

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

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КИСЛИЦЯ ЯРОСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

**ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РИБИ ХОЛОДНОГО КОПЧЕННЯ
ТИПУ «КІПЕРС»**

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

_____ Я.О. Кислиця

Науковий керівник:

СЛОБОДЯНЮК Наталія Михайлівна,

кандидат сільськогосподарських наук, професор

МЕНЧИНСЬКА Аліна Анатоліївна

кандидат технічних наук, доцент

АНОТАЦІЯ

Кислиця Я. О. Удосконалення технології риби холодного копчення типу «Кіперс». – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології». Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена науковому обґрунтуванню та удосконаленню технології риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) із застосуванням молочнокислих бактерій *Lactiplantibacillus plantarum* та прянощів.

Актуальність дослідження зумовлена сучасними тенденціями харчування та змінами сировинної бази рибної промисловості. В останні роки зростає увага до високоякісних рибних продуктів подовженого терміну зберігання з доступної сировини. У цих умовах особливого значення набуває удосконалення технології традиційних рибних продуктів, в тому числі копчених, з метою підвищення їх якості та безпечності.

Важливими питаннями є впровадження технологічних рішень, спрямованих на формування відповідних органолептичних показників, мінімізацію утворення небажаних сполук під час копчення та мікробіологічну безпечність. Перспективним напрямом у вирішенні цих питань є удосконалення рецептури та технології продуктів не тривалого холодного копчення із застосуванням молочнокислих бактерій та натуральних пряно-ароматичних компонентів.

Рибне господарство України демонструє поступове зростання ролі аквакультури як джерела сировини, при цьому африканський кларієвий сом займає важливе місце завдяки високій швидкості росту, технологічній придатності та значному вмісту повноцінного білка. Використання африканського кларієвого сома для виготовлення копченої риби дозволяє розширити асортимент та забезпечити стабільність виробництва якісної та конкурентоспроможної продукції.

Питанням удосконалення технології та підвищення якості рибних продуктів із використанням молочнокислої мікрофлори та пряно-ароматичної рослинної сировини, присвячено наукові дослідження таких учених, як Л.Б. Добробабіна, Т.К. Лебська, А.Т. Безусов, О.В. Сидоренко, F. Leroi, U. Lyhs, S. Matamoros, O. Mejlholm, , L. Iacumin, G. Comi, та ін. У їхніх працях висвітлено аспекти формування споживних властивостей, якості, безпеки та мікробіологічної стабільності рибної продукції. Водночас питання комплексного застосування молочнокислих бактерій і прянощів для підвищення якості й безпеки продукції типу «Кіперс» із прісноводної риби, зокрема африканського кларієвого сома, залишаються не достатньо дослідженими, що визначає доцільність проведення наукової роботи.

У зв'язку з цим, метою роботи є наукове обґрунтування технології риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома із застосуванням молочнокислих бактерій *Lactiplantibacillus plantarum* і прянощів.

Дослідження сучасного стану рибного господарства України за період 2010-2026 рр. свідчить про зростання ролі аквакультури як основного джерела сировини при одночасному скороченні обсягів промислового вилову водних біоресурсів. Асортимент рибної продукції залишається обмеженим традиційними видами, а значна частка готових виробів виготовляється із імпортової сировини. Аналіз існуючих технологій переробки гідробіонтів показав недостатній рівень використання потенціалу сировини аквакультури, зокрема у виробництві продукції холодного копчення, що обумовлює необхідність розроблення нових технологічних рішень.

За результатами дослідження морфометричних та розмірно-масових показників африканського кларієвого сома встановлено його високу технологічну придатність. Вихід їстівної частини є значним (42,99 %), що зумовлено низьким вмістом кісткової тканини та особливостями будови м'язової системи. Це забезпечує ефективність переробки сировини та доцільність застосування оброблення риби на пласт, що передбачено у технології кіперсу.

Результати дослідження хімічного складу м'яса африканського сома показали, що воно характеризується високим вмістом білка — $18,2 \pm 0,2$ %, за відносно невисокої частки жиру — $4,9 \pm 0,01$ %, що свідчить про оптимальне співвідношення білкової та ліпідної складових. Масова частка вологи становить $75,3 \pm 0,4$ %, золи — $1,6 \pm 0,05$ %, що відповідає показникам повноцінної рибної сировини. Енергетична цінність продукту становить 116,9 ккал/100 г, що дозволяє віднести його до помірно калорійних білкових продуктів. Отримані дані підтверджують високу харчову та біологічну цінність м'яса африканського сома та його доцільність використання як сировини для виробництва продукції холодного копчення.

Встановлено, що мінеральний склад м'яса африканського сома характеризується наявністю життєво необхідних макро- та мікроелементів. Серед макроелементів найбільший вміст має калій — $219,3 \pm 6,6$ мг/100 г, магній — $22,47 \pm 0,7$ мг/100 г та кальцій — $11,3 \pm 0,4$ мг/100 г. Вміст мікроелементів представлений, зокрема, залізом — $0,804 \pm 0,03$ мг/100 г, цинком — $0,595 \pm 0,02$ мг/100 г, міддю — $0,042 \pm 0,002$ мг/100 г та марганцем — $0,0104 \pm 0,0005$ мг/100 г. Встановлено, що вміст окремих елементів забезпечує до 40–110 % від 10 % добової потреби організму, що свідчить про значний внесок даної сировини у забезпечення мінерального балансу харчування. Отримані результати підтверджують доцільність використання м'яса африканського сома як джерела макро- та мікроелементів у технології функціональних харчових продуктів.

Аналіз показників безпечності м'яса африканського сома показав відповідність сировини встановленим нормативним вимогам за вмістом токсичних елементів та радіонуклідів. Зокрема, вміст свинцю становив $0,013 \pm 0,0003$ мг/кг (за гранично допустимого рівня 1,0 мг/кг), кадмію — $0,0054 \pm 0,00003$ мг/кг (при нормі 0,2 мг/кг), ртуті — менше 0,005 мг/кг (при нормі 0,6 мг/кг). Вміст міді ($0,42 \pm 0,002$ мг/кг) та цинку ($5,95 \pm 0,02$ мг/кг) також не перевищував допустимі рівні.

Серед радіонуклідів виявлено лише стронцій у кількості $0,045 \pm 0,001$ Бк/кг, що є значно нижчим за допустимі значення, тоді як вміст цезію не

зафіксовано. Отримані результати свідчать про безпечність сировини та можливість її використання для виробництва харчової продукції, зокрема риби холодного копчення.

Експериментальними дослідженнями обґрунтовано параметри попередньої обробки м'язової тканини африканського кларієвого сома, які включають сухе соління до масової частки кухонної солі 4–6 %, обробку молочнокислими бактеріями та поетапне підсушування.

Встановлено, що початковий вміст води у сировині становив 68,73–72,38 %, а в процесі підсушування протягом 100 хв знижувався до 49,20–53,49 % залежно від варіанту обробки. Найбільш інтенсивне видалення води спостерігалось на 3–4 етапах процесу (40–80 хв), де зниження становило 8–12 %, що свідчить про перехід від видалення вільної до зв'язаної води. Загальний ступінь дегідратації складав близько 15,2 % для контрольного зразка та до 19–21 % для зразків, оброблених молочнокислими бактеріями.

У результаті дослідження впливу молочнокислих бактерій на фізико-хімічні та мікробіологічні показники м'яса африканського кларієвого сома встановлено виражений біоконсерваційний ефект, найбільш ефективним серед яких виявився штам *Lactobacillus plantarum*. Показник активної кислотності (pH) у дослідних зразках змінювався в межах 6,01–6,66, при цьому у зразку з *Lactobacillus plantarum* він залишався стабільним на рівні 6,40–6,55, що свідчить про формування оптимального кисло-лужного балансу без різкого закислення системи.

Застосування *Lactobacillus plantarum* забезпечувало ефективне зниження активності води до рівня близько 0,612, що є достатнім для пригнічення розвитку небажаної мікрофлори та формування мікробіологічно стабільного середовища. У порівнянні з контрольним зразком (a_w 0,695), використання молочнокислих бактерій сприяло більш інтенсивному зв'язуванню води та підвищенню стабільності продукту.

Мікробіологічні показники підтвердили ефективність застосування *Lactobacillus plantarum*: кількість мезофільних аеробних та факультативно-

анаеробних мікроорганізмів не перевищувала допустимі значення, а патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії групи кишкових паличок та *Salmonella*, не виявлені у 25 г продукту.

Таким чином, використання *Lactobacillus plantarum* забезпечує формування стабільного мікробіологічного стану, покращення функціонально-технологічних властивостей та підвищення безпечності продукції холодного копчення.

За результатами органолептичної оцінки встановлено, що всі дослідні зразки продукції холодного копчення характеризуються високими показниками якості та перевищують контрольний зразок. Загальна кількість балів для контрольного зразка становила 4,20, тоді як для зразків із застосуванням рослинних компонентів — від 4,52 до 4,59. Найвищі органолептичні показники отримано для зразка з базиліком — 4,59 бала, що відповідає категорії «відмінна якість». Зразки з чорним меленим перцем та чебрецем також продемонстрували високі значення — 4,57 та 4,52 бала відповідно. Покращення якості досягнуто за рахунок формування більш вираженого аромату, гармонійного смаку та ніжної консистенції. Отримані результати підтверджують ефективність використання ароматичних рослинних компонентів у поєднанні з молочнокислими бактеріями, зокрема *Lactobacillus plantarum*, для формування високих органолептичних властивостей продукції типу «Кіперс».

Дослідження змін показників якості та безпечності у процесі зберігання показали, що за температури холодильного зберігання (0...+4 °C) кіперси зберігають стабільні органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники протягом 15 діб. Встановлено, що використання молочнокислих бактерій сприяє уповільненню мікробіологічних процесів та підвищенню стійкості продукції до псування.

Економічна ефективність запропонованої технології визначається зменшенням собівартості та підвищенням конкурентоспроможності готової продукції.

Соціальна значущість роботи полягає у розширенні асортименту рибної продукції доступної за ціновими характеристиками, що сприяє підвищенню рівня забезпечення населення якісними продуктами харчування.

Розроблено елементи нормативної документації на нову продукцію, виготовлено дослідні партії та підтверджено можливість впровадження технології в умовах ТДС «Нептун».

Ключові слова: африканський кларієвий сом, кіперс, холодне копчення, молочнокислі бактерії, *Lactobacillus plantarum*, органолептичні показники, харчова цінність, активність води, термін зберігання, технологія.

ABSTRACT

Kyslytsia Ya. O. Improvement of cold-smoked fish technology of the “Kippers” type. – Qualification scientific work as a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 181 “Food Technologies”. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to the scientific substantiation and improvement of the technology of cold-smoked fish of the “Kippers” type produced from African catfish (*Clarias gariepinus*) using lactic acid bacteria *Lactiplantibacillus plantarum* and spices.

The relevance of the research is обусловлена modern dietary trends and changes in the raw material base of the fish industry. In recent years, increasing attention has been paid to high-quality fish products with extended shelf life produced from affordable raw materials. Under these conditions, particular importance is attached to improving the technology of traditional fish products, including smoked products, in order to enhance their quality and safety.

Important issues include the implementation of technological solutions aimed at forming desirable organoleptic characteristics, minimizing the formation of undesirable compounds during smoking, and ensuring microbiological safety. A promising approach to addressing these challenges is the improvement of formulations and technologies of short-term cold-smoked products using lactic acid bacteria and natural spice-aromatic components.

The fisheries sector of Ukraine demonstrates a gradual increase in the role of aquaculture as a source of raw materials, with African catfish occupying an important position due to its high growth rate, technological suitability, and significant content of high-quality protein. The use of African catfish for smoked fish production allows expanding the product range and ensuring stable production of high-quality and competitive products.

Scientific studies on improving technology and enhancing the quality of fish products using lactic acid microflora and spice-aromatic plant materials have been

conducted by such researchers as L. B. Dobrobabina, T. K. Lebska, A. T. Bezusov, O. V. Sydorenko, F. Leroi, U. Lyhs, S. Matamoros, O. Mejlholm, L. Iacumin, G. Comi, and others. Their works highlight aspects of forming consumer properties, quality, safety, and microbiological stability of fish products. However, the issue of the combined application of lactic acid bacteria and spices to improve the quality and safety of “Kippers”-type products from freshwater fish, particularly African catfish, remains insufficiently studied, which determines the relevance of this research.

In this regard, the aim of the work is the scientific substantiation of the technology of cold-smoked fish of the “Kippers” type from African catfish using lactic acid bacteria *Lactiplantibacillus plantarum* and spices.

The study of the current state of the fisheries sector of Ukraine for the period 2010–2026 indicates an increasing role of aquaculture as the main source of raw materials, alongside a reduction in the volume of industrial capture fisheries. The assortment of fish products remains limited to traditional species, and a significant share of finished products is produced from imported raw materials. The analysis of existing technologies for processing aquatic biological resources revealed insufficient utilization of aquaculture raw material potential, particularly in the production of cold-smoked products, which necessitates the development of new technological solutions.

