витягах, отриманих після 30-хвилинної витримки подрібнених зразків масою 5 грамів (співвідношення твердої та рідкої фаз 1:10) та фільтрації через знезолений фільтр «синя стрічка».

Вміст загальної вологи в готовому продукті визначали методом висушування наважки до постійної маси при температурі $t = 103 \pm 2$ °C за ДСТУ ISO 1442:2005 [178]. При цьому вміст вологи визначався за формулою:

$$W = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \right) \times 100, \% \quad (2.1)$$

де W – масова частка води, %;

m_1 – маса ємності з наважкою до висушування, г;

m_2 – маса ємності з наважкою після висушування, г;

m – маса порожньої ємності, г.

Масову частку золи визначали озоленням висушеної наважки при температурі 500...700 °С в муфельній печі до постійної маси, згідно з ДСТУ ISO 936:2008 [179]. Вміст золи розраховували за формулою:

$$X = \frac{(m_2 - m_0) \cdot 100}{m_1 - m_0}, \quad (2.2)$$

де m_0 – маса порожнього тигля, г;

m_1 – маса тигля з наважкою перед початком озолення, г;

m_2 – маса тигля з наважкою після озолення, г.

Масову частку білка в готовому продукті визначали за методом К'ельдаля ГОСТ 25011–81 [180], заснованого на розкладенні органічних речовин проби сірчаною кислотою до сульфату амонію, обробці решти розчином лугу з отриманням аміаку, зв'язуванні його розчином кислоти та титруванням отриманого розчину. Результат розраховували за різницею мас загального та неорганічно зв'язаного та небілкового азоту помноженою на коефіцієнт перерахунку (6,25 для м'ясних продуктів).

Масову частку загального вмісту жиру визначали методом Сокслета, заснованому на багатократній екстракції жиру з висушеної наважки продукту органічним розчинником, подальшим видаленням розчинника та висушуванні до постійної маси екстрагованої фракції жиру ДСТУ 8380:2015 [181]. Розрахунок проводили за формулою :

$$X = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_0} \right) \times 100, \quad (2.3)$$

де X – маса жиру, %

m_1 – маса гільзи з пробєю перед екстракцією, г;

m_2 – маса гільзи з пробєю після екстракції, г;

m_0 – маса наважки до висушування, г.

Вміст хлориду натрію визначали методом Мора ГОСТ 9957-2015 [182], шляхом осадженням хлорид-іону сріблом за присутності хромат-іону як індикатора. Для цього відбирають пробу масою 5 грамів, додають 100 см³ дистилляту, струшують 30 хвилин і відфільтровують розчин. До 10 см³ фільтрату додають 0,5 см³ розчину хромату калію та титрують 0,05 *N* розчином нітрату срібла до появи оранжевого забарвлення розчину. Масову частку хлоридів визначають за формулою:

$$X = \frac{0,00292 \times K \times V_2 \times 100 \times 100}{m_0 \times V_1}, \quad (2.4)$$

де 0,00292 – кількість NaCl, яка витрачається при обробці фільтрату 1 см³ 0,05 *N* розчину нітрату срібла, г;

K – поправочний коефіцієнт до титру 0,05 *N* розчину AgNO₃;

V_2 – кількість розчину AgNO₃ витрачена на титрування, см³;

V_1 – кількість фільтрату, відібрана на титрування, см³;

m_0 – наважка продукту, г.

Окислювально-відновний потенціал (ОВП) визначали за допомогою багатофункціонального приладу «Combo» згідно з інструкцією виробника [183].

Показник активності води визначали за допомогою приладу «Novasina» Jan – 27 з індикацією до появи «точки роси». Результат розраховували за формулою [184]:

$$a_w = \frac{RH}{100} \times 100, \quad (2.5)$$

де RH – рівноважна відносна вологість повітря над поверхнею досліджуваного продукту, %.

Визначення жирнокислотного складу проводили згідно з ДСТУ ISO 5508-2001 «Жири та олії тваринні й рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508 : 1990, IDT)» [185]. Пробопідготовку здійснювали згідно з ДСТУ ISO 5509-2002 «Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509 : 2000, IDT)» [186]. Хроматографічний аналіз жирних кислот виконано на газовому хроматографі Trace Ultra з полум'яно-іонізаційним детектором, на капілярній колонці SP-2560 (Supelco). Розширена невизначеність результатів випробувань отримана шляхом множення стандартного відхилення відтворюваності, обчисленого за уточненим рівнянням Горвіца-Томпсона, на коефіцієнт охоплення $k=2$, що визначає інтервал з рівнем довіри, який дорівнює 95 % за допустимого нормального розподілу.

Вологозв'язуючу здатність (ВЗЗ) визначали трикратним пресуванням проби масою 0,3 г зусиллям в 1 кг та визначенні кількості поглиненої фільтрувальним папером води за площею вологої плями. Вміст зв'язаної води розраховують за допомогою формул [187, 188]:

$$x_1 = \frac{(a-8,4 \cdot b)}{m} \times 100, \quad (2.6)$$

$$x_2 = \frac{(a-8,4 \cdot b)}{a} \times 100, \quad (2.7)$$

де x_1 – вміст зв'язаної води, % до наважки;

x_2 - вміст зв'язаної води, % до загальної води;

a – загальний вміст води в наважці, мг;

b – площа вологої плями, cm^2 ;

m – маса наважки для пресування, мг.

Пластичність розраховували пресуванням проби після визначення ВЗЗ. Для обчислення використовували площу вологої плями, що була залишена дослідним зразком на фільтрувальному папері (внутрішня пляма). Показник обрахували за формулою [187, 188]:

$$P = \frac{B_{\phi} \times 10^6}{m_0}, \quad (2.8)$$

де P – пластичність, $\text{см}^2/\text{кг}$;

B_{ϕ} – площа вологої плями від наважки, см^2 ;

m_0 – маса наважки, мг ;

10^6 – показник для переведення мг у кг .

Пенетраційну напругу визначали за допомогою пенетрометра Ulab 3-31 М визначенням опору продукту проникненню за визначений час в нього індентора з чітко визначеними розмірами, масою і матеріалом, при нормованому інструкцією тиску і фіксованій температурі. Результатом вважали глибину проникнення. Граничну напругу зсуву (Па) розраховували за формулою Ребіндера [187]:

- для в'язкопластичних продуктів:

$$\sigma_0 = K \times m \times h^{-2}, \quad (2.9)$$

- для пружно-еластичних продуктів:

$$\sigma_0 = m \times g \times h^{-2}, \quad (2.10)$$

де m – маса індентора і стержня приладу ($0,1034 \text{ кг}$);

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;

h – глибина проникнення індентора;

$K\alpha$ – константа індентора (для конуса $\alpha = 60^\circ$, $K\alpha = 0,214$).

Емульгуючу здатність визначали гомогенізацією наважки з подальшим її емульгуванням з рафінованою соняшниковою олією. Підготовлену пробу центрифугували та визначенням вільний об'єм відокремленої олії. Розрахунок проводили за формулою [189]:

$$E3 = \frac{V_1}{V} \times 100, \quad (2.11)$$

де E3 – емульгуюча здатність, % ;

V_1 – об'єм емульгованої олії, cm^3 ;

V – загальний об'єм олії, cm^3 .

Стабільність емульсії визначали одразу після емульгуючої здатності з використанням приготованої у попередньому дослідженні емульсії. Пробу нагрівали до 80 °C протягом 30 хвилин і охолоджували під проточною водою 15 хв. Емульсію центрифугували при частоті обертання 500 s^{-1} впродовж 5 хвилин і визначали об'єм емульсованого шару олії. Розрахунок проводиться за формулою [189]:

$$CE = \frac{V_1}{V_2} \times 100, \quad (2.12)$$

де CE – стабільність емульсії, %;

V_1 – об'єм емульгованої олії, cm^3 ;

V_2 – загальний об'єм емульсії, cm^3 .

Структурно-механічні властивості, а саме зусилля зрізу та роботу різання визначали на універсальній випробувальній машині SANS CMT2000, модель 2503, яка дає змогу здійснювати визначення конкретних властивостей через постійне вимірювання та реєстрацію навантаження, що виникає через опір зразка механічній дії. Зразок продукту розміщували на рамі, яка нерухома та центрували до насадки. Далі запускали хід траверси та реєстрували отримані дані комп'ютером. Визначення показника зусилля зрізу та роботи різання

здійснювали на універсальній випробувальній машині «Інстрон». Усі математичні розрахунки щодо обчислення показників та графічне оброблення результатів здійснювали за допомогою програмного забезпечення Power Test_DOOE. Визначення показників зусилля зрізу та роботи різання здійснювали за допомогою насадки Уорнера-Братцлера. Зважаючи, що стандартна ширина зразка має бути 5 см, а висота 1 см. Зразок вирізався і вимірювався лінійкою, отримані дані було введено у програму і перераховано згідно з виміряними даними

Амінокислотний склад продукту визначали відповідно до вимог національного стандарту ДСТУ ISO 13903:2009 [190].

Вміст вітамінів визначали методом ВЕРХ (високоєфективної рідинної хроматографії), який дозволяє визначати декілька вітамінів одночасно. Суть методу полягає у розділенні речовин досліджуваної суміші між рідиною і твердим сорбентом. Пробопідготовка харчових продуктів полягає в омиленні аналізованої проби спиртовим розчином луку та екстрагування вітамінів діетиловим або петролейним етером. Сухий залишок після відгонки розчинника перерозчиняють в іншому розчиннику та вводять у хроматограф [191, 192, 193, 194].

Вміст мінеральних речовин визначали методом атомно-абсорбційна спектроскопія (ААС) за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра АА-1800С, який використовується для визначення концентрації певних елементів у зразку шляхом вимірювання поглинання світла атомами. Суть методу полягає в тому, що атоми досліджуваного елемента, переведені в газоподібний стан, поглинають світло на певних, характерних для них довжинах хвиль. Чим більше атомів у зразку, тим більше світла вони поглинуть, що дозволяє кількісно визначити вміст елемента.

Відбір та підготовку проб для визначення мікробіологічних показників здійснювали за ДСТУ 8051:2015 [174]. Визначення мікробіологічних змін сировини і готової продукції оцінювали за: кількістю мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) у відповідності з

ДСТУ 8446:2015 [195], бактерій групи кишкової палички (БГКП) (коліформи) згідно з ДСТУ ГОСТ 30726-2002 [196], патогенних мікроорганізмів, у т.ч. роду Сальмонела у відповідності з ДСТУ EN 12824:2004 [197], плісняви та дріжджів згідно з ДСТУ 8447:2015 [198].

Вихід готового продукту розраховували зважуванням готових ковбасних виробів з точністю до 0,001 грама до і після теплової обробки.

Комп'ютерне моделювання, обробку даних і побудову графіків проводили за допомогою Microsoft Excel для Windows 2010.

2.4. Методи статистичної обробки даних

Математичне узагальнення результатів досліджень виконували за методами математичної статистики даних з використанням комп'ютерної техніки та інформаційних технологій в редакторі Microsoft Excel, STATISTICA. Для отримання достовірних експериментальних даних досліджування проводили за допомогою Стюдента за довірчої ймовірності $\leq 0,03$ за кількості паралельних визначень не менше 3. Задачі лінійного програмування вирішували з використанням настройки табличного процесора MS Excel «Поиск решения» (Excel Solver).

Висновки до розділу 2

Дослідження проводили в умовах науково-дослідних лабораторій кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України, Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України.

Для досягнення мети і поставлених завдань розроблено програмно-цільову модель теоретичних та експериментальних досліджень; визначено об'єкт і предмет дослідження.

Підібрані методи та методики експериментальних досліджень, зокрема органолептичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні, структурно-механічні, мікробіологічні показники, амінокислотного складу та статистичної обробки результатів досліджень, математичного моделювання варених ковбас, використання яких забезпечить високу точність і достовірність результатів.

РОЗДІЛ 3

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУР ВАРЕНИХ КОВБАС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ

3.1. Характеристика фізико-хімічних показників м'ясної сировини

В якості сировини для виробництва м'ясних продуктів використовують м'ясо сільськогосподарських тварин в охолодженому та замороженому стані за чинною нормативно-технічною документацією [199].

Вибір цієї групи харчових продуктів пов'язаний з високою харчовою і біологічною цінністю. У силу особливостей хімічного складу і наявності біологічно активних речовин ці види продуктів можуть стати прекрасною основою для створення функціональних продуктів.

Цінність м'язової тканини залежить від вмісту в ній повноцінних білків (16–20 %), вуглеводів (0,4–0,8 %) у вигляді глікогену, жиру (2–3 %), мінеральних речовин (1–1,5 %) у вигляді солей кальцію, фосфору, заліза, натрію, цинку, міді, марганцю та інших, екстрактивних речовин (1–1,7 %), води (72–80 %), а також ферментів і вітамінів. Повноцінні білки міозин, актин, глобулін, міоген, міоглобін, міоальбумін легко засвоюються організмом людини. Міозин добре поглинає й утримує воду. Він становить близько 40 % всіх білків м'язової тканини. Актин при взаємодії з міозином утворює актоміозин, який має велику в'язкість. Білки міозин, актин і глобулін розчиняються у солевих розчинах, решта білків — водорозчинні. Міоглобін забарвлює м'ясо в червоний колір. При взаємодії з киснем повітря міоглобін змінює забарвлення м'яса від світло-червоного до темно-червоного. Тому забарвлення м'яса, особливо напівфабрикатів, змінюється при їх зберіганні. Глікоген (тваринний крохмаль) відкладається в м'язах і печінці. Він є запасною речовиною для поповнення крові глюкозою. Після забою тварин глікоген відіграє важливу роль при дозріванні м'яса: він перетворюється на молочну кислоту, яка розщеплює складні білки, завдяки чому м'язи розслаблюються і

відновлюють властивість утримувати та поглинати вологу. Екстрактивні речовини знаходяться у м'ясі у вигляді азотистих (глікоген) і безазотистих (глутамінова кислота) сполук. Вони добре розчиняються у воді, надають м'ясу приємного специфічного смаку й аромату, ніжної консистенції. М'ясо молодих тварин містить менше екстрактивних речовин [200].

Хімічний склад м'яса, наведений у таблиці 3.1, яка відображає вміст окремих хімічних елементів в ньому. Присутність різних хімічних елементів в м'ясі залежить від складу споживаної твариною їжі та середовища, в якому вона вирощувалась.

Таблиця 3.1

Хімічний склад м'яса (охолодженого), n=3

Вид м'яса	Вміст %				Енергетична цінність, кДж
	волога	білок	жир	зола	
Яловичина	70±0,01	18±0,03	10±0,04	1±0,02	787
Свинина	50±0,03	15±0,04	30±0,03	0,7±0,03	1322
Баранина	67±0,02	16±0,04	9±0,04	0,9±0,02	849
Конина	68±0,03	19±0,02	4±0,02	1±0,04	689
Курятина	61±0,01	19±0,03	18±0,02	0,8±0,04	1008

М'ясо містить усі незамінні амінокислоти, що необхідні для синтезу білка в організмі. Це сприяє відновленню тканин, росту м'язової маси та підтримці імунної системи. У таблиці 3.2 наведені значення амінокислотного складу для 100 г нежирного м'яса. Таке стандартизоване представлення дозволяє порівнювати між собою різні види м'яса з урахуванням однакового показника ваги.

Таблиця 3.2

Вміст основних амінокислот різних видів м'яса (г/100 г), n=3

Амінокислота	Яловичина	Свинина	Баранина	Конина	Курятина
Аланін	1,3	1,4	1,2	1,4	1,1
Аргінін	1,4	1,5	1,3	1,6	1,3
Аспарагінова кислота	2,1	2,2	2,0	2,3	1,9
Валін	1,2	1,3	1,1	1,3	1,0

Продовження таблиці 3.2

Амінокислота	Яловичина	Свинина	Баранина	Конина	Курятина
Гістидин	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6
Гліцин	1,1	1,2	1,0	1,1	1,0
Глутамінова кислота	3,2	3,5	3,1	3,4	3,2
Ізолейцин	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1
Лейцин	1,8	1,9	1,6	1,9	1,6
Лізин	2,0	2,2	1,9	2,1	1,8
Метіонін	0,7	0,7	0,6	0,7	0,5
Пролін	1,2	1,3	1,1	1,1	0,8
Серін	0,9	1,0	0,8	0,9	0,7
Тирозин	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
Треонін	1,0	1,1	0,9	1,0	0,9
Триптофан	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Фенілаланін	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
Цистеїн	0,4	0,5	0,4	0,4	0,2

Різниця в складі амінокислот відображає специфічну м'язову будову, харчування тварин, а також методи обробки та зберігання м'яса. Для багатьох незамінних амінокислот (лізин, лейцин, ізолейцин, валін, треонін) свинина демонструє більш високі або конкурентні значення порівняно з іншими видами м'яса. Наприклад, вміст лізину 2,2 грами, що перевищує значення у яловичини (2,0 г), баранини (1,9 г) та курятини (1,8 г), а також трохи перевищує конину (2,1 г); лейцину 1,9 грам (свинина) проти 1,8 грам (яловичина) та 1,6 грам (баранина, курятина). Підвищений рівень глутамінової кислоти 3,5 грами у свинині є найвищим серед розглянутих видів (порівняно з 3,2 грами у яловичині та курятині, 3,1 грами у баранині, 3,4 грами у конині). Також свинина демонструє конкурентні показники не тільки для незамінних амінокислот, а й для інших важливих амінокислот (аспарагінова кислота, гліцин, пролін, серін, аланін, аргінін, гістидин, цистеїн).

Один з важливих аспектів, що дозволяє точно оцінити харчову цінність м'яса, полягає в розумінні вмісту вітамінів та мінеральних речовин, які містяться в його складі. Аналіз вмісту вітамінів та мінеральних речовин (табл. 3.3 та 3.4), дозволяє не лише встановити енергетичну складову продукту, а й зрозуміти, як саме дане м'ясо впливає на нормальне функціонування організму,

сприяючи зміцненню імунітету, оптимізації обміну речовин та підтримці здоров'я кісткової системи.

Таблиця 3.3

Вміст вітамінів у різних видах м'яса, мг/100 г, n=3

Вітамін	Яловичина	Свинина	Баранина	Конина	Курятина
A (Ретинол)	2	1	2	2	2
D (Кальциферол)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
E (Токоферол)	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7
K (Філохінон)	2	2	2	2	1,5
B ₁ (Тіамін)	0,07	0,8	0,09	0,09	0,07
B ₂ (Рібофлавін)	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
B ₃ (Ніацин)	4,2	5,5	4,7	4,7	7,7
B ₅ (Пантотенова кислота)	0,6	0,8	0,6	0,7	1,0
B ₆ (Піридоксин)	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6
B ₇ (Біотин)	5	6	5	5	4
B ₉ (Фолієва кислота)	5	4	4	5	4
B ₁₂ (Кобаламін)	2,5	1,1	2,1	2,9	0,4

Згідно з даними показників свинина вирізняється високим вмістом тіаміну (0,8), що є важливим для підтримки нервової системи та енергетичного обміну. Окрім того, підвищені показники рибофлавіну (0,3), ніацину (5,5), пантотенової кислоти (0,8), піридоксину (0,5) і біотину (6) роблять її цінним джерелом вітамінів групи B. Оскільки вони сприяють оптимальному обміну речовин, покращуючи засвоєння поживних речовин та підтримують загальний стан організму.

Таблиця 3.4

Вміст мінеральних речовин у різних видах м'яса, мг/100 г, n=3

Мінерал	Яловичина	Свинина	Баранина	Конина	Курятина
Кальцій (Ca)	12	7	10	11	13
Фосфор (P)	180	170	150	180	190
Магній (Mg)	21	18	20	22	23
Калій (K)	370	350	340	380	400
Натрій (Na)	65	60	70	55	70
Залізо (Fe)	2,7	1,2	2,1	4,0	1,3
Цинк (Zn)	4,0	2,5	3,2	3,5	1,7
Мідь (Cu)	0,1	0,08	0,09	0,15	0,05
Марганець (Mn)	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02

Продовження таблиці 3.4

Мінерал	Яловичина	Свинина	Баранина	Конина	Курятина
Хлор (Cl)	70	65	75	60	80
Селен (Se)	0,018	0,023	0,019	0,022	0,024
Йод (I)	0,004	0,003	0,003	0,005	0,006
Фтор (F)	0,085	0,070	0,075	0,090	0,095
Кобальт (Co)	0,002	0,0015	0,0018	0,0022	0,0012
Молібден (Mo)	0,01	0,012	0,008	0,009	0,011
Хром (Cr)	0,0025	0,003	0,0022	0,0035	0,004
Нікель (Ni)	0,0005	0,0004	0,0006	0,0007	0,0005

Аналіз наведених показників мінерального складу показує, що більшість елементів знаходяться у всіх видах м'яса в достатній близькості, але свинина має кілька важливих переваг у порівнянні з іншими видами м'яса. Свинина містить 0,012 мг молібдену на 100 г, що є найвищим показником у порівнянні з яловичиною (0,01 мг), бараниною (0,008 мг), кониною (0,009 мг) та навіть трохи перевищує курятину (0,011 мг), який бере участь у функціонуванні ферментів, пов'язаних із детоксикацією та обміном речовин. Також свинина містить лише 0,0004 мг нікелю, що є найнижчим серед порівнюваних видів м'яса, що може бути важливим для осіб з підвищеною чутливістю до цього елемента. Свинина також має оптимальне співвідношення хрому 0,003 мг, що сприяє регуляції рівня цукру в крові та покращує обмін речовин, а також кобальту 0,0015 мг який позитивно впливає на синтез вітаміну B₁₂ і кровотворення.

Таким чином, співставлення вітамінного та мінерального складу даних видів м'яса свідчить на користь використання в рецептурі варених ковбас саме свинини, за умови корегування амінокислотної складової у бік збільшення вмісту незамінних амінокислот. Оптимальне співвідношення насичених, мононенасичених та поліненасичених жирних кислот робить свинину хорошим джерелом жирів (табл. 3.5).

Вміст жирних кислот у свинині, г/100 г, n=3

Тип жирних кислот	Жирна кислота	Вміст
Насичені жирні кислоти (SFA)	Міристинова (C14:0)	0,5±0,04
	Пальмітинова (C16:0)	6,0±0,75
	Стеаринова (C18:0)	3,5±0,45
Мононенасичені жирні кислоти (MUFA)	Пальмітолеїнова (C16:1)	1,2±0,11
	Олеїнова (C18:1n9c)	11,0±1,15
Поліненасичені жирні кислоти (PUFA)	Лінолева (C18:2n6c)	2,5±0,55
	Ліноленова (C18:3n3)	0,2±0,07
	Арахідонова (C20:4)	0,5±0,04

На основі представлених даних можна побачити, що загальний вміст насичених жирних кислот (C14:0, C16:0, C18:0) не є надмірним, хоча пальмітинова кислота домінує (6,0 г/100 г). Високий рівень олеїнової кислоти (11,0 г/100 г) може сприяти покращенню ліпідного профілю крові, знижуючи ризик атеросклерозу. Хоча лінолева кислота (C18:2n6c) представлена в значній кількості, вміст ліноленової кислоти (C18:3n3) досить низький, що може створити дисбаланс у співвідношенні омега-6 до омега-3, це може бути важливим фактором, якщо раціон не містить достатньої кількості омега-3 жирних кислот з інших джерел (наприклад, лляна олія).

Згідно з декларацією виробника, який постачав свинину для проведення досліджень вказано, що сировина є безпечною, придатною до виробництва харчових продуктів та відповідає вимогам згідно з наказів Міністерства охорони здоров'я України та Національного стандарту України (Наказ МОЗ № 368 від 13.05.2013 Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах»; наказ МОЗ № 548 від 19.07.2012 Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів) [201, 202]. Показники безпечності свинини наведено в табл. Б1 додатка Б.

Ще одним фактором, який має бути взятим до уваги при розробленні варених ковбас, має бути його збалансованість за показниками амінокислотного

та жирнокислотного складу, вітамінів, харчових волокон та мінералів. З цією метою, за напрямком досліджень, нами був обраний пошук нетрадиційних інгредієнтів, підвищеної харчової та фізіологічної цінності, як альтернатива застосовуваним у більшості випадків добавкам.

3.2. Аналіз складу компонентів фаршевих систем варених ковбас

3.2.1. Обґрунтування доцільності використання *Chlorella* (порошок), як сировини для виробництва варених ковбас

Накопичені наукові дані підтверджують доцільність та перспективність використання *Chlorella*, *Laminaria*, *Spirulina* та *Porphyra tenera* як дієтичних добавок у харчовій промисловості. Дані водорості відзначаються високим вмістом білків, вітамінів, мінералів та інших біологічно активних речовин. Вибір саме цих видів обумовлений їхніми позитивними органолептичними характеристиками, підтвердженими терапевтичними та профілактичними ефектами, а також широкою доступністю сировини для промислового виробництва [203].

Органолептичні характеристики є одними із важливих показників для оцінки якості харчового продукту. Результати досліджень органолептичних показників водоростей наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.6

Органолептичні показники морських водоростей

Показники	Найменування морських водоростей			
	<i>Chlorella</i>	<i>Laminaria</i>	<i>Spirulina</i>	<i>Porphyra tenera</i>
Зовнішній вигляд і консистенція	Сухі подрібнені часточки з розміром від 2 до 1000 мкм, сипучої консистенції, без видимих включень і домішок			
Смак і запах	Специфічний, властивий морським водоростям			
Колір	Темно-зелений, однорідний за всією масою	Бурий, однорідний за всією масою	Насичено зелений, однорідний за всією масою	Бурий, однорідний за всією масою

Аналізуючи дані табл. 3.6 можна стверджувати, що вони представляють

собою подрібнені шматочки сланей морських водоростей, що відрізняються за кольором, смаком і запахом.

На наступному етапі досліджували характеристику харчової цінності біологічно активних добавок морських водоростей. Результати хімічного складу добавок морських водоростей наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Хімічні показники морських водоростей, %, n=3

Показники	Найменування морських водоростей			
	<i>Chlorella</i>	<i>Laminaria</i>	<i>Spirulina</i>	<i>Porphyra tenera</i>
Білки, %	60±0,01	18±0,02	52±0,01	40±0,02
Жири, %	5±0,03	3±0,03	6±0,03	3±0,03
Вуглеводи, %	20±0,02	60±0,02	20±0,02	45±0,03
Мінеральні речовини, %	15±0,04	15±0,04	10±0,05	10±0,05

Морські водорості містять незначну кількість жирів: *Chlorella* – 5 %; *Laminaria* – 3 %; *Spirulina* – 6 %; *Porphyra tenera* – 3 %, проте *Chlorella* – 60 %; *Spirulina* – 52 %; *Porphyra tenera* – 40 % багаті на білки. Також дослідження виявили, що дані види морських водоростей мають високий вміст мінеральних речовин, що свідчить про їх високу харчову цінність.

Важливим показником біологічної цінності білків є відповідність вмісту незамінних амінокислот ідеальному білку. У зв'язку з цим постає інтерес щодо порівняльної оцінки морських водоростей за вмістом незамінних амінокислот. Оцінка відповідності амінокислотного складу білків морських водоростей ідеальному білку зі шкалою ФАО/ВОЗ наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Оцінка відповідності амінокислотного складу білків морських водоростей ідеальному білку зі шкалою ФАО/ВОЗ, г/100 г білка, n=3

Назва незамінної амінокислоти	Ідеальний білок за ФАО/ВОЗ	Вміст амінокислоти, г/100 г білка			
		<i>Chlorella</i>	<i>Laminaria</i>	<i>Spirulina</i>	<i>Porphyra tenera</i>
1	2	3	4	5	6
Валін	5,0	5,5	4,2	4,0	6,4
Гістидин	1,0	2,3	1,3	2,9	1,4

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6
Ізолейцин	4,0	4,7	2,7	1,4	4,0
Лейцин	7,0	6,8	5,4	3,7	8,7
Лізин	5,5	5,2	3,7	2,7	4,5
Метіонін	3,5	1,4	1,6	3,2	1,1
Треонін	4,0	4,7	4,4	0,9	4,0
Триптофан	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9
Фенілаланін	6,0	3,5	3,2	3,2	3,9
Загалом	37	35	27,3	23	34,9

Найбільше ідеальному білку відповідає білок *Chlorella*, загальний вміст незамінних амінокислот становить 35,0 г/100 г білка, тоді як загальний склад амінокислот ідеального білку за шкалою ФАО/ВОЗ складає 37,0 г/100 г білка. Домінуючими амінокислотами *Chlorella* є валін – 5,5 г/100 г; ізолейцин – 4,7 г/100 г; лейцин – 6,8 г/100 г; лізин – 5,2 г/100 г; треонін – 4,7 г/100 г; фенілаланін – 3,5 г/100 г, при ідеальному білку відповідно – 5,0; 4,0; 7,0; 5,5; 4,0; 6,0 г/100 г білка.

Морські водорості *Laminaria*, *Spirulina* та *Porphyra tenera* за оцінкою відповідності амінокислотного складу білків морських водоростей ідеальному білку за шкалою ФАО/ВОЗ мають нижчі показники ніж *Chlorella*. Домінуючими амінокислотами цих морських водоростей є валін, лейцин, лізин, треонін, фенілаланін, які є досить важливими для людського організму.

Мінеральні компоненти, які переважають у морських водоростях і визначають їхню харчову цінність, відіграють надзвичайно важливу роль у функціонуванні організму. Вони розташовані в клітинній протоплазмі та біологічних рідинах, сприяючи підтриманню стабільного осмотичного тиску, що є критичним для нормальної життєдіяльності клітин і тканин. Крім того, ці мінерали беруть участь у регуляції ферментативних процесів, передачі нервових імпульсів та скороченні м'язів, забезпечуючи належну роботу органів і систем, а також підтримуючи загальний метаболічний баланс організму.

Макро- та мікроелементи входять до складу таких важливих органічних сполук, як гемоглобін, ферменти, гормони; виконують роль пластичного матеріалу для побудови кісткової та зубної тканини; забезпечують згорання

крові; виконують важливу функцію в багатьох фізіологічних процесах організму. Недостатність або надлишок у харчуванні будь-яких мінералів викликає порушення обміну білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, призводить до розвитку цілої низки різних захворювань [204, 205].

Результати досліджень мінерального складу морських водоростей представлені в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Вміст мінеральних елементів у морських водоростях, мг/100 г, n=3

Найменування мінеральних елементів	Найменування морських водоростей			
	<i>Chlorella</i>	<i>Laminaria</i>	<i>Spirulina</i>	<i>Porphyra tenera</i>
Калій (K)	882,5	840,3	774,4	686,5
Кальцій (Ca)	330	448,2	288,3	295,9
Магній (Mg)	264	124,1	195,1	144,5
Фосфор (P)	120,5	143,1	118,3	134,1
Залізо (Fe)	21,0	28,75	13,57	6,56
Йод (I)	50,1	56,68	48,03	65,45
Селен (Se)	7,5	5,41	7,2	3,41

Отримані дані свідчать, що морські водорості багаті калієм і здатні задовольнити добову потребу в цьому елементі. Найбільше його виявлено в *Chlorella* – 882,5 мг/100 г. Як відомо, калій – важливий клітинний елемент, який сприяє нормальному серцебиттю та регулює артеріальний тиск, знижуючи ризик серцевих захворювань, необхідний для передачі нервових імпульсів, що забезпечує координацію м'язових скорочень і розслаблень. Допомогає підтримувати стабільний рівень рН в організмі та забезпечує баланс рідин в організмі, що важливо для нормального функціонування клітин і тканин. При дефіциті калію спостерігається порушення серцевого ритму (аритмія), підвищення артеріального тиску, порушення роботи нирок, судом, втома та дратівливість.

Що стосується кальцію більший вміст – 448,2 мг/100 г спостерігається в *Laminaria*. Кальцій необхідний для нормального скорочення м'язів, включаючи серцевий м'яз, відіграє важливу роль у процесі згортання крові, що запобігає надмірній кровотечі при пораненнях, сприяє регуляції тонусу судин, бере

участь у передачі сигналів між нервовими клітинами.

Серед досліджених водоростей найбільший вміст магнію виявлено в *Chlorella* – 264 мг/100 г відповідно. Забезпечення адекватного споживання магнію є важливим для загального здоров'я, оскільки він підтримує численні біохімічні процеси в організмі.

Всі морські водорості містять залізо, яке є незамінною частиною гемоглобіну і міоглобіну, та бере участь в окиснювальних процесах, забезпечуючи ефективну боротьбу з інфекціями. Забезпечення оптимального споживання заліза є критично важливим для здоров'я, адже воно впливає на енергетичний метаболізм, роботу імунної та нервової систем, а також на загальний фізичний стан.

У всіх досліджуваних зразках морських водоростей виявлено високий показник йоду. Критично важливий елемент для організму, оскільки є незамінним компонентом тиреоїдних гормонів (Т3 та Т4), які регулюють швидкість метаболізму, ріст, розвиток і функціонування багатьох систем організму. Вченими досліджено, що дефіцит йоду зумовлює зниження інтелектуального потенціалу значної частини населення. Дослідження, проведені в останні роки у різних країнах світу показали, що середні показники інтелектуального розвитку в регіонах із вираженим йодним дефіцитом на 10 – 15% нижчі від показника у регіонах, де немає дефіциту [206, 207].

Визначення вмісту селену в досліджуваних зразках, показали, що найбільша кількість його знаходиться у морській водорості *Chlorella* – 7,5 мг/100 г. У *Laminaria*, *Spirulina*, *Porphyra tenera* виявлено відповідно 5,41; 7,2; 3,41 мг/100 г. Селен є необхідним компонентом для нормального функціонування щитоподібної залози та антиоксидантного захисту організму.

Дослідженням мінерального складу морських водоростей присвячені роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, а саме Корзун В. Н., Дробот В. І., Пересічного М. І. [208, 209]. Наукові дослідження підтвердили, що морські водорості є не лише повноцінним, а й стратегічно важливим джерелом харчування завдяки високому природному вмісту мінералів. Вони володіють як

лікувальними, так і профілактичними властивостями, що робить їх цінною сировиною для виробництва харчових продуктів.

Визначення мікробіологічних показників у водоростях, є важливим етапом контролю якості та безпеки харчових продуктів. Характеристика мікробіологічних показників морських водоростей наведені в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Мікробіологічні показники морських водоростей

Показник, одиниці вимірювання	Допустимі рівні	Найменування морських водоростей			
		<i>Chlorella</i>	<i>Laminaria</i>	<i>Spirulina</i>	<i>Porphyra tenera</i>
E.coli	Не дозволено в 1,0 г	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні
БГКП (коліформи)	Не дозволено в 1,0 г	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні
КМАФАнМ, КУО/г	Не більше $1,0 \cdot 10^3$	$0,12 \cdot 10^3$	$0,16 \cdot 10^3$	$0,14 \cdot 10^3$	$0,19 \cdot 10^3$
Плісєневі гриби, КУО/г не більше	Не нормуються	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні
Дріжджі, КУО/ г, не більше	Не нормуються	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні
<i>S.aureus</i>	Не дозволено в 1,0г	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні
Патогенні мікроорганізми, в т.ч бактерії роду <i>Salmonella</i>	Не дозволено в 25г	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні

За результатами мікробіологічних досліджень морських водоростей не виявлено патогенних мікроорганізмів, зокрема стафілокок золотистий, бактерії роду *Salmonella*, бактерії групи кишкової палички та сульфїтредукувальні клостридії. Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів не перевищує допустимих рівнів.

Згідно з декларацією виробника ТОВ «Хлорела Україна», який постачав хлорелу для проведення досліджень вказано, що сировина є безпечною, придатною до виробництва харчових продуктів та відповідає вимогам згідно з наказів Міністерства охорони здоров'я України та Національного стандарту України (Наказ МОЗ № 368 від 13.05.2013 Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах»; наказ МОЗ № 548 від 19.07.2012 Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення

показників безпеки харчових продуктів) [201, 202]. Показники безпеки хлорели наведено в табл. Б 2 додатка Б.

Паралельно був прийнятим до уваги той факт, що внесення *Chlorella* у гідратованій формі, сприяє однорідності продукту та зменшує ризик утворення грудок. В якості розчинника було обрано молочну сироватку, яка має здатність пом'якшувати та нейтралізувати виразний смак *Chlorella*, що дозволяє отримати ковбасу з більш приємними смаковими характеристиками порівняно з використанням сухого порошку. Молочна сироватка сама по собі багата на білки, мінерали та вітаміни (табл. 3.11). Це сприяє підвищенню харчової цінності кінцевого продукту. Використання гідратованої форми полегшує інтеграцію добавки в технологічний процес виробництва.

Таблиця 3.11

Хімічний склад молочної сироватки, n=3

Показники	Вміст
Основні складові, г/100 г	
Вода	94±7,91
Білки	0,9±0,06
Жири	0,4±0,02
Вуглеводи	3,4±0,44
Зола	1,3±0,36
Вітаміни, мг/100 г	
А (Ретинол)	0,02
С (Аскорбінова кислота)	0,1
В ₁ (Тіамін)	0,05
В ₂ (Рібофлавін)	0,15
В ₃ (Ніацин)	0,09
В ₄ (Холін)	15
В ₅ (Пантотенова кислота)	0,37
В ₆ (Піридоксин)	0,05
В ₉ (Фолієва кислота)	0,02
В ₁₂ (Кобаламін)	0,0018
Мінерали, мг/100 г	
Кальцій (Ca)	101±12,36
Магній (Mg)	9±1,07
Фосфор (P)	75±15,32
Залізо (Fe)	0,07±0,001

Наведені дані характеризують хімічний склад молочної сироватки, як харчового продукту з високим вмістом вологи, помірною кількістю вуглеводів і незначним вмістом білків та жирів. Вітамінний та мінеральний профіль свідчить про наявність важливих мікроелементів, таких як кальцій, магній, фосфор і залізо, а також вітамінів групи В.

Згідно з декларацією виробника ТМ Mother, який постачає молочну сироватку для реалізації в торгових мережах України вказано, що сировина є безпечною, придатною до виробництва харчових продуктів та відповідає вимогам згідно з наказів Міністерства охорони здоров'я України та Національного стандарту України (ДСТУ 7515:2014 «Сироватка молочна. Технічні умови»; наказ МОЗ № 368 від 13.05.2013 Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах»; наказ МОЗ № 548 від 19.07.2012 Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів) [201, 202, 210]. Показники безпечності молочної сироватки наведено в табл. Б 5 додатка Б.

3.2.2. Обґрунтування доцільності використання рослинних олій для підвищення вмісту омега-жирних кислот і покращення смаку готового продукту

Удосконалення рецептур варених ковбас із врахуванням оптимального співвідношення жирних кислот дозволяє розв'язати проблему дефіциту омега-3 у раціоні сучасної людини без значного збільшення собівартості продукції, оскільки рослинні олії, зокрема лляна, є економічно доступними. При розробці стандартної фаршевої композиції можна замінити частину традиційного тваринного жиру на рослинну олію. Це дозволить покращити жирнокислотний склад готового продукту, зменшивши співвідношення омега-6 насичених жирних кислот до омега-3 поліненасичених жирних кислот. Жирнокислотний склад лляної та оливкової олій, наведений у табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Жирнокислотний склад лляної та оливкової олій, г/100 г, n=3

Жирна кислота	Ляна олія	Оливкова олія
Пальмітинова (C16:0)	8,20±0,97	10,41±1,24
Стеаринова (C18:0)	3,21±0,12	5,08±0,98
Олеїнова (C18:1n9c)	21,31±2,14	71,33±7,92
Лінолева (C18:2n6c)	13,08±1,11	17,14±1,32
Ліноленова (C18:3n3)	53,41±8,32	1,50±0,24

Як видно з табл. 3.12 лляна олія характеризується високим вмістом незамінної омега-3 жирної кислоти (ліноленової – 53 г/100 г), помірним вмістом омега-6 (лінолева – 13 г/100 г) та меншою кількістю моновенасичених жирів (олеїнова – 21 г/100 г), має нижчий вміст насичених жирних кислот порівняно з оливковою олією. Оливкова олія домінує в моновенасичених жирах (олеїнова – 66 г/100 г), містить дещо більше насичених жирних кислот і невелику кількість омега-3 (ліноленова – всього 1,5 г).

Також одним із важливих аспектів, що дозволяє оцінити харчову цінність олій, є розуміння вмісту вітамінів, які містяться в її складі (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Вітамінний склад лляної та оливкової олій, мг/100 г, n=3

Вітамін	Ляна олія	Оливкова олія
Е (Токоферол)	0,5±0,01	14,4±1,23
К (Філохінон)	9,3±0,87	60,2±8,79
В ₄ (Холін)	0,2±0,01	0,3±0,01

Згідно з даними, вітамінний профіль лляної олії не характеризується високим вмістом вітамінів, тоді як оливкова олія має вищі показники. Ці дані свідчать про те, що з точки зору вітамінного складу оливкова олія є більш "багатою" на антиоксиданти, тоді як лляна олія більше цінується як джерело омега-3 жирних кислот, а не через високу вітамінну концентрацію.

Згідно з декларацією виробника De Luxe Foods&Goods Selected, який постачає лляну та оливкову олію для реалізації в торгових мережах України вказано, що сировина є безпечною, придатною до виробництва харчових

продуктів та відповідає вимогам згідно з наказів Міністерства охорони здоров'я України та Національного стандарту України (ДСТУ 5065:2008; ТУ У 10.4–37542050–001:2019; наказ МОЗ № 368 від 13.05.2013 Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах»; наказ МОЗ № 548 від 19.07.2012 Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпеки харчових продуктів) [211, 212, 201, 202]. Показники безпеки лляної та оливкової олій наведено в табл. Б 3 – Б 4 додатка Б.

3.3. Удосконалення рецептури варених ковбас

Удосконалення рецептури варених ковбас, це комплексний процес, який вимагає врахування багатьох аспектів. Під час удосконалення було досліджено ринок продукції та визначено основні вимоги та запити споживачів. Основною сировиною даної рецептури є свинина. Під час удосконалення рецептури використовували Chlorella (порошок), лляну олію, оливкову олію, молочну сироватку, сіль, перець чорний мелений, мускатний горіх, аскорбінову кислоту. В процесі удосконалення рецептури пробні партії варених ковбас піддавали органолептичному оцінюванню, визначали зразки, які набирали більшу кількість балів. Враховуючи отримані дані коригували рецептуру та визначалися з кінцевими значеннями.

З урахуванням застосування зазначених нетрадиційних добавок, до випробувань були прийняті три збагачені гідратованою хлорелою експериментальні рецептури, змінним фактором яких було використання різних розчинників для гідратації та рослинних олій. Відповідно у фаршевій системі було повністю замінено тваринний жир на лляну та оливкову олію.

За контроль, для подальших досліджень нами було обрано фарш вареної ковбаси «Любительська свиняча», яка виробляється згідно ДСТУ 4436:2005 Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Повний склад контрольного та експериментальних зразків наведений в таблиці 3.14.

Рецептури контрольного та дослідних зразків

Назва інгредієнта	Маса			
	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3
<i>Сировина несолена, кг/100 кг</i>				
Свинина жилована нежирна	73,70	70,65	70,65	70,65
Шпиг хребтовий	23,65	–	–	–
Лляна олія	–	20,65	20,65	–
Оливкова олія	–	–	–	20,65
Хлорела(порошок)	–	1	1	1
Молочна сироватка	–	–	5	5
Вода	–	5	–	–
<i>Прянощі та матеріали, г/100 кг несоленої сировини</i>				
Сіль кухонна	2500	2500	2500	2500
Нітрит натрію	5,6	–	–	–
Аскорбінова кислота	–	50	50	50
Перець чорний мелений	85	85	85	85
Мускатний горіх	55	55	55	55

Відмінність між дослідними зразками 1–3 та контролем полягала у повному виключенні нітриту натрію та додавання аскорбінової кислоти в якості антиоксиданту. Внесення гідратованої молочною сироваткою хлорели у зразки 2 і 3 та гідратованої водою хлорели у зразок 1, для покращення амінокислотного складу. Заміна шпику на лляну олію у зразках 1 і 2, та оливкову олію у зразку 3 для покращення жирнокислотного складу. Використання високого вмісту свинини (до 75 %) забезпечує достатню білкову базу.

Висновки до розділу 3

Оцінювання якості та основних властивостей свинини як сировини для виробництва варених ковбас проводили за основними фізико-хімічними показниками: вмістом вологи, жиру, білка, мінеральних речовин. За багатьма незамінними амінокислотами (лізину, лейцину, ізолейцину, валіну, треоніну) для свинини прослідковуються більш високі значення, порівнюючи з іншими видами м'яса. Підвищені показники рибофлавіну, ніацину, пантотенової кислоти, піридоксину і біотину роблять її цінним джерелом вітамінів групи В.

Оптимальне співвідношення насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот робить свинину хорошим джерелом жирів.

Для оцінювання якості та основних властивостей морських водоростей як сировини для виробництва варених ковбас було обрано *Chlorella*, *Laminaria*, *Spirulina* та *Porphyra tenera*. Ці водорості відзначаються високим вмістом білків, вітамінів, мінералів та інших біологічно активних речовин. Згідно з оцінкою відповідності амінокислотного складу білків морських водоростей ідеальному білку за шкалою ФАО/ВОЗ найбільше відповідає *Chlorella*, загальний вміст незамінних амінокислот становить 35,0 г/100 г білка. Мінеральними компонентами, які переважають у хлорелі та визначають її харчову цінність, є: калій, кальцій, магній і йод.

На заміну традиційно використововуваного у фаршах варених ковбас шпик у розроблених рецептурах використано лляну й оливкову олії. Це дає можливість покращити жирнокислотний склад готового продукту, зменшивши співвідношення омега-6 насичених жирних кислот до омега-3 поліненасичених жирних кислот.

Для розроблення рецептур варених ковбас з додаванням хлорели в подальшому було проведено низку порівняльних експериментів з вибору інгредієнтів та їхніх співвідношень. Так, було випробувано понад 15 різних співвідношень інгредієнтів і концентрації *Chlorella* (способу її гідратації та розчинників). Під час удосконалення рецептури використовували *Chlorella*, лляну олію, оливкову олію, молочну сироватку, сіль, перець чорний мелений, мускатний горіх, аскорбінову кислоту. Пробні партії варених ковбас піддавали органолептичному оцінюванню. На основі отриманих даних коригували рецептуру та визначалися з кінцевими значеннями.

РОЗДІЛ 4

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВАРЕНИХ КОВБАС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ

4.1. Обґрунтування раціональної схеми виробництва варених ковбас із *Chlorella* (порошок)

В основу технологічної схеми виробництва вареної ковбаси була покладена промислова технологія. Процес складався з передбачених чинними технологічними інструкціями стандартних операцій: приймання сировини, розморожування та первинного подрібнення, соління м'яса, складання фаршу у кутері, наповнення оболонки, формування батонів, осаджування, термічної обробки та охолодження, охарактеризованих наступним чином.

1. М'ясо на підприємство надходить у замороженому стані у вигляді: цілих туш, півтуш або четвиртин. Якість сировини визначається за показниками вгодованості, свіжості, стану зачищення. Контроль згідно з вимогами відповідних нормативних документів, після чого зважують.

2. Розморожування проводять при температурі 20 ± 2 °C і відносній вологості повітря не нижче 90 %. Процес вважають завершеним при досягненні в товщі шматків температури 1 °C. Розморожене м'ясо можна зберігати у холодильній камері не довше 8 годин за температури від -1 °C до 4 °C і відносної вологості не нижче 85 %.

3. Шматки м'яса зачищають і промивають водою температурою не вище 35 °C та на 10 хвилин залишають для стікання вологи. Процес проводять при температурі $t = 12$ °C та відносній вологості повітря 80 %.

4. Первинне подрібнення зачищених шматків м'яса проводять на вовчку діаметром 16–25 міліметрів при швидкості обертання ножів ≥ 5500 обертів на хвилину.

5. До подрібненого м'яса додають кухонну сіль з розрахунку 2,5 % по відношенню до маси сирого м'яса і перемішують протягом 5 хвилин, температура посоленого м'яса не повинна перевищувати 8 °С.

6. Витримування м'яса в розсолі проводять при температурі 4–6 °С протягом 24–48 годин у спеціально виділених для цього ємностях.

7. Для варених ковбас використовують штучну полімерну оболонку, яку нарізають на відрізки по 50 см і зв'язані з одного кінця оболонки замочують перед використанням у холодній воді температурою 15–20 °С протягом 30–60 хв.

8. Засолену та подрібнену масу разом із зазначеними в рецептурі компонентами складають у кутері при температурі фаршу не більше 15 °С протягом 8–10 хвилин, після чого додають емульсію з хлорели та лляної олії і продовжують перемішувати протягом 4 хвилин.

9. Наповнення оболонок здійснюють під тиском 5×10^5 Па, після чого готові до подальшої обробки батони ковбасних виробів зав'язують з обох сторін. Далі батони навішують на рамах так, щоб вони не торкались один одного для уникнення дефектів.

10. Осаджування ковбасних виробів для отримання щільної структури проводять протягом 2–4 годин при температурі 0–4 °С і відносній вологості повітря 80–85 %.

11. Варіння підготовлених до подальшого оброблення виробів проводять при температурі 75–85 °С протягом 60–180 хвилин. Після закінчення процесу варіння температура в товщі батона має становити 69–72 °С. При варінні знищується близько 99 % вегетативних форми мікроорганізмів, завдяки чому вироби стають готовими до вживання.

12. Охолодження готових виробів проводять у дві стадії. На першій вироби охолоджують холодною водою до температури 25–35 °С, після чого ковбасні вироби охолоджують у камері охолодження за температури не вище ніж 8 °С і відносної вологості від 90 до 95 %, протягом 4–8 год.

13. Після охолодження варені ковбаси направляють у камери зберігання. Контроль якості проводять відповідно до вимог нормативних документів. Контролюють органолептичні і фізико-хімічні показники продукції та її зовнішній вигляд. Готові ковбасні вироби зберігають при температурі 0–8 °С та відносній вологості повітря 75–85 %.

Перелічені етапи виробництва варених ковбас розроблюваного складу були покладені в основу виконаного у рамках цієї роботи дослідження. Характерною особливістю пропонованої технології є додавання в кутер в процесі складання фаршу емульсії з гідратованої хлорели та лляної олії. Хлорелу пропускають через магнітні уловлювачі з метою вилучення металоманітних домішок. Молочну сироватку підігрівають до температури 40 °С. Гідратація хлорели молочною сироваткою здійснюється з розрахунку 1:5 протягом 20 хвилин, після чого додають лляну олію або оливкову олію та все ретельно перемішують протягом 5 хвилин до утворення однорідної емульсії.

Удосконалені та додані до стандартних процедур виробництва етапи технологічного процесу позначені на рисунку 4.1 пунктирними лініями.

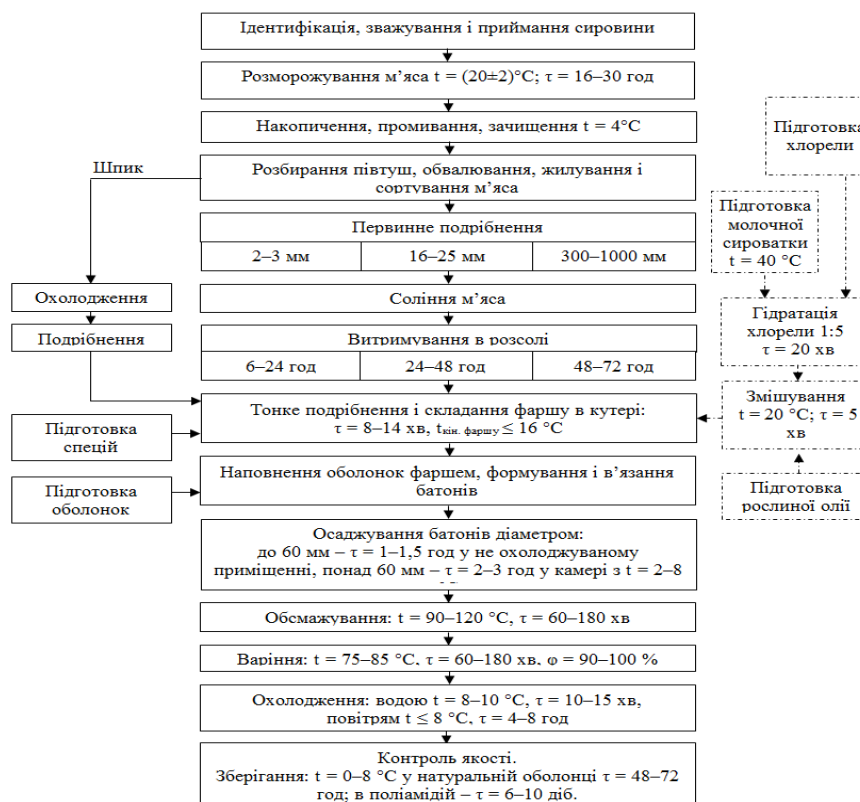


Рис. 4.1. Технологічна схема виробництва варених ковбас

4.2. Дослідження фізико-хімічних, функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей фаршевих систем

Першочерговим завданням для комплексної оцінки якості готових варених ковбас є дослідження фаршевих систем. М'ясний фарш відноситься до систем з коагуляційною структурою, частинки якої пов'язані в суцільний каркас силами міжмолекулярної взаємодії. За рахунок змін в рецептурі варених ковбас функціонально-технологічні властивості фаршів також змінилися. Результати досліджень представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Функціонально-технологічні характеристики модельних фаршів, n=5

Найменування	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3
Вміст води, %	55,6±0,25	57,3±0,26	62,33±0,31	60,7±0,29
ВЗЗ _м , % до фаршу	60,1±0,41	62,5±0,31	65,3±0,33	64,2±0,13
ВЗЗ _а , % до загальної води	78,92±3,25	80,03±3,31	86,43±3,42	72,87±3,37
Пенетраційна напруга, Па	9,7±0,05	7,0±0,05	7,5±0,05	7,2±0,05
Пластичність, г/см ²	31,23±0,17	30,32±0,16	26,76±0,13	28,43±0,15

З наведених даних (табл. 4.1) видно, що дослідні зразки характеризуються меншою щільністю та соковитішою консистенцією порівняно з виготовленим за класичною рецептурою контрольним зразком, що слідує із зменшення пенетраційної напруги від 9,7 Па для контрольного зразка до 7,0 Па для дослідного зразка №1 та підвищеним значенням здатності до зв'язування води від 78,92 % для контрольного зразка до 86,43 % для дослідного зразка №2.

Емульгуюча здатність фаршу та стабільність емульсії впливають на вихід і якість готових ковбас. Смак, консистенція, соковитість та товарний вигляд залежать від багатьох чинників, зокрема кількості у фарші жиру, води, значення рН, температури фаршу, способу і ступеня механічного впливу на сировину, технології виробництва тощо. Як видно з рисунку 4.2, емульгуюча здатність фаршу та стабільність емульсії контрольного зразка менші аналогічних значень дослідних зразків, що пояснюється взаємодією рослинних олій краще зв'язуватись в системі з білком.