Based on the results of studying morphometric and size-weight characteristics of African catfish, its high technological suitability was established. The yield of edible parts is significant (42.99%), which is обусловлено low bone content and the structural features of the muscular system. This ensures efficient processing of raw materials and justifies the use of fish filleting into butterfly cuts, as предусмотрено in the kippers technology.

The results of the study of the chemical composition of African catfish meat showed that it is characterized by a high protein content of $18.2 \pm 0.2\%$, with a relatively low fat content of $4.9 \pm 0.01\%$, indicating an optimal ratio of protein and lipid components. The moisture content was $75.3 \pm 0.4\%$, and ash content was $1.6 \pm 0.05\%$, which corresponds to the characteristics of high-quality fish raw materials. The energy value of the product was 116.9 kcal/100 g, allowing it to be classified as a

moderately caloric protein-rich product. The obtained data confirm the high nutritional and biological value of African catfish meat and its suitability as a raw material for cold-smoked fish production.

It was established that the mineral composition of African catfish meat is characterized by the presence of essential macro- and microelements. Among macronutrients, potassium predominates (219.3 ± 6.6 mg/100 g), followed by magnesium (22.47 ± 0.7 mg/100 g) and calcium (11.3 ± 0.4 mg/100 g). The content of trace elements includes iron (0.804 ± 0.03 mg/100 g), zinc (0.595 ± 0.02 mg/100 g), copper (0.042 ± 0.002 mg/100 g), and manganese (0.0104 ± 0.0005 mg/100 g). It was found that the content of individual elements provides up to 40–110% of 10% of the recommended daily intake, indicating a significant contribution of this raw material to the mineral balance of human nutrition. These results confirm the feasibility of using African catfish meat as a source of macro- and microelements in the production of functional food products.

The analysis of safety indicators of African catfish meat demonstrated compliance with regulatory requirements regarding the content of toxic elements and radionuclides. In particular, the lead content was 0.013 ± 0.0003 mg/kg (maximum permissible level: 1.0 mg/kg), cadmium — 0.0054 ± 0.00003 mg/kg (limit: 0.2 mg/kg), and mercury — less than 0.005 mg/kg (limit: 0.6 mg/kg). The levels of copper (0.42 ± 0.002 mg/kg) and zinc (5.95 ± 0.02 mg/kg) also did not exceed permissible limits.

Among radionuclides, only strontium was detected at 0.045 ± 0.001 Bq/kg, which is significantly below the permissible level, while cesium was not detected. These results confirm the safety of the raw material and its suitability for food production, including cold-smoked fish.

Experimental studies substantiated the parameters of preliminary processing of African catfish muscle tissue, which include dry salting to a salt content of 4–6%, treatment with lactic acid bacteria, and staged drying.

It was established that the initial moisture content of the raw material ranged from 68.73 to 72.38%, and during drying for 100 minutes, it decreased to 49.20–53.49%, depending on the treatment variant. The most intensive moisture removal was

observed at stages 3–4 of the process (40–80 min), where the reduction reached 8–12%, indicating a transition from the removal of free to bound water. The overall degree of dehydration was approximately 15.2% for the control sample and up to 19–21% for samples treated with lactic acid bacteria.

The study of the effect of lactic acid bacteria on the physicochemical and microbiological parameters of African catfish meat revealed a pronounced bioprotective effect, with *Lactobacillus plantarum* identified as the most effective strain. The pH values in the experimental samples ranged from 6.01 to 6.66, while in the sample treated with *Lactobacillus plantarum*, it remained stable at 6.40–6.55, indicating the formation of an optimal acid-base balance without excessive acidification.

The use of *Lactobacillus plantarum* ensured an effective reduction in water activity to approximately 0.612, which is sufficient to inhibit the growth of undesirable microflora and to form a microbiologically stable environment. Compared to the control sample (a_w 0.695), the application of lactic acid bacteria promoted more intensive moisture binding and improved product stability.

Microbiological analysis confirmed the effectiveness of *Lactobacillus plantarum*: the total count of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms did not exceed permissible levels, and pathogenic microorganisms, including coliform bacteria and *Salmonella*, were not detected in 25 g of the product.

Thus, the use of *Lactobacillus plantarum* ensures the formation of a stable microbiological state, improves functional and technological properties, and enhances the safety of cold-smoked products.

According to the results of sensory evaluation, all experimental samples of cold-smoked products demonstrated high quality indicators and exceeded the control sample. The overall score of the control sample was 4.20, while samples with plant-based components ranged from 4.52 to 4.59. The highest sensory evaluation was obtained for the sample with basil — 4.59 points, corresponding to the category of “excellent quality”. Samples with ground black pepper and thyme also showed high scores of 4.57 and 4.52, respectively. The improvement in quality was achieved due to

the formation of a more pronounced aroma, balanced taste, and tender texture. The obtained results confirm the effectiveness of using aromatic plant components in combination with lactic acid bacteria, particularly *Lactobacillus plantarum*, for enhancing the sensory properties of “Kippers”-type products.

The study of changes in quality and safety indicators during storage showed that under refrigerated conditions (0 to +4 °C), kippers maintain stable sensory, physicochemical, and microbiological parameters for 15 days. It was established that the use of lactic acid bacteria contributes to slowing down microbiological processes and increasing product resistance to spoilage.

The economic efficiency of the proposed technology is determined by a reduction in production costs and an increase in the competitiveness of the final product.

The social significance of the work lies in expanding the ассортимент of fish products доступних за ціновими характеристиками, що сприяє підвищенню рівня забезпечення населення якісними продуктами харчування.

Elements of regulatory documentation for the new product have been developed, pilot batches have been produced, and the feasibility of implementing the technology under the conditions of TDS “Neptun” has been confirmed.

Keywords: African catfish, kippers, cold smoking, lactic acid bacteria, *Lactobacillus plantarum*, sensory properties, nutritional value, water activity, shelf life, technology.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Кислиця Я. О.**, Паламарчук І. Р., Менчинська А. А. Споживчі властивості копченої продукції з гідробіонтів. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2023. Т. 2023. № 2/102. URL: [https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.012](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.012). (Кислиця Я. О. проведено аналіз наукових джерел, узагальнено харчову цінність копчених продуктів із

гідробіонтів, підготовлено матеріали статті до друку; Паламарчук І. Р. взято участь у формуванні наукової концепції дослідження; Менчинська А. А. здійснено наукове консультування та редагування матеріалів статті.)

2. **Кислиця Я. О.,** Менчинська А. А. African catfish (*Clarias gariepinus*) as a promising raw material for healthy food products. Human and Nation's Health. 2025. С. 88–99. URL: <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.88>. *(Кислиця Я. О. проведено аналіз літературних джерел, охарактеризовано африканського кларієвого сома як перспективну сировину для виробництва продуктів здорового харчування, узагальнено результати досліджень та підготовлено статтю до друку; Менчинська А. А. здійснено наукове керівництво, консультування та редагування матеріалів статті.)*

3. **Кислиця Я. О.,** Менчинська А. А., Даниленко С. Г. Application of lactic acid bacteria for ensuring the safety of salted *Clarias gariepinus*. Human and Nation's Health. 2025. С. 30–39. URL: <https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.30>. *(Кислиця Я. О. проведено експериментальні дослідження щодо застосування молочнокислих бактерій для підвищення безпечності соленого *Clarias gariepinus*, виконано аналіз отриманих результатів та підготовлено статтю до друку; Менчинська А. А. здійснено наукове керівництво та редагування матеріалів; Даниленко С. Г. надано консультаційну допомогу щодо використання культур молочнокислих бактерій.)*

4. **Кислиця Я. О.,** Менчинська А. А. Characterization of the mineral composition of African sharptooth catfish meat (*Clarias gariepinus*). Human and Nation's Health. 2026. С. 32–43. URL: <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2026.32>. *(Кислиця Я. О. проведено аналіз мінерального складу м'яса африканського кларієвого сома, здійснено опрацювання та інтерпретацію отриманих результатів, підготовлено матеріали статті до друку; Менчинська А. А. здійснено наукове керівництво, консультування та редагування матеріалів статті.)*

Тези наукових доповідей

5. **Кислиця Я. О.**, Слободянюк Н. М., Менчинська А. А. Удосконалення технології риби холодного копчення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу», присвяченої 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України. К., 2023. С. 382-384. *(Кислиця Я. О. проведено аналіз сучасних підходів до удосконалення технології риби холодного копчення, узагальнено технологічні особливості виробництва продукції та підготовлено матеріали тез до друку; Слободянюк Н. М. взято участь у формуванні наукової концепції роботи; Менчинська А. А. здійснено наукове консультування та редагування матеріалів.)*

6. **Кислиця Я. О.** Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки рибної сировини. Збірник праць за підсумками XII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів та студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». К.: 2024. С. 50. *(Кислиця Я. О. самостійно проведено аналіз актуальних проблем виробництва та переробки рибної сировини, узагальнено наукові підходи до підвищення якості й безпечності рибної продукції та підготовлено матеріали тез до друку.)*

7. **Кислиця Я. О.** Інновації в переробці рибної сировини. Збірник праць за підсумками XII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів та студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки рибної сировини. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства. К., 2024. С. 51. *(Кислиця Я. О. самостійно проведено аналіз актуальних проблем виробництва та переробки рибної сировини, узагальнено наукові підходи до підвищення якості й безпечності рибної продукції та підготовлено матеріали тез до друку.)*

8. **Кислиця Я. О.,** Менчинська А. А. Технологічні показники африканського сома. Збірник наукових праць за матеріалами II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні рішення, актуальні проблеми та виклики у галузі харчових технологій». Ірпінь, 2024. С. 150-152. *(Кислиця Я. О. проведено аналіз технологічних показників африканського сома як перспективної сировини для виробництва рибної продукції, узагальнено отримані результати та підготовлено матеріали тез до друку; Менчинська А. А. здійснено наукове консультування, методичний супровід та редагування матеріалів.)*

9. **Кислиця Я. О.,** Менчинська А. А. Харчові технології у рибній промисловості: шлях до екологічного розвитку та захисту морських ресурсів. Збірник наукових праць за матеріалами Міжнародної наукової конференції «Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток». К.: НУБіП України. 2024. С. 295-297. *(Кислиця Я. О. проведено аналіз сучасних напрямів розвитку харчових технологій у рибній промисловості, обґрунтовано значення екологічно орієнтованих підходів до переробки рибної сировини та підготовлено матеріали тез до друку; Менчинська А. А. здійснено наукове консультування, методичний супровід та редагування матеріалів).*

10. **Кислиця Я. О.,** Менчинська А. А. Інноваційні способи оброблення рибної сировини молочнокислою мікрофлорою. Збірник праць за підсумками XIII Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів (м. Київ, 10-11 квітня 2025 р.). К.: РВВ НУБіП України, 2025. С. 98-99. *(Кислиця Я. О. проведено аналіз інноваційних способів оброблення рибної сировини молочнокислою мікрофлорою, узагальнено перспективи застосування молочнокислих бактерій для підвищення якості та безпечності рибної продукції, підготовлено матеріали тез до друку; Менчинська А. А. здійснено наукове керівництво, консультування та редагування матеріалів).*

11. **Кислиця Я.,** Менчинська А., НУБіП, м. Київ, Україна. Інноваційні стратегії розвитку промислового та крафтового виробництва рибної продукції із застосуванням молочнокислої мікрофлори. Збірник праць за підсумками III Міжнародної науково-практичної конференції «Промисловість та крафт для

HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації». К.: НУХТ, 2025р. С. 42-44.
(Кислиця Я. О. опрацьовано наукові джерела та узагальнено інноваційні стратегії розвитку промислового й крафтового виробництва рибної продукції із застосуванням молочнокислої мікрофлори, визначено перспективи впровадження таких технологічних рішень у виробництво та підготовлено матеріали тез до друку; Менчинська А. А. здійснено наукове консультування, методичний супровід і редагування матеріалів).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1	27
СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ГІДРОБІОНТІВ.....	27
1.1. Аналіз сировинної бази, ринку рибної продукції в Україні та перспективи розвитку.	27
1.2. Сучасні технологічні підходи до виробництва копчених рибних продуктів	35
1.3. Особливості застосування молочнокислих бактерій у технології рибних продуктів.	41
1.4. Теоретичне обґрунтування використання сировини у технології кіперсу.	48
Висновки до розділу 1	54
РОЗДІЛ 2	56
ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	56
2.1. Об'єкт і предмет досліджень	56
2.2. Схема проведення досліджень.....	57
2.3. Методи досліджень	59
Висновки до розділу 2	64
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ ТИПУ «КІПЕРС»	65
3.1. Характеристика харчової і біологічної цінності та безпечності африканського сома	65
3.2. Характеристика антагоністичних та функціонально-технологічних властивостей молочнокислих бактерій.....	84
Висновки до розділу 3	90
РОЗДІЛ 4 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ Й УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РИБИ ХОЛОДНОГО КОПЧЕННЯ ТИПУ «КІПЕРС» З АФРИКАНСЬКОГО СОМА	93
4.1. Наукове обґрунтування доцільності застосування молочнокислих бактерій у технології риби холодного копчення типу «Кіперс».....	93
4.1.1. Вплив бактеріальних препаратів на фізико - хімічні показники	94
4.1.2. Вплив бактеріальних препаратів на мікробіологічні показники	102
4.1.3 Вплив бактеріальних препаратів на структурно-механічні показники	104