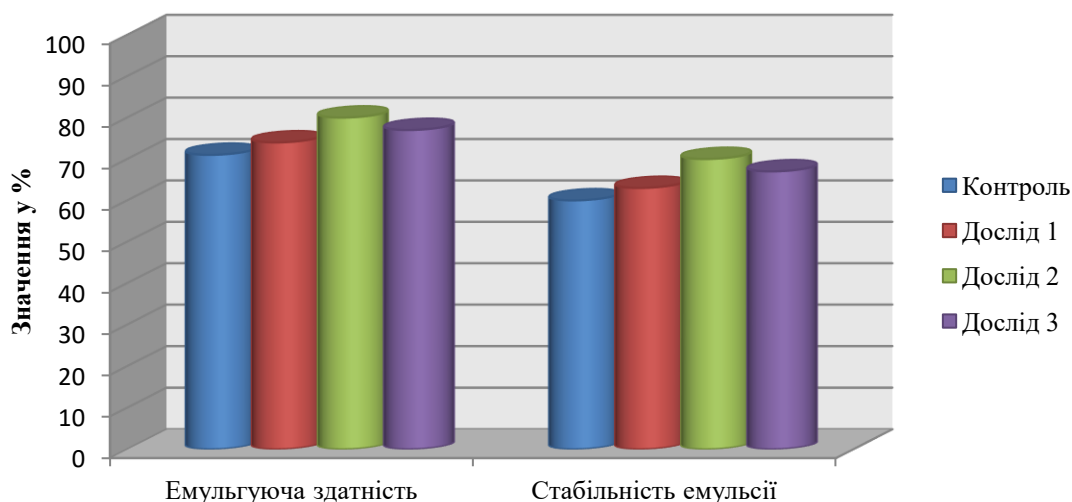


Рис. 4.2. Результати досліджень емульгуючої здатності та стабільності емульсії контрольного та дослідного зразка, %

Зробивши висновки з результатів комплексних досліджень якісних властивостей м'ясного фаршу, можна говорити про позитивний вплив додавання хлорели, лляної та оливкової олій, доцільність їх застосування у технології варених ковбас. Про це свідчить покращення комплексу функціонально-технологічних характеристик дослідних м'ясних фаршів у порівнянні з контролем.

4.3. Дослідження фізико-хімічних, функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей варених ковбас

Під час дослідження нових видів готових м'ясних продуктів, ключове місце займає визначення фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей дослідних зразків та їх порівняльний аналіз з контролем. Варені ковбаси досліджували за такими показниками, як вміст води, жиру, білка, золи, солі, рівень рН, вологозв'язувальна здатність та пластичність.

Аналізуючи результати (табл. 4.2) контрольного та дослідних зразків варених ковбас можна зробити висновок, що продукти за розробленою рецептурою відповідають вимогам щодо хімічного складу та є якісними для вживання.

**Фізико-хімічні показники готового продукту
контрольного та дослідних зразків, n=5**

Найменування	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Норми за ДСТУ 4436:2005, %
Масова частка води, %	55,95±0,11	56,24±0,16	58,41±0,14	57,08±0,12	не більше 60
Масова частка білка, %	15,17±0,03	16,36±0,07	17,50±0,11	16,77±0,06	не менше 12
Масова частка жиру, %	25,87±0,05	23,41±0,04	19,28±0,04	22,02±0,03	не більше 30
Масова частка золи, %	3,01±0,001	3,99±0,001	4,81±0,001	4,13±0,001	не нормуєть
Масова частка хлориду натрію, %	2,02±0,01	1,34±0,01	1,43±0,01	1,61±0,01	не більше 2,5
pH	6,0±0,03	6,1±0,03	6,3±0,03	6,2±0,03	—
Активність води, A_w	0,868±0,05	0,918±0,05	0,945±0,05	0,924±0,05	—
VЗЗ, %	78,92±3,25	80,03±3,31	86,43±3,42	72,87±3,37	—
Пенетраційна напруга, кПа	17,5±0,05	17,2±0,05	17,0±0,05	17,1±0,05	—
Пластичність, см ² г/кг	7,9±0,07	8,2±0,07	8,6±0,07	8,4±0,07	—
Енергетична цінність, кКал	227,11	205,95	209,56	258,26	—

Відповідно до вимог ДСТУ 4436:2005 виробництво варених ковбас, вміст білка в продукті не повинен бути меншим 12 %. Відповідно за цим показником і контрольний, і дослідні зразки відповідають нормі. За масовою часткою жиру всі зразки не відхиляються від норми і становлять менше 30 %, що робить продукт менш калорійним, а також стійким до швидкого окиснення жирів. Вміст води у дослідних зразках вищий за контроль на 2,86 % для №2, на 1,86 % для №3 та 0,69 % для №1, що обумовлює соковитість продукту і пояснюється тим, що водна складова більш міцно зв'язана з білками м'яса. Вміст хлориду натрію у всіх зразках не перевищує гранично допустимих норм, встановлених національним стандартом. Рівень pH від 6,0 до 6,3 вказує на середовище, що сприяє кращому зберіганню та безпечності продукту. Активність води характеризує вплив води на псування продукту, при її низьких показниках відбувається швидке окиснення жирів. Аналізуючи значення A_w , видно, що в дослідних зразках активність води вища, ніж у контролі, що свідчить про стійкість м'ясної системи до життєдіяльності мікрофлори. Пластичність від 7,9 см²г/кг для контрольного зразка до 8,6 см²г/кг для дослідного зразка №2 вказує на добру механічну стійкість продукту.

Енергетична цінність дослідних зразків варіюється від 205,95 до 258,26 ккал, що може свідчити про достатню забезпеченість енергією без надмірного калорійного навантаження. Таким чином, дослідні зразки є низько жировим продуктом з помірним вмістом солі та білків, що робить їх корисними і збалансованими.

Органолептична оцінка контрольного та дослідних зразків варених ковбас була проведена в умовах лабораторії кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів НУБіП України. Оцінювання зразків проводилося за показниками регламентованими ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні». Результати оцінювання наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Органолептичне оцінювання контрольного та дослідних зразків

Показник	Назва зразка			
	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3
Зовнішній вигляд	Чиста суха поверхня без пошкодження оболонки			
Консистенція	Ніжна, соковита, пружна			
Вид на розрізі	Фарш блідо-рожевий, колір неоднорідний, невеликі порожнини	Фарш сіро-зелений, колір однорідний, невеликі порожнини	Фарш сіро-зелений, колір однорідний, без великих порожнин	Фарш сіро-зелений, колір однорідний, без великих порожнин
Запах	Властиві даному продукту, без сторонніх запахів та присмаків	Властиві даному продукту, приємний аромат спецій, відчутно легкий морський запах	Властиві даному продукту, приємний аромат спецій, морський запах не відчувається	Властиві даному продукту, приємний аромат спецій, морський запах не відчувається
Смак	Притаманний даному продукту, відтінок смаку та запаху спецій, відчутна солоність	Притаманний даному продукту, відтінок смаку та запаху спецій, помірна солоність. Відчутний морський присмак	Притаманний даному продукту, відтінок смаку та запаху спецій, помірна солоність. Морський присмак не відчувається	Притаманний даному продукту, відтінок смаку та запаху спецій, відчутна солоність. Морський присмак не відчувається

Результати органолептичного оцінювання свідчать, що дослідні зразки №2 та №3 до рецептури фаршу яких було внесено хлорелу гідратованою молочною сироваткою, лляну та оливкову олії, а також аскорбінову кислоту

характеризувалися високими смаковими якостями та без характерного морського присмаку. В них відзначена добра консистенція, привабливий зовнішній вигляд, були соковитішими та з більш вираженим ароматом ніж контрольний. Дослідний зразок №1 до рецептури фаршу якого було внесено хлорелу гідратовану водою та лляну олію, також отримав позитивні характеристики проте мав відчутний морський присмак та запах, що в подальшому вплинуло на зниження оцінки.

Враховуючи отримані дані органолептичного оцінювання встановлено, що батони готових варених ковбас, як контрольного так і дослідних зразків, були високої якості про що говорять результати балової оцінки показані на профілограмі (рис. 4.3).

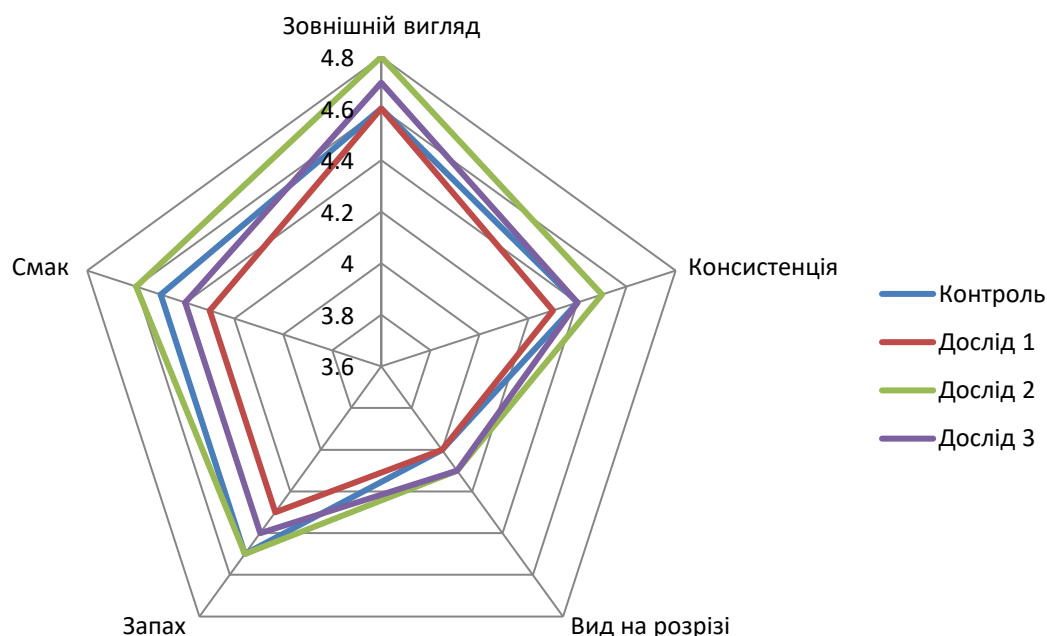


Рис. 4.3. Профілограма органолептичної оцінки варених ковбас

Однак дослідний зразок №2 мав дещо вищі оцінки у порівнянні з контрольним. Зокрема це стосується показників зовнішнього вигляду, консистенції, смаку та запаху. Забарвлення у дослідних зразках істотно відрізняється від контрольного за рахунок внесення хлорели, що відповідно впливає на зовнішній вигляд. Дегустаційна комісія оцінила їх, як ексклюзивні зразки для сприйняття зоровим органом.

Після встановлення оптимальних технологічних параметрів виробництва варених ковбас із додаванням хлорели, було проведено комплексне дослідження структурно-механічних властивостей контрольного зразка та двох дослідних зразків №2 і №3. Основною метою цього етапу було експериментальне підтвердження доцільності обраних технологічних режимів обробки, зокрема температури, часу термічної обробки та способу введення нетрадиційної сировини.

Структурно-механічні характеристики м'ясних продуктів відіграють ключову роль у формуванні споживчого сприйняття, адже вони безпосередньо впливають на такі важливі органолептичні параметри, як консистенція та ніжність. Традиційно ці показники оцінюються суб'єктивно, та із розвитком фізико-механічних методів дослідження, стало можливим проводити об'єктивну кількісну оцінку структурних властивостей варених ковбас.

Одним з найбільш інформативних методів, об'єктивного аналізу є визначення опору зразка до деформації руйнування шляхом різання. Цей метод дозволяє моделювати умови, наближені до природного процесу розжовування продукту людиною, та виміряти такі параметри, як: зусилля зрізу, що свідчить про жорсткість або ніжність структури та робота різання, яка характеризує загальні енергетичні витрати на розрізання продукту.

Дослідження обраних зразків варених ковбас, проводили в п'ять повторів. Вимірювання здійснювались у системі координат: зусилля (N) та переміщення ножа (мм), що дозволяє відстежити повний цикл навантаження до моменту повного руйнування структури (рис. 4.4, рис. 4.5, рис. 4.6).

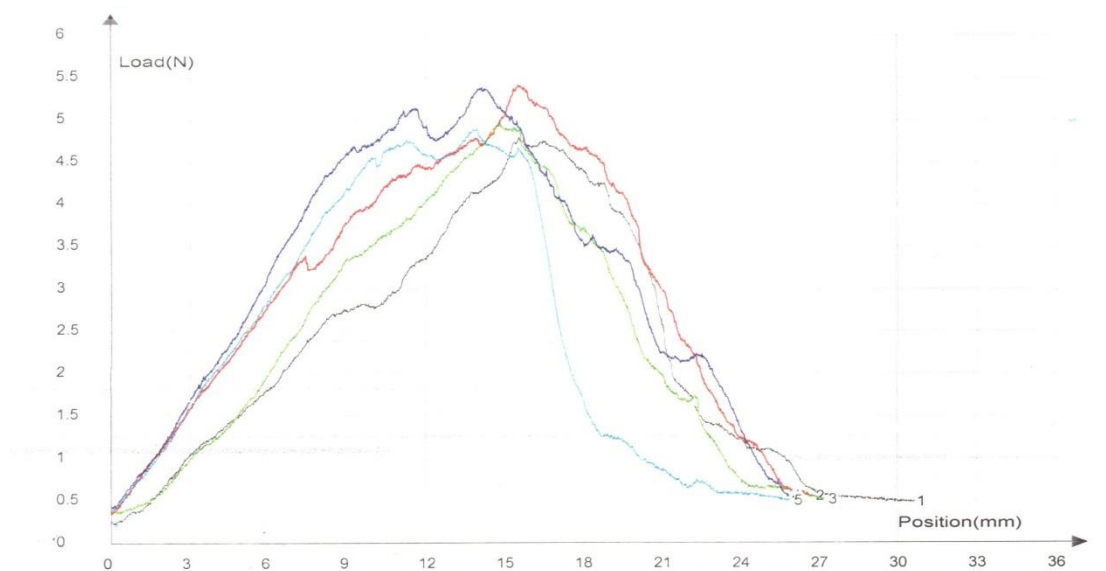


Рис. 4.4. Структурно-механічні властивості контрольного зразка

З отриманих результатів (рис. 4.4) для зразка характерна максимальна сила зрізу в межах 5,4–5,3 МПа. Крива навантаження містить три характерні ділянки: ділянка зростання 0–12 мм відображає різке зростання опору матеріалу, що свідчить про активне протидіяння деформації; стабільна фаза 12–21 мм спостерігається вирівнювання кривої, що відображає адаптацію матеріалу до зовнішнього навантаження; фаза руйнування м'яка, після 21 мм різке падіння сили до нуля вказує на втрату цілісності структури та завершення процесу різання.

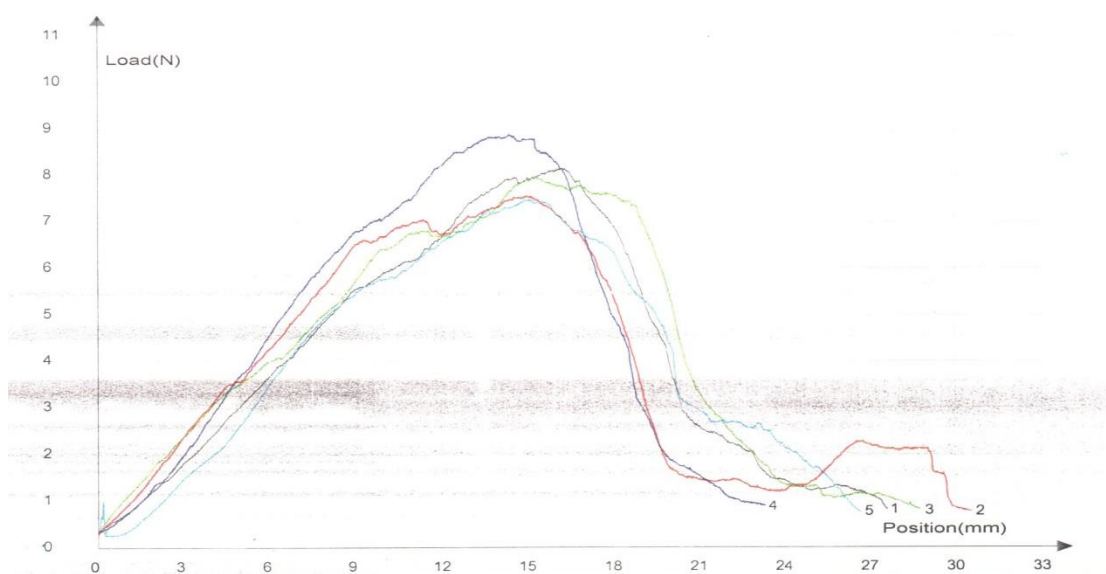


Рис. 4.5. Структурно-механічні властивості дослідного зразка №2

З отриманих результатів (рис. 4.5) для зразка характерна максимальне зусилля різання в межах 8,1–8,8 МПа. Крива навантаження містить три характерні ділянки: ділянка зростання 0–10 мм відображає плавне зростання опору матеріалу, що свідчить про активне протидіяння деформації; стабільна фаза 10–18 мм спостерігається вирівнювання кривої, що відображає адаптацію матеріалу до зовнішнього навантаження; фаза руйнування еластична після 19 мм падіння сили до нуля вказує на втрату цілісності структури та завершення процесу різання. Загальний профіль кривих подібний, що вказує на хорошу повторюваність та однорідність текстури.

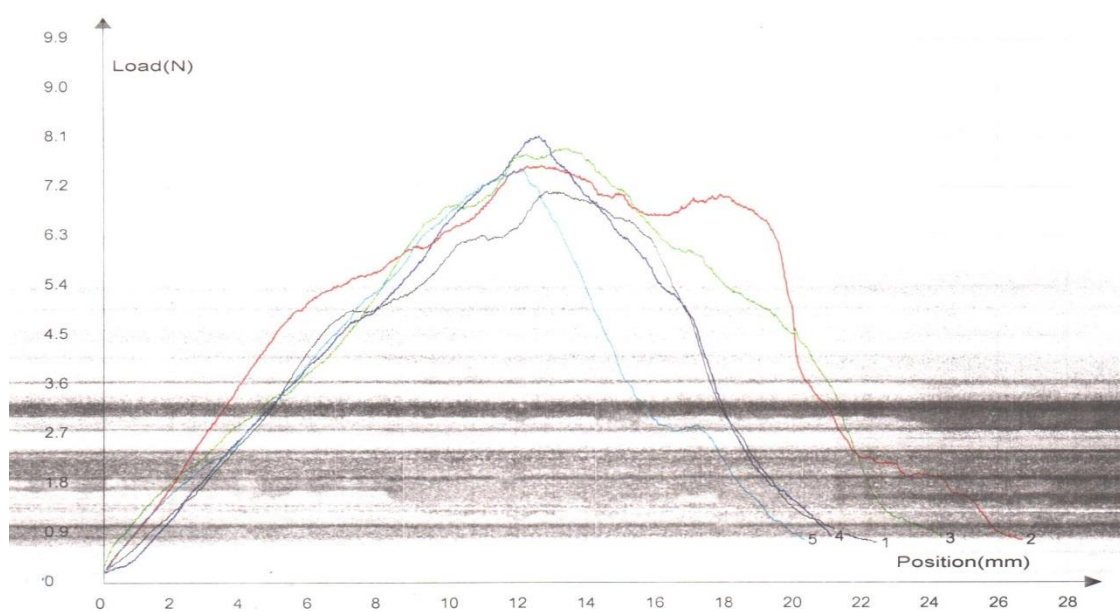


Рис. 4.6. Структурно-механічні властивості дослідного зразка №3

З отриманих результатів (рис. 4.6) для зразка характерна максимальне зусилля різання в межах 7,9–8,1 МПа. Крива навантаження містить три характерні ділянки: ділянка зростання 0–12 мм відображає плавне зростання опору матеріалу, що свідчить про активне протидіяння деформації; стабільна фаза 12–16 мм спостерігається вирівнювання кривої, що відображає адаптацію матеріалу до зовнішнього навантаження; фаза руйнування раптова крихка після 20 мм падіння сили до нуля вказує на втрату цілісності структури та завершення процесу різання.

Ці показники дозволяють зробити висновки щодо текстурних властивостей ковбас, оцінити ефективність структуроутворення при використанні хлорели, а також надати кількісну характеристику змін, які відбуваються в структурі м'ясного фаршу під впливом нових компонентів та технологічних режимів.

4.4. Оцінка харчової та біологічної цінності варених ковбас

Дослідження жирнокислотного складу варених ковбас дозволяє оцінити їхню харчову цінність, відповідність нормативним вимогам та потенціал для вдосконалення рецептури. Застосування рослинних олій і хлорели у виробництві м'ясних продуктів є одним із способів оптимізації жирового профілю, що дозволяє знизити кількість насичених жирних кислот і підвищити вміст корисних омега-3 та омега-6 жирних кислот. Вміст жирнокислотного складу варених ковбас, а саме насичених, ненасичених, мононенасичених, поліненасичених жирних кислот у дослідних зразках за різними рецептурами наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Жирнокислотний склад варених ковбас із хлорелою

Найменування показників, одиниці вимірювань	Масова частка жирної кислоти у зразках, % до суми жирних кислот, % $\pm U^*$		
	1 ^{**}	2 ^{***}	3 ^{****}
міристинова кислота (C14:0)	0,91 $\pm$ 0,19	0,75 $\pm$ 0,17	0,87 $\pm$ 0,19
пальмітинова кислота (C16:0)	17,72 $\pm$ 0,84	16,11 $\pm$ 0,80	18,19 $\pm$ 0,85
пальмітолеїнова кислота (C16:1)	1,19 $\pm$ 0,22	0,73 $\pm$ 0,17	0,91 $\pm$ 0,19
стеаринова кислота (C18:0)	12,20 $\pm$ 0,70	10,74 $\pm$ 0,66	11,59 $\pm$ 0,68
олеїнова кислота (C18:1n9c)	32,28 $\pm$ 1,14	33,65 $\pm$ 0,97	34,45 $\pm$ 1,17
лінолева кислота (C18:2n6c)	30,80 $\pm$ 1,11	31,73 $\pm$ 1,13	27,71 $\pm$ 1,05
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9)	1,72 $\pm$ 0,26	12,56 $\pm$ 0,71	1,25 $\pm$ 0,22
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,29 $\pm$ 0,12	0,39 $\pm$ 0,11	0,41 $\pm$ 0,13
цис-11,14-ейкозатрієнова кислота (C20:2n6)	0,68 $\pm$ 0,19	0,72 $\pm$ 0,17	0,91 $\pm$ 0,16
цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота (C20:3n6)	0,21 $\pm$ 0,09	0,41 $\pm$ 0,13	0,35 $\pm$ 0,12
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота (C20:3n3)	1,71 $\pm$ 0,26	2,33 $\pm$ 0,31	3,62 $\pm$ 0,38

Примітки: * розширена невизначеність отримана шляхом множення стандартного відхилення відтворюваності, обчисленого за уточненим рівнянням Горвіца–Томпсона, на коефіцієнт охоплення $k=2$, що визначає інтервал з рівнем довіри, який дорівнює 95 % за

допустимого нормального розподілу; ** контрольний зразок; *** зразок з хлорелою та лляною олією; **** зразок з хлорелою та оливковою олією.

Згідно з даними таблиці, можна спостерігати зниження міристинової (C14:0) та пальмітинової (C16:0) кислот у дослідному зразку 2 щодо контрольного зразка (відповідно на 10 % та 16 %). Можемо припустити, що додавання хлорели та заміна шпикку на лляну олію зменшує вміст насичених жирних кислот, що відіграє позитивну роль, оскільки насичені жирні кислоти (SFA) пов'язані з вищим ризиком серцево-судинних захворювань [213]. Заміна жиру, багатого на SFA, оліями, багатими на поліненасичені жирні кислоти (PUFA), продемонструвала зниження вмісту пальмітолеїнової кислоти (C16:1) у дослідному зразку 2 (на 46 %), це може вплинути на загальний вміст моно- та поліненасичених жирних кислот, та їхню роль у підтримці рівня холестерину [214, 215]. Зниження вмісту стеаринової кислоти (C18:0) у дослідних зразках 2 та 3 щодо контрольного зразка (відповідно на 14,6 та 6,1 %) має нейтральний ефект, оскільки стеаринова кислота, не підвищує рівень холестерину ліпопротеїдів низької щільності порівняно з іншими насиченими жирними кислотами [216]. Як зазначає Lu et al. (2024), незначне збільшення олеїнової кислоти (C18:1n7c) у дослідних зразках 2 та 3 (відповідно на 13,7 та 14,5 %) сприяє зниженню рівня ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ) та підвищенню ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ) [217]. Збільшення лінолевої кислоти (C18:2n6c), в зразку 2 на 10,9 % в порівнянні з контрольним, позитивно сприяє зниженню ризику серцево-судинних захворювань, а також доведено, що лінолева кислота знижує рівень холестерину в крові та концентрацію ЛПНЩ, особливо коли вона замінює звичайні насичені жири [218, 219]. Вищий вміст цис-11-ейкозенової кислоти (C20:1n9) дослідного зразку 2 (на 10,84 %) щодо контрольного зразка вказує на рослинне походження жирів, що має позитивний вплив на здоров'я [220]. Збільшення ліноленової кислоти (C18:3n3) від 10 до 20 % свідчить про зростання вмісту омега-3 жирних кислот, що необхідні для здоров'я серця та судин, покращення стану шкіри, зміцнення імунітету та стабілізації емоційного стану [221, 222, 223]. Незначне

збільшення цис-11,14-ейкозадієнної кислоти (C20:2n6) та цис-8,11,14-ейкозатрієнної кислоти (C20:3n6) в дослідних зразках 2 та 3, у порівнянні з контрольним зразком, має позитивний вплив через підвищення поліненасичених жирних кислот. Спостерігається також збільшення цис-11,14,17-ейкозатрієнної кислоти (C20:3n3) порівняно з контролем відповідно на 16,2 та 21,9 %, що вказує на значне зростання омега-3 жирних кислот, що робить їх більш корисними для серцево-судинної системи [224, 220].

Після визначення вмісту жирнокислотного складу варених ковбас з хлорелою наступним етапом було визначити суми насичених, ненасичених, мононенасичених, поліненасичених, омега-3 (n3), омега-6 (n6) жирних кислот, а також відношення суми омега-6 до суми омега-3 в дослідних зразках. Результати представлені на рисунку 4.7.

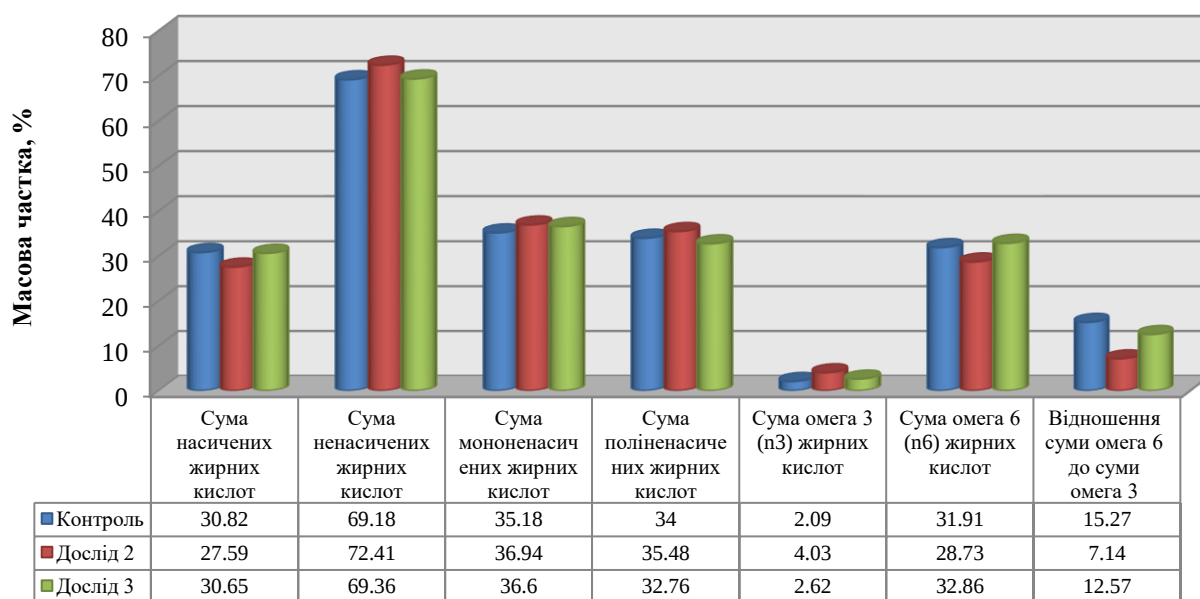


Рис. 4.7. Вміст жирних кислот варених ковбасних виробів з хлорелою

На основі аналізу отриманих результатів можна сформулювати декілька висновків щодо показників жирних кислот у дослідних та контрольному зразках. Оцінюючи суму насичених жирних кислот зразків, видно, що цей показник нижчий у досліді 2 (на 12,3 %), у порівнянні з контрольним, що є позитивним з погляду на зниження насичених жирів та більш корисний його склад для серцево-судинної системи. Дослідний зразок 2 має значення суми

ненасичених жирних кислот вище (на 12,3 %) порівняно з контролем, що є перевагою, оскільки вони сприяють зниженню рівня холестерину та підтримці здоров'я серцево-судинної системи. Що стосується значення суми мононенасичених жирних кислот, то вони вищі (на 17,6 та 14,2 %) за контрольний показник, що є позитивним, оскільки ці жири позитивно впливають на серце, знижуючи ризик захворювань серцево-судинної системи. Значення суми поліненасичених жирних кислот вищі у досліді 2 (на 10,8 %) порівняно з контролем, що свідчить про вищий вміст поліненасичених жирних кислот, що позитивно впливає на організм, оскільки ці жири, особливо омега-3, важливі для зменшення запальних процесів. Значення суми омега-3 жирних кислот у досліді 2 вищі в 2 рази ніж у контролі, що є великим плюсом для здоров'я, оскільки омега-3 сприяють зменшенню запальних процесів і підтримують нормальну функцію серця і мозку. Дослідний зразок 3 має вищий вміст (на 10 %) омега-6 жирних кислот порівняно з контролем, тоді як дослідний зразок 2 має значно менший (на 8 %) вміст омега-6. Це позитивно для дослідного зразка 2, оскільки надмірне споживання омега-6 за низького рівня омега-3 може сприяти запаленню та розвитку серцево-судинних захворювань. Щодо відношення суми омега-6 до суми омега-3, то у досліді 2 відношення значно нижче ніж у контрольному зразку та досліді 3, що є позитивним, оскільки знижене співвідношення омега-6 до омега-3 жирних кислот вважається оптимальним для здоров'я людини. Отже, дослідні зразки мають кращий профіль жирних кислот порівняно з контрольним зразком, зокрема завдяки вищому вмісту ненасичених та поліненасичених жирних кислот, а також омега-3 жирних кислот.