4.2. Обґрунтування рецептурного складу кіперсу	111
4.3. Визначення параметрів та режимів процесу зневоднення	124
4.4. Фізико-математичне моделювання процесу підсушування напівфабрикату для риби холодного копчення типу «Кіперс»	129
Висновки до розділу 4	147
РОЗДІЛ 5. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА ЇХ ЗМІНА ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ РИБИ ХОЛОДНОГО КОПЧЕННЯ ТИПУ «КІПЕРС»	150
5.1. Характеристика органолептичних, фізико-хімічних показників та хімічного складу риби холодного копчення типу «Кіперс»	150
5.2. Дослідження змін показників якості та безпечності риби холодного копчення типу «Кіперс» в процесі зберігання	158
Висновки до розділу 5	168
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕАЛІЗАЦІЇ КІПЕРСУ	171
Висновки до розділу 6	176
ВИСНОВКИ.....	177
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	179
ДОДАТКИ.....	197
Додаток А. Нормативно-технічна документація	197
Додаток А. 1. Технічні умови	197
Додаток А 2. Технологічна інструкція.....	198
Додаток Б. Акт впровадження в освітній процес.....	199
Додаток В. Акт впровадження у виробництво	200

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЛО – азот летких основ;

БВЖК – білково-водно-жировий коефіцієнт;

БВК – білково-водний коефіцієнт;

БГКП – бактерії групи кишкової палички;

БЦп – потенційна біологічна цінність білка;

ВУЗ – водоутримуюча здатність;

ЗАК – замінні амінокислоти;

Кбз – коефіцієнт біологічної значущості ліпідів;

КРАС – коефіцієнт різниці амінокислотного скору;

КУО – колонієутворюючі одиниці;

МАФАнМ – мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми;

МКБ – молочнокислі бактерії;

МНЖК – мононенасичені жирні кислоти;

НАК – незамінні амінокислоти;

НЖК – насичені жирні кислоти;

ПАР – поліциклічні ароматичні вуглеводні

ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти;

ТВАРS – тіобарбітурова кислота

σ – показник «надлишкового вмісту» незамінних амінокислот;

U – коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу білка.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Рибне господарство України відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави, при цьому значна частка сировинної бази формується за рахунок продукції аквакультури. Одним із перспективних об'єктів вирощування є африканський кларієвий сом, який характеризується високою швидкістю росту, значним виходом їстівної частини та високим вмістом повноцінного білка. Разом з тим, потенціал цієї сировини використовується не повною мірою, зокрема у виробництві продукції холодного копчення.

Продукція холодного копчення користується стабільним попитом серед споживачів завдяки характерному смаку, аромату та тривалому терміну зберігання. Однак існуючі технології не завжди забезпечують стабільність якості та безпечності продукції, що зумовлює необхідність їх удосконалення. Важливими питаннями є впровадження технологічних рішень, спрямованих на формування відповідних органолептичних показників, мінімізацію утворення небажаних сполук під час копчення та мікробіологічну безпечність.

Особливої актуальності набуває застосування біотехнологічних методів оброблення, зокрема молочнокислих бактерій, які здатні регулювати мікробіологічні процеси та покращувати функціонально-технологічні властивості продукту. Використання прянощів в рецептурі копченої риби дозволить гармонізувати смако-ароматичні показники. Тому, актуальним є удосконалення рецептури та технології продуктів короткотривалого холодного копчення із застосуванням молочнокислих бактерій та натуральних пряно-ароматичних компонентів.

Питаннями удосконалення технології та підвищення якості рибних продуктів із використанням молочнокислої мікрофлори та пряно-ароматичної рослинної сировини, присвячено наукові дослідження таких учених, як: Л.Б. Добробабіної, Т.К. Лебської, А.Т. Безусова, О.В. Сидоренко, F. Leroi, U. Lyhs, S. Matamoros, O. Mejlholm, L. Iacumin, G. Comi. У їхніх працях висвітлено аспекти формування споживних властивостей, якості, безпечності та

мікробіологічної стабільності рибної продукції. Водночас питання комплексного застосування молочнокислих бактерій і прянощів для підвищення якості й безпечності продукції типу «Кіперс» із прісноводної риби, зокрема африканського кларієвого сома, залишаються не достатньо дослідженими, що визначає доцільність наукової роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась у Національному університеті біоресурсів і природокористування України впродовж 2022–2026 рр в межах науково-дослідних робіт кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів за темою «Наукове обґрунтування та розроблення новітніх агроінженерних рішень моделювання сировини заданого нутрієнтного складу для військовослужбовців, (номер державної реєстрації 0124U001737).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування технології риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома із застосуванням молочнокислих бактерій *Lactiplantibacillus plantarum* і прянощів.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- провести аналіз сучасного стану сировинної бази, ринку рибної продукції та інновацій у технології копчених рибних продуктів;
- науково обґрунтувати та експериментально підтвердити доцільність використання африканського кларієвого сома, молочнокислих бактерій та прянощів у технології риби холодного копчення типу «Кіперс»;
- дослідити вплив молочнокислої мікрофлори: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* та композицій *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus* і *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum* на фізико-хімічні, мікробіологічні та структурно-механічні показники соленого напівфабрикату;
- встановити закономірності процесів тепло- і масообміну під час зневоднення напівфабрикату методом математичного моделювання та визначити оптимальні режими технологічного процесу підсушування;

- визначити вплив прянощів на формування органолептичних характеристик готової продукції;

- науково обґрунтувати та удосконалити технологію та рецептуру продуктів холодного копчення типу «Кіперс» й оцінити її харчову цінність, якість та безпечність у процесі зберігання та обґрунтувати термін придатності;

- розрахувати економічну ефективність та розробити нормативну документацію на рибу холодного копчення типу «Кіперс» і провести апробацію удосконаленої технології у виробничих умовах;

Об’єкт дослідження – технологія риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома із застосуванням молочнокислих бактерій та прянощів.

Предмет дослідження – риба африканський кларієвий сом; молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* та композицій *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus* і *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum*; прянощі (чебрець, базилік), перець чорний мелений; показники якості та безпечності сировини; продукти холодного копчення типу «Кіперс»; показники якості та безпечності готової продукції, а також зміни цих показників у процесі зберігання.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс сучасних методів дослідження: органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні, а також методи математичного моделювання та статистичної обробки результатів із застосуванням комп’ютерних технологій.

Відбір проб для органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних досліджень проводили згідно з ДСТУ 7972:2015. Розмірно-масові характеристики рибної сировини визначали відповідно до вимог ДСТУ 2284:2010; масову частку вологи визначали шляхом висушування зразку до постійної маси при температурі 105°C, згідно з ДСТУ 8029:2015; масову частку білка визначали за вмістом загального азоту методом К’ельдаля, відповідно до ДСТУ 8030:2015, мінералізацію зразків проводили на дигесторі Velp Scientifica серії DK6 (Італія) з вакуумним насосом (JP), процес відгонки здійснювали на

апараті Velp Scientifica UDK 129 (Італія); масову частку ліпідів –екстракційно-ваговим методом Сокслета на апараті Сокстек SOX 406 Fat Analyzer, згідно з ДСТУ 8717:2017; масову частку золи визначали ваговим методом після мінералізації наважки у муфельній печі при температурі 500–600 °С, відповідно до ДСТУ 8718:2017; енергетичну цінність продукту визначали розрахунковим методом на основі вмісту білків, жирів та вуглеводів, білково-водний коефіцієнт (БВК), білково-водно-жировий коефіцієнт (БВЖК) –розрахунковим методом; органолептичну оцінку якості продукції проводили за бальною шкалою з використанням профільного аналізу (метод флейвору); масову частку амінокислот визначали методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії на автоматичному аналізаторі Т-339 виробництва (Чехія), згідно ДСТУ ISO 13903:2009; вміст триптофану визначали колориметричним методом після попереднього лужного гідролізу; амінокислотний скор, визначали розрахунковим методом; фракційний склад ліпідів визначали з використанням стандартів фірми Сігма методом тонкошарової хроматографії; масову частку жирних кислот – хроматографічним методом на хроматорграфі HRGC 5300 (Італія); мінеральний склад м'яса риб визначали згідно з ДСТУ 7670:2014 методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою; вміст важких металів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії, згідно з ДСТУ 8719:2017; показник активності води визначали за допомогою високочутливого приладу Hygro Palm HP23-AW (Великобританія), згідно з ДСТУ ISO 21807; масову частку азоту летких основ (АЛО) визначали відповідно до ДСТУ 4514:2006, органолептичні показники кіперсу оцінювали за профілографами спектру флейвору у відповідності до розробленими нами дескрипторами згідно з ДСТУ ISO 6564:2005, рекомендацій з сенсорної оцінки відповідно до ISO 11036 та вимог ДСТУ 8451:2015; кислотне число жиру визначали згідно з ДСТУ 4350:2004 (ISO 660: 1996, NEQ), пероксидне число жиру згідно з ДСТУ 4570:2006.

Мікробіологічні показники визначали із застосуванням стандартних методів дослідження, що передбачали кількісну оцінку мезофільних аеробних та

факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) згідно з ДСТУ 8446:2015, визначення бактерій групи кишкової палички — за ДСТУ 30726:2002, *Staphylococcus aureus* — за ДСТУ ISO 6888-1:2003, патогенних мікроорганізмів, зокрема роду *Salmonella* — за ДСТУ EN 12824:2004, та *Listeria monocytogenes* — за ДСТУ ISO 11290-1:2003.

Експериментальні результати опрацьовували методами математичної статистики у редакторі Microsoft Excel, STATISTICA. Точність отриманих експериментальних даних оцінювали за критерієм Ст'юдента за довірчої вірогідності $\geq 0,95$ та кількості паралельних визначень не менше 5.

Наукова новизна одержаних результатів На основі аналітичних та експериментальних досліджень у дисертаційній роботі:

вперше:

- теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання африканського кларієвого сома в технології риби холодного копчення типу «Кіперс»;

- встановлено вплив молочнокислих бактерій *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* та композицій *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus* і *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum* на фізико-хімічні, мікробіологічні та структурно-механічні властивості соленого напівфабрикату з африканського кларієвого сома;

- визначено оптимальні параметри процесу підсушування, що забезпечують формування відповідних показників якості готової продукції та їх стабільність в процесі зберігання;

- удосконалено технологію риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома шляхом впровадження біотехнологічного оброблення молочнокислими бактеріями *Lactobacillus plantarum*, внесення прянощів (чебрець, базилік), перцю чорного та скорочення тривалості процесу копчення;

набули подальшого розвитку:

- наукові підходи до використання цінних сировинних ресурсів аквакультури для розширення асортименту рибних продуктів;
- уявлення про механізми формування якості та безпечності рибної продукції за участю молочнокислих бактерій;
- перспективи застосування прянощів для гармонізації органолептичних показників продукції короткотривалого холодного копчення;
- закономірності змін органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників риби холодного копчення типу «Кіперс» у процесі зберігання.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів експериментальних досліджень розроблено нормативну документацію «Риба пряно-копчена «Кіперс» - ТУ У та ТІ 10.2-00493706-230:2026.

За результатами наукових досліджень у виробничих умовах підприємства ПП ТДС «Нептун» здійснено промислову апробацію розробленого рибного продукту.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізуванні наукових джерел вітчизняних і зарубіжних авторів за темою дослідження, постановці мети та завдань роботи, проведенні експериментальних досліджень із визначення фізико-хімічних, мікробіологічних та органолептичних показників м'яса африканського кларієвого сома. Здобувачем здійснено математичне моделювання процесів тепло- і масообміну під час підсушування, обробку та статистичний аналіз отриманих результатів, обґрунтування технологічних параметрів виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс» із використанням молочнокислих бактерій. Підготовлено матеріали досліджень до публікацій, розроблено елементи технологічної документації та пропозиції щодо удосконалення технології. Планування експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів та формулювання основних висновків здійснено спільно з науковими керівниками - кандидатом сільськогосподарських наук, професором Слободянюк Н.М., та кандидатом технічних наук, доцентом Менчинською А.А.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема: Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу», присвяченій 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ, 2023 р.); XII Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів та студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (м. Київ, 2024 р.); II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні рішення, актуальні проблеми та виклики у галузі харчових технологій» (м. Ірпінь, 2024 р.); Міжнародній науковій конференції «Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток» (м. Київ, 2024 р.); XIII Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів (м. Київ, 2025 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Промисловість та крафт для HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації» (м. Київ, 2025 р.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 4 статті у фахових виданнях України та 7 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, шести основних розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Матеріали дисертації викладено на 196 сторінках основного тексту, містять 38 таблиць, 45 рисунків, 4 додатки. Список використаних літературних джерел включає 165 найменувань.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ГІДРОБІОНТІВ

Рибна продукція є важливою складовою раціону населення, забезпечуючи організм повноцінними білками, поліненасиченими жирними кислотами та біологічно активними речовинами. У сучасних умовах глобальних продовольчих викликів роль риби як доступного джерела нутрієнтів зростає, що обумовлює необхідність дослідження стану ринку рибної продукції та формування ефективної сировинної бази.