Пріоритетна увага при оцінці збалансованості хімічного складу варених ковбас приділяється якісному та кількісному аналізу амінокислот, які зумовлюють рівень повноцінного білка. Результати визначення масової частки незамінних амінокислот у контрольному та дослідних зразках представлено на рисунку 4.8.

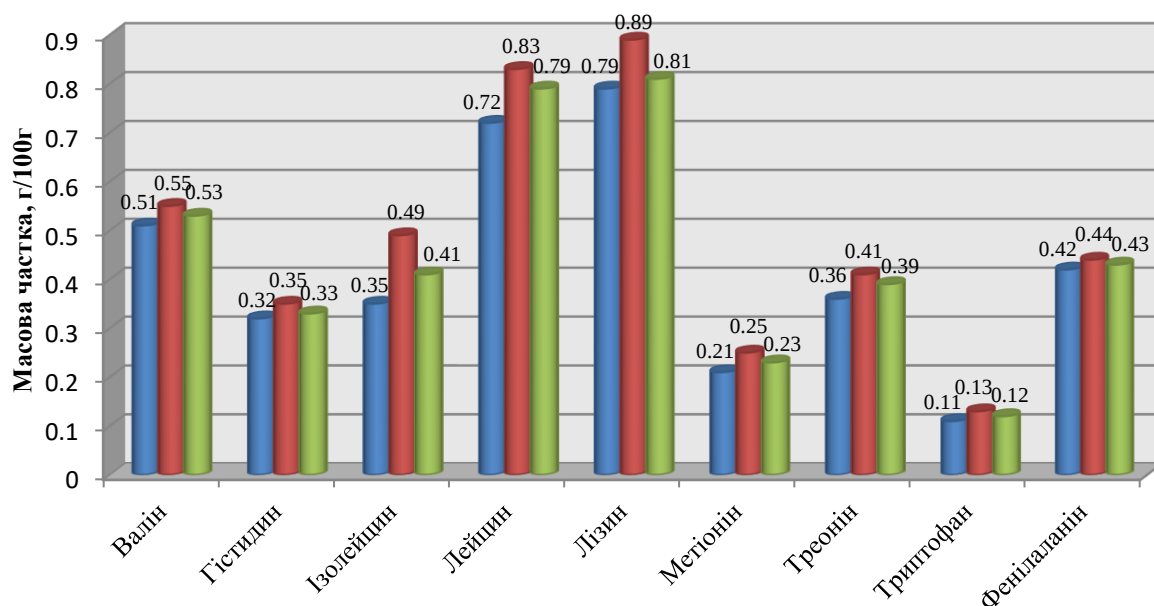


Рис. 4.8. Масова частка незамінних амінокислот контрольного та дослідних зразків

Згідно з даними, наведеними на рисунку 4.8, у дослідному зразку 2 спостерігається значно вищий вміст незамінних амінокислот порівняно з контрольним зразком, зокрема рівень гістидину зріс на 7,37 %, ізолейцину – на 25,04 %, лізину – на 19,75 %, лейцину – на 15,63 %, треоніну – на 10,06 %, валіну – на 7,26 %, метіоніну – на 7,00 %, триптофану – на 3,60 %, фенілаланіну – на 2,07 %.

Таке підвищення вмісту незамінних амінокислот свідчить про оптимізацію білкового профілю продукту. Незамінні амінокислоти є критичними для синтезу білка, оскільки організм не здатен синтезувати їх самостійно. Особливо важливими є розгалужені амінокислоти (лейцин, ізолейцин та валін), які активують сигнальний шлях mTOR, стимулюючи анаболічні процеси в м'язовій тканині та сприяючи її відновленню після фізичних навантажень. Підвищений рівень лізину може впливати на синтез колагену та покращувати функції імунної системи, адже він бере участь у транспорті жирних кислот і утворенні структурних білків. Гістидин, поряд із іншими амінокислотами, виконує роль у підтримці кислотно-лужного балансу,

має антиоксидантні властивості і може впливати на імунну відповідь. Збільшення вмісту треоніну може покращити структурну організацію білків у тканинах, сприяючи кращій функціональності клітин. Метіонін та триптофан позитивно впливають на детоксикаційні процеси та антиоксидантний захист, можуть сприяти покращенню психоемоційного стану та регулювати цикли сну, що має важливе значення для загального здоров'я. Навіть незначне підвищення фенілаланіну може позитивно вплинути на нейрохімічні процеси в організмі, забезпечуючи достатній рівень попередників для синтезу важливих гормонів та нейромедіаторів (дофаміну, норадреналіну, адреналіну).

Результати оцінки якості білка за амінокислотним скором у контролі та дослідних зразках представлено на рисунку 4.9.

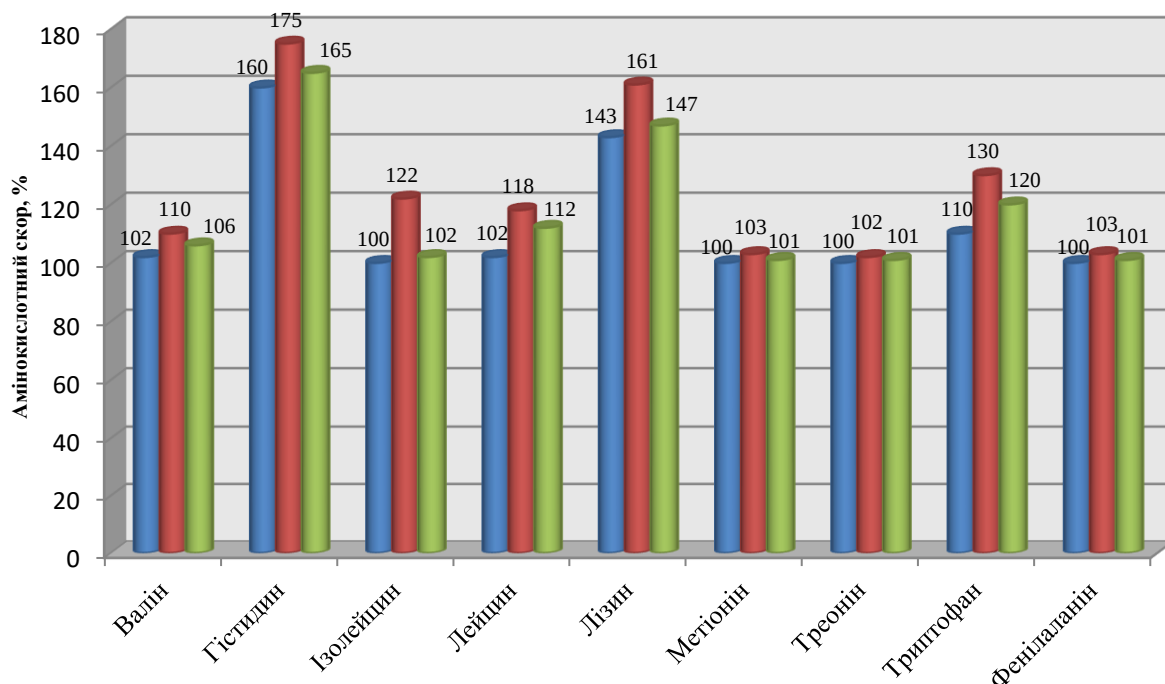


Рис. 4.9. Амінокислотний скор дослідних зразків порівняно з контролем

На основі аналізу отриманих результатів слід відзначити, що всі незамінні амінокислоти у дослідних зразках мають значення амінокислотного скору (АКС) 100 % і вище, що свідчить про їхню високу біологічну цінність. Лімітованою амінокислотою у дослідних зразках є треонін, значення АКС якого становить 102 % у дослідному зразку 2 та 101 % у дослідному зразку 3.

Це вказує на те, що треонін у повному обсязі задовольняє потреби організму у відповідності до референтного білка. Найвищий АКС було зафіксовано для гістидину – 175 % у зразку 2 та 165 % у зразку 3. Таке значне перевищення може забезпечувати додаткову функціональну активність у вигляді антиоксидантного захисту, модуляції імунної відповіді та участі в метаболічних процесах, де гістидин виступає як попередник гістаміну.

Динаміка зміни АКС у дослідних зразках (рис. 4.9) корелює з попередніми результатами аналізу амінокислотного складу (рис. 4.8) та демонструє збільшення у порівнянні з контрольним зразком, а саме валіну – на 8 % та 4 %, гістидину – на 15 % та 5 %, ізолейцину – на 22 % та 2 %, лейцину – на 16 % та 10 %, лізину – на 18 % та 4 %, метіоніну – на 3 % та 1 %, треоніну – на 2 % та 1 %, триптофану – на 20 % та 10 %, фенілаланіну – на 3 % та 1 %.

Результати дослідження наведені у п. 4.4 опубліковано у фахових публікаціях Кулакова Л. (2024), Кулакова Л., Слива Ю. (2025) [225, 226].

4.5. Визначення тривалості зберігання варених ковбас

У сучасному виробництві варених ковбас, показники кислотного та пероксидного числа є ключовими індикаторами їхньої свіжості й споживчих властивостей. Кислотне число відображає ступінь гідролітичного розпаду тригліцеридів із утворенням вільних жирних кислот, тоді як пероксидне число є мірою накопичення пероксидних сполук, тобто перших продуктів окислення жирів. Високі значення кислотного числа свідчать про інтенсифікацію ліполізу та початкові етапи псування жирів, що може впливати на текстуру та смак ковбас, а зростання пероксидного числа про окислювальні процеси, які призводять до прогіркання, втрати аромату та змін кольору продукту. Визначення даних показників на початковому етапі виробництва або зберігання дає змогу встановити базовий рівень якості продукту. Це дозволяє порівнювати подальші зміни в продуктах впродовж їхнього терміну придатності. У результаті окислення жирів у м'ясних продуктах накопичуються вільні жирні кислоти та гідроперокси (перокси), які змінюють хімічне середовище та

можуть сприяти росту деяких бактерій і грибів, водночас пригнічуючи інші штами. Через це раннє визначення кислотного та пероксидного числа є критично важливим не лише для оцінки якості жиру, але й для прогнозування змін мікробіологічних показників варених ковбас.

Визначення кислотного числа варених ковбас в процесі зберігання є важливим для оцінювання безпечності та якості продукту. Підвищене кислотне число може свідчити про погіршення якості та потенційні ризики для здоров'я. Зміни кислотного числа наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Зміни кислотного числа варених ковбас впродовж зберігання, КОН/г (n=5)*

Термін зберігання	Номер зразка		
	1	2	3
1 доба	0,93±0,09	0,83±0,02	0,87±0,07
4 доба	0,98±0,03	0,88±0,04	0,92±0,09
7 доба	1,09±0,06	0,99±0,03	1,02±0,08
10 доба	1,23±0,08	1,11±0,05	1,18±0,11

Примітки: *1 – контрольний зразок; 2 – зразок з хлорелою та лляною олією; 3 – зразок з хлорелою та оливковою олією.

Аналізуючи дані таблиці можна відмітити поступове збільшення кислотного числа контрольного зразка з 0,93 до 1,23 впродовж 10 діб. Це вказує на накопичення вільних жирних кислот через окислення жирів. Зразок 3 показує менш виражене збільшення кислотного числа порівняно з контролем від 0,87 до 1,18. Зразок 2 має найнижчі значення кислотного числа поміж усіх зразків від 0,83 до 1,11. Це пов'язано з тим, що хлорела має антиоксидантні властивості, що може сповільнювати процес окислення жирів. Отримані дані допомагають розробити оптимальні умови зберігання для продовження терміну придатності продукту.

Відстеження змін пероксидного числа у варених ковбасах протягом терміну зберігання дозволяє визначити ступінь окислення жирів, що безпосередньо впливає на їхню органолептичну якість та термін придатності. Зміни кислотного числа наведено в табл. 4.6.

**Зміни пероксидного числа варених ковбас
впродовж зберігання, Мекв O₂/кг (n=5)***

Термін зберігання	Номер зразка		
	1	2	3
1 доба	0,17±0,02	0,15±0,02	0,16±0,02
4 доба	0,19±0,03	0,17±0,04	0,18±0,04
7 доба	0,25±0,05	0,23±0,05	0,24±0,05
10 доба	0,40±0,08	0,35±0,07	0,37±0,09

Примітки: *1 – контрольний зразок; 2 – зразок з хлорелою та лляною олією; 3 – зразок з хлорелою та оливковою олією.

В перші 4 доби зберігання всі зразки мають низьке та стабільне пероксидне число, що свідчить про відсутність значного окислення жирів. Зразки 2 і 3 показують трохи нижчі значення в порівнянні з контролем, що може свідчити про антиоксидантні властивості хлорели. Пероксидне число помітно зростає на 7 добу у всіх зразках, проте зразки 2 та 3 мають нижчі значення, ніж контроль. На 10 добу знову спостерігається підвищення пероксидного числа у всіх зразках. Контроль має найвище значення 0,40 тоді, як зразок 2 демонструє нижчі показники 0,35. Отже, використання хлорели та аскорбінової кислоти позитивно впливає на зниження рівня окислення жирів варених ковбас, що сприяє збереженню якості та подовженню терміну придатності.

Одним із визначальних показників якості м'ясних виробів є їх мікробіологічний стан, який вказує на безпечність цього виду продукту. Варені ковбаси споживають без додаткової теплової обробки, тому до їх технологічного процесу виготовлення встановлені підвищені санітарні вимоги. У зв'язку з цим, дослідження мікробіологічних показників варених ковбас є важливою частиною оцінювання їхньої якості та безпечності. Мікробіологічний аналіз включає визначення чисельності мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, коліформних бактерій, стафілококів, *Salmonella*, плісняви та дріжджів. Підвищені показники можуть

свідчити про погіршення якості продукту або недотримання технологічних процесів і умов зберігання. Регулярний мікробіологічний контроль гарантує безпечність харчових продуктів та допомагає запобігати харчовим отруєнням і інфекційним захворюванням. Результати мікробіологічного дослідження варених ковбас наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

**Мікробіологічні показники контрольного та дослідних зразків
варених ковбас впродовж зберігання***

Показник, одиниці вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Контроль	Зразок №1	Зразок №2	Позначення НД на методи випробувань
1	2	3	4	5	6
1 доба					
E.coli	Не дозволено в 1,0 г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ ГОСТ 30726–2002
БГКП (коліформи)	Не дозволено в 1,0 г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ ГОСТ 30518–97
КМАФАнМ, КУО/г	Не більше $1,0 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	ДСТУ 8446:2015
Плісєневі гриби, КУО/г не більше	Не нормуються	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ 8447:2015
Дріжджі, КУО/ г, не більше	Не нормуються	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ 8447:2015
S.aureus	Не дозволено в 1,0г	відсутні	відсутні	відсутні	ГОСТ 10444.2–94
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i>	Не дозволено в 25г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ EN 12824:2004
4 доба					
E.coli	Не дозволено в 1,0 г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ ГОСТ 30726–2002
БГКП (коліформи)	Не дозволено в 1,0 г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ ГОСТ 30518–97
КМАФАнМ, КУО/г	Не більше $1,0 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^2$	$2,8 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^2$	ДСТУ 8446:2015
Плісєневі гриби, КУО/г не більше	Не нормуються	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ 8447:2015
Дріжджі, КУО/ г, не більше	Не нормуються	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ 8447:2015
S.aureus	Не дозволено в 1,0г	відсутні	відсутні	відсутні	ГОСТ 10444.2–94
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i>	Не дозволено в 25г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ EN 12824:2004

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4	5	6
7 доба					
E.coli	Не дозволено в 1,0 г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ ГОСТ 30726–2002
БГКП (коліформи)	Не дозволено в 1,0 г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ ГОСТ 30518–97
КМАФАнМ, КУО/г z	Не більше $1,0 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^2$	$6,1 \cdot 10^2$	ДСТУ 8446:2015
Плісєневі гриби, КУО/г не більше	Не нормуються	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ 8447:2015
Дріжджі, КУО/ г, не більше	Не нормуються	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ 8447:2015
S.aureus	Не дозволено в 1,0г	відсутні	відсутні	відсутні	ГОСТ 10444.2–94
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i>	Не дозволено в 25г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ EN 12824:2004
10 доба					
E.coli	Не дозволено в 1,0 г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ ГОСТ 30726–2002
БГКП (коліформи)	Не дозволено в 1,0 г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ ГОСТ 30518–97
КМАФАнМ, КУО/г z	Не більше $1,0 \cdot 10^3$	$5,9 \cdot 10^2$	$7,3 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^3$	ДСТУ 8446:2015
Плісєневі гриби, КУО/г не більше	Не нормуються	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ 8447:2015
Дріжджі, КУО/ г, не більше	Не нормуються	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ 8447:2015
S.aureus	Не дозволено в 1,0г	відсутні	відсутні	відсутні	ГОСТ 10444.2–94
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i>	Не дозволено в 25г	відсутні	відсутні	відсутні	ДСТУ EN 12824:2004

Примітки: *1 – контрольний зразок; 2 – зразок з хлорелою та лляною олією; 3 – зразок з хлорелою та оливковою олією.

Згідно з даними у всіх зразках, впродовж усього періоду спостережень, не виявлено патогенних мікроорганізмів, зокрема стафілокок золотистий, бактерії роду *Salmonella*, бактерії групи кишкової палички та сульфитредукувальні клостридії. Щодо мезофільних аеробних та факультативно–анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), жоден із зразків навіть по закінченню 10 денного терміну зберігання не перевищили встановлені максимально допустимі норми. Це свідчить про високу безпечність та якість виробничого процесу, що

повністю відповідає вимогам національного стандарту ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні» [227].

4.6. Встановлення показників якості варених ковбас методами математичного моделювання

На основі проведених експериментальних досліджень нами було обрано основні характеристики досліджуваних варених ковбас – зразку 2 – з хлорелою та лляною олією; зразку 3 – з хлорелою та оливковою олією та контрольного зразку, які в подальшому використовували для математичного моделювання (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Оціночні характеристики досліджуваних зразків ковбас

№ п/п	Назва показника	Контроль	Зразок 2	Зразок 3	Гранично-допустима норма
1	Масова частка води, %	55,95	58,41	57,08	40–60
2	Масова частка білка, %	15,17	17,50	16,77	12–20
3	Масова частка жиру, %	25,87	19,28	22,02	15–30
4	Масова частка золи, %	3,01	4,81	4,13	2,5–5,0
5	Масова частка хлориду натрію, %	2,02	1,43	1,61	1,0–2,5
6	Сума омега 3 (n3) жирних кислот, %	2,09	2,62	4,03	2,5–7
7	Сума омега 6 (n6) жирних кислот, %	31,91	32,86	28,73	20–40
8	Кислотне число, КОН/г	0,98	0,88	0,92	0,8–1,7
9	Пероксидне число, Мекв O ₂ /кг	0,19	0,17	0,18	0,1–0,5
10	КМАФАнМ, КУО/г	1,7·10 ²	2,8·10 ²	3,5·10 ²	10 ² –10 ³

Для оцінки якісного стану представлених зразків варених ковбас були використані 10 основних якісних характеристик досліджуваного продукту, величини яких для проведення математичного моделювання перерахували у безрозмірні одиниці через відношення до нормативних характеристик.

У результаті отримали оціночні параметри, що для 2 зразка представлені у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Розрахунок параметрів якості вареної ковбаси дослідного зразка №2*

№ з/п	Оціночні характеристики	Норматив			Критерії якості			
		F_c	F_{max}	F_i , ум. од.	R_i , ум. од.	S_i, S_{max}, S_n , ум. од. ²	$k_{в\dot{и}я}$	$k_{вгн}$
1	Масова частка вологи, %	50	60	1,2	1,168	2,15 6,13 2,939	0,732	0,351
2	Масова частка білка, %	16	20	1,25	0,844			
3	Масова частка жиру, %	22,5	30	1,33	0,768			
4	Масова частка золи, %	3,25	5,0	1,54	1,182			
5	Масова частка хлориду натрію, %	1,75	2,5	1,43	0,817			
6	Сума омега 3 (n3) жирних кислот, %	4,75	7	1,474	0,848			
7	Сума омега 6 (n6) жирних кислот, %	30	40	1,33	0,958			
8	Кислотне число, КОН/г	1,25	1,7	1,36	0,736			
9	Пероксидне число, Мекв о2/кг	0,3	0,5	1,667	0,6			
10	КМАФАнМ, КУО/г	550	1000	1,818	0,636			

Примітки: * F_c – середня величина нормованого параметру, що оцінюється; F_{max} – максимальне значення нормованого параметру; F_i – поточні нормативні параметри, що розраховані через відношення до F_{max} та представлені в ум. од.; R_i – поточні параметри досліджуваних зразків, що розраховані через відношення до F_c та представлені в ум. од.; S_i – факторний простір поточних параметрів, що визначається площею неправильного багатокутника, ум. од.²; S_n – нормативний факторний простір: для двобічної оцінки визначається, виходячи із середньої величини нормованих параметрів, тобто $S_n = S_c$, ум. од.²; S_{max} – нормативний граничний факторний простір: для двобічної оцінки визначається, виходячи із максимальної величини нормованих параметрів, ум. од.²; $k_{в\dot{и}я}$ – коефіцієнт відповідності заданому інтервалу якості; $k_{вгн}$ – коефіцієнт відповідності граничним нормативам якості; зразок 2 – з хлорелою та лляною олією.

Візуалізацію математичної моделі представили у вигляді 10-кутника, напівдіагоналі якого становлять значення поточних параметрів якості досліджуваного зразка продукції, що наводяться у безрозмірних одиницях. Чисельно факторний простір даної продукції визначали площею побудованої фігури, для чого був виведений наступний математичний алгоритм [228, 229, 230, 231]:

$$S_{07} = 0,5 \sin \alpha [R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_3 \times R_4 + R_4 \times R_5 + R_5 \times R_6 + R_6 \times R_7 + R_7 \times R_8 + R_8 \times R_9 + R_9 \times R_{10} + R_{10} \times R_1], \quad (4.1)$$

Очевидно, що безрозмірні оціночні параметри нормативних показників чисельно дорівнюють безрозмірній одиниці. Тому нормативний простір показників якості відобразили у вигляді правильного 10-кутника. Кількість оціночних параметрів, як і кількість кутів багатокутника дорівнює $m = 10$. Шукану площу даного багатокутника можна визначити при використанні відомої залежності [228, 229, 230, 231]:

$$S_H = \frac{mR^2 \sin^2\left(\frac{180}{m}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{180}{m}\right)} = mR^2 \sin\left(\frac{180}{m}\right) \times \cos\left(\frac{180}{m}\right) = 0,5mR^2 \sin\left(\frac{360}{m}\right) = 5 \sin 36 = 2,939 \text{ ум. од}^2, \quad (4.2)$$

Таким чином, співвідношення представлених вище площ неправильних та правильних багатокутників дають можливість чисельно оцінити якісний стан зразка продукції залежно від нормативних параметрів якості.

У якості критеріїв оцінки якісного стану досліджуваного зразка вареної ковбаси використали наступні параметри. Коефіцієнт відповідності заданому інтервалу якості $k_{в\dot{я}}$ показує, наскільки факторна площа поточних параметрів відповідного зразка продукції відрізняється від нормативної та визначається за формулою [228, 229, 230]:

$$k_{в\dot{я}} = S_i / S_H, \quad (4.3)$$

Коефіцієнт відповідності граничним нормативам якості $k_{вгн}$ показує, наскільки факторна площа поточних параметрів відповідного зразка продукції відрізняється від гранично допустимих норм та визначається за формулою [228, 229, 230]:

$$k_{вгн} = S_i / S_{max}, \quad (4.4)$$

Використовуючи розрахункові значення поточних параметрів R_i (табл. 4.9), побудували геометричну модель якості досліджуваного зразка №2 на основі двобічного оцінювання (рис. 4.10).

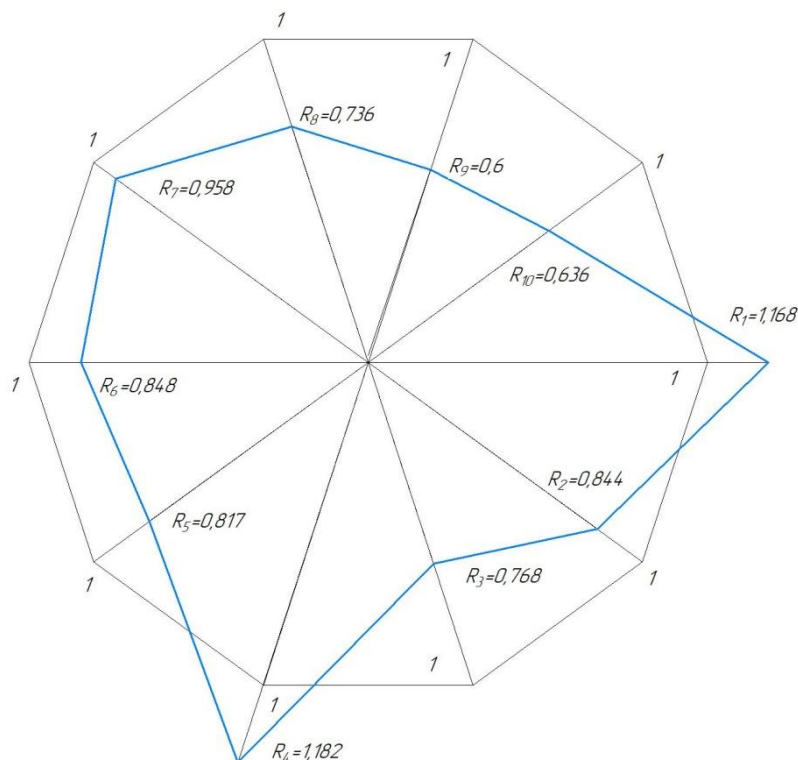


Рис. 4.10. Математична модель якості досліджуваного зразка №2 при використанні двобічної оцінки факторного простору

Аналіз геометричних моделей на рис. 4.10 свідчить, що зразок вареної ковбаси №2 за розробленою рецептурою при використанні диференціальної оцінки перевищує середні нормативні значення за двома характеристиками, а саме, на 16,8 % за масовою часткою вологи та на 18,2 % – за вмістом золи (табл. 4.9). Решта параметрів якості знаходиться у межах середньої нормативної межі. При використанні інтегральної оцінки факторний простір якісного стану складає 73,2 % від середньо нормативного та 35,1 % від гранично допустимого нормативного простору (табл. 4.9). Така оцінка свідчить про задовільнення зразка № 2 за розробленою рецептурою як гранично допустимим, так і середнім нормативним межам.

Використовуючи описану методику розрахунку та результати відповідних експериментальних досліджень, були отримані оціночні характеристики якісного стану для зразку вареної ковбаси №3 та занесені до таблиці 4.10.

Таблиця 4.10

Розрахунок параметрів якості вареної ковбаси дослідного зразка №3*

№ п/п	Оціночні характеристики	Норматив			Критерії якості			
		F_c	F_{max}	F_i , ум. од.	R_i , ум. од.	S_i, S_{max}, S_n , ум. од. ²	$k_{в\dot{и}я}$	$k_{вгн}$
1	Масова частка вологи, %	50	60	1,2	1,148	2,09	0,711	0,341
2	Масова частка білка, %	16	20	1,25	0,798	6,13		
3	Масова частка жиру, %	22,5	30	1,33	1,023	2,939		
4	Масова частка золи, %	3,25	5,0	1,54	1,123			
5	Масова частка хлориду натрію, %	1,75	2,5	1,43	0,92			
6	Сума омега 3 (n3) жирних кислот, %	4,75	7	1,474	0,552			
7	Сума омега 6 (n6) жирних кислот, %	30	40	1,33	1,095			
8	Кислотне число, КОН/г	1,25	1,7	1,36	0,704			
9	Пероксидне число, Мекв о ₂ /кг	0,3	0,5	1,667	0,567			
10	КМАФАнМ, КУО/г	550	1000	1,818	0,509			

Примітки: * F_c – середня величина нормованого параметру, що оцінюється; F_{max} – максимальне значення нормованого параметру; F_i – поточні нормативні параметри, що розраховані через відношення до F_{max} та представлені в ум. од.; R_i – поточні параметри досліджуваних зразків, що розраховані через відношення до F_c та представлені в ум. од.; S_i – факторний простір поточних параметрів, що визначається площею неправильного багатокутника, ум. од.²; S_n – нормативний факторний простір: для двобічної оцінки визначається, виходячи із середньої величини нормованих параметрів, тобто $S_n = S_c$, ум. од.²; S_{max} – нормативний граничний факторний простір: для двобічної оцінки визначається, виходячи із максимальної величини нормованих параметрів, ум. од.²; $k_{в\dot{и}я}$ – коефіцієнт відповідності заданому інтервалу якості; $k_{вгн}$ – коефіцієнт відповідності граничним нормативам якості; зразок 3 – з хлорелою та оливковою олією.

Використовуючи розрахункові значення поточних параметрів R_i , що були визначені за представленою вище методикою (табл. 4.10), побудували геометричну модель якості досліджуваного зразка №3 на основі двобічного оцінювання (рис. 4.11).

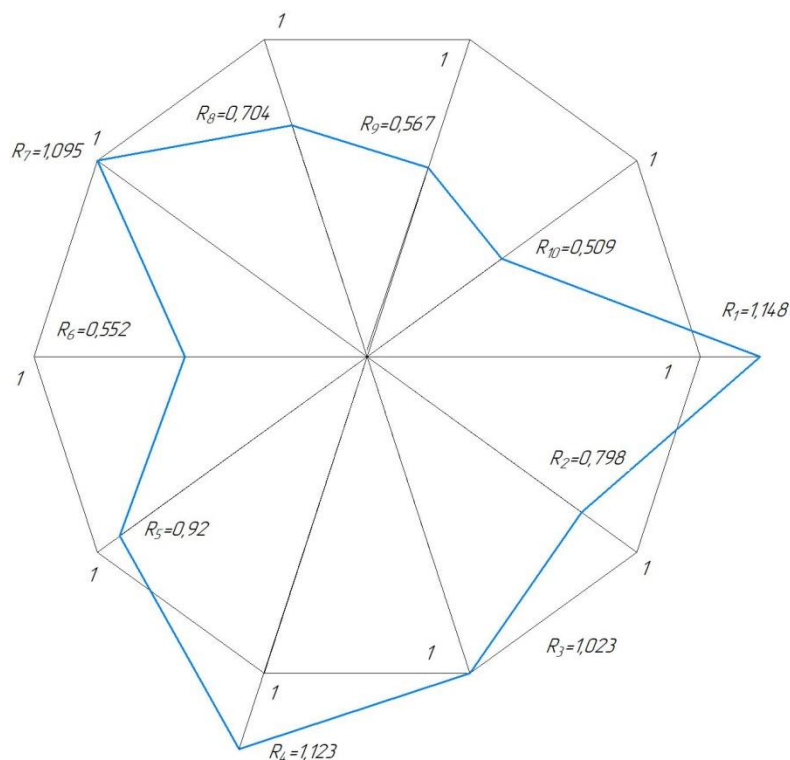


Рис. 4.11. Математична модель якості досліджуваного зразка №3 при використанні двобічної оцінки факторного простору

Аналіз геометричних моделей на рис. 4.11 свідчить, що зразок №3 вареної ковбаси за розробленою рецептурою, при використанні диференціальної оцінки перевищує середні нормативні значення за двома характеристиками, а саме, на 14,8 % за масовою часткою води та на 11,2 % – за вмістом золи (табл. 4.10). Решта параметрів якості знаходиться у межах середньої нормативної межі. При використанні інтегральної оцінки, факторний простір якісного стану складає 71,1 % від середньо нормативного та 34,1 % від гранично допустимого нормативного простору (табл. 4.10). Така оцінка свідчить про те, що зразок №3 за розробленою рецептурою задовольняє як гранично допустимим, так і середнім нормативним межах.

Використовуючи описану методику розрахунку та результати відповідних експериментальних досліджень, було отримано оціночні характеристики якісного стану для контрольного зразку вареної ковбаси та занесені до таблиці 4.11.

Розрахунок параметрів якості вареної ковбаси контрольного зразка

№ п/п	Оціночні характеристики	Норматив			Критерії якості			
		F_c	F_{max}	F_i , ум. од.	R_i , ум. од.	S_i, S_{max}, S_n , ум. од. ²	$k_{вия}$	$k_{вгн}$
1	Масова частка води, %	50	60	1,2	1,111	1,84 6,13 2,939	0,626	0,3
2	Масова частка білка, %	16	20	1,25	0,754			
3	Масова частка жиру, %	22,5	30	1,33	0,883			
4	Масова частка золи, %	3,25	5,0	1,54	0,926			
5	Масова частка хлориду натрію, %	1,75	2,5	1,43	1,154			
6	Сума омега 3 (n3) жирних кислот, %	4,75	7	1,474	0,44			
7	Сума омега 6 (n6) жирних кислот, %	30	40	1,33	1,064			
8	Кислотне число, КОН/г	1,25	1,7	1,36	0,784			
9	Пероксидне число, Мекв о ₂ /кг	0,3	0,5	1,667	0,633			
10	КМАФАнМ, КУО/г	550	1000	1,818	0,309			

Примітки: * F_c – середня величина нормованого параметру, що оцінюється; F_{max} – максимальне значення нормованого параметру; F_i – поточні нормативні параметри, що розраховані через відношення до F_{max} та представлені в ум. од.; R_i – поточні параметри досліджуваних зразків, що розраховані через відношення до F_c та представлені в ум. од.; S_i – факторний простір поточних параметрів, що визначається площею неправильного багатокутника, ум. од.²; S_n – нормативний факторний простір: для двобічної оцінки визначається, виходячи із середньої величини нормованих параметрів, тобто $S_n = S_c$, ум. од.²; S_{max} – нормативний граничний факторний простір: для двобічної оцінки визначається, виходячи із максимальної величини нормованих параметрів, ум. од.²; $k_{вия}$ – коефіцієнт відповідності заданому інтервалу якості; $k_{вгн}$ – коефіцієнт відповідності граничним нормативам якості.

Використовуючи розрахункові значення поточних параметрів R_i , що були визначені за представленою вище методикою (табл. 4.11), побудували геометричну модель якості контрольного зразка вареної ковбаси на основі двобічного оцінювання (рис. 4.12).

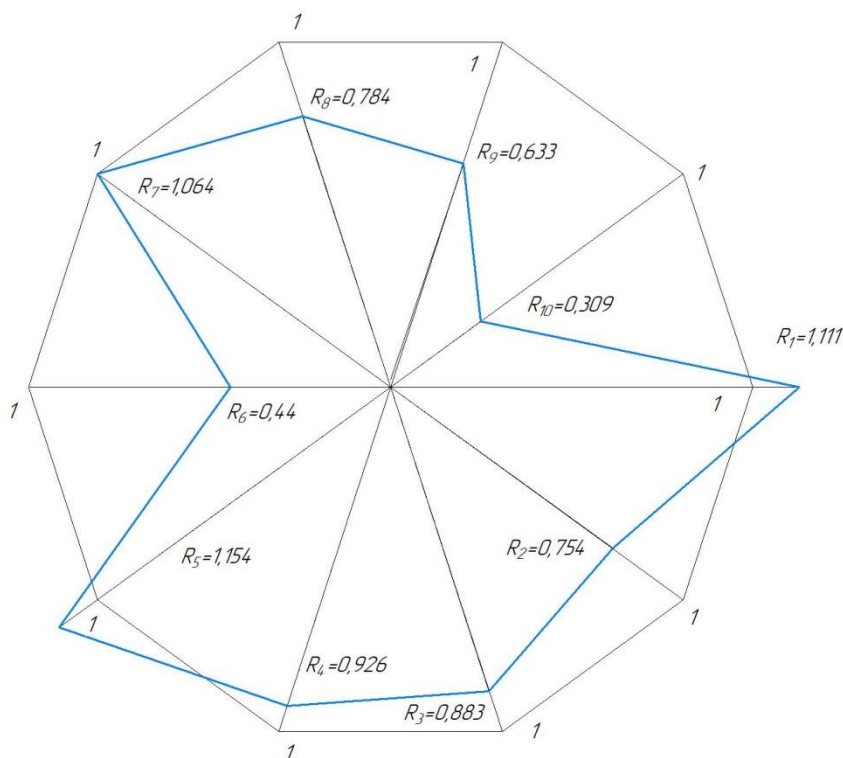


Рис. 4.12. Математична модель якості досліджуваного контрольного зразка при використанні двобічної оцінки факторного простору

Аналіз геометричних моделей на рис. 4.12 свідчить, що контрольний зразок вареної ковбаси за розробленою рецептурою при використанні диференціальної оцінки перевищує середні нормативні значення за двома характеристиками, а саме, на 11,1 % за масовою часткою вологи та на 15,4 % – за вмістом хлориду натрію (табл. 4.11). Решта параметрів якості знаходиться у межах середньої нормативної межі. При використанні інтегральної оцінки факторний простір якісного стану складає 62,6 % від середньо нормативного та 30 % від гранично допустимого нормативного простору (табл. 4.11). Така оцінка свідчить, що контрольний зразок ковбаси за розробленою рецептурою задовольняє як гранично допустимим, так і середнім нормативним межам.

На основі даних розрахункових моделей (табл. 4.9, 4.10, 4.11) та побудованих математичних графічних моделей (рис. 4.10–4.12), отримані результати розрахунку представлених вище критеріїв оцінки якості досліджуваних зразків ковбас помістили у табл. 4.12.

Критерії оцінки якості досліджуваних зразків варених ковбас

№ п/п	Зразки досліджуваних ковбас	Факторна площа		Критерії оцінки якості ковбас	
		S_c , ум. од ²	S_i , ум. од ²	$k_{в\dot{и}я}$	$k_{вгн}$
1	Зразок №2	2,939	2,15	0,732	0,351
2	Зразок №3	2,939	2,09	0,711	0,341
3	Контрольний зразок	2,939	1,84	0,626	0,3

Примітка: S_i – факторна площа поточних параметрів, що визначалась за двобічною оцінкою; S_c – середня факторна площа; $k_{в\dot{и}я} = S_i / S_n$ $k_{вгн}$ – коефіцієнт відповідності заданому інтервалу якості; $k_{вгн} = S_i / S_{max}$ – коефіцієнт відповідності граничним нормативам якості; зразок 1 – з хлорелою та лляною олією; зразок 2 – з хлорелою та оливковою олією.

На основі даних табл. 4.12 було здійснено порівняльний аналіз зміни критеріїв оцінки якості досліджуваних зразків варених ковбас, що розміщені на рис. 4.13.

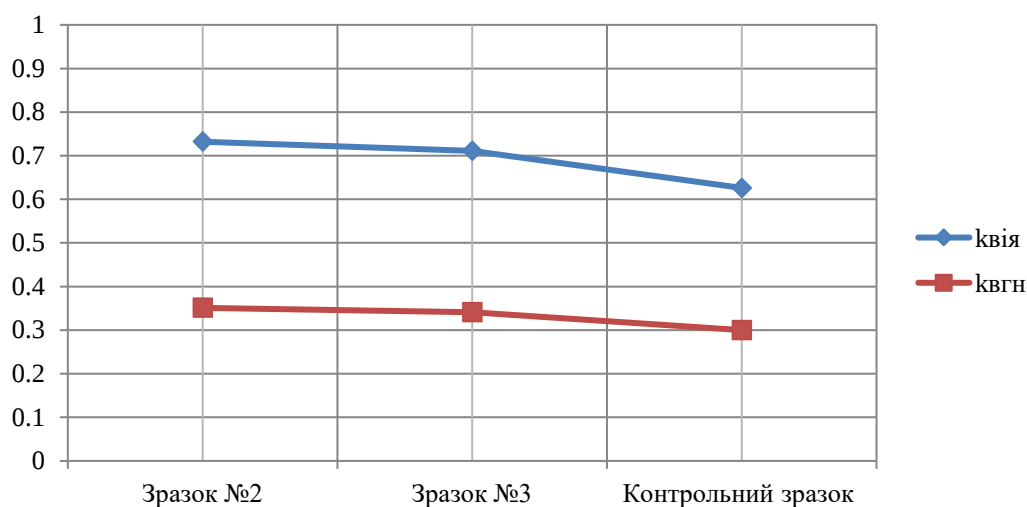


Рис. 4.13. Порівняльний аналіз зміни критеріїв оцінки якості досліджуваних зразків ковбас

Найбільш якісний факторний простір виявився у зразка №2 вареної ковбаси за розробленою рецептурою, перевищуючи даний показник зразка №3 на 3 % та контрольного зразка – на 17 %. Також інтегральні або сумарні характеристики зразка №2 найбільше наближаються до середньо нормативних.

Окрім того, масова частка золи для зразка №2 знаходиться у межах допустимих норм на відміну від решти досліджуваних зразків ковбас.

При здійсненні математичного моделювання досліджуваних зразків ковбас використовували наступні гіпотези. Першою гіпотезою є те, що отримані характеристики у цілому створюють відповідні якісні простори, порівняння яких із мінімально допустимими нормативними параметрами формує межі безпеки продукції. Оцінювання цих характеристик проводили при застосуванні безрозмірних величин. Величину будь-якого нормативного показника приймають за одиницю, а поточні характеристики визначають із співвідношення до цього показника. Таким чином, можна проводити математичне оцінювання якості через певні залежності між вказаними характеристиками. Дійсність такої оцінки визначає другу гіпотезу під час побудови математичної моделі: якість досліджуваних зразків ковбас визначали за величинами співвідношень між безрозмірними характеристиками нормативних та поточних параметрів продукції [228, 229, 230].

4.7. Розроблення нормативної документації на впровадження удосконаленої технології варених ковбас

Сучасні напрямки розвитку харчової промисловості характеризуються акцентом на впровадження інноваційних продуктів, які відповідають підвищеним вимогам до якості, безпечності та харчової цінності. У контексті зростаючого попиту на здорове та функціональне харчування, особливого значення набуває створення й впровадження чіткої та обґрунтованої нормативної документації, що регламентує процес виробництва таких продуктів.

Зокрема, удосконалення технологій виготовлення варених ковбас із додаванням морських водоростей є одним із перспективних напрямів галузі. Це дає змогу підвищити харчову цінність готового продукту завдяки збагаченню його біологічно активними речовинами, а також забезпечити відповідність стандартам безпечності для здоров'я споживачів.

Формування нормативно-технічної бази таких продуктів здійснюється з урахуванням національних (ДСТУ) та міжнародних (ISO) стандартів, положень чинного законодавства, вимог санітарно-гігієнічних норм, результатів наукових досліджень, а також сучасних ринкових тенденцій і споживчих очікувань. Важливою складовою процесу стандартизації є експериментальні дослідження, які включають аналіз фізико-хімічних, мікробіологічних, токсикологічних та органолептичних показників продукту.

Окрім нормативних актів державного рівня, підприємства мають можливість розробляти власні нормативні документи (технічні умови, стандарти підприємства), в яких деталізуються вимоги до продукції. Проте такі документи мають відповідати загальнодержавним нормам і не можуть суперечити чинному законодавству.

Усі нормативно-технічні показники повинні базуватися на комплексному підході, що враховує: безпечність продукції для здоров'я людини; харчову та енергетичну цінність; органолептичні властивості; технологічні особливості виробництва; економічну доцільність впровадження інновацій.

Таким чином, сучасна харчова промисловість орієнтується не лише на задоволення потреб споживачів, але й на забезпечення високих стандартів якості та безпеки продукції шляхом вдосконалення нормативно-технічного регулювання.

Для об'єктивного оцінювання якості варених ковбас, збагачених морськими водоростями, необхідно здійснювати комплексний аналіз, що включає органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники, параметри безпечності, а також визначення харчової цінності продукту. Такий підхід дозволяє всебічно оцінити як споживчі характеристики, так і відповідність ковбасної продукції чинним нормам безпеки та якості.

До органолептичних показників, які безпосередньо впливають на сприйняття продукту споживачем, належать: зовнішній вигляд (однорідність, відсутність дефектів на поверхні); колір (рівномірний, без плям або потемнінь); консистенція (пружна, щільна, без ознак розшарування або надмірної

вологості); смак та запах (характерні для даного виду м'ясної продукції, без сторонніх або неприємних відтінків).

Серед фізико-хімічних параметрів, які характеризують стабільність складу та відповідність продукту рецептурі, визначають: вміст вологи, білків, жиру, солі; рівень рН, який впливає на мікробіологічну стійкість та консистенцію.

Мікробіологічна безпека є ключовим критерієм якості харчових продуктів. Для варених ковбас із водоростями проводять аналіз на: загальну кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ); наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП); патогенні мікроорганізми, зокрема *Salmonella* і сульфітрeredукувальні клостридії; дріжджі та плісєневі гриби, які можуть спричинити псування продукту.

У розділі показників безпечності обов'язково контролюється вміст потенційно небезпечних речовин, зокрема: важкі метали (свинець, кадмій, ртуть); залишкові кількості пестицидів; радіонукліди, такі як ^{137}Cs (цезій) ^{90}Sr (стронцій), які можуть накопичуватися у водоростях.

Крім того, важливим компонентом характеристик продукту є його харчова цінність, яка зазвичай вказується на 100 г. Вона охоплює: кількість білків, жирів (у тому числі насичених і ненасичених), вуглеводів, вміст солі, калорійність (енергетичну цінність), що є важливою для дієтичного планування споживачів.

Запровадження чітко визначених нормативно-технічних показників якості варених ковбас із морськими водоростями не лише гарантує високий рівень продукції та її відповідність санітарно-гігієнічним вимогам, але й формує довіру споживача завдяки відкритості щодо складу й властивостей товару. Це, у свою чергу, сприяє розвитку сегменту функціональних харчових продуктів на ринку.

Після встановлення та обґрунтування нормативно-технічних показників наступним етапом було розроблення технічних умов України «Ковбаса варена з хлорелою. Технічні умови» (ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос».

Ковбаса варена з хлорелою. Технічні умови. Куликівка, 2025) та технологічної інструкції з виробництва варених ковбас з хлорелою (ТІ до ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Технологічна інструкція з виробництва варених ковбас з хлорелою. Куликівка. 2025) (додаток Д).

Розроблення технічних умов (ТУ) та технологічної інструкції є важливим етапом у впровадженні нових видів харчової продукції та зумовлюється необхідністю вирішення низки стратегічних та практичних завдань. Насамперед, це обумовлено вимогами, визначеними в межах дисертаційного дослідження, зокрема щодо вдосконалення технологічного процесу, покращення якості та функціональних властивостей продукції.

Крім того, актуальність розроблення технічної документації пояснюється прагненням підприємства до розширення асортименту виробів, які відповідають сучасним вимогам споживачів, зокрема у сфері спеціалізованого та функціонального харчування.

Особливої важливості набуває створення нормативної бази у зв'язку з недостатністю чинних національних стандартів (ДСТУ) щодо новітніх видів харчових продуктів. У цьому контексті технічні умови стають регуляторним документом, який визначає специфікації до сировини, показники якості, умови виробництва, зберігання та транспортування продукту, а також вимоги до безпеки.

Одним із ключових завдань є встановлення чітких та обґрунтованих вимог до якості й безпеки готової продукції, з урахуванням сучасних наукових даних, ризик-орієнтованих підходів до контролю, а також міжнародних практик. Це дозволяє гарантувати стабільність властивостей продукту й мінімізувати потенційні загрози для здоров'я споживача.

Не менш важливою є розробка стандартизованих технологічних умов і методів виробництва, які сприяють уніфікації процесів на підприємстві, забезпечують повторюваність результатів, оптимізують ресурси та підвищують економічну ефективність.

Впровадження результатів дисертації відбулося на СФГ «Колос», с-ще Куликівка, Чернігівський р-н, Чернігівська обл. (ЄДРПОУ 14246880).

Висновки до розділу 4

Охарактеризовано основні етапи виробництва варених ковбас із використанням хлорели. Характерною особливістю удосконаленої технологічної схеми є додавання в кутер у процесі складання фаршу емульсії з гідратованої хлорели та лляної олії. Гідратація хлорели молочною сироваткою здійснюється з розрахунку 1:5 протягом 20 хвилин, після чого додають лляну олію та все ретельно перемішують протягом 5 хвилин до утворення однорідної емульсії.

Досліджено фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості фаршевих систем. Дослідні зразки характеризуються меншою щільністю та соковитішою консистенцією, порівнюючи з виготовленим за класичною рецептурою контрольним зразком, що слідує зі зменшення пенетраційної напруги та підвищеного значенням здатності до зв'язування вологи.

Для підтвердження безпечності та якості готового продукту за удосконаленою технологією виробництва було проведено органолептичне оцінювання, визначення фізико-хімічних показників, структурно-механічних властивостей, харчової та біологічної цінності, тривалості зберігання варених ковбас і дослідження показників якості методами математичного моделювання. Так, встановлено високі органолептичні властивості дослідних зразків №2 та №3, їх збалансований фізико-хімічний склад.

Дослідні зразки варених ковбас мають покращений жирнокислотний склад, порівнюючи з контролем, сума насичених жирних кислот на рівні 27,59–30,65 % до суми жирних кислот, 69,36–72,41 % ненасичених жирних

кислот, а відношення омега-6 до омега-3 становить 7,14–12,57 %. Що стосується амінокислотного складу, то вищий рівень незамінних амінокислот, якщо порівняти з контрольним зразком, має дослідний зразок №2, до складу якого входить хлорела та лляна олія, а значення амінокислотного скору (АКС) 100 % і вище, що свідчить про його високу біологічну цінність.

Щодо тривалості зберігання, то досліджували зразки, які зберігалися впродовж 1 доби, 4 діб, 7 діб і 10 діб. Кислотне та пероксидне число з часом збільшувалося, але на 10 добу залишалися в межах норми. Мікробіологічні показники також змінювалися, але залишалися в гранично допустимих межах. Відповідно, отримано дані, які свідчать про безпечність споживання варених ковбас із хлорелою, рекомендований термін зберігання – 4 доби, а максимальний становить не більше 10 діб.

Характеристику якісного стану досліджуваних зразків варених ковбас проводили за допомогою диференціальної оцінки за окремими якісними характеристиками, а також за допомогою інтегральної оцінки, використовуючи факторні площі параметрів зразків продукції, їх середні нормативні та гранично допустимі норми. У процесі оцінювання використовували 10 якісних характеристик, а саме масові частки вологи, білка, жиру, золи та хлориду натрію, суму омега-3 та омега-6 жирних кислот, кислотним і пероксидним числами та вмістом КМАФАнМ. Побудовані багатокутники на відповідних графічних моделях дозволяють оцінити якість досліджуваних зразків ковбас як візуально, так і аналітично, використовуючи математичні співвідношення. На основі побудованих факторних просторів оціночних параметрів проводили інтегральне оцінювання за допомогою показників якості. Коефіцієнт відповідності інтервалу якості $k_{в\text{ія}}$ показує частку поточних характеристик у нормативному просторі оцінки досліджуваних зразків ковбас. Для оцінки можливих відхилень характеристик продукції від граничних (максимальних) нормативних або рекомендованих величин використовували розроблений коефіцієнт відповідності нормативної границі якості $k_{в\text{гн}}$.

За результатами визначення нормативно-технічних показників якості готового продукту було розроблено нормативну документацію: технічні умови та технологічну інструкцію з виробництва варених ковбас із хлорелою, після чого удосконалену технологію впроваджено у виробництво.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕНИХ КОВБАС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ

5.1. Економічна ефективність виробничої діяльності підприємства

В умовах зростаючої конкуренції на ринку харчової продукції, м'ясні підприємства стикаються з необхідністю оптимізації своїх виробничих процесів, підвищення якості продукції та зниження виробничих витрат. Економічна ефективність виробничої діяльності охоплює співвідношення між результатами та витратами, необхідними для їх досягнення. У сфері м'ясної промисловості ефективність визначається ще із точки зору безпечності, якості продукції та відповідності стандартам.

Структура глобального виробництва м'яса є надзвичайно різноманітною і охоплює виробництво широкого спектру м'ясних продуктів, серед яких свинина, яловичина, курятина та інші. Даний процес зазвичай організовується на спеціалізованих фермах та підприємствах, де тварин систематично вирощують та утримують з метою отримання високоякісного м'яса для споживання.

На світовій арені виробництво м'яса розподіляється між багатьма країнами, на передньому плані знаходяться такі гравці, як Сполучені Штати Америки, Китай, Бразилія, країни Європейського Союзу та Індія. Кожна країна характеризується своїми унікальними підходами до вирощування тварин: використовуючи різні технології, методи утримання, а також дотримання специфічних стандартів якості та безпеки продукції.

Важливо виокремити, що технологічні та організаційні особливості виробництва залежать від типу м'яса. Країни з величезними пасовищами переважно розвивають галузь яловичини, тоді як країни, де індустріалізація сільського господарства досягла високих показників, часто фокусуються на виробництві свинини.

Загалом, сучасна система виробництва м'яса формується під впливом різноманітних чинників, серед яких можна виокремити кліматичні умови, наявність технологічних інновацій, культурні традиції споживання м'яса, а також ринковий попит. Ці фактори взаємодіють і спричиняють виникнення унікальних моделей виробництва, які постійно удосконалюються для задоволення вимог якості та забезпечення безпеки кінцевої продукції.