1.1. Аналіз сировинної бази, ринку рибної продукції в Україні та перспективи розвитку.

У 2025 році рибний ринок України функціонував в умовах воєнних ризиків, логістичних обмежень та економічної нестабільності, однак зберіг відносну стійкість. Ключовою характеристикою залишається висока залежність від імпорту. Обсяг імпорту риби та морепродуктів становив 348 тис. тонн на суму 1,16 млрд доларів США, що підтверджує визначальну роль зовнішніх поставок у формуванні внутрішнього споживання (рис. 1.1).





Рисунок. 1.1. Динаміка імпорту риби та морепродуктів в Україну у 2014–2025 рр.

Аналіз динаміки імпорту (рис. 1.1) свідчить, що протягом 2014–2021 років спостерігалось поступове зростання обсягів поставок, яке у 2022 році змінилося різким спадом до 300 тис. тонн внаслідок порушення логістичних ланцюгів та зниження платоспроможності населення. У подальші роки ринок демонструє відновлення, однак рівень імпорту залишається нижчим за довоєнний максимум. Водночас вартісні показники мають стійку тенденцію до зростання, що обумовлено підвищенням світових цін на рибну продукцію та валютними коливаннями. Така ситуація свідчить про посилення імпортозалежності та підвищення чутливості внутрішнього ринку до зовнішніх факторів [155, 100].

Попри значні обсяги імпорту, експорт рибної продукції України залишається обмеженим. У 2025 році він становив 12,26 тис. тонн на суму 63,8 млн доларів США. Експорт має переважно нішевий характер і орієнтований на продукцію з доданою вартістю, а також на окремі види водних біоресурсів, виловлених у міжнародних водах. Це свідчить про структурну асиметрію ринку, де імпорт значно перевищує експорт [100, 105].

Результати є відображенням наполегливої праці українських компаній, які, попри всі труднощі, продовжують свою діяльність, розширюють ринки збуту та забезпечують експорт продукції. Найбільшу частку серед рибних товарів, що експортуються складає філе та інше м'ясо риб та готова або консервована риба (рис. 1.2).

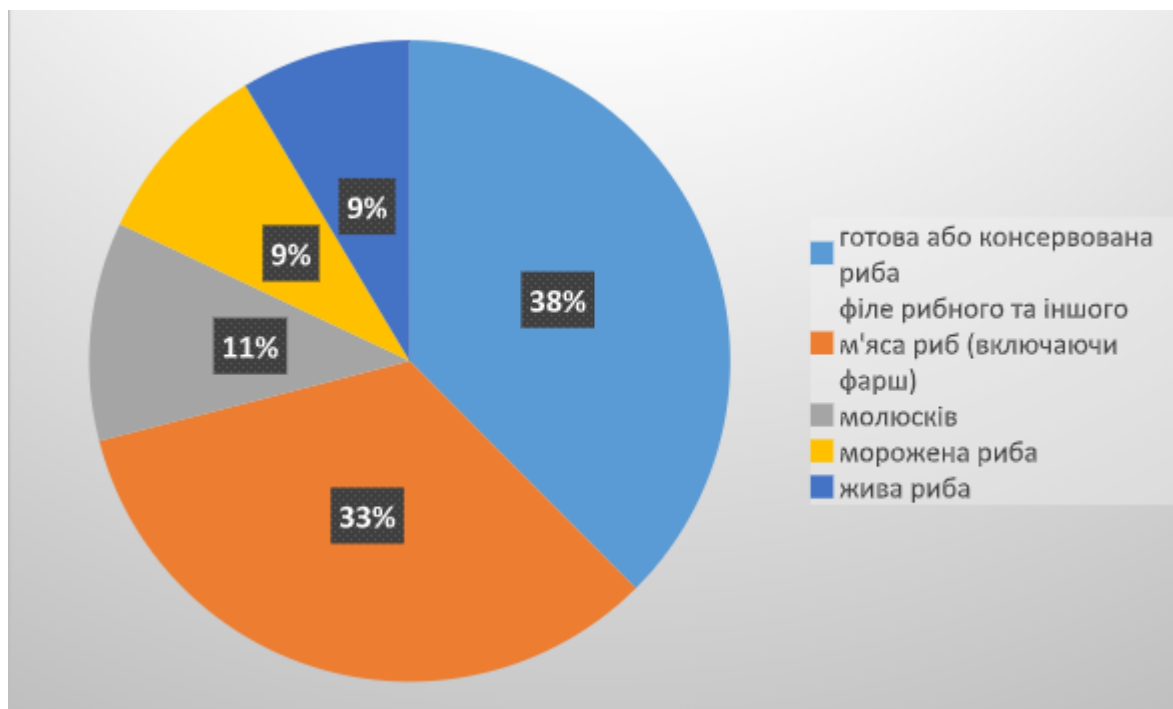


Рисунок 1.2. Видовий склад експорту риби та морепродуктів у 2025 році.

Власна сировинна база рибної галузі формується за рахунок вилову у внутрішніх водоймах, океанічного промислу, аквакультури та діяльності спеціальних товарних рибних господарств. Загальний обсяг вилову водних біоресурсів у 2025 році становив 44,7 тис. тонн. (рис. 1.3).

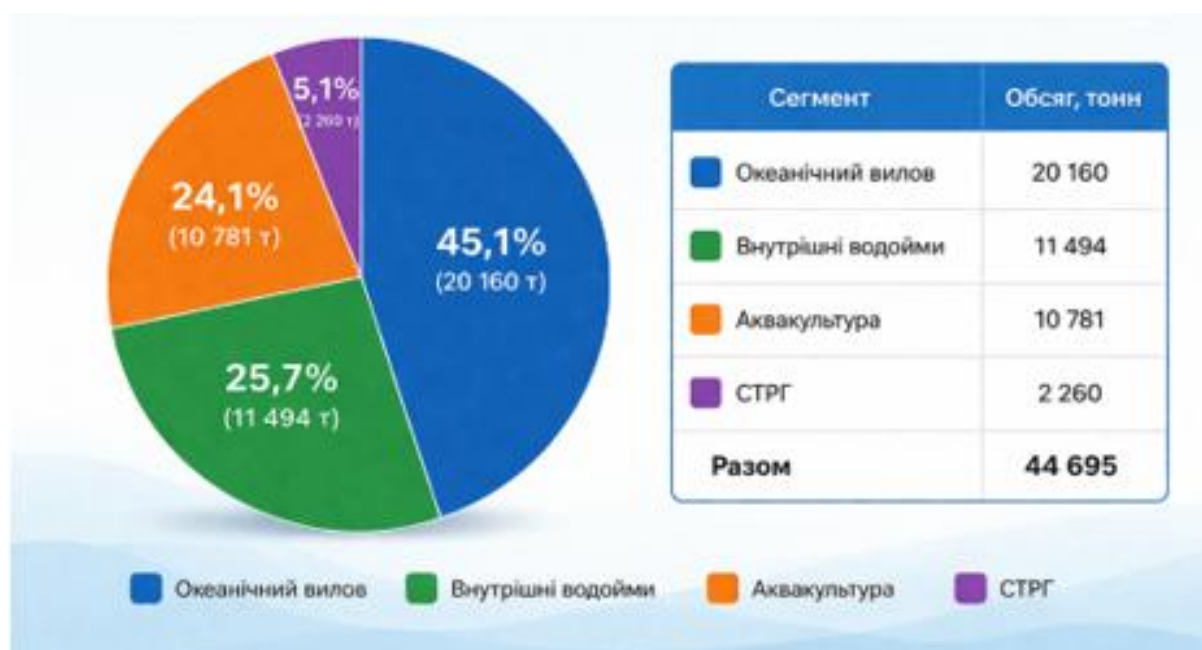


Рисунок 1.3. Структура вилову водних біоресурсів в Україні у 2025 році.

Як видно з рис. 1.3, найбільшу частку у структурі вилову займає океанічний промисел (понад 45%), що свідчить про значну залежність галузі від діяльності у міжнародних водах. Внутрішній вилов забезпечує близько чверті загального обсягу, тоді як аквакультура формує приблизно 24%. Частка спеціальних товарних рибних господарств є незначною. Така структура вказує на недостатній рівень використання внутрішніх ресурсів та потребу у розвитку контрольованих форм виробництва, зокрема аквакультури [100, 105, 160, 147].

З огляду на значну залежність внутрішнього ринку від зовнішніх поставок, доцільним є проведення порівняльного аналізу обсягів імпорту риби та морепродуктів і власного виробництва, яке включає вилов водних біоресурсів та продукцію аквакультури. Це дає можливість об'єктивно оцінити роль національного виробника у забезпеченні потреб населення рибною продукцією [101, 24]. Для наочного відображення зазначеного співвідношення побудовано графічну модель, що відображає обсяги імпорту та внутрішнього виробництва рибної продукції в Україні у 2025 році (рис. 1.4).

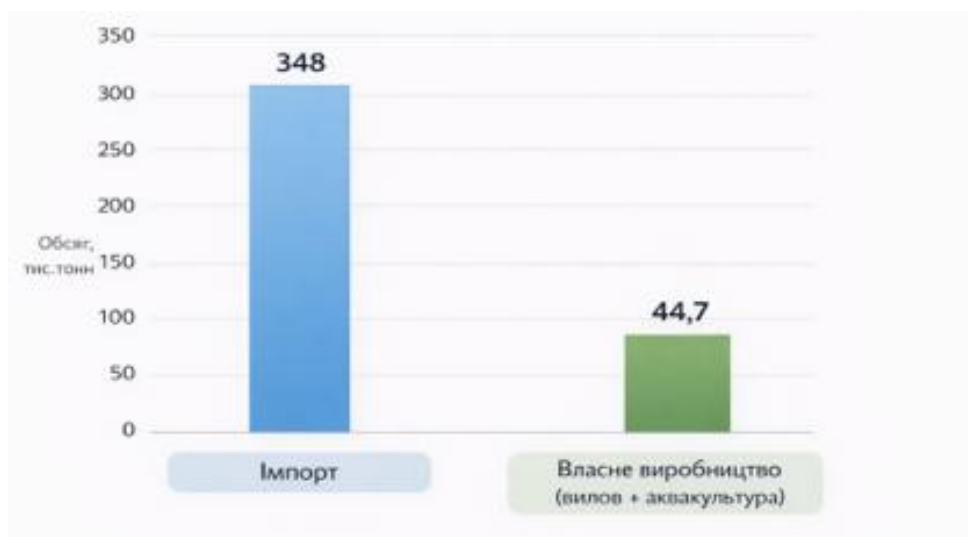


Рисунок 1.4. Порівняння імпорту та внутрішнього виробництва рибної продукції в Україні (2025 р.)

Порівняльний аналіз (рис. 1.4) демонструє суттєвий дисбаланс між імпортом та внутрішнім виробництвом. Обсяг імпорту майже у 8 разів перевищує власне виробництво, що підтверджує критичну залежність ринку від зовнішніх поставок. Така ситуація створює ризики для продовольчої безпеки країни, особливо в умовах нестабільності глобальних ринків та логістичних обмежень [100, 105].

Військові дії суттєво вплинули на функціонування рибної галузі, обмеживши доступ до традиційних районів промислу. Руйнування інфраструктури та ускладнення логістики призвели до скорочення внутрішнього вилову. Через збройну агресію РФ рибальство в Азовському та Чорному морях було майже повністю зупинене, за винятком деяких зон у Миколаївській області. Крім того, підрив Каховської ГЕС призвів до висихання Каховського водосховища, яке давало близько 3 тисяч тонн риби щорічно [91, 69, 97].

Водночас відновлення діяльності українських суден у міжнародних водах свідчить про адаптацію галузі до нових умов. У зоні дії Комісії зі збереження морських живих ресурсів Антарктики 5 українських суден у 2023 році виловили 12,9 тисяч тонн водних біоресурсів (зокрема 11 982 тонни антарктичного криля та 962 тонни іклячів), що на 34% більше, ніж у 2022 році (9,7 тисяч тонн) [104, 52].

Розвиток аквакультури є одним із ключових напрямів формування внутрішньої сировинної бази рибної галузі [56, 23]. З метою оцінки тенденцій її розвитку проаналізовано динаміку виробництва продукції аквакультури (рис. 1.5).