Статистика тваринництва в Україні за останні п'ять років (2019–2023) засвідчує загальне скорочення поголів'я більшості видів сільськогосподарських тварин. Зокрема, за даними Державної служби статистики України, кількість великої рогатої худоби зменшилась з 3092 тис. голів у 2019 році до 2156,2 тис. голів у 2023 році, дрібної рогатої худоби зменшилась з 1204,5 тис. голів у 2019 році до 906,3 тис. голів у 2023 році, коней з 224,4 тис. голів у 2019 році до 144,8 тис. голів у 2023 році, кролів з 4522,9 тис. голів у 2019 році до 3894,2 тис. голів у 2023 році, свиней зменшилась з 5727,4 тис. голів у 2019 році до 4948,3 тис. голів у 2022 році, птиці з 220,5 млн. голів у 2019 році до 180,4 млн. голів у 2022 році. Винятком незначного зростання у деяких категоріях у 2023 році стали свині 5094 тис. голів та птиця 184,7 млн. голів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Поголів'я худоби та птиці на території України у 2019–2023 роках*

Вид тварин	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Велика рогата худоба	3092,0	2874,0	2644,0	2307,1	2156,2
Свині	5727,4	5876,2	5608,8	4948,3	5094,0
Птиця свійська	220 485,8	200 651,9	202 243,1	180 457,6	184 710,4
Вівці та кози	1204,5	1140,4	1094,3	941,4	906,3
Кролі	4522,9	4504,7	4370,6	3975,5	3894,2
Коні	224,4	202,0	180,8	159,1	144,8

Примітка. *Дані наведено без урахування тимчасово окупованих російською федерацією територій та частини територій, на яких ведуться (велися) бойові дії

Прослідковується негативна тенденція на зменшення кількості сировини з 2019 по 2022 рік, як наслідок її дорожчання та частковим відновленням у 2023 році. Дослідження сучасного стану сировинної бази м'ясопереробних підприємств України показують, що поголів'я ВРХ за останні п'ять років скоротилось на 30,3 %, свиней – на 11,1 %, птиці – на 16,2 %, ДРХ – на 24,8 %, кролів – на 13,9 %, коней – на 35,5 % (табл. 5.2). Це пов'язано з низкою факторів: впливом війни, зростанням вартості утримання тварин, скороченням приватного сектору, міграцією сільського населення, складнощами доступу до ринків збуту, іншими економічними та соціальними чинниками.

Статистика тваринництва в Україні свідчить, що цей сектор продовжує залишатися важливою галуззю сільського господарства, але йому необхідна пильна увага держави та підтримка для подальшого розвитку. За останні роки виробництво та споживання готової продукції, зокрема варених ковбасних виробів, не тільки не впали, а навпаки – зросли. Це можна пояснити декількома чинниками: модернізацією виробничих потужностей, впровадженням новітніх технологій переробки сировини, що сприяє підвищенню якості готової продукції, розширенням асортиментного ряду.

Таблиця 5.2

Динаміка кількості сільськогосподарських тварин в Україні у 2019–2023 роках

Показник	Підприємства					Господарства населення					Фермерські господарства				
	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
Жива маса вирощування сільськогосподарських тварин, тис. т	2331,1	2327,8	2359,3	2182,4	2313,3	1114,4	1081,5	970,5	772,4	789,6	97,8	106,3	118,7	106,3	114,4
Велика рогата худоба	143,9	136,8	134,7	127,4	133,6	412,5	400,7	340,4	261	266,3	12,7	13,6	13,6	14,4	16
Свині	546,1	562,1	601	565,7	586,1	420,8	404,6	370,2	310,2	307,2	31,4	33,2	32,4	28,5	34,7
Птиця свійська	1637,3	1624	1619	1486,2	1590,2	222	221,7	206,4	155	169,7	53,5	59,2	72,3	63	63,3
Вівці та кози	2,2	3	3,1	1,8	2,3	24,1	21,4	21,5	17,3	20	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3
Кролі	1,1	1,6	1,2	1,1	1	22,1	20,6	20,2	17,4	15,7	0	0	0	0,1	0,1
Коні	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1	12,9	12,5	11,8	11,5	10,7	0	0	0	0	0
Жива маса сільськогосподарських тварин, реалізованих на забій, тис. т.	2299,7	2303	2318,5	2166	2269,1	1193,9	1159,3	1072,7	893,1	830,6	94,5	104,9	117,5	104,2	113
Велика рогата худоба	171,7	143,8	131,9	135,2	142,9	454,7	442,7	394,9	319,9	290,3	13,7	12,4	13,1	12	16,2
Свині	527,1	524,9	586	553,8	549,6	449,2	431,7	401,8	344,8	319,1	27,5	32,8	32,2	29,2	33,5
Птиця свійська	1596,7	1629,7	1596,8	1473,8	1571,7	229,1	230,2	220,8	178,9	175,2	53	59,5	72,1	62,8	63
Вівці та кози	2,6	2,7	2,3	1,9	3,8	25,9	21,6	23,2	20,6	19,6	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кролі	1,1	1,6	1,2	1,1	1	22,1	20,6	20,2	17,4	15,7	0	0	0	0,1	0,1
Коні	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1	12,9	12,5	11,8	11,5	10,7	0	0	0	0	0

Примітка. *Дані наведено без урахування тимчасово окупованих російською федерацією територій та частини територій, на яких ведуться (велися) бойові дії

Після суттєвого спаду у 2022 році на 11 % ситуація на ринку ковбасних виробів почала поступово відновлюватися. У 2023 році зафіксовано зростання на 6 %, а в 2024 році помірне зростання на 3%, що дозволило досягти обсягу виробництва близько 253 тис. тонн. Така тенденція свідчить про поступове повернення ринку до довоєнних показників, при цьому внутрішнє виробництво залишається основною рушійною силою галузі. Сучасний ринок демонструє збільшення інтересу до здорових і екологічно чистих продуктів. Зростає попит на органічні ковбаси з мінімальною кількістю консервантів та інших хімічних добавок. Незважаючи на ризики, пов'язані з коливанням цін на сировину та економічною нестабільністю, ринок має значний потенціал для подальшого розвитку, як на внутрішньому, так і на зовнішньому.

5.2. Розрахунок економічної ефективності виробництва вареної ковбаси з хлорелою

Ефективність виробництва продукції в м'ясопереробній галузі оцінюється за низкою чинників, серед яких – виробничі витрати, якість кінцевого продукту, конкурентоспроможність на ринку та споживчий попит. Зважаючи на ці аспекти, її рівень вимірюють за такими показниками, як валовий дохід, витрати на одиницю продукції, рентабельність і обсяг реалізованої продукції. До того ж, значну увагу приділяють впливу екологічних і соціальних факторів, адже успішність підприємства визначається не лише прибутком, а й стійкістю фінансового стану, що проявляється через високий рівень рентабельності та здатність генерувати прибуток.

Прибуток від реалізації продукції формується внаслідок взаємодії трьох основних чинників: обсягу реалізації, собівартості та ціни продажу. Обсяг реалізації може позитивно впливати на фінансові результати, якщо зростає рівень прибуткових продажів, або негативно – у випадку збільшення збитковості, що веде до зменшення прибутку.

Серед ключових індикаторів економічної ефективності виділяють співвідношення між виробництвом і споживанням, а також баланс між ціною і

якістю кінцевої продукції. Важливим є також рівень забезпечення галузі сировиною та ступінь її залежності від зовнішніх ринків, що відображається обсягами експорту та імпорту. Собівартість продукції визначається обсягом виробництва, процесом реалізації та витратами, які формуються під впливом низки взаємопов'язаних економіко-природничих факторів, серед яких – рівень аграрної інтеграції, концентрації та спеціалізації, доступність ресурсів, вартості послуг і обладнання, продуктивність праці, рівень оплати, організаційно-економічний стан підприємства та якість випущеної продукції.

Аналіз собівартості вареної ковбаси контрольного та дослідного зразків, розроблених в експериментальній лабораторії НУБіП України, представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

**Витрати на виробництво вареної ковбаси
за статтею «Сировина та основні матеріали»**

Статті витрат	Ціна за кг, грн	Контроль		Дослідний зразок	
		Норма на 100 кг	Сума на 100 кг, грн	Норма на 100 кг	Сума на 100 кг, грн
Свинина жилована нежирна	180	73,70	13266	70,65	12717
Шпик хребтовий	150	23,65	3547,5	-	-
Лляна олія	100	-	-	20,65	2065
Хлорела(порошок)	1000	-	-	1	1000
Молочна сироватка	10	-	-	5	50
Сіль кухонна	15	2,5	37,50	2,5	37,50
Нітрит натрію	200	0,005	1	-	-
Аскорбінова кислота	246	-	-	0,05	12,30
Перець чорний мелений	285	0,085	24,22	0,085	24,22
Мускатний горіх	300	0,055	16,5	0,055	16,5
Всього	х	х	16892,72	х	15922,52

Отже, заміна сировини дозволила знизити витрати на виробництво 100 кг вареної ковбаси, на 970,2 грн, що складає близько 5 % від вартості. Що вказує на оптимізацію рецептури з точки зору витрат. Цього вдалось досягти завдяки тому, що дослідний зразок розроблено за принципом заміни деяких традиційних інгредієнтів (шпик та нітрит натрію) на альтернативні компоненти

(ляна олія та аскорбінова кислота). Також в рецептуру було додано два нових інгредієнта, це хлорела(порошок) та молочна сироватка. Загалом така заміна сировини не вплинула на обсяг продукції, її якість та смак.

Також нами було проведено розрахунок допоміжних матеріалів на виробництво 100 кг продукції (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Витрати на допоміжні матеріали

Стаття витрат	Ціна за одиницю, грн	Норма на 100 кг	Сума за 100 кг, грн
Оболонка штучна, м	10	76	760
Ящики стандартні (60x40x20), шт.	90	10	900
Етикетка, шт.	1,1	250	275
Вакуумна упаковка, шт.	1,5	250	375
Всього	х	х	2310

Таким чином, враховуючи той факт, що об'єм кожного з двох видів ковбас однаковий, відповідно витрати матеріалів у всіх будуть одні і ті самі. А саме, для пакування, необхідні: штучна оболонка (на 100 кг необхідно 76 м), вакуумна упаковка з етикеткою (250 штук) та ящики розміром 60x40x20 см (10 штук). Загалом матеріальні витрати на 100 кг продукції складають 2310 грн.

Далі, у таблиці 5.5 наведено розрахунок енергетичних витрат аналогічно матеріальним.

Таблиця 5.5

Розрахунок енергетичних витрат аналогічно матеріальним

Стаття витрат	Ціна за одиницю, грн	Норма на 100 кг	Сума за 100 кг, грн
Вода, м ³	21,3	1,6	34,08
Пара, мДж	54,0	0,5	27,00
Холод, Дж	8,22	43,6	358,39
Газ, м ³	21,00	1,7	35,7
Електроенергія, кВт·год	5,28	6,5	34,32
Всього	х	х	489,49

Отже, згідно з проведеними розрахунками, сумарні енергетичні витрати на виробництво склали 489,49 грн на 100 кг.

Використовуючи попередні дані, нами було проведено аналіз повної собівартості виробництва 100 кг продукції (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

**Витрати на виробництво та структура собівартості
100 кг продукції за статтями**

Статті витрат	Контроль	Дослід
Сировина	16892,72	15922,52
Матеріали	2310	2310
Паливо та енергія	489,49	489,49
Заробітна плата	63,68	63,68
Відрахування на соціальні заходи	15,73	15,73
Резервний фонд (амортизація)	3,0	3,0
Всього	19774,62	18804,42

Проаналізувавши дані таблиці 5.6 можна побачити, що найбільшу частку у структурі собівартості займає сировина. Вищий показник має контрольний зразок (19774,62 грн). Тобто собівартість 1 кг готового продукту $19774,62 / 100 = 197$ грн 75 к. для контрольного зразка та $18804,42 / 100 = 188$ грн 05 к. для дослідного зразка.

Таблиця 5.7

**Порівняння економічної ефективності
контрольного та дослідного зразків**

Показник	Контрольний зразок	Дослідний зразок	Різниця
Собівартість 1 кг, грн	197,75	188,05	– 9,70 грн
Ціна реалізації 1 кг, грн	299,52	299,52	0,00 грн
Прибуток з 1 кг, грн	101,77	111,47	+ 9,70 грн
Прибуток з 100 кг, грн	10177,00	11147,00	+ 970,00 грн
Рентабельність, %	51,5 %	59,3 %	+ 7,8 %

Враховуючи ціну продукту на рівні 299 грн 52 к. за кілограм, зниження собівартості дослідного зразка дозволить отримати дохід в розмірі 111 грн 47 к. за 1 кг, рентабельність виробництва на рівні 59,3 % є високою, що вказує на економічну вигоду від виробництва.

ВИСНОВКИ

У процесі проведення експериментальних досліджень було сформовано та реалізовано ряд взаємопов'язаних наукових і прикладних завдань, спрямованих на всебічне обґрунтування і впровадження нової технології варених ковбас із використанням морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної та оливкової).

1. Здійснено комплексний аналіз сучасного стану м'ясопереробної галузі, визначено основні тенденції розвитку ринку варених ковбас функціонального призначення з урахуванням запитів споживачів. Визначено перспективи використання нетрадиційних функціональних інгредієнтів, зокрема морських водоростей і рослинних олій, у технології варених ковбас підвищеної біологічної ефективності.

2. Експериментально обґрунтовано та доведено доцільність використання морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової) у технології варених ковбас для отримання високоякісного готового продукту (вміст білка – 17,50 %) з низьким вмістом жиру (19,28 %), з підвищеною біологічною цінністю (сума насичених жирних кислот – 27,59 % та ненасичених жирних кислот – 72,41 %), повною заміною нітриту натрію на аскорбінову кислоту, нормованим вмістом солі (1,4 %) і задовільними функціонально-технологічними характеристиками.

3. За результатами проведених досліджень встановлено, що введення до рецептури варених ковбас функціональних інгредієнтів (морських водоростей і рослинних олій) поліпшує функціонально-технологічні, фізико-хімічні та структурно-механічні властивості готових виробів, зокрема вологоутримуючу здатність, текстурні показники, рН, харчову цінність і забезпечує мікробіологічну безпеку протягом терміну зберігання.

4. Встановлено вплив додавання морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної і оливкової) на показники якості (харчову, біологічну цінність і біологічну ефективність, мінеральний, вітамінний склад) готового

продукту та досліджено динаміку змін показників мікробіологічної безпеки в процесі його зберігання.

5. На основі отриманих результатів удосконалено принципову технологічну схему технології вареної ковбаси з хлорелою, відмінність якої полягає у використанні морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної). Розроблено технічні умови «ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Ковбаса варена з хлорелою. Технічні умови. Куликівка, 2025», технологічна інструкція «ТІ до ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Технологічна інструкція з виробництва варених ковбас з хлорелою. Куликівка. 2025» та розраховано прогнозовану економічну ефективність у СФГ «Колос» Чернігівської області.

6. На основі математичного моделювання досліджуваних показників якості варених ковбас отримано відповідні якісні простори, що дозволило визначити оптимальні частки внесення функціональних інгредієнтів для підвищення технологічних параметрів і забезпечення їх стабільної якості.

7. Впровадження запропонованої технології варених ковбас із використанням морських водоростей (*Chlorella*) та рослинних олій (лляної) сприяє зменшенню собівартості продукту в розрахунку на 100 кг готових виробів і зростанню рівня рентабельності до 59,3 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. М'ясний ринок США б'є рекорди: продажі сягнули \$ 104,6 мільярда у 2024 році. 2025. Отримано з <https://meatnews.com.ua/processing/9761/meat-usa-2/>.
2. Виробництво свинини у Великій Британії зросло на 6,4 % у першому кварталі 2025 року. 2025. Отримано з <https://meatnews.com.ua/breeding/pigs/9874/defra-pork/>.
3. Тваринництво. <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
4. Свинарство стає прибутковим: рентабельність виробництва досягає 300 %. 2024. Отримано з <https://agro-business.com.ua/agro/suchasnetvarynnystvo/item/27831-svynarstvo-staie-prybutkovym-rentabelnist-vyrobnytstva-dosiahaie-300protsent.html>.
5. Індекс цін на продукти. 2025. Отримано з <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/wares/index/meat-food>.
6. Статистична інформація. <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
7. López-López I., Cofrades S., Yakan A., Solas M. T., Jiménez-Colmenero F. Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion., Food Research International. 2010. Vol 43, no. 5. P. 1244–1254.
8. Stanton C., Ross R. P., Fitzgerald G. F., Van Sinderen D. Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. Curr Opin Biotechnol. 2005. Vol. 16, no. 2. P. 198–203.
9. Niva M. All foods affect health: understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. Appetite. 2007. Vol. 48, no. 3. P. 384–393.
10. Drozen M., Harrison T. Structure/function claims for functional foods and nutraceuticals. Nutraceuticals world. 1998. Vol. 1. P. 18–22.

11. Olmedilla-Alonso B., Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F. J. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*. 2013. Vol. 95, no. 4. P. 919–930.
12. Decker E. A., Park Y. Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*. 2010. Vol. 86, no. 1. P. 49–55.
13. Fernández-Ginés J. M., Fernández-López J., Sayas-Barberá E., Pérez-Alvarez J. A. Meat products as functional foods: A review. *Journal of food science*. 2005. Vol. 70, no. 2. P. 37–43.
14. Jiménez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat science*. 2001. Vol. 59, no. 1. P. 5–33.
15. Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F. J., Olmedilla-Alonso B. Design and development of meat-based functional foods with walnut: Technological, nutritional and health impact. *Food chemistry*. 2010. Vol. 123, no. 4. P. 959–967.
16. Librelotto J., Bastida S., Serrano A., Cofrades S., Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F. J. Changes in fatty acids and polar material of restructured low-fat or walnut-added steaks pan-fried in olive oil. *Meat science*. 2008. Vol. 80, no. 2. P. 431–441.
17. Bastida S., Sánchez-Muniz F. J., Olivero R., Pérez-Olleros L., Ruiz-Roso B., Jiménez-Colmenero F. Antioxidant activity of Carob fruit extracts in cooked pork meat systems during chilled and frozen storage. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 116, no. 3. P. 748–754.
18. Cofrades S., Guerra M. A., Carballo J., Fernández-Martín F., Colmenero F. J. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of food science*. 2000. Vol. 65, no. 2. P. 281–287.
19. Stauffer C. E. Hype or hope: What is driving nutraceuticals. *Baking and Snack*. 1998. Vol. 20. P. 44.
20. Scientific Concepts of Functional Foods in Europe Consensus Document. *British Journal of Nutrition*. 1999. Vol. 81, no. 4. P. 1–27.

21. Hughes J. M., Oiseth S. K., Purslow P. P., Warner R. D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat science*. 2014. Vol. 98, no. 3. P. 520–532.
22. Khan M. I., Arshad M. S., Anjum F. M., Sameen A., Gill W. T. Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Research International*. 2011. Vol. 44, no. 10. P. 3125–3133.
23. McHugh D. J. A guide to the seaweed industry. In *FAO Fisheries Technical Paper*. 2003. Vol. 441.
24. Morrissey J., Kraan S., Guiry M. D. A guide to commercially important seaweeds on the Irish coast. Ireland: Irish Bord Iascaigh Mhara/Irish Sea Fisheries Board. 2001.
25. Mahadevan K. Seaweeds: a sustainable food source. In *Seaweed sustainability* Academic Press. 2015. P. 347–364.
26. Bobin-Dubigeon C., Hoebler C., Lognone V., Dagorn-Scaviner C., Mabeau S., Barry J. L., Lahaye M. Chemical composition, physico-chemical properties, enzymatic inhibition and fermentative characteristics of dietary fibres from edible seaweeds. *Sci. Aliment*. 1997. P. 619–639.
27. Bocanegra A., Bastida S., Benedi J., Rodenas S., Sanchez-Muniz F. J. Characteristics and nutritional and cardiovascular-health properties of seaweeds. *Journal of medicinal food*. 2009. Vol. 12, no. 2. P. 236–258.
28. Rupérez P., Saura-Calixto F. Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish seaweeds. *European food research and technology*. 2001. Vol. 212, P. 349–354.
29. Yoshie Y., Suzuki T., Shirai T., Hirano T. Changes in the contents of dietary fibers, minerals, free amino acids, and fatty acids during processing of dried nori [*Porphyra yezoensis*]. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Japan)*. 1994. Vol. 60, no. 1. P. 117–123.
30. Dawczynski C., Schubert R., Jahreis G. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food chemistry*. 2007. Vol. 103, no. 3. P. 891–899.

31. Пішак В. П., Радько М. М. Вплив харчування на здоров'я людини: підручник/за ред. Радька М. М Чернівці: Книга-XXI. 2006.
32. Galland-Irmouli A. V., Fleurence J., Lamghari R., Luçon M., Rouxel C., Barbaroux O., Bronowicki J. P., Villaume C., Guéant J. L. Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmaria palmata* (Dulse). *The Journal of nutritional biochemistry*. 1999. Vol. 10, no. 6. P. 353–359.
33. Peñalver R., Lorenzo J. M., Ros G., Amarowicz R., Pateiro M., Nieto G. Seaweeds as a functional ingredient for a healthy diet. *Marine drugs*. 2020. Vol. 18, no. 6. P. 301 .
34. Luo M., Hu K., Zeng Q., Yang X., Wang Y., Dong L., Huang F., Zhang R., Su D. Comparative analysis of the morphological property and chemical composition of soluble and insoluble dietary fiber with bound phenolic compounds from different algae. *Journal of Food Science*. 2020. Vol. 85, no. 11. P. 3843–3851.
35. Lahaye M. Marine algae as sources of fibres: Determination of soluble and insoluble dietary fibre contents in some 'sea vegetables'. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1991. Vol. 54, no. 4. P. 587–594.
36. Lorenzo J. M., Agregán R., Munekata P. E., Franco D., Carballo J., Şahin S., Lacomba R., Barba F. J. Proximate composition and nutritional value of three macroalgae: *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. *Marine drugs*. 2017., Vol. 15, no. 11. P. 360.
37. Mabeau S., Fleurence J. Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*. 1993. Vol. 4, no. 4. P. 103–107.
38. Rupérez P., Ahrazem O., Leal J. A. Potential antioxidant capacity of sulfated polysaccharides from the edible marine brown seaweed *Fucus vesiculosus*. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2002. Vol. 50, no. 4. P. 840–845.
39. Rajapakse N., Kim S. K. Nutritional and digestive health benefits of seaweed. *Advances in food and nutrition research*. 2011. Vol. 64. P. 17–28.

40. MacArtain P., Gill C. I., Brooks M., Campbell R., Rowland I. R. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition reviews*. 2007. Vol. 65, no. 12. P. 535–543.
41. Bishop W. M., Zubeck H. M. Evaluation of microalgae for use as nutraceuticals and nutritional supplements. *J Nutr Food Sci*. 2012. Vol. 2, no. 5. P. 1–6.
42. de Moraes M. G., Vaz B. D. S., de Moraes E. G., Costa J. A. V. Biologically active metabolites synthesized by microalgae. *BioMed research international*. 2015.
43. Konishi F., Tanaka K., Himeno K., Taniguchi K., Nomoto K. Antitumor effect induced by a hot water extract of *Chlorella vulgaris* (CE): resistance to Meth-A tumor growth mediated by CE-induced polymorphonuclear leukocytes. *Cancer Immunology, Immunotherapy*., 1985. Vol. 19. P. 73–78.
44. Tanaka T., Makita H., Ohnishi M., Mori H., Satoh K., Harã A. Chemoprevention of rat oral carcinogenesis by naturally occurring xanthophylls, astaxanthin and canthaxanthin. *Cancer research*. 1995. Vol. 55, no. 18. P. 4059–4064.
45. Miranda M. S., Cintra R. G., Barros S. B. D. M., Mancini-Filho J. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima*. *Brazilian Journal of Medical and biological research*. 1998. Vol. 31, P. 1075–1079.
46. Guzmán S., Gato A., Lamela M., Freire-Garabal M., Calleja J. M. Anti-inflammatory and immunomodulatory activities of polysaccharide from *Chlorella stigmatophora* and *Phaeodactylum tricornutum*. *Phytotherapy Research*. 2003. Vol. 17, no. 6. P. 665–670.
47. Hasegawa T., Tanaka K., Ueno K., Ueno S., Okuda M., Yoshikai Y., Nomoto K. Augmentation of the resistance against *Escherichia coli* by oral administration of a hot water extract of *Chlorella vulgaris* in rats. *International journal of immunopharmacology*. 1989. Vol. 11, no. 8. P. 971–976.
48. de Mello-Sampayo C., Corvo M. L., Mendes R., Duarte D., Lucas J., Pinto R., Batista A. P., Gouveia L. Insights on the safety of carotenogenic *Chlorella vulgaris* in rodents. *Algal Research*. 2013. Vol. 2, no. 4. P. 409–415.

49. Gouveia L., Marques A. E., Sousa J. M., Moura P., Bandarra N. M. Microalgae—source of natural bioactive molecules as functional ingredients. *Food Sci Technol Bull Funct Foods*. 2010. Vol. 7, no. 2. P. 21–37.
50. Yun H., Kim I., Kwon S. H., Kang J. S., Om A. S. Protective effect of *Chlorella vulgaris* against lead-induced oxidative stress in rat brains. *Journal of Health Science*. 2011. Vol. 57, no. 3. P. 245–254.
51. Iwamoto T., Hosoda K., Hirano R., Kurata H., Matsumoto A., Miki W., Kamiyama M., Itakura H., Yamamoto S. Kondo K. Inhibition of low-density lipoprotein oxidation by astaxanthin. *Journal of atherosclerosis and thrombosis*. 2000. Vol. 7, no. 4. P. 216–222.
52. da Silva Vaz B., Moreira J. B., de Moraes M. G., Costa J. A. V. Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Current opinion in food science*. 2016. Vol. 7. P. 73–77.
53. Lordan S., Ross R. P., Stanton C. Marine bioactives as functional food ingredients: potential to reduce the incidence of chronic diseases. *Marine drugs*. 2011. Vol. 9, no. 6. P. 1056–1100.
54. Hamed I., Özogul F., Özogul Y., Regenstein J. M. Marine bioactive compounds and their health benefits: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2015. Vol. 14, no. 4. P. 446–465.
55. Koller M., Muhr A., Braunegg G. Microalgae as versatile cellular factories for valued products. *Algal research*. 2014. Vol. 6. P. 52–63.
56. Christaki E., Bonos E., Florou-Paneri P. Innovative Microalgae Pigments as Functional Ingredients in Nutrition. *Handbook of Marine Microalgae*. 2015. P. 233–243.
57. Корзун В. Н., Козярин І. П., Карачов І. І. Гігієнічна оцінка морських водоростей і харчових продуктів з ними як засобів мінімізації дії радіації та ендемії. 2006.
58. Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C., Attia H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation,

technological functionality and commercial applications: A review. Food chemistry. 2011. Vol. 124, no. 2. P. 411–421.

59. Venugopal V. Marine products for healthcare: Functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean. Boca Raton : Taylor & Francis. 2009.

60. Архіпова А. Д. Аналіз харчової цінності водоростей та продуктів їх переробки і перспективи їх використання. 2011.

61. Gómez-Ordóñez E., Jiménez-Escrig A., Rupérez P. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. Food Research International. 2010. Vol. 43, no. 9. P. 2289–2294.

62. Bis-Souza C. V., Barba F. J., Lorenzo J. M., Penna A. B., Barretto A. C. S. New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review regarding the incorporation of probiotics and dietary fibers. Food Reviews International. 2019., Vol. 35, no. 5. P. 467–484.

63. Jiménez-Colmenero F. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. Trends in Food Science & Technology. 2007. Vol. 18, no. 11. P. 567–578.

64. Cofrades S., López-López I., Solas M. T., Bravo L., Jiménez-Colmenero F. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. Meat science. 2008. Vol. 79, no. 4. P. 767–776.

65. Cofrades S., Benedí J., Garcimartín A., Sánchez-Muniz F. J., Jimenez-Colmenero F. A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: From technological development to assessment of healthy properties. Food research international. 2017. Vol. 99. P. 1084–1094.

66. Choi Y. S., Choi J. H., Han D. J., Kim H. Y., Kim H. W., Lee M. A., Kim C. J. Effects of Laminaria japonica on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. Meat science. 2012. Vol. 91, no. 1. P. 1–7.

67. Cofrades S., López-López I., Jiménez-Colmenero F. Applications of Seaweed in Meat-Based Functional Foods. Handbook of marine macroalgae: Biotechnology and applied phycology. 2011. P. 491–499.

68. Cofrades S., López-López I., Ruiz-Capillas C., Triki M., Jiménez-Colmenero F. Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Science*. 2011. Vol. 87, no. 4. P. 373–380.
69. Jiménez-Colmenero F., Cofrades S., López-López I., Ruiz-Capillas C., Pintado T., Solas M. T. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Science*. 2010. Vol. 84, no. 3. P. 356–363.
70. López-López I., Bastida S., Ruiz-Capillas C., Bravo L., Larrea M. T., Sánchez-Muniz F., Jiménez-Colmenero F. Composition and antioxidant capacity of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds. *Meat Science*. 2009. Vol. 83, no. 3. P. 492–498.
71. López-López I., Cofrades S., Ruiz-Capillas C., Jiménez-Colmenero F. Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. *Meat Science*. 2009. Vol. 83, no. 2. P. 255–262.
72. López-López I., Cofrades S., Jiménez-Colmenero F. Low-fat frankfurters enriched with n– 3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Science*. 2009. Vol. 83, no. 1. P. 148–154.
73. Fernández-Martín F., López-López I., Cofrades S., Colmenero F. J. Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. *Meat science*. 2009. Vol. 83, no. 2. P. 209–217.
74. Jiménez-Colmenero F., Cofrades S., López-López I., Ruiz-Capillas C., Pintado T., Solas M. T. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Science*. 2010. Vol. 84, no. 3. P. 356–363.
75. Achour H. Y., Doumandji A., Sadi S., Saadi S. Evaluation of nutritional and sensory properties of bread enriched with Spirulina. *Ann Food Sci Technol*. 2014. Vol. 15, no. 5. P. 270.

76. Figueira F. D. S., Crizel T. D. M., Silva C. R., Salas-Mellado M. D. L. M. Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2011. Vol. 14. P. 308–316.
77. Graça C., Fradinho P., Sousa I., Raymundo A. Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture. *Lwt*. 2018. Vol. 89. P. 466–474.
78. Kwon E. A., Chang M. J., Kim S. H. Quality characteristics of bread containing *Laminaria* powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 2003. Vol. 32, no. 3. P. 406–412.
79. Lianjun S., Chuanyun L., Yanxia L. Processing of kelp powder and its application in bread. *Cereal & Feed Industry*. 2005. Vol. 8. P. 18–19.
80. Корзун В. Н., Реус М. А. Якість страв з використанням зостери. In В. Н. Корзун, М. А. Реус//Стратегія розвитку туристичної індустрії та громадського харчування. 2000.
81. Ситник І. П., Удворгелі Л. І., Дробот В. І. Водорості як джерело біологічно активних речовин. 2009.
82. Шаран Л. О. Обґрунтування та розробка раціональної технології йодування хлібобулочних виробів. 2006.
83. Іванюта А. О., Слободянюк Н. М., Чумаченко І. П. Споживчі властивості структуроутворювачів на основі вторинної рибної сировини з додаванням цистозіри. 2019.
84. Rabelo S. F., Lemes A. C., Takeuchi K. P., Frata M. T., Carvalho J. C. M. D., Danesi E. D. G. Development of cassava doughnuts enriched with *Spirulina platensis* biomass. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2013. Vol. 16. P. 42–51 .
85. Batista A. P., Niccolai A., Fradinho P., Fragoso S., Bursic I., Rodolfi L., Biondi N., Tredici M. R., Sousa I., Raymundo A. Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and, in vitro digestibility. *Algal research*. 2017. Vol. 26. P. 161–171.

86. Sahni P., Sharma S., Singh B. Evaluation and quality assessment of defatted microalgae meal of *Chlorella* as an alternative food ingredient in cookies. *Nutrition & Food Science*. 2019. Vol. 49, no. 2. P. 221–231.
87. Egea B. C. B., Campos A. L. M., De Carvalho-Eliane J. C. M., Danesi D. G. Antioxidant and nutritional potential of cookies enriched with *Spirulina platensis* and sources of fibre. *J Food Nutr Res*. 2014. Vol. 53, no. 2. P. 171–179.
88. Sigurdson G. T., Tang P., Giusti M. M. Natural colorants: Food colorants from natural sources. *Annual review of food science and technology*. 2017. Vol. 8, no. 1. P. 261–280.
89. Gouveia L., Batista A. P., Miranda A., Empis J., Raymundo A. *Chlorella vulgaris* biomass used as colouring source in traditional butter cookies. *Innovative food science & emerging technologies*. 2007. Vol. 8, no. 3. P. 433–436.
90. Lucas B. F., de Moraes M. G., Santos T. D., Costa J. A. V. *Spirulina* for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. *Lwt*. 2018. Vol. 90. P. 270–276.
91. Corbo M. R., Bevilacqua A., Petruzzi L., Casanova F. P., Sinigaglia M. Functional beverages: the emerging side of functional foods: commercial trends, research, and health implications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2014. Vol. 13, no. 6. P. 1192–1206.
92. Castillejo N., Martínez-Hernández G. B., Goffi V., Gómez P. A., Aguayo E., Artés F., Artés-Hernández F. Natural vitamin B₁₂ and fucose supplementation of green smoothies with edible algae and related quality changes during their shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 98, no. 6. P. 2411–2421.
93. Lafarga T., Acién-Fernández F. G., Castellari M., Villaró S., Bobo G., Aguiló-Aguayo I. Effect of microalgae incorporation on the physicochemical, nutritional, and sensorial properties of an innovative broccoli soup. *Lwt*. 2019. Vol. 111. P. 167–174.

94. Anderson J. J., Sjöberg H. E. Dietary calcium and bone health in the elderly: uncertainties about recommendations. *Nutrition Research*. 2001. Vol. 21, no. 1. P. 263–268.
95. Koval P. V., Shulgin Yu. P., Lazhentseva L. Yu. Zagorodnaya G. I. Probiotic drinks containing iodine. *Molochnaya Promyshlennost*. 2005. Vol. 6. P. 38–39.
96. Lalic L. M., Berkovic K. The influence of algae addition on physicochemical properties of cottage cheese. *Milchwissenschaft*. 2005. Vol. 60. P. 151–154.
97. Jeon J. K. Effect of *Chlorella* addition on the quality of processed cheese. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 2006. Vol. 35, no. 3. P. 373–377.
98. Heo J. Y., Shin H. J., Oh D. H., Cho S. K., Yang C. J., Kong I. K., Bae I. H. Quality properties of Appenzeller cheese added with *Chlorella*. *Food Science of Animal Resources*. 2006. Vol. 26, no. 4. P. 525–531.
99. Очколяс О. М. Удосконалення технології вершкового масла підвищеної харчової цінності. 2018.
100. Prabhasankar P., Ganesan P., Bhaskar N., Hirose A., Stephen N., Gowda L. R., Miyashita K. J. F. C. Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 115, no. 2. P. 501–508.
101. De Marco E. R., Steffolani M. E., Martínez C. S., León A. E. Effects of spirulina biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. *LWT-food science and technology*. 2014. Vol. 58, no. 1. P. 102–108.
102. Zouari N., Abid M., Fakhfakh N., Ayadi M. A., Zorgui L., Ayadi M., Attia H. Blue-green algae (*Arthrospira platensis*) as an ingredient in pasta: free radical scavenging activity, sensory and cooking characteristics evaluation., *International journal of food sciences and nutrition*. 2011. Vol. 62, no. 8. P. 811–813.
103. Fradique M., Batista A. P., Nunes M. C., Gouveia L., Bandarra N. M., Raymundo A. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in

pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010. Vol. 90, no. 10. P. 1656–1664.

104. Alejandre M., Astiasaran I., Ansorena D., Barbut S. Using canola oil hydrogels and organogels to reduce saturated animal fat in meat batters. *Food Research International*. 2019. Vol. 122, no. 10. P. 129–136.

105. Kumar Y., Tyagi S. K., Vishwakarma R. K., Kalia A. Textural, microstructural and dynamic rheological properties of lowfat meat emulsion containing aloe gel as potential fat replacer. *International Journal of Food Properties*. 2017. Vol. 20, no. 1. P. 1132–1144.

106. Wi G., Bae J., Kim H., Cho Y., Choi M. J. Evaluation of the physicochemical and structural properties and the sensory characteristics of meat analogues prepared with various non-animal based liquid additives. *Foods*. 2020. Vol. 9, no. 4. P. 461.

107. Delgado-Pando G., Cofrades S., Ruiz-Capillas C., Teresa Solas M., Jimenez-Colmenero F. Healthier lipid combination oil-in-water emulsions prepared with various protein systems: An approach for development of functional meat products. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2010. Vol. 112, no. 7. P. 791–801.

108. Lopez-Pedrouso M., Lorenzo J. M., Gullon B., Campagnol P. C. B., Franco D. Novel strategy for developing healthy meat products replacing saturated fat with oleogels. *Current Opinion in Food Science*. 2020. Vol. 40. P. 40–45.

109. Song S., Shim J. E. Trends in dietary intake of total fat and fatty acids among Korean adolescents from 2007 to 2017. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, no. 12. P. 3073.

110. Hooper L., Martin N., Jimoh O. F., Kirk C., Foster E., Abdelhamid A. S. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2020.

111. Mozaffarian D., Micha R., Wallace S. Effects on coronary heart disease of increasing polyunsaturated fat in place of saturated fat: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS Medicine*. 2010. Vol. 7, no. 3.

112. Wang D. D., Li Y., Chiuve S. E., Stampfer M. J., Manson J. E., Rimm E. B., Willett W. C., Hu F. B. Association of specific dietary fats with total and cause-specific mortality. *JAMA Internal Medicine*. 2016. Vol. 176, no. 8. P. 1134–1145.

113. World Health Organization (WHO). Fact sheets: Healthy diet. 2018. Author.

114. Agostoni C. Role of long-chain polyunsaturated fatty acids in the first year of life. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2008. Vol. 47. P. 41–44.

115. Ruxton C., Reed S., Simpson M., Millington K. The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: A review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2007. Vol. 20, no. 3. P. 275–285.

116. Perez-Palacios T., Ruiz-Carrascal J., Solomando J. C., Antequera T. Strategies for enrichment in ω -3 fatty acids aiming for healthier meat products. *Food Reviews International*. 2019. Vol. 35, no. 5. P. 485–503.

117. Sioen I. A., Pynaert H., De Backer G., Van Camp J., De Henauw S. Dietary intakes and food sources of fatty acids for Belgian women, focused on n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids. *Lipids*. 2006. Vol. 41, no. 5. P. 415.

118. Paglarini C. D. S., Vidal V. A. S., Martini S., Cunha R. L., Pollonio M. A. R. Protein-based hydrogelled emulsions and their application as fat replacers in meat products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020.

119. Ruiz-Capillas C., Herrero A. M. Development of Meat Products with Healthier Lipid Content: Vibrational Spectroscopy. *Foods*. 2021. Vol. 10, no. 2. P. 341.

120. Jimenez-Colmenero F., Salcedo-Sandoval L., Bou R., Cofrades S., Herrero A. M., Ruiz-Capillas C. Novel applications of oil-structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products. *Trends in Food Science & Technology*. 2015. Vol. 44, no. 2. P. 177-188.

121. Wood J. D., Enser M. Manipulating the fatty acid composition of meat to improve nutritional value and meat quality. In P. P. Purslow (Ed.), *New aspects of meat quality*. 2017. P. 501–535.

122. Jimenez-Colmenero F. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*. 2007. Vol. 18, no. 11. P. 567–578.

123. Lenighan Y. M., McNulty B. A., Roche H. M. Dietary fat composition: Replacement of saturated fatty acids with PUFA as a public health strategy, with an emphasis on α -linolenic acid. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2019. Vol. 78, no. 2. P. 234–245.

124. Rabadan A., Alvarez-Orti M., Martinez E., Pardo-Gimenez A., Zied D. C., Pardo J. E. Effect of replacing traditional ingredients for oils and flours from nuts and seeds on the characteristics and consumer preferences of lamb meat burgers. *LWT - Food Science and Technology*. 2021. Vol. 136.

125. Pintado T., Herrero A. M., Jiménez-Colmenero F., Cavalheiro C. P., Ruiz-Capillas C. Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. *Meat Science*. 2018. Vol. 135, P. 6–13.

126. Asuming-Bediako N., Jaspal M. H., Hallett K., Bayntun J., Baker A., Sheard P. R. Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages. *Meat Science*. 2014. Vol. 96, no. 1. P. 187–194.

127. Lu F., Kuhnle G. K., Cheng Q. Vegetable oil as fat replacer inhibits formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in reduced fat pork patties. *Food Control*. 2017. Vol. 81, P. 113–125.

128. Heck R. T., Lorenzo J. M., Dos Santos B. A., Cichoski A. J., de Menezes C. R., Campagnol P. C. B. Microencapsulation of healthier oils: An efficient strategy to improve the lipid profile of meat products. *Current Opinion in Food Science*. 2021. Vol. 40, P. 6–12.

129. Vargas-Ramella M., Munekata P. E., Gagaoua M., Franco D., Campagnol P. C., Pateiro M., Lorenzo J. M. Inclusion of Healthy Oils for Improving the Nutritional Characteristics of Dry-Fermented Deer Sausage. *Foods*. 2020. Vol. 9, no. 10. P. 1487.
130. Al-Bachir M., Sahloul H. Fatty acid profile of olive oil extracted from irradiated and non-irradiated olive fruits. *International Journal of Food Properties*. 2017. Vol. 20, no. 11. P. 2550–2558.
131. Kelebek H., Kesen S., Selli S. Comparative study of bioactive constituents in Turkish olive oils by LC-ESI/MS/MS. *International Journal of Food Properties*. 2015. Vol. 18, no. 10. P. 2231–2245.
132. de Souto V. O., Santos M. M. F., Lima D. A. S., Florentino G. I. B., de Sousa Galvao M., Bezerra T. K. A., Madruga M. S., da Silva F. A. P. Olive oil-in-water emulsion as a source of desirable fatty acids in free-range “Caipira” chicken ham. *LWT*. 2021. Vol. 144.
133. Pintado T., Cofrades S. Quality characteristics of healthy dry fermented sausages formulated with a mixture of olive and chia oil structured in oleogel or emulsion gel as animal fat replacer. *Foods*. 2020. Vol. 9, no. 6. P. 830.
134. Kim T. K., Yong H. I., Jung S., Kim Y. B., Choi Y. S. Effects of replacing pork fat with grape seed oil and gelatine/alginate for meat emulsions. *Meat Science*. 2020. Vol. 163.
135. Ozturk B., Serdaroğlu M., Karabıyıkoglu M. Stability of model system beef emulsions containing linseed oil-in-water gelled emulsions. *Conference: 63rd International Congress of Meat Science and Technology*. 2017.
136. Afshari R., Hosseini H., Khaneghah A. M., Khaksar R. Physico-chemical properties of functional low-fat beef burgers: Fatty acid profile modification. *LWT - Food Science and Technology*. 2017. Vol. 78, P. 325–331.
137. Salcedo-Sandoval L., Cofrades S., Ruiz-Capillas C., Carballo J., Jimenez-Colmenero F. Konjac-based oil bulking system for development of improved-lipid pork patties: Technological, microbiological and sensory assessment. *Meat Science*. 2015. Vol. 101, P. 95–102.

138. Salcedo-Sandoval L., Cofrades S., Perez C. R. C., Solas M. T., Jimenez-Colmenero F. Healthier oils stabilized in konjac matrix as fat replacers in n-3 PUFA enriched frankfurters. *Meat Science*. 2013. Vol. 93, no. 3. P. 757–766.

139. Jimenez-Colmenero F., Triki M., Herrero A. M., Rodriguez-Salas L., Ruiz-Capillas C. Healthy oil combination stabilized in a konjac matrix as pork fat replacement in low-fat, PUFAenriched, dry fermented sausages. *LWT - Food Science and Technology*. 2013. Vol. 51, no. 1. P. 158–163.

140. Nieto G., Martinez L., Castillo J., Ros G. Hydroxytyrosol extracts, olive oil and walnuts as functional components in chicken sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017a. Vol. 97, no. 11. P. 3761–3771.

141. Nieto G., Martinez L., Castillo J., Ros G. Effect of hydroxytyrosol, walnut and olive oil on nutritional profile of Low-Fat Chicken Frankfurters. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2017b. Vol. 119, no. 9.

142. Serdaroğlu M., Nacak B., Karabıyıkoglu M. Effects of beef fat replacement with gelled emulsion prepared with olive oil on quality parameters of chicken patties. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2017. Vol. 37, no. 3. P. 376–384.

143. Dorni C., Sharma P., Saikia G., Longvah T. Fatty acid profile of edible oils and fats consumed in India. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 238, P. 9–15.

144. Premnath A., Narayana M., Ramakrishnan C., Kuppusamy S., Chockalingam V. Mapping quantitative trait loci controlling oil content, oleic acid and linoleic acid content in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Molecular Breeding*. 2016. Vol. 36, no. 7. P. 106.

145. Carvalho C. D., Caldeira A., de Carvalho L. M., de Carvalho H. W., Ribeiro J. L., Mandarino J. M., de Resende J. C. F., dos Santos A. R., da Silva M. R., Arriel N. H. Fatty acid profile of sunflower achene oil from the Brazilian semi-arid region. *Journal of Agricultural Science*. 2018. Vol. 10, no. 10. P. 144–150.

146. Simopoulos A. P. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*. 2016. Vol. 8, no. 3. P. 128.

147. Pisani D. F., Amri E. Z., Ailhaud G. Disequilibrium of polyunsaturated fatty acids status and its dual effect in modulating adipose tissue development and functions. *OCL*. 2015. Vol. 22, no. 4. P. 405.

148. Simopoulos A. P. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*. 2016. Vol. 8, no. 3. P. 128.

149. Ferro A. C., de Souza Paglarini C., Pollonio M. A. R., Cunha R. L. Glyceryl monostearate-based oleogels as a new fat substitute in meat emulsion. *Meat Science*. 2021. Vol. 174.

150. Pereira J., Brohi S. A., Malairaj S., Zhang W., Zhou G. H. Quality of fat-reduced frankfurter formulated with unripe banana by-products and pre-emulsified sunflower oil. *International Journal of Food Properties*. 2020. Vol. 23, no. 1. P. 420–433.

151. Shin D. J., Lee H. J., Lee D., Jo C., Choe J. Fat replacement in chicken sausages manufactured with broiler and old laying hens by different vegetable oils. *Poultry Science*. 2020. Vol. 99, no. 5. P. 2811–2818.

152. Grasso S., Pintado T., Perez-Jimenez J., Ruiz-Capillas C., Herrero A. M. Potential of a sunflower seed by-product as animal fat replacer in healthier frankfurters. *Foods*. 2020. Vol. 9, no. 4. P. 445.

153. da Silva S. L., Amaral J. T., Ribeiro M., Sebastiao E. E., Vargas C., de Lima Franzen F., Schneider G., Lorenzo J. M., Fries L. L. M., Cichoski A. J., Campagnol P. C. B. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Science*. 2019. Vol. 149, P. 141–148.

154. Kouzounis D., Lazaridou A., Katsanidis E. Partial replacement of animal fat by oleogels structured with monoglycerides and phytosterols in frankfurter sausages. *Meat Science*. 2017. Vol. 130, P. 38–46.

155. Moschakis T., Panagiotopoulou E., Katsanidis E. Sunflower oil organogels and organogel-in-water emulsions (part I): Microstructure and mechanical properties. *LWT - Food Science and Technology*. 2016. Vol. 73, P. 153–161.

156. Panagiotopoulou E., Moschakis T., Katsanidis E. Sunflower oil organogels and organogel-in-water emulsions (part II): Implementation in frankfurter sausages. *LWT - Food Science and Technology*. 2016. Vol. 73, P. 351–356.

157. Asuming-Bediako N., Jaspal M. H., Hallett K., Bayntun J., Baker A., Sheard P. R. Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages. *Meat Science*. 2014. Vol. 96, no. 1. P. 187–194.

158. Khalil A. N. M., Ockerman H. W. Fatty acids chemical quality of cooked chicken luncheon meat product produced by the use of fat replacers. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*. 2020. Vol. 7, no. 2. P. 31–38.

159. Choo W. S., Birch J., Dufour J. P. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2007. Vol. 20. P. 202–211.

160. Symoniuk E., Ratusz K., Krygier K. Oxidative stability and the chemical composition of market cold-pressed linseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2017. Vol. 119, no. 11.

161. Ozturk-Kerimoğlu B., Kavuşan H. S., Gurel D. B., Çağındı O., Serdaroğlu M. Cold-set or hot-set emulsion gels consisted of a healthy oil blend to replace beef fat in heat-treated fermented sausages. *Meat Science*. 2021. Vol. 176.

162. Lima T. L. S., da Costa G. F., da Silva Araujo I. B., da Cruz G. R. B., Ribeiro N. L., Filho E. M. B., Lorenzo J. M. Pre-emulsified linseed oil as animal fat replacement in sheep meat sausages: Microstructure and physicochemical properties. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 45.

163. Camara A. K. F. I., Pollonio M. A. R. Reducing animal fat in Bologna sausage using pre-emulsified linseed oil: Technological and sensory properties. *Journal of Food Quality*. 2015. Vol. 38, no. 3. P. 201–212.

164. Franco D., Martins A. J., Lopez-Pedrouso M., Cerqueira M. A., Purrinos L., Pastrana L. M., Vicente A. A., Zapata C., Lorenzo J. M. Evaluation of

linseed oil oleogels to partially replace pork backfat in fermented sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100, no. 1. P. 218–224.

165. Franco D., Martins A. J., Lopez-Pedrouso M., Purrios L., Cerqueira M. A., Vicente A. A., Pastrana L. M., Zapata C., Lorenzo J. M. Strategy towards replacing pork backfat with a linseed oleogel in frankfurter sausages and its evaluation on physicochemical, nutritional, and sensory characteristics. *Foods*. 2019. Vol. 8, no. 9. P. 366.

166. Heck R. T., Saldana E., Lorenzo J. M., Correa L. P., Fagundes M. B., Cichoski A. J., de Menezes C. R., Wagner R., Campagnol P. C. B. Hydrogelled emulsion from chia and linseed oils: A promising strategy to produce low-fat burgers with a healthier lipid profile. *Meat Science*. 2019. Vol. 156. P. 174–182.

167. Ramirez-Carrasco P., Paredes-Toledo J., Romero-Hasler P., Soto-Bustamante E., Diaz-Calderon P., Robert P., Gimenez B. Effect of adding curcumin on the properties of linseed oil organogels used as fat replacers in pates. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9, no. 8. P. 735.

168. Agregan R., Barba F. J., Gavahian M., Franco D., Khaneghah A. M., Carballo J., Ferreira I. C., da Silva Barretto A. C., Lorenzo J. M. *Fucus vesiculosus* extracts as natural antioxidants for improvement of physicochemical properties and shelf life of pork patties formulated with oleogels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 99, no. 10. P. 4561–4570.

169. Martins A. J., Lorenzo J. M., Franco D., Pateiro M., Dominguez R., Munekata P. E., Pastrana L. M., Vicente A. A., Cunha R. L., Cerqueira M. A. Characterization of enriched meat-based pate manufactured with oleogels as fat substitutes. *Gels*. 2020. Vol. 6, no. 2. P. 17.

170. Ozturk B., Urgu M., Serdaroğlu M. Egg white powder stabilised multiple (water-in-olive oil-in-water) emulsions as beef fat replacers in model system meat emulsions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017. Vol. 97, no. 7. P. 2075–2083.

171. Glisic M., Baltic M., Glisic M., Trbovic D., Jokanovic M., Parunovic N., Dimitrijevic M., Suvajdzic B., Boskovic M., Vasilev D. Inulin-based emulsion-filled

gel as a fat replacer in prebiotic-and PUFA-enriched dry fermented sausages. International Journal of Food Science & Technology. 2019. Vol. 54, no. 3. P. 787–797.

172. ДСТУ 7963:2015 Продукты пищевые. Подготовка проб для микробиологических анализов.

173. ДСТУ 7992:2015 М'ясо та м'ясна сировина. Методи відбирання проб та органолептичного оцінювання свіжості.

174. ДСТУ 8051:2015 Продукты харчові. Методи відбирання проб для мікробіологічних аналізів.

175. ДСТУ 4823.1:2007. Продукты м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 1. Терміни та визначення понять. [Чинний від 01.01.2009]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 17 с. (Інформація та документація).

176. ДСТУ 4823.2:2007. Продукты м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 2. Загальні вимоги. [Чинний від 01.01.2009]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с. (Інформація та документація).

177. ДСТУ ISO 2917-2001 М'ясо та м'ясні продукти. Визначення рН (Контрольний метод).

178. ДСТУ ISO 1442:2005 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод).

179. ДСТУ ISO 936:2008 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки загальної золи.

180. ГОСТ 25011–81 М'ясо і м'ясні продукти. Методи визначення білка.

181. ДСТУ 8380:2015 М'ясо та м'ясні продукти. Метод вимірювання масової частки жиру.

182. ГОСТ 9957-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия.

183. Паспорт приладу HI 98129. URL:<https://chemtest.com.ua/ua/previews/hahha98129-30.pdf>.

184. Берник І. М., Фаріонік Т. В., Новгородська Н. В. Ветеринарно-санітарна експертиза продуктів тваринного і рослинного походження. Навчальний посібник. Вінниця. Видавничий центр ВНАУ. 2020. 232 с.

185. ДСТУ ISO 5508-2001 «Жири та олії тваринні й рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990. IDT)».

186. ДСТУ ISO 5509-2002 «Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000. IDT)».

187. Баль-Прилипко Л. В. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Актуальні проблеми галузі» для студентів ОКР «Магістр» спеціальності 8.05170104 «Технології зберігання, консервування та переробки м'яса». Київ: НУБіП України. 2014. 40 с.

188. Малигіна В. Д. Основи експертизи продовольчих товарів: навч. посіб. К.: Кондор. 2009. 296 с.

189. Смоляр В. І. Харчова експертиза. Підручник. К.: Здоров'я. 2005. 448 с.

190. ДСТУ ISO 13903:2009 Корми для тварин. Метод визначення вмісту амінокислот (ISO 13903:2005. IDT).

191. ДСТУ EN 12823-1:2005 Продукти харчові. Визначення вмісту вітаміну А методом рідинної хроматографії високороздільної здатності. Частина 1. Вимірювання ало-транс-ретинолу і 13-цисретинолу (EN 12823-1:2000, IDT).

192. ДСТУ EN 12823-2:2006 Продукти харчові. Визначення вмісту вітаміну А методом рідинної хроматографії високороздільної здатності. Частина 2. Визначення вмісту b-каротину (EN 12823-2:2000, IDT). З поправкою (ІПС 11-2011).

193. ДСТУ EN 12821:2005 Продукти харчові. Визначення вмісту вітаміну D методом рідинної хроматографії високороздільної здатності. Вимірювання холекальциферолу (D3) і ергокальциферолу (D2) (EN 12821:2000, IDT). Зі зміною.

194. ДСТУ EN 12822:2005 Продукти харчові. Визначення вмісту вітаміну Е методом рідинної хроматографії високороздільної здатності. Вимірювання а-, b-, у-, d-токоферолів (EN 12822:2000, IDT). З поправкою.

195. ДСТУ 8446:2015 Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів.

196. ДСТУ 8720:2017 Вироби ковбасні та продукти з м'яса. Методи визначення мікробного забруднення.

197. ДСТУ EN 12824:2004 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення *Salmonella*.

198. ДСТУ 8447:2015 Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів.

199. ДСТУ 7158:2010 М'ясо. Свинина в тушах і півтушах. Технічні умови.

200. Клименко М. М., Віннікова Л. Г., Береза І. Г. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: підручник. Київ: Вища освіта. 2006. 640 с.

201. Наказ МОЗ № 368 від 13.05.2013 Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах».

202. Наказ МОЗ № 548 від 19.07.2012 Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів.

203. Корзун В. Н. Харчові продукти з водоростями як засіб мінімізації дії радіації та ендемії. Проблеми харчування. 2004. № 1 (2). С. 29–34.

204. Ситник І. П. Водорості як джерело біологічно активних речовин / І. П. Ситник, Л. І. Удворгелі, В. І. Дробот // Хранение и переработка зерна. – 2009. – № 7(121). – С. 61–62.