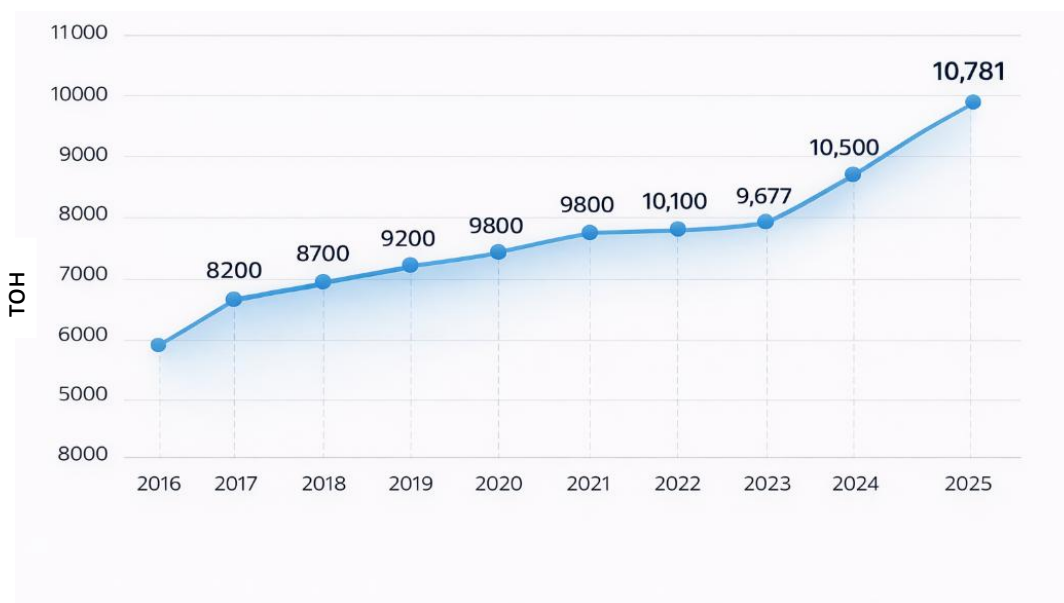


Рисунок 1.5. Динаміка виробництва продукції аквакультури в Україні у 2016–2025 рр.

Аналіз динаміки виробництва продукції аквакультури в Україні у 2016–2025 роках свідчить про загальну тенденцію до зростання обсягів виробництва. У період 2016–2021 років спостерігається поступове нарощування виробництва з 8,2 до 10,5 тис. тонн, що обумовлено розвитком технологій вирощування, підвищенням ефективності виробництва та стабільним попитом на рибну продукцію [100].

Аквакультура в Україні стає все більш важливим напрямком для забезпечення стабільного розвитку рибної галузі. У зв'язку зі зменшенням природних ресурсів та обмеженнями рибальства, саме аквакультура забезпечує стабільний ріст виробництва рибної продукції.

У 2022 році відбулося суттєве зниження обсягів виробництва до 10,1 тис. тонн, що пов'язано з негативним впливом воєнних дій, порушенням логістичних ланцюгів, обмеженням доступу до виробничих ресурсів та зниженням інвестиційної активності у галузі [100].

Починаючи з 2023 року, спостерігається поступове відновлення виробництва, що свідчить про адаптацію підприємств аквакультури до нових умов господарювання. Спеціальні товарні рибні господарства, які поєднують аквакультуру та промислове рибальство, у 2023 році виловили 4,3 тисячі тонн водних біоресурсів, що на 27% більше, ніж у попередньому році. Всього в цьому році такі господарства діяли в 50 локаціях. У 2024 році було реалізовано 9,7 тисяч тонн продукції аквакультури, не враховуючи безкоштовне постачання риби для населення та Збройних Сил України. У 2025 році зафіксовано максимальне значення за досліджуваний період — 10,8 тис. тонн, що перевищує докризовий рівень та підтверджує позитивну динаміку розвитку галузі [155, 100].

Отримані результати свідчать про те, що аквакультура є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку рибного господарства України, оскільки забезпечує стабільне виробництво продукції незалежно від обмежень, пов'язаних із природними та геополітичними факторами, а також виступає ключовим інструментом зменшення імпортозалежності ринку. Таким чином, розвиток аквакультури доцільно розглядати як стратегічний напрям забезпечення продовольчої безпеки України [148, 149, 165, 158].

Зараз у світі спостерігається рекордне виробництво рибної продукції та продукції аквакультури, і в майбутньому внесок цього сектору у забезпечення продовольства лише зростатиме [38, 33]. Середні показники споживання риби у світі дійшло до 22 кг на людину на рік, а за прогнозами, до 2030 року виробництво збільшиться ще на 14%. За останні десятиліття значно змінилися підходи до використання та переробки рибної продукції. У 1960-х роках 67% продукції рибальства використовувалося для споживання людиною, тоді як у 2020 році ця частка зросла до 89% (157 мільйонів тонн) [84, 4, 11].

За даними Європейської комісії, середні показники споживання риби в ЄС зросло до 24,4 кг на людину. В Україні середнє споживання риби у 2022-2023 роках становить близько 13 кг на людину на рік, при цьому раціональна норма визначена на рівні 20 кг (рис. 1.6).

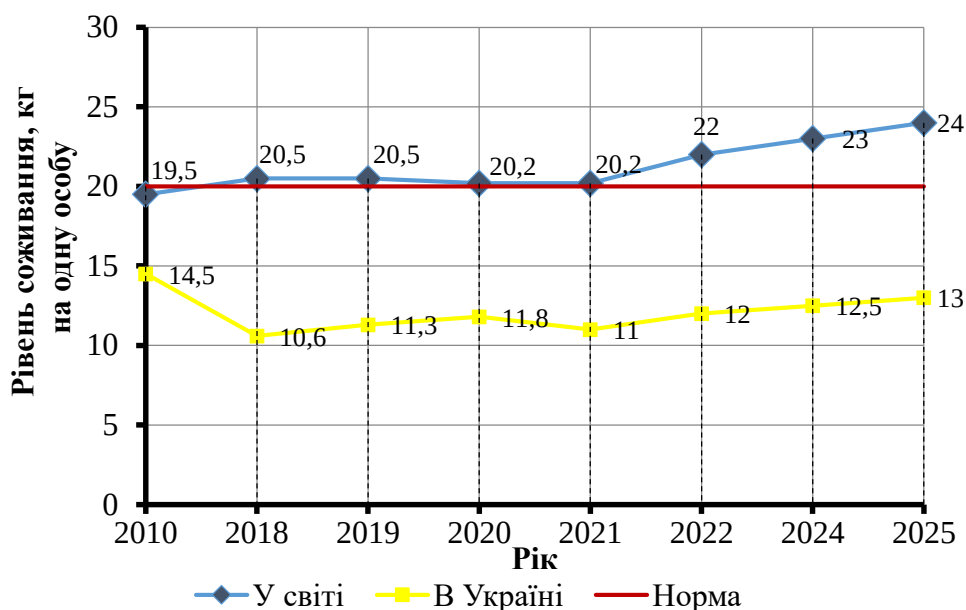


Рисунок 1.6. Динаміка споживання риби та рибних продуктів населенням України: 1 – риба та рибні продукти; 2 – норма за рік.

Зменшення обсягів добування риби та морепродуктів, зміна видового складу сировини зумовлюють необхідність використання нових об'єктів аквакультури, як доступної сировини, що сприятиме зростанню рівня споживання рибних продуктів українцями.

Останнім часом африканський сом (*Clarias gariepinus*) привертає до себе велику увагу як перспективний об'єкт вирощування та переробки. У порівнянні з іншими видами риб, кларієвий сом відзначається швидким ростом, невибагливістю до умов утримання, легкістю адаптації до їх змін та хорошою засвоюваністю корму. Він також стійкий до різних захворювань, що робить його одним із найперспективніших об'єктів рибництва. До того ж, африканський сом відрізняється високою технологічною продуктивністю: вихід м'яса з туші становить 51,6% зі шкіркою та 45,4% без шкірки. М'ясо африканського сома містить до 3,95% жиру та до 17,9% білка. Таке співвідношення жиру до білка (1:4) робить його ідеальним з точки зору смакових, дієтичних і кулінарних властивостей [28].

В Україні спостерігається значний прогрес у впровадженні сучасних технологій вирощування риби та інших водних організмів. Сучасні рибні господарства активно використовують інтегровані системи риборозведення, що

поєднують різні види аквакультури, забезпечуючи високий рівень продуктивності та екологічну стійкість [11, 47, 15, 90, 53].

За даними Держрибагентства, на сьогоднішній день українські фермери вже успішно вирощують кларієвого сома (рис.1.7)

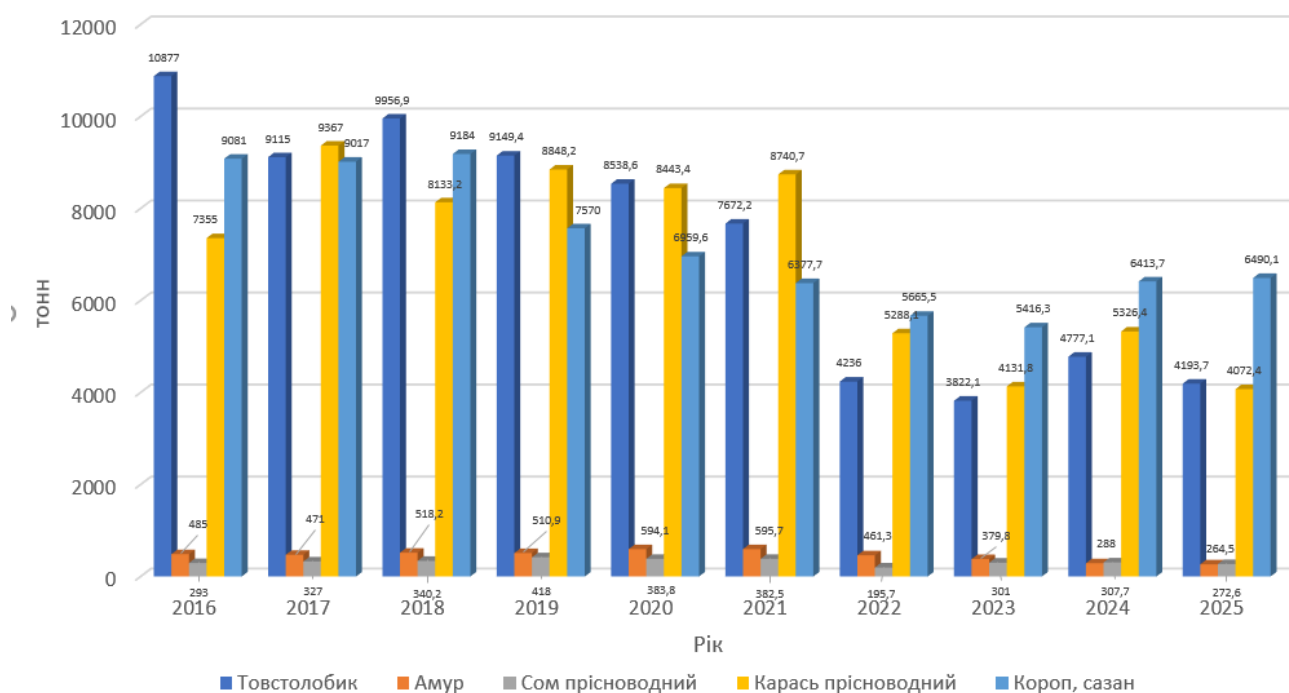


Рисунок 1.7. Динаміка обсягу вирощування основних об'єктів аквакультури в Україні за 2016–2025 рр., т

Дані рисунка 1.7 підтверджують, що сом є цінним об'єктом аквакультури поряд з такими традиційними видами, як короп, товстолоб, білий амур та карась.

Аквакультура має всі шанси стати одним із ключових елементів у забезпеченні продовольчої безпеки країни, особливо в умовах змін клімату та виснаження природних ресурсів. Важливо й надалі підтримувати цей сектор, впроваджувати інновації та залучати інвестиції для його подальшого зростання. Разом з цим актуальності набувають питання інноваційних технологій переробки африканського сома, з метою виготовлення якісної та безпечної продукції.

1.2. Сучасні технологічні підходи до виробництва копчених рибних продуктів

Копчення є одним із найбільш поширених способів оброблення та консервування риби, що забезпечує формування специфічних органолептичних

властивостей, підвищення мікробіологічної стабільності та подовження терміну зберігання продукції. Сутність процесу полягає у впливі на попередньо підготовлену (засолену) сировину компонентів диму, що утворюються внаслідок піролізу деревини. До основних активних компонентів диму належать фенольні сполуки, органічні кислоти та карбонільні сполуки, які забезпечують антимікробну та антиоксидантну дію [28, 47].

Залежно від температурного режиму процесу розрізняють холодне (20–30°C), напівгаряче (40–60°C) та гаряче копчення (70–120°C). Холодне копчення є найбільш поширеним у виробництві делікатесної продукції, зокрема виробів типу «кіперс», оскільки забезпечує формування ніжної консистенції та характерного аромату. Водночас, як показано у сучасних дослідженнях, температури холодного копчення є недостатніми для повної інактивації мікроорганізмів, унаслідок чого у готовій продукції зберігається певний рівень мікрофлори [15, 90, 78,1].

У сучасній практиці сформовано декілька відомих технологічних підходів до копчення рибної продукції, які відрізняються способом формування коптільного середовища, тривалістю процесу та впливом на якість готового продукту.

Класичною є традиційна технологія димового копчення, яка передбачає оброблення продукту димоповітряною сумішшю, що утворюється при тлінні деревини. Даний спосіб забезпечує формування характерного смаку, аромату та кольору продукції. Разом з тим, у роботах ряду дослідників встановлено, що така технологія супроводжується утворенням поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), рівень яких залежить від виду деревини, температури та тривалості процесу. Крім того, спостерігається значна варіабельність фізико-хімічних показників продукції, що може негативно впливати на її стабільність під час зберігання [90, 53].