205. Aro A., Alfthan G., Varo P. Effects of supplementation of fertilizers on human selenium status in Finland. Analyst. 1995. Vol. 120, no. 3. P. 841–843.

206. Comstock G. W., Alberg A. J., Huang H. Y., Wu K., Burke A. E., Hoffman S. C., Helzlsouer K. J. The risk of developing lung cancer associated with

antioxidants in the blood: ascorbic acid, carotenoids, alpha-tocopherol, selenium, and total peroxy radical, absorbing capacity. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*. 1997. Vol. 6, no. 11. P. 907–916.

207. Корзун В. Н., Сагло В. І., Парац А. М. Харчування в умовах широкомасштабної аварії та її наслідків. *Укр. мед. Часопис*. 2002. №6. С. 32.

208. Weber G., Vigone M. C., Stroppa L., Chiumello G. Thyroid function and puberty. *Journal of pediatric endocrinology & metabolism: JPEM*. 2003. Vol. 16. P. 253–257 .

209. Корзун В. Н., Кравченко М. Ф., Реус М. А. Використання морських водоростей як необхідного компонента харчування населення. *Вісник КНТЕУ*. К.: КНТЕУ. 2003. С. 64–69.

210. Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Карпенко П. О. Технологія продукції громадського харчування з використанням біологічно активних добавок. К.: КНТЕУ. 2003. 322 с.

211. ДСТУ 7515:2014 Сироватка молочна. Технічні умови.

212. ДСТУ 5065:2008 Олія оливкова. Технічні умови постачання.

213. ТУ У 10.4–37542050–001:2019 Лляна олія. Технічні умови постачання.

214. Hooper L., Martin N., Jimoh O. F., Kirk C., Foster E., Abdelhamid A. S. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease. *Cochrane database of systematic reviews*. 2020. Vol. 8.

215. Keys A., Mickelsen O., Miller E. V. O., Chapman C. B. The relation in man between cholesterol levels in the diet and in the blood. *Science*. 1950. Vol. 112. P. 79–81.

216. Abdelhamid A. S., Martin N., Bridges C., Brainard J. S., Wang X., Brown T. J., Hooper L. Polyunsaturated fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018. Vol. 11.

217. Grundy S. M. Influence of stearic acid on cholesterol metabolism relative to other long-chain fatty acids. *The American journal of clinical nutrition*. 1994. Vol. 60, no. 6. P. 986–990.

218. Lu Y., Zhao J., Xin Q., Yuan R., Miao Y., Yang M., Cong W. Protective effects of oleic acid and polyphenols in extra virgin olive oil on cardiovascular diseases. *Food Science and Human Wellness*. 2024. Vol. 13, no. 2. P. 529–540.

219. Mensink R. P., Zock P. L., Kester A. D., Katan M. B. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*. 2003. Vol. 77, no. 5. P. 1146–1155.

220. Cambiaggi L., Chakravarty A., Nouredine N., Hersberger M. The role of α -linolenic acid and its oxylipins in human cardiovascular diseases. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24, no. 7. P. 6110.

221. Neff L. M., Culiner J., Cunningham-Rundles S., Seidman C., Meehan D., Maturi J., Breslow J. L. Algal docosahexaenoic acid affects plasma lipoprotein particle size distribution in overweight and obese adults. *The Journal of nutrition*. 2011. Vol. 141, no. 2. P. 207–213.

222. Lowry J. R., Marshall N., Wenzel T. J., Murray T. E., Klegeris A. The dietary fatty acids α -linolenic acid (ALA) and linoleic acid (LA) selectively inhibit microglial nitric oxide production. *Molecular and Cellular Neuroscience*. 2020. Vol. 109.

223. Leung K. S., Galano J. M., Oger C., Durand T., Lee J C. Y. Enrichment of alpha-linolenic acid in rodent diet reduced oxidative stress and inflammation during myocardial infarction. *Free Radical Biology and Medicine*. 2021. Vol. 162. P. 53–64.

224. Yuan Q., Xie F., Huang W., Hu M., Yan Q., Chen Z., Liu L. The review of alpha-linolenic acid: Sources, metabolism, and pharmacology. *Phytotherapy Research*. 2022. Vol. 36, no. 1. P. 164–188.

225. Czernichow S., Thomas D., Bruckert E. n-6 Fatty acids and cardiovascular health: a review of the evidence for dietary intake recommendations. *British Journal of Nutrition*. 2010. Vol. 104, no. 6. P. 788–796.

226. Кулакова Л. Жирнокислотний склад варених ковбасних виробів, збагачених хлорелою. Здоров'я людини і нації. 2024. №4, С. 98–105.

227. Кулакова Л., Слива Ю. Амінокислотний склад варених ковбасних виробів збагачених хлорелою. Здоров'я людини і нації. 2025. №1, С. 126–134.

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

229. Паламарчук І. П., Загорко Н. П., Яременко Я. В., Сватова Н. С. Математичні моделі якості м'ясопродуктів з рослинними домішками // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Запоріжжя: ТДАТУ. 2024. Вип. 24, Т. 3. С. 177-187.

230. Palamarchuk I. P., Adamchuk L., Palamarchuk V. I., Hutsol T. O., Bezalychna O. Assessment of the Ecological Safety of Honey with the Help of “Factor Area” Models. Sustainability (Switzerland). 2024.

231. Palamarchuk I., Mushtruk M., Piddubny V., Tkachenko H. Modeling of the qualitative state of oilseeds from soybean seeds by multifactorial analysis of factor areas. Scifood. 2025.Vol. 19 .

232. Mushtruk M., Palamarchuk I., Palamarchuk V., Petrychenko I., Pylypchuk O. Mathematical modelling of quality assessment of cooked sausages with the addition of vegetable additives. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Science [this link is disabled](#). 2023. Vol. 17, P. 242–255.

ДОДАТКИ

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. Аналіз можливостей застосування морських водоростей та продукції з них під час виробництва харчових продуктів. Здоров'я людини і нації. 2024. № 1. С. 7–19. *(Кулаковою Л. В. проаналізовано та систематизовано наукову інформацію щодо використання морських водоростей у харчовій промисловості. Сливою Ю. В. проведено підбір методів для виконання дослідження).*

2. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. Розроблення рецептур варених ковбасних виробів збагачених хлорелою. Здоров'я людини і нації. 2024. № 3. С. 84–93. *(Кулаковою Л. В. експериментально досліджено та розроблено рецептури варених ковбасних виробів з використанням хлорели, визначено параметри технологічного процесу. Сливою Ю. В. здійснено аналіз використання хлорели, як перспективного інгредієнта фаршів удосконаленого складу).*

3. Кулакова Л. В. Жирнокислотний склад варених ковбасних виробів, збагачених хлорелою. Здоров'я людини і нації. 2024. № 4. С. 98–105.

4. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. Амінокислотний склад варених ковбасних виробів збагачених хлорелою. Здоров'я людини і нації. 2025. № 1. С. 126–134. *(Кулаковою Л. В. експериментально досліджено вплив додавання хлорели на формування амінокислотного складу варених ковбасних виробів для оптимізації їхньої поживної цінності. Сливою Ю. В. проведено оброблення отриманих результатів з подальшим формуванням висновків).*

Тези наукових доповідей

5. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. Використання добавок з морських водоростей при виробництві харчових продуктів. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XI Міжнародна науково-практична конференція

вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 12–13 квітня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 184–186. *(Кулаковою Л. В. проведено дослідження щодо можливості використання морських водоростей у харчовій промисловості. Сливою Ю. В. проведено оброблення отриманих результатів з подальшим формуванням висновків).*

6. **Кулакова Л. В.,** Слива Ю. В. Морські водорості як один із функціональних компонентів харчових продуктів. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу. Секція 3: Роль тваринництва, ветеринарної медицини та харчових технологій в умовах війни та вирішенні завдань плану відродження України: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 25 травня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 424–426. *(Кулаковою Л. В. проведено дослідження щодо визначення функціональних властивостей морських водоростей. Сливою Ю. В. проведено статистичну обробку даних та підготовлено матеріали до публікації).*

7. **Кулакова Л. В.,** Слива Ю. В. Аналіз можливостей застосування водоростей при виробництві харчових продуктів. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XII Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 18–19 квітня 2024 року: тези доповіді. Київ, 2024. С. 57–60. *(Кулаковою Л. В. встановлено перспективи використання морських водоростей в м'ясних продуктах. Сливою Ю. В. здійснено аналіз отриманих даних та сформовано висновки).*

8. **Кулакова Л. В.,** Слива Ю. В. Дослідження мікробіологічних показників безпечності варених ковбасних виробів збагачених хлорелою. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XIII Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 10–11 квітня 2025 року: тези доповіді. Київ, 2025. С. 113–115. *(Кулаковою Л. В. проведено*

дослідження мікробіологічних показників безпечності варених ковбас з використанням хлорели. Сливою Ю. В. сформульовано висновки та підготовлено матеріали до публікації).

Технічні умови України

9. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Ковбаса варена з хлорелою. Технічні умови. Куликівка, 2025. (Кулаковою Л. В. сформовано нормативно-технічні вимоги щодо якості та безпечності готового продукту. Сливою Ю. В. сформовано методи контролювання сировини та готового продукту).

Технологічна інструкція до технічних умов України

10. Кулакова Л. В., Слива Ю. В. ТІ до ТУУ 10.1-14246880-001:2025. СФГ «Колос». Технологічна інструкція з виробництва варених ковбас з хлорелою. Куликівка. 2025». (Кулаковою Л. В. сформовано вимоги, розроблено технологічний процес виробництва та рецептура варених ковбас з хлорелою. Сливою Ю. В. розроблено журналу контролю сировини та виробничого процесу готового продукту).

Показники безпеки свинини

Показник	Норма згідно з ДСТУ	Примітка
Органолептичні властивості	Характерні для свіжого м'яса: рожевий колір, без запаху, щільна консистенція	Не допускається наявність стороннього запаху чи слизу
Температура туші при зберіганні	0...+4 °С	В охолодженому стані
Загальне бактеріальне обсіменіння (ЗБО)	$\leq 5 \times 10^5$ КУО/г (м'язова тканина)	ДСТУ ISO 4833-1:2015
Salmonella spp.	Відсутність у 25 г зразка	ДСТУ ISO 6579-1:2015
Listeria monocytogenes	Відсутність у 25 г	Для сирого м'яса, згідно з вимогами МОЗ
E. coli (показник фекального забруднення)	$\leq 10^2$ КУО/г	ДСТУ ISO 16649-2:2007
Залишки антибіотиків	У межах МДД згідно з Наказом МОЗ №368	Напр., тетрациклін — ≤ 100 мкг/кг; стрептоміцин — ≤ 200 мкг/кг
Трихінелоз	Відсутність личинок у м'язах (обов'язкове дослідження)	Перевірка трихінелоскопією
Нітрати	≤ 200 мг/кг	Актуально для готових м'ясопродуктів
Свинець (Pb)	$\leq 0,1$ мг/кг	Відповідно до ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Кадмій (Cd)	$\leq 0,05$ мг/кг	
Ртуть (Hg)	$\leq 0,03$ мг/кг	
Цезій-137	≤ 200 Бк/кг	Згідно з нормами радіаційної безпеки України
Стронцій-90	≤ 75 Бк/кг	
Масова частка вологи	72–75%	ДСТУ 4603:2006 для м'ясної сировини
Масова частка білка	16–22%	Залежно від анатомічної частини
Масова частка жиру	15–45%	Для бекону, лопатки, ший та ін.

Примітка. *Сформовано автором на основі декларації виробника сировини, 2024

Показники безпечності хлорели*

Показник	Допустимий рівень / Норма	Нормативне джерело / Примітка
Органолептичні властивості	Запах та смак — характерні, без сторонніх домішок	Візуальний та сенсорний контроль
Вологість	$\leq 7\%$	Для порошку хлорели; стандартні вимоги до сухих біодобавок
Загальна кількість мікроорганізмів (ЗКМ)	$\leq 10^5$ КУО/г	ДСТУ ISO 4833-1:2015
Кишкова паличка (E. coli)	Відсутня у 1 г	ДСТУ ISO 16649-2:2007
Salmonella spp.	Відсутність у 25 г	ДСТУ ISO 6579-1:2015
Дріжджі та пліснява	≤ 100 КУО/г	ДСТУ 10444.12
Токсини мікроводоростей (наприклад, мікроцистини)	≤ 1 мкг/г	Відповідно до рекомендацій WHO (особливо при вирощуванні у відкритих водоймах)
Свинець (Pb)	$\leq 3,0$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001, Codex Alimentarius
Кадмій (Cd)	$\leq 1,0$ мг/кг	Регламент ЄС № 1881/2006; ДСанПіН
Ртуть (Hg)	$\leq 0,1$ мг/кг	Регламент ЄС № 1881/2006; ДСанПіН
Миш'як (As)	$\leq 1,0$ мг/кг (неорганічна форма)	Особливо важливо при вирощуванні у морській воді
Пестициди	Відсутність або в межах МДД	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Цезій-137 (радіонуклід)	≤ 100 Бк/кг	ГН 6.6.1.1-130-2006
Бактерії роду Clostridium spp.	Відсутні у 1 г	Особливо актуально при анаеробному зберіганні
Цвіль Aspergillus, Penicillium	Відсутність патогенних штамів	Мікотоксикологічний контроль
Афлатоксин В1	≤ 2 мкг/кг	Регламент ЄС № 1881/2006; ДСанПіН
Мікробіологічна чистота	Відповідає нормам БАД	За санітарними правилами України і Codex

Примітка. *Сформовано автором на основі декларації виробника ТОВ «Хлорела Україна», 2024

Показники безпеки для лляної олії*

Показник	Допустимий рівень / Норма	Нормативне джерело / Примітка
Органолептичні властивості	Колір – золотисто-жовтий або бурштиновий, без осаду; смак – характерний, без гіркоти	ДСТУ 2575-94 «Олії рослинні. Загальні технічні умови»
Кислотне число	$\leq 4,0$ мг КОН/г	ДСТУ 5062:2008
Перекисне число	≤ 10 ммоль $\frac{1}{2}$ O ₂ /кг	ДСТУ 5062:2008; Codex Stan 210-1999
Масова частка вологи та летких речовин	$\leq 0,2\%$	ДСТУ 4603:2006
Масова частка неомилуваної речовини	$\leq 1,5\%$	ДСТУ 4860:2007
Свинець (Pb)	$\leq 0,1$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Кадмій (Cd)	$\leq 0,05$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Ртуть (Hg)	$\leq 0,03$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Миш'як (As)	$\leq 0,1$ мг/кг	Codex Stan 210-1999
Пестициди (ДДТ, ГХЦГ, альдрин та ін.)	В межах МДД, згідно з вимогами МОЗ України	Наказ МОЗ №368 від 13.05.2013
Афлатоксин В1	$\leq 0,005$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Загальне бактеріальне обсіменіння (ЗБО)	$\leq 10^2$ КУО/г	Для нерафінованої продукції — згідно з ТУ або рекомендаціями МОЗ
Плісняві гриби, дріжджі	$\leq 10^2$ КУО/г	Якщо олія зберігалася з порушенням умов
Транс-ізомери жирних кислот	$\leq 1\%$	Codex Alimentarius, ЄС (для холодного віджиму практично 0%)
Цезій-137	≤ 100 Бк/кг	ГН 6.6.1.1-130-2006
Стронцій-90	≤ 20 Бк/кг	ГН 6.6.1.1-130-2006

Примітка. *Сформовано автором на основі декларації виробника та ТУ У 10.4–37542050–001:2019, 2024

Показники безпечності оливкової олії (extra virgin / нерафінована)*

Показник	Допустимий рівень / Норма	Нормативне джерело / Примітка
Органолептичні властивості	Колір — від світло-жовтого до зеленого; смак — чистий, без гіркоти	ДСТУ 5065:2008
Кислотне число (як олеїнова кислота)	$\leq 0,8\%$ (для extra virgin), $\leq 2,0\%$ (для virgin)	Codex Stan 33-1981; ДСТУ 5065:2008
Перекисне число	≤ 20 мекв O_2 /кг	Codex Stan 33-1981; ДСТУ 5065:2008
Масова частка води та летких речовин	$\leq 0,2\%$	ДСТУ 4603:2006
Уміст восків	≤ 150 мг/кг	Codex Stan 33-1981
Уміст ерукової кислоти (C22:1)	$\leq 0,3\%$	Codex Stan 33-1981
Транс-ізомери жирних кислот	$\leq 0,05\%$ (для нерафінованої)	Фактично відсутні в extra virgin
Свинець (Pb)	$\leq 0,1$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Кадмій (Cd)	$\leq 0,05$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Ртуть (Hg)	$\leq 0,03$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Миш'як (As)	$\leq 0,1$ мг/кг	Codex Stan 33-1981
Афлатоксин В1	$\leq 0,005$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Пестициди (альдрин, ДДТ, хлорорганічні)	У межах допустимих залишкових кількостей (МДД)	Наказ МОЗ №368; Codex
Цезій-137	≤ 100 Бк/кг	ГН 6.6.1.1-130-2006
Стронцій-90	≤ 20 Бк/кг	ГН 6.6.1.1-130-2006
Загальне бактеріальне обсіменіння	Не нормується — жири практично стерильні	Якщо умови зберігання не порушені
Дріжджі та пліснява	Не допускаються у межах видимості або запаху	Для зіпсованої продукції (відбраковка)

Примітка. *Сформовано автором на основі декларації виробника та ДСТУ 5065:2008, 2024

Показники безпеки молочної сироватки*

Показник	Допустима норма	Нормативне джерело / Примітка
Органолептичні властивості	Однорідна, рідина світло-жовтого кольору, без осаду, смак і запах — кисломолочні, без сторонніх присмаків	ДСТУ 7515:2014 «Сироватка молочна. Технічні умови»
Температура при прийманні	Не вище +4 °С	ДСТУ 7515:2014
Масова частка сухих речовин	$\geq 6,0\%$ для рідкої сироватки	ДСТУ 7515:2014
Масова частка білка	$\geq 0,8\%$ (в перерахунку на суху речовину — до 11–13%)	ДСТУ 7515:2014
Масова частка жиру	$\leq 0,5\%$	ДСТУ 7515:2014
Кислотність, °Т	50–80°	Залежить від типу (солодка чи кисла)
Загальне бактеріальне обсіменіння (ЗБО)	$\leq 5 \times 10^5$ КУО/г	ДСТУ ISO 4833-1:2015
Кишкова паличка (E. coli)	Відсутня у 1,0 г	ДСТУ ISO 16649-2:2007
Salmonella spp.	Відсутність у 25 г	ДСТУ ISO 6579-1:2015
Listeria monocytogenes	Відсутність у 25 г	Наказ МОЗ №368 (дод. 2)
Дріжджі та плісняві гриби	≤ 50 КУО/г	Для сухої — ≤ 10 КУО/г
Антибіотики (бета-лактами, тетрациклін)	Відсутність або в межах МДД	Наказ МОЗ №368 (дод. 1), ДСТУ 7357:2013
Афлатоксин М1	$\leq 0,0005$ мг/кг (0,5 мкг/кг)	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001, Регламент ЄС № 1881/2006
Свинець (Pb)	$\leq 0,02$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Кадмій (Cd)	$\leq 0,01$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Ртуть (Hg)	$\leq 0,005$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Миш'як (As)	$\leq 0,01$ мг/кг	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001
Цезій-137	≤ 100 Бк/кг	ГН 6.6.1.1-130-2006
Стронцій-90	≤ 20 Бк/кг	ГН 6.6.1.1-130-2006
Пестициди	У межах допустимих рівнів (МДД)	Наказ МОЗ №368, Codex Alimentarius

Примітка. *Сформовано автором на основі декларації виробника ТМ Mother

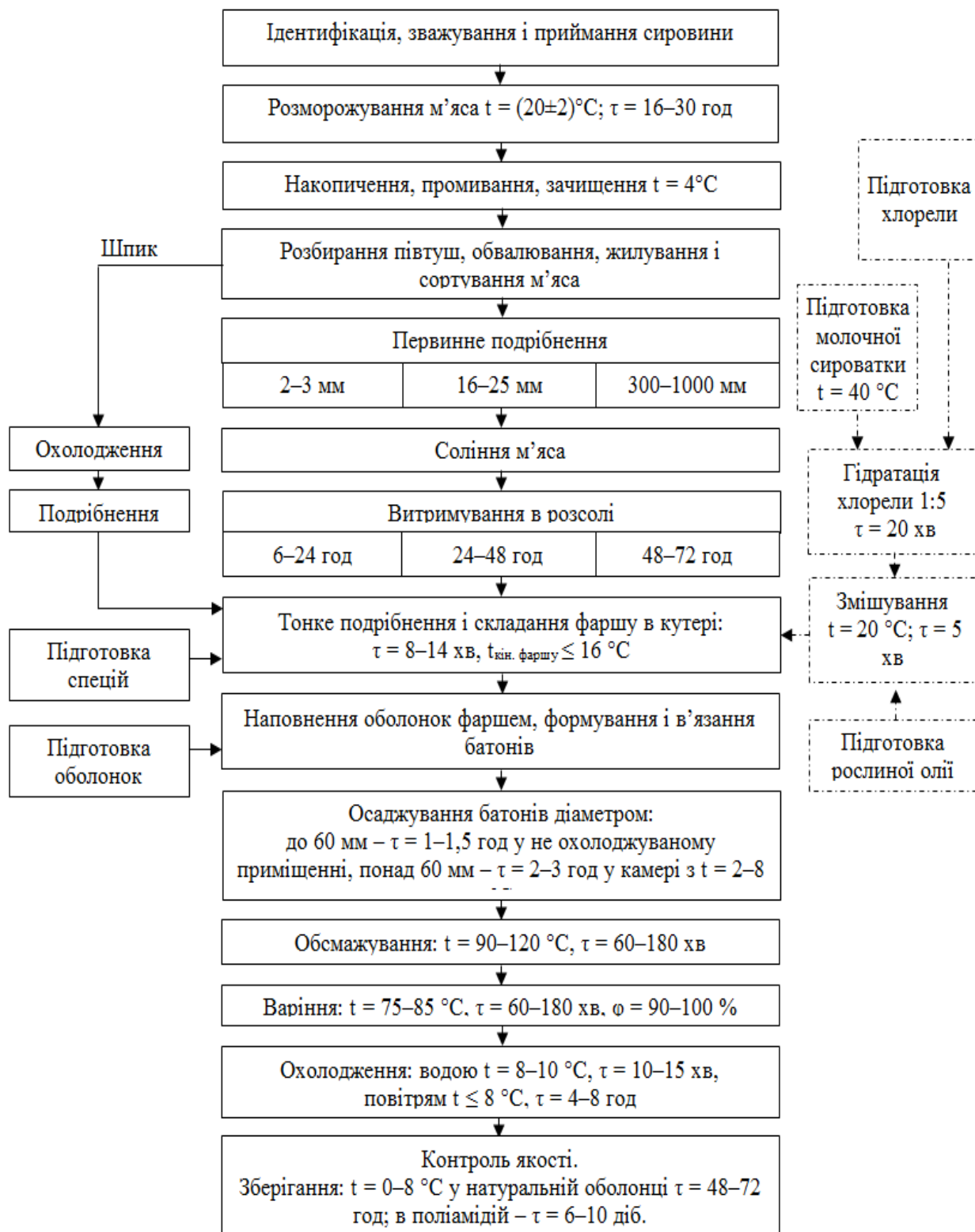


Рис. В.1. Технологічна схема виробництва варених ковбас

ДКПП 10.13.14

УКНД 67.120.10



ВЕРДЖУЮ

Директор

В.М. Зеленський

2025 р.

КОВБАСА ВАРЕНА З ХЛОРЕЛОЮ

Технічні умови

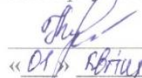
ТУ У 10.1-14246880-001:2025

(Уведено вперше)

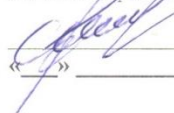
Дата надання чинності «01» квітня 2025 р.Чинний до «01» квітня 2030 р.

РОЗРОБЛЕНО

Відповідальний виконавець, здобувач PhD кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції НУБіП України, магістр з технології зберігання, консервування та переробки м'яса

 Людмила Кулакова
«01» квітня 2025 р.

Виконавець, доцент кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції НУБіП України, к.т.н., доцент

 Юлія Слива
«01» квітня 2025 р.

2025

Рис. Д 1. Технічні умови України «Ковбаса варена з хлорелою. Технічні умови»


 ЗАТВЕРДЖУЮ
 В.М. Зеленський
 «01» квітня 2025 р.

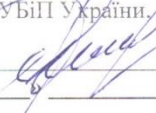
ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
З ВИРОБНИЦТВА ВАРЕНИХ КОВБАС З ХЛОРЕЛОЮ

ДО ТУ У 10.1-14246880-001:2025
 ТІ ТУ У 10.1-14246880-001:2025
 (Уведено вперше)

Дата надання чинності «01» квітня 2025 р.

РОЗРОБЛЕНО

Відповідальний виконавець, здобувач PhD кафедри
 стандартизації та сертифікації
 сільськогосподарської продукції НУБіП України,
 магістр з технології зберігання,
 консервування та переробки м'яса
 Людмила Кулакова
 «01» квітня 2025 р.

Виконавець, доцент кафедри стандартизації та
 сертифікації сільськогосподарської продукції
 НУБіП України, к.т.н., доцент
 Юлія Слива
 «01» квітня 2025 р.

Куликівка
 2025

Рис. Д 2. Технологічна інструкція з виробництва варених ковбас з хлорелою до технічних умов України

Акт про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи та
інноваційної діяльності
Національного бюро ресурсів
і природних ресурсів,
доктор с.б.н. професор наук,




«___» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
СФГ «Колос»



Віктор ЗЕЛЕНСЬКИЙ

«___» _____

2025 р.

АКТ

про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи на здобуття
ступеня доктора філософії у виробництво

Цим актом стверджуємо, що результати дисертації **Кулакової Людмили Володимирівни** на тему «Удосконалення технології варених ковбас з використанням біологічно-активних добавок на основі морських водоростей», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 18 «Технології та виробництво», спеціальності 181 «Харчові технології» було впроваджено у СФГ «Колос».

Вид впроваджуваних результатів: технологія виробництва варених ковбас з використанням біологічно-активних добавок на основі морських водоростей.

Новизна отриманих результатів: науково обґрунтовано застосування морських водоростей (хлорели) в технології виробництва варених ковбас для їхнього збагачення біологічно активними речовинами з хлорели, лляної та оливкової олій; розроблено технологічні параметри виробництва, визначено показники безпеки та якості удосконаленого продукту; встановлено нормативні вимоги та методи їхнього контролювання.

Практичне впровадження/використання результатів: виробництво варених ковбас з використанням морських водоростей за удосконаленою технологією відбувається в СФГ «Колос» згідно до розроблених технічних умов України – ТУУ

10.1-14246880-001:2025, СФГ «Колос», Ковбаса варена з хлорелою, Технічні умови. Куликівка, 2025; та технологічної інструкції – ТІ до ТУУ 10.1-14246880-001:2025, СФГ «Колос», Технологічна інструкція з виробництва варених ковбас з хлорелою. Куликівка, 2025.

Значущість отриманих результатів: підтвердження можливості використання морських водоростей (хлорели) як сировини у технології варених ковбас для підвищення вмісту біологічно активних речовин, з метою їхнього використання у спеціалізованому харчуванні.

Від Національного університету
біоресурсів і природокористування
України

Від організації

Начальник науково-дослідної
частини

 Володимир ОТЧЕНАШКО
« 01 » *Травня* 2025 р.

Директор
СФГ «Колос»

 Віктор ЗЕЛЕНСЬКИЙ
« 01 » *Травня* 2025 р.

Декан факультету харчових технологій та
управління якістю продукції АПК

 Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО
« 01 » *Травня* 2025 р.

Здобувач

 Людмила Кулакова
« 01 » *Травня* 2025 р.

Рис. Е 1. Акт про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи на здобуття ступеня доктора філософії у виробництво СФГ «Колос»