Альтернативним напрямом є технологія бездимного копчення із застосуванням коптільних препаратів (рідкого диму), яка передбачає використання очищених димових конденсатів. Дослідження показують, що

такий підхід дозволяє суттєво знизити вміст канцерогенних сполук і забезпечити більш контрольований технологічний процес [38, 33, 28]. Водночас, повна імітація органолептичних властивостей традиційного копчення залишається складним завданням.

Перспективним напрямом є електростатичне копчення, при якому осадження частинок диму відбувається в електричному полі високої напруги. Застосування цього методу дозволяє значно скоротити тривалість процесу копчення та забезпечити більш рівномірний розподіл коптильних компонентів [56].

Окрему групу становлять комбіновані технології копчення, що поєднують попереднє підсушування, використання коптильних препаратів і подальше димове копчення. Такі підходи дозволяють досягти балансу між безпечністю продукції та її органолептичними властивостями [33, 28, 56].

Важливим фактором, що визначає ефективність копчення, є властивості сировини. М'язова тканина риби характеризується високим вмістом води (64–92%), що істотно впливає на процеси сушіння та дифузії компонентів диму. Високий вміст води уповільнює проникнення коптильних речовин, тоді як її зниження сприяє формуванню більш щільної структури продукту [74].

Риба належить до найбільш швидкопсувних харчових продуктів, що зумовлено високою активністю ферментів, значним вмістом небілкових азотистих сполук та сприятливими умовами для розвитку мікроорганізмів. У процесі зберігання відбуваються окислення ліпідів, протеоліз та накопичення летких азотистих сполук, що призводить до погіршення якості продукції.

У зв'язку з цим сучасні технології копчення спрямовані на використання додаткових методів підвищення стабільності продукції. Одним із найбільш перспективних напрямів є застосування природних інгредієнтів рослинного походження, зокрема прянощів та їх екстрактів [28].

Використання прянощів у технології копченої риби є ефективним і науково обґрунтованим підходом до підвищення якості та стабільності продукції. Встановлено, що рослинні компоненти (зокрема чорний перець, часник,

чебрець, базилік та інші) проявляють антиоксидантні та антимікробні властивості, що сприяє пригніченню розвитку небажаної мікрофлори та уповільненню процесів окислення ліпідів, про що свідчить зниження показників пероксидного числа та тіобарбітурової кислоти (TBARS) під час зберігання [13, 71, 80, 85, 73, 93, 94]. Особливої актуальності застосування прянощів набуває у виробництві риби холодного копчення, де температурний режим (25–30°C) не забезпечує повної інактивації мікроорганізмів, у зв'язку з чим прянощі виконують функцію природних консервантів, одночасно покращуючи органолептичні властивості готового продукту.

У дослідженнях V. Varlet та ін. детально проаналізовано формування летких альдегідних сполук у копченій рибі, які відіграють ключову роль у формуванні характерного аромату продукції. Авторами встановлено, що під час копчення відбувається утворення широкого спектра летких компонентів, зокрема альдегідів, які формуються внаслідок окислення ліпідів та взаємодії компонентів диму з тканинами риби. Показано, що склад і концентрація цих сполук залежать від температурного режиму, тривалості копчення та властивостей сировини. Крім того, встановлено, що контроль процесів окислення ліпідів є визначальним фактором формування стабільного ароматичного профілю копченої продукції. Таким чином, результати дослідження підтверджують необхідність застосування антиоксидантних компонентів у технології копчення риби з метою запобігання небажаним змінам смаку та запаху продукції [102].

Аналогічно, у роботах M. Cardinal зі співавторами досліджено вплив параметрів процесу копчення на формування запаху копченого лосося та встановлено кореляцію між органолептичними характеристиками та хімічними показниками продукції. Авторами доведено, що інтенсивність та якість аромату копченої риби безпосередньо залежать від складу летких сполук, які утворюються під час копчення, а також від режимів технологічної обробки. Встановлено, що варіація температури та тривалості копчення призводить до змін у складі ароматичних компонентів, що впливає на сприйняття продукту

споживачем. При цьому підкреслюється, що оптимізація технологічних параметрів є необхідною умовою отримання продукції зі стабільними органолептичними властивостями [29].

У роботах J. K. Ekelemu та ін., досліджено вплив застосування сумішей прянощів на якість копченого сома. Авторами встановлено, що попередня обробка рибної сировини композиціями прянощів, до складу яких входили рослинні компоненти з вираженими ароматичними та біологічно активними властивостями, дозволяє суттєво покращити органолептичні показники готової продукції, зокрема смак, аромат і загальну сприйнятливність споживачами. Крім того, встановлено зниження інтенсивності розвитку мікрофлори під час зберігання, що обумовлено антимікробною дією біологічно активних речовин прянощів. В результаті цього термін зберігання копченої продукції подовжується, що свідчить про доцільність використання прянощів як природних консервантів у технології копчення риби [89].

Аналогічні результати отримано у дослідженнях S. A. O. Adeyeye зі співавторами розглянуто вплив рослинних компонентів на фізико-хімічні показники копченої риби. Встановлено, що використання прянощів сприяє зниженню швидкості окислення ліпідів, що підтверджується зменшенням показників пероксидного числа та TBARS. Автором доведено, що антиоксидантні властивості рослинних добавок дозволяють стабілізувати жирову фракцію рибної продукції та уповільнювати процеси псування, що є особливо важливим для продуктів холодного копчення [5].

Перспективним напрямом удосконалення технологій копченої риби є застосування молочнокислих бактерій як природних біоконсервантів. У роботах L. Françoise становлено, що молочнокислі бактерії є домінуючою мікрофлорою у рибних продуктах і відіграють важливу роль у формуванні їх мікробіологічної стабільності. Показано, що представники роду *Lactobacillus* здатні пригнічувати розвиток патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів за рахунок утворення органічних кислот, бактеріоцинів та інших антимікробних метаболітів. Крім того, їх використання сприяє зниженню рН середовища, що

створює несприятливі умови для розвитку мікрофлори, яка викликає псування продукту [35].

Подальший розвиток цього напрямку представлено у дослідженнях L. Iacumin та співавт., де обґрунтовано можливість використання молочнокислих бактерій як біозахисної культури у рибних продуктах. Авторами доведено, що внесення молочнокислих бактерій у технологічний процес дозволяє ефективно контролювати розвиток таких небезпечних мікроорганізмів, як *Listeria monocytogenes*, а також стабілізувати мікробіологічні показники продукції протягом зберігання. Встановлено, що застосування молочнокислих бактерій сприяє формуванню більш стабільного смако-ароматичного профілю та підвищує безпечність продукції без використання синтетичних консервантів [7].

Відома технологія ферментованої рибної продукції згідно патенту США, що передбачає підготовку рибної сировини родини *Salmonidae* або молюсків із подальшою ферментацією протягом 1–2 тижнів із застосуванням молочнокислих бактерій, таких як *Lactobacillus sakei* або *Lactobacillus plantarum*, при температурі не вище 10 °C, після чого здійснюють гаряче копчення та сушіння [59]. Застосування ферментації дозволяє покращити мікробіологічну безпечність продукції та сформувати характерний смако-ароматичний профіль, проте значна тривалість процесу обмежує його промислове використання.

Близьким за технологічною суттю є спосіб одержання копченого продукту з рибного м'яса згідно патенту ЕР, який передбачає оброблення риби у стерилізованому середовищі для культивування молочнокислих бактерій із використанням їх комбінацій, зокрема *Lactobacillus sakei* та *Lactococcus lactis*. Оброблення проводять при температурі близько 10 °C протягом 30 хвилин із подальшим сушінням і копченням [60]. Такий підхід забезпечує антибактеріальний та антиоксидантний ефект, однак потребує застосування спеціалізованих середовищ.

Відома технологія консервованого копченого рибного продукту, згідно патенту JPH02, що передбачає оброблення поверхні риби розчином рідкого диму, що містить 1,8–2,1 % оцтової кислоти, який наносять після видалення поверхневої вологи [61]. Незважаючи на скорочення тривалості процесу, така технологія може призводити до погіршення органолептичних властивостей продукції внаслідок підкислення та зневоднення поверхневих тканин.

Таким чином, аналіз літературних джерел та патентної інформації свідчить, що використання окремо прянощів або лише молочнокислих бактерій не забезпечує повною мірою комплексного ефекту. Зокрема, прянощі, незважаючи на виражені антиоксидантні та антимікробні властивості, не завжди гарантують достатній рівень мікробіологічної стабільності, тоді як застосування молочнокислих бактерій може впливати на традиційні органолептичні характеристики продукції. У зв'язку з цим доцільним є поєднання цих підходів у межах єдиної технології, що дозволить отримати синергетичний ефект і забезпечити високі показники якості та безпечності копченої риби [5, 102, 29, 89, 35, 7].

1.3. Особливості застосування молочнокислих бактерій у технології рибних продуктів.

Молочнокислі бактерії (МКБ) – це група грам-позитивних, неспорових, каталазо-негативних бактерій, які виробляють молочну кислоту як основний продукт метаболізму вуглеводів. До них належать такі роди, як *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus* та інші. МКБ є анаеробними або аеротолерантними мікроорганізмами, що мають складні харчові потреби, особливо щодо амінокислот і вітамінів [77, 55].

Основна роль МКБ у ферментації полягає в їх здатності перетворювати вуглеводи на молочну кислоту, що призводить до зниження рН середовища. Це сприяє пригніченню росту небажаних мікроорганізмів, включаючи патогени, що робить їх надзвичайно важливими у харчовій безпеці [9].

У свіжій рибі МКБ присутні в невеликих кількостях, оскільки умови зберігання та склад риби зазвичай сприяють зростанню грам-негативних

бактерій, таких як *Pseudomonas* та *Shewanella*. Проте у процесі зберігання рибних продуктів, особливо в умовах вакуумного пакування або модифікованої атмосфери, а також при додаванні солі, умови змінюються на користь розвитку МКБ [45, 99]. Це зумовлено тим, що висока концентрація солі пригнічує ріст грам-негативних бактерій, даючи перевагу МКБ, які стійкі до таких умов [45].

Молочнокислі бактерії давно використовуються в харчовій промисловості як ключовий інгредієнт для ферментації продуктів. Однак їхня роль у рибній промисловості, зокрема у виробництві копченої риби, лише нещодавно привернула увагу дослідників. Це обумовлено зростаючим попитом на натуральні продукти з тривалим терміном зберігання, які не містять штучних консервантів. МКБ можуть забезпечити біозахист, зберігаючи якість продукту і запобігаючи розвитку патогенних мікроорганізмів [45, 99].

МКБ включають різні роди бактерій, що мають спільну властивість— здатність перетворювати цукри на молочну кислоту. Основними представниками є:

- *Lactobacillus*: Цей рід включає численні види, такі як *Lactobacillus sakei* та *Lactobacillus plantarum*, які широко використовуються в харчовій промисловості для ферментації продуктів.
- *Carnobacterium*: Види цього роду, зокрема *Carnobacterium maltaromaticum*, часто зустрічаються у рибних продуктах. Вони здатні рости в умовах низьких температур і високої концентрації солі.
- *Leuconostoc*: Цей рід бактерій характеризується здатністю до гетероферментації, що призводить до утворення як молочної кислоти, так і діацетилу, який впливає на аромат продуктів.
- *Lactococcus*: Види цього роду, такі як *Lactococcus lactis*, використовуються в багатьох ферментованих продуктах, включаючи рибні.

У рибних продуктах МКБ виконують кілька важливих функцій:

- Продуктування молочної кислоти знижує рН середовища, що створює несприятливі умови для розвитку патогенних мікроорганізмів.

- МКБ можуть продукувати антимікробні пептиди, які пригнічують розвиток небажаних бактерій.
- МКБ впливають на смак, аромат і текстуру продукту через свою ферментативну активність [39].

Дослідження показують, що МКБ відіграють ключову роль у збереженні якості рибних продуктів.

Відомі технології рибних пресервів та консервів з використанням лактоферментованої сировини [108]. Доведено, що спеціальне внесення готових субстратів молочнокислих бактерій дозволяє стимулювати процеси дозрівання рибних пресервів та збагатити готову продукцію біологічно активними речовинами [152]. Крім того, молочна кислота здатна викликати перерозподіл форм зв'язку білків у м'язовій тканині гідробіонтів, при цьому спрямовано регулювати вологовіддачу, що важливо в процесах попередньої теплової обробки при виробництві консервів. Розроблено спосіб попереднього оброблення риби перед консервуванням з використанням ферментованого середовища на основі молочнокислої мікрофлори [151]. Застосування молочнокислої мікрофлори дозволяє отримати напівфабрикат з поліпшеними якісними та кількісними показниками, розширити асортимент виробів при значній економії енергоносіїв та зниженні собівартості продукції.

Серед зарубіжних вчених А.М. Castillo-Jiménez зі співавторами оцінили вплив занурення *Lactobacillus plantarum* і *Lactobacillus acidophilus* на філе *Oreochromis niloticus* і їх подальше зберігання при 5 °C протягом 30 днів [19]. Після 10 днів зберігання філе з LAB показало кількість 5,94 log КУО/г LAB і <2,7 log КУО/г коліформ і психрофілів, тоді як контрольне філе показало кількість 1,2 log КУО/г LAB, де загальна кількість коліформ і психрофіли перевищили ліміт, дозволений для споживання людиною, що свідчить про те, що біоконсервація за допомогою молочнокислих бактерій мала інгібуючий вплив на мікробіоту, пов'язаний із псуванням риби внаслідок продукції органічних кислот та/або бактеріоцинів; серед них *L. plantarum* мав термін зберігання до 20 днів.

V.Talledo Solórzano та ін. [16] проаналізували вплив на фізико-хімічні властивості (рН, втрату води та загальну кількість летких азотистих основ) та інгібування мікробіологічного псування філе червоної тілапії (*Oreochromis* sp.), яке зберігалось при $3 \pm 0,5$ °C протягом 30 днів до використовувати *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus acidophilus* шляхом занурення, і зробили висновок що МКБ здатні пригнічувати ріст мезофілів та *E. coli*, пов'язаних з протеолітичним руйнуванням м'язової тканини риби, зберігаючи їх довше та підтримуючи фізико-хімічну та мікробіологічну якість філе в межах встановлених технічних стандартів та зберігаючи якість сенсорних властивостей продукту. атрибути до 30 днів.

S. Salazar зі співавторами [86] вивчали вплив антимікробних екстрактів, отриманих з індивідуальних і змішаних культур LAB (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilacti* і *Leuconostoc mesenteroides*), застосованих до філе тілапії, а потім упакованих у вакуумі та зберігаючих при 8 °C протягом 10 днів. При застосуванні цих екстрактів на філе за допомогою занурення дослідники вказали, що концентрація аеробних мезофілів і загальних коліформ зменшилася на 2,8 і 1,6 логарифмічних циклів, відповідно, порівняно з контролем, спричинивши збільшення до трьох днів у термін зберігання продукту. Ці дослідники дійшли висновку, що екстракти пригнічують ріст мікробіоти, що викликає псування, сприяють терміну придатності та маркетингу, а також є альтернативою заміні хімічних консервантів, не впливаючи на органолептичні характеристики продукту.

В працях китайських вчених доведено, що комплексна взаємодія *Lactiplantibacillus plantarum* і *Latilactobacillus sakei* у процесі ферментації покращує якість слабосоленої тілапії, зокрема смак та показники текстури [96].

Дослідження показали, що *Lactiplantibacillus plantarum* був у ферментованій рибі домінуючим штамом, який може ефективно пригнічувати ріст гнилих бактерій. Тим часом *Latilactobacillus sakei* може покращувати вміст ароматичних амінокислот і незамінних амінокислот через ферментацію, покращуючи смак і поживну якість. *Lactiplantibacillus plantarum* сприяє

розкладу вуглеводів, генерує денатурацію та згортання білків, що важливо для формування гарної текстури.

Біозахисні властивості МКБ є однією з найважливіших причин їхнього використання в рибній промисловості. Бактеріюцини, що продукуються такими видами як *Carnobacterium divergens* та *Lactobacillus sakei*, мають потужну антимікробну активність, здатну пригнічувати ріст небажаних мікроорганізмів, включаючи патогени.

Завдяки здатності МКБ пригнічувати розвиток псуєчих мікроорганізмів і патогенів, таких як *Clostridium botulinum*, вони забезпечують тривалий термін зберігання продукту без необхідності використання хімічних консервантів.

Р.М. Kaktcham та ін. [14] оцінили антимікробну дію частково очищеного низину, що виробляється *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* у порівнянні з хімічним консервантом (бензоатом натрію) при інокуляції разом з *Vibrio* sp. У рибному паштеті з подальшим зберіганням при 10 °C протягом 20 днів. Дослідники відзначили здатність бактеріюцину пригнічувати ріст *Vibrio* sp. Завдяки зниженню мікробного навантаження на рибний паштет на 0,4 log₁₀ КУО/г після 10 днів зберігання порівняно з 0,3 log₁₀ КУО/г через 5 днів при використанні бензоату натрію; вони дійшли висновку, що бактеріюцин можна успішно використовувати як консервант для підвищення безпеки, гігієнічної якості та терміну придатності рибного паштету без впливу на сенсорні властивості.

Деякі штами, такі як *Carnobacterium divergens*, можуть також сприяти збереженню риби при низьких температурах, що є важливим для збереження її смакових та поживних властивостей. Це особливо важливо для продуктів, що зберігаються в умовах низьких температур, таких як копчена риба [40].

Копчення риби створює умови, сприятливі для розвитку МКБ. Високі концентрації солі та диму знижують активність води, що обмежує ріст більшості мікроорганізмів. Однак МКБ, які є стійкими до таких умов, починають розмножуватися і відіграють ключову роль у формуванні мікробного складу продукту. Наприклад, *Lactobacillus curvatus* та *Carnobacterium piscicola* можуть домінувати в копченій рибі, впливаючи на її аромат і текстуру.

У процесі зберігання копченої риби, *Carnobacterium maltaromaticum* може стати домінуючим видом, завдяки своїй здатності виживати при низьких температурах і високій концентрації солі. Ці бактерії можуть запобігати розвитку патогенних мікроорганізмів, таких як *Listeria monocytogenes*, а також зменшувати оксидацію ліпідів, що сприяє збереженню смакових якостей продукту [83, 40].

Важливо відзначити, що розвиток МКБ може бути як позитивним, так і негативним. Позитивний вплив включає збереження риби за рахунок пригнічення росту псуєчих бактерій. Негативний вплив може проявлятися у вигляді небажаних змін органолептичних властивостей продукту, таких як надмірна кислотність або розвиток неприємних запахів [40].

Наприклад, *Lactobacillus sakei* може сприяти утворенню летких кислот, що надають продукту кислого смаку. Водночас, *Carnobacterium maltaromaticum* може виробляти діацетил, який надає продукту маслянистого аромату, що не завжди є бажаним [9].

МКБ можуть впливати на текстуру риби, наприклад, за рахунок вироблення полісахаридів, що робить продукт більш ніжним та соковитим.

Сом є популярним рибним продуктом у багатьох країнах завдяки своєму ніжному м'ясу та нейтральному смаку, що робить його ідеальним для різних кулінарних процесів, включаючи копчення. Однією з важливих складових процесу копчення є використання молочнокислих бактерій (МКБ), які можуть значно вплинути на якість та безпеку кінцевого продукту. Це обумовлено здатністю МКБ не лише забезпечувати збереження продукту, але й формувати його органолептичні властивості.

У процесі виробництва копченого сома, МКБ можуть використовуватися як природні консерванти. Наприклад, додавання штамів *Lactobacillus plantarum* або *Carnobacterium divergens* перед копченням може допомогти знизити рН м'яса риби, що пригнічує розвиток патогенних мікроорганізмів, таких як *Listeria monocytogenes*. Це особливо важливо для сома, який, як відомо, має високий

вміст води, що може сприяти розвитку небажаних мікроорганізмів під час зберігання [77].

МКБ можуть суттєво вплинути на смак, аромат і текстуру копченого сома. Вони здатні продукувати органічні кислоти, які не тільки покращують смакові характеристики продукту, але й надають йому легку кислинку, яка є характерною для багатьох ферментованих продуктів. Крім того, деякі штами МКБ, такі як *Carnobacterium maltaromaticum*, можуть виробляти ароматичні сполуки, що надають продукту специфічного аромату, наприклад, маслянистого або молочного.

Використання МКБ у виробництві копченого сома дозволяє значно підвищити його безпеку. Завдяки своїм антимікробним властивостям, МКБ можуть пригнічувати розвиток псуєчих мікроорганізмів та патогенів, що забезпечує триваліший термін зберігання продукту. Це особливо важливо в умовах вакуумного пакування, де анаеробні умови можуть сприяти розвитку таких небезпечних бактерій, як *Clostridium botulinum* [40, 64].

Перед копченням сома, його можна піддати попередній ферментації за допомогою МКБ, що дозволяє не тільки покращити органолептичні властивості, але й підготувати рибу до копчення, знижуючи ризик розвитку небажаної мікрофлори. Ферментація може включати додавання *Lactobacillus sakei* або *Leuconostoc mesenteroides*, які підвищують кислотність середовища, знижуючи рН до рівня, несприятливого для патогенів.

Дослідження показали, що використання МКБ у виробництві копченого сома може значно підвищити його якість. Наприклад, додавання *Lactobacillus plantarum* у процесі підготовки риби до копчення дозволяє знизити рівень окислення жирів, що покращує смакові характеристики продукту та подовжує його термін зберігання. Крім того, використання *Carnobacterium divergens* дозволяє зменшити ризик розвитку *Listeria monocytogenes*, що підвищує безпеку продукту [40, 64, 48].

Використання молочнокислих бактерій у виробництві копченого сома є ефективним способом покращення якості та безпеки цього продукту. Завдяки

своїм антимікробним властивостям, МКБ забезпечують довготривале зберігання риби без втрати її органолептичних властивостей. Додатково, МКБ можуть позитивно впливати на смакові характеристики копченого сома, надаючи йому специфічного аромату і текстури. Це робить їх незамінним інструментом у виробництві високоякісних рибних продуктів [77,17].

1.4. Теоретичне обґрунтування використання сировини у технології кіперсу.

Кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) — це один із найпоширеніших видів риб, який вирощується в аквакультурі завдяки своїй високій витривалості та швидким темпам росту. Його вирощують у багатьох країнах світу, зокрема і в Україні, де його м'ясо вважається цінним джерелом білка. Техно-хімічна характеристика м'яса цього виду риб є важливим аспектом для його використання у харчовій промисловості, зокрема в кулінарії, переробці та зберіганні. Розглянуто основні хімічні, фізичні та технологічні властивості м'яса кларієвого сома. Хімічний склад рибного м'яса є ключовим показником його харчової цінності та технологічних характеристик [53,82].

Білки є основним компонентом м'яса риби і відіграють важливу роль у харчуванні людини. У м'ясі кларієвого сома вміст білка становить приблизно 16-19%. Це повноцінні білки, які містять всі необхідні амінокислоти, включаючи незамінні, такі як лейцин, ізолейцин і лізин. Такий високий рівень білка робить м'ясо кларієвого сома цінним продуктом для людей, які потребують підвищеного споживання білкових продуктів [90, 53].

Жири в м'ясі риб складають близько 8-10%, і їх хімічний склад містить як насичені, так і ненасичені жирні кислоти. Важливим компонентом є омега-3 та омега-6 жирні кислоти, які відіграють ключову роль у підтримці здоров'я серцево-судинної системи. Жири в м'ясі кларієвого сома також забезпечують його ніжну текстуру і приємний смак.

Вода є основною частиною рибного м'яса і в кларієвому сомі вона становить 70-75%. Вміст води варіюється в залежності від віку риби, умов її вирощування та способу приготування. Високий вміст води сприяє збереженню

свіжості риби, але також зменшує її термін придатності при неправильному зберіганні [53, 82].

М'ясо кларієвого сома містить близько 1,0-1,5% золи, яка включає в себе мінеральні речовини, такі як кальцій, фосфор, залізо та магній. Ці елементи необхідні для підтримки здоров'я кісткової системи, нормального функціонування м'язів та нервової системи.

Вміст вуглеводів у м'ясі кларієвого сома незначний — менше 1%, оскільки рибне м'ясо загалом характеризується низьким вмістом вуглеводів. Однак вони можуть мати значення у процесі кулінарної обробки, впливаючи на колір і текстуру м'яса під час термічного впливу [53].

Енергетична цінність кларієвого сома варіюється в межах 120-150 ккал на 100 грам продукту. Це порівняно низькокалорійний продукт, що робить його привабливим для людей, які стежать за калорійністю свого раціону. Основними джерелами енергії є білки та жири, які забезпечують організм важливими нутрієнтами, не перевантажуючи його надмірною кількістю калорій.

М'ясо кларієвого сома характеризується високою харчовою цінністю та є джерелом важливих вітамінів і мінеральних речовин, необхідних для підтримання нормального функціонування організму людини. Зокрема, воно містить вітамін D, який сприяє засвоєнню кальцію та фосфору і відіграє ключову роль у підтриманні здоров'я кісткової тканини, вітамін B12, що забезпечує нормальне функціонування нервової системи та бере участь у процесах кровотворення, а також вітамін E, який проявляє антиоксидантні властивості та захищає клітини від оксидативного стресу. Крім того, м'ясо кларієвого сома є джерелом важливих мінералів, серед яких кальцій і фосфор, необхідні для формування та зміцнення кісток і зубів, залізо, що бере участь у транспортуванні кисню та синтезі гемоглобіну, магній, який забезпечує нормальну діяльність м'язової та нервової систем, а також селен — мікроелемент із вираженими антиоксидантними властивостями. [90, 53].

М'ясо кларієвого сома відрізняється ніжною текстурою, злегка маслянистим смаком і рівномірною структурою, що робить його придатним для

різних методів приготування. Воно добре піддається смаженню, запіканню, тушкуванню та копченню. Особливо цінується в ресторанах через його здатність зберігати текстуру після термічної обробки.

Кларієвий сом добре переносить різні технологічні методи обробки, зокрема заморожування та консервацію. Важливою характеристикою є здатність м'яса зберігати свої смакові якості та харчову цінність після тривалого зберігання в замороженому стані.

М'ясо кларієвого сома добре піддається заморожуванню, що дозволяє зберігати його поживні властивості протягом тривалого часу. Однак, як і для будь-якого м'яса, повторне заморожування не рекомендується, оскільки це може негативно вплинути на текстуру та смакові якості продукту. При температурі -18°C риба може зберігатися до 6 місяців без значних втрат поживних речовин.

Кларієвий сом є надзвичайно цінною рибою як з харчової, так і з технологічної точки зору. Його хімічний склад робить його джерелом повноцінного білка та ненасичених жирів, необхідних для здоров'я людини. М'ясо кларієвого сома має високу технологічну цінність завдяки своїй ніжній текстурі та здатності добре переносити термічну обробку, що робить його ідеальним для широкого використання у харчовій промисловості [15, 90, 53].

Пряно-ароматичні добавки широко використовуються в кулінарії для покращення смаку та аромату страв. Вони містять різноманітні ефірні олії, які активізують органи чуття, покращують травлення та додають стравам унікальні смакові властивості. Серед таких популярних добавок — тим'ян, чорний перець, паприка, кмин, розмарин, базилік і сушений часник [51].

Чебрець (*Thymus vulgaris*) є однією з поширених пряних рослин, що широко використовується у технологіях харчових продуктів, зокрема при виробництві копченої риби. Його хімічний склад характеризується наявністю ефірної олії (0,5–1,2%), основними компонентами якої є тимол (до 40%), карвакрол, пінен, борнеол і ліналол. Чебрець має виражений пряний, дещо гіркуватий смак і насичений аромат із легкими камфорними нотами, що зумовлює його широке використання для ароматизації рибних і м'ясних

продуктів, супів і соусів. Завдяки вмісту біологічно активних сполук він проявляє антисептичні та протизапальні властивості, а також позитивно впливає на процеси травлення. У технології копчення чебрець використовується як природний ароматизатор, що гармонійно поєднується з компонентами диму, підсилюючи ароматичний профіль продукції та надаючи їй характерного пряного, злегка землистого відтінку. Ефірні олії, зокрема тимол і карвакрол, сприяють формуванню більш насиченого та глибокого смаку копчених продуктів, підсилюючи їх органолептичні властивості [81, 51].

Чорний перець мелений (*Piper nigrum*) є однією з найпоширеніших прянощів, що широко застосовується у технології харчових продуктів, зокрема при виробництві копченої риби. Його хімічний склад характеризується вмістом піперину (4–10%), який зумовлює характерну гостроту, а також ефірних олій (до 2%), що формують ароматичний профіль. Чорний перець має виражений гострий, пекучий смак і теплий пряний аромат, інтенсивність якого підвищується після подрібнення. Він є універсальною приправою, що використовується у різних видах страв, зокрема рибних виробів, завдяки здатності підсилювати смакові властивості сировини. Крім того, чорний перець проявляє антибактеріальні властивості та стимулює процеси травлення. У технології копчення його застосування сприяє формуванню пікантного смаку та гармонійного поєднання з ароматом диму. Під час термічної обробки піперин активізується, що забезпечує формування більш насиченого, теплого пряного аромату та покращує органолептичні характеристики готового продукту [98, 31].

Паприка (*Capsicum annuum*) є важливою пряністю, що широко використовується у технології рибних продуктів, зокрема при виробництві копченої риби. Її хімічний склад представлений каротиноїдами, які зумовлюють характерне забарвлення, капсаїцином (для гострих сортів), а також вітаміном С і ефірними оліями. Залежно від виду паприка може мати солодкуватий або помірно гострий смак із теплим ароматом, що добре поєднується з димом. У технології копчення паприка виконує не лише ароматичну, а й

колороутворюючу функцію, надаючи продукту привабливого червонуватого відтінку та м'якого, злегка солодкуватого смаку. Її використання сприяє підсиленню органолептичних характеристик і формуванню більш збалансованого смакового профілю копченої продукції [98, 31].

Кмин (*Cuminum cyminum*) також застосовується як пряність для збагачення смаку копчених продуктів. Він характеризується наявністю кумінових альдегідів, які формують характерний пряний, злегка землистий аромат. У поєднанні з компонентами диму кмин підсилює глибину смаку та надає продукту більш вираженого і насиченого ароматичного профілю, особливо при використанні в композиціях спецій [98, 31].

Розмарин (*Rosmarinus officinalis*) є пряною рослиною, що широко використовується у технології рибних продуктів, зокрема при копченні. Його хімічний склад представлений ефірною олією (до 2%), до складу якої входять розмаринова кислота, камфора, пінен і цинеол. Розмарин характеризується інтенсивним ароматом із хвойними та камфорними нотами і пряним, злегка гіркуватим смаком. Завдяки високому вмісту біологічно активних сполук він проявляє антиоксидантні та протизапальні властивості. У процесі копчення розмарин надає продуктам насиченого аромату, який гармонійно поєднується з компонентами диму, формуючи глибокий та виразний смаковий профіль. Камфора і цинеол підсилюють аромат диму, роблячи його більш інтенсивним і водночас освіжаючим [81, 51].

Базилік (*Ocimum basilicum*) також широко застосовується у виробництві копчених рибних продуктів. Він містить ефірну олію (0,2–1,2%), основними компонентами якої є евгенол, ліналол і камфора. Базилік має приємний солодкувато-пряний аромат із легкими м'ятними або гвоздичними нотками та свіжий, дещо гіркуватий смак. Завдяки своїм антибактеріальним властивостям і здатності покращувати травлення він є цінним функціональним компонентом. У технології копчення базилік надає продукції більш м'якого, свіжого ароматичного відтінку, пом'якшуючи інтенсивність диму та формуючи

гармонійний смаковий баланс. Наявність евгенолу та ліналолу сприяє посиленню ароматичних властивостей продукту [81, 51].

Часник сушений (*Allium sativum*) є важливою пряністю, що активно використовується у виробництві копчених рибних виробів. Його хімічний склад багатий на сірковмісні сполуки, зокрема аліцин, який визначає характерний різкий аромат і виражені антимікробні властивості. Сушений часник має інтенсивний, пекучий смак і стійкий аромат, що зберігається під час технологічної обробки. У процесі копчення аліцин активізується, надаючи продуктам насиченого часникового аромату, який добре поєднується з димом та іншими прянощами. Крім того, його використання сприяє пригніченню розвитку небажаної мікрофлори та підвищенню стабільності продукції під час зберігання [81, 51, 98].

Ці прянощі не лише покращують смак і аромат страв, але й сприяють покращенню травлення та загальному зміцненню організму, завдяки своїм лікувальним властивостям.

Прянощі та трави додають додатковий рівень складності в смакові властивості копчених страв, створюючи унікальні комбінації ароматів.

Пряно-ароматичні добавки не лише впливають на смак, але й можуть змінювати зовнішній вигляд та текстуру копчених продуктів.

Деякі спеції, такі як паприка, надають продуктам яскравий червоний або помаранчевий відтінок, що робить їх більш апетитними. Наприклад, ковбаси, оброблені паприкою перед копченням, набувають насиченого кольору, що є важливим елементом візуальної презентації.

Чорний перець і кмин можуть впливати на текстуру поверхні продукту, створюючи легку скоринку на поверхні м'яса або ковбаси. Це додає продуктам не лише привабливий вигляд, але й сприяє кращому збереженню вологи під час копчення, що робить кінцевий продукт соковитішим.

Прянощі, такі як розмарин і часник, мають антиоксидантні властивості, що допомагають продовжити термін зберігання копчених продуктів. Вони перешкоджають окисленню жирів, що є важливою проблемою під час тривалого

зберігання м'яса. Часник і чорний перець мають антимікробні властивості, що допомагають захистити копчені продукти від бактеріального псування. Це особливо важливо для продуктів, які зберігаються без охолодження. Пряно-ароматичні добавки значно впливають на процес копчення, підсилюючи смак, аромат, зовнішній вигляд і текстуру копчених продуктів. Вони не лише додають індивідуальні нотки до смакового профілю страв, але й сприяють продовженню терміну їх зберігання завдяки своїм антиоксидантним і антимікробним властивостям. Правильний підбір і поєднання спецій дозволяє отримати копчені продукти високої якості з унікальним смаковим відтінком [81, 51, 98, 31, 63].

Висновки до розділу 1

У результаті проведеного аналізу сировинної бази та ринку рибної продукції в Україні встановлено, що власна сировинна база формується за рахунок вилову у внутрішніх водоймах, океанічного промислу та аквакультури, причому остання є найбільш перспективним напрямом розвитку галузі, оскільки забезпечує стабільність виробництва та можливість його нарощування незалежно від зовнішніх факторів. Показано, що в умовах обмеження природних ресурсів та ускладнення промислу особливої актуальності набуває використання нових об'єктів аквакультури, серед яких африканський сом (*Clarias gariepinus*) є одним із найбільш перспективних завдяки високим темпам росту, невибагливості до умов вирощування та високим харчовим і технологічним властивостям.

Аналіз сучасних технологій виготовлення копчених рибних продуктів показав, що копчення є ефективним методом консервування, проте потребує впровадження більш безпечних і контрольованих методів. Перспективними напрямками підвищення якості та стабільності копченої продукції є застосування молочнокислих бактерій та природних інгредієнтів рослинного походження, зокрема прянощів.

Молочнокислі бактерії є перспективними культурами для виробництва рибних продуктів, оскільки забезпечують пригнічення патогенної та псувної

мікрофлори, підвищують безпечність продукції та подовжують термін її зберігання. Завдяки утворенню молочної кислоти, бактеріоцинів та інших антимікробних сполук вони сприяють зниженню рН середовища, покращують органолептичні властивості, текстуру та стабільність якості рибної сировини.

Особливого значення набуває також використання природних добавок рослинного походження, які формують смако-ароматичні характеристики продукції та проявляють антиоксидантні й антимікробні властивості.

Таким чином, удосконалення технологій виробництва копчених рибних продуктів шляхом використання перспективної сировини та природних функціональних інгредієнтів є актуальним науковим і практичним завданням, що обґрунтовує доцільність проведення подальших досліджень у даному напрямі.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Головним напрямом проведення досліджень було удосконалення технології виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс» з м'яса африканського кларієвого сома із застосуванням молочнокислих бактерій з метою підвищення показників якості, безпечності зберігання продукції.

2.1. Об'єкт і предмет досліджень

Експериментальні дослідження проводились протягом 2022-2026 рр у лабораторіях кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів, а також в українській лабораторії якості і безпеки АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України; в Інституті біохімії ім. О.В. Палладіна; в Інституті продовольчих ресурсів НААН України; у виробничих умовах ПП ТДС «НЕПТУН».

Об'єкт дослідження – технологія риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома із застосуванням молочнокислих бактерій та прянощів.

Предмет дослідження – риба африканський кларієвий сом; молочнокислі бактерії *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* та композицій *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus* і *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum*; прянощі (чебрець, базилік), перець чорний мелений; показники якості та безпечності сировини; продукти холодного копчення типу «Кіперс»; показники якості та безпечності готової продукції, а також зміни цих показників у процесі зберігання.

При виробництві Кіперсу використовувалась наступна сировина:

- 1) риба жива кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) згідно з ДСТУ 2284:2010 [113];
- 2) сіль кухонна харчова згідно з ДСТУ 3583:2015 [115];
- 3) вода питна згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 та ДСТУ 7525:2014 [122];
- 4) чебрець сушений згідно з ДСТУ 7160:2020 [121];
- 5) перець чорний мелений згідно з ДСТУ ISO 959-1:2008 [144];

- 6) паприку мелену згідно з ДСТУ ISO 972:2008 [145];
- 7) кмин згідно з ДСТУ ISO 6465:2003 [139];
- 8) розмарин сушений згідно з ДСТУ ISO 11164:2019 [135];
- 9) базилік сушений відповідно до технічних умов виробника;
- 10) часник сушений відповідно до технічних умов виробника;
- 11) молочнокислі бактерії (чисті культури або їх композиції), зокрема дозволені до використання у харчовій промисловості, що відповідають технічним умовам виробника та мають висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи;
- 12) пакувальні матеріали, дозволені до контакту з харчовими продуктами відповідно до чинного законодавства України.

Якість сировини та матеріалів відповідали вимогам нормативної документації.

2.2. Схема проведення досліджень

Теоретичні та експериментальні дослідження проводили відповідно до розробленої програми досліджень (рис. 2.1), яка передбачала послідовне виконання аналітичних, експериментальних та узагальнюючих етапів.

На першому етапі досліджень було здійснено аналіз науково-технічної, нормативної та патентної літератури щодо сучасного стану виробництва рибної продукції холодного копчення, а також особливостей використання молочнокислих бактерій у технологіях харчових продуктів. На основі проведеного аналізу визначено актуальність досліджень, сформульовано мету та основні завдання роботи, обґрунтовано доцільність використання м'яса африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) як перспективної сировини для виготовлення рибної продукції.

На другому етапі досліджень проводили експериментальні дослідження, спрямовані на удосконалення технології виробництва риби холодного копчення із застосуванням молочнокислих бактерій та прянощів. Для цього здійснювали підготовку рибної сировини, соління, оброблення культурами молочнокислих бактерій та прянощів, підсушування та холодне копчення.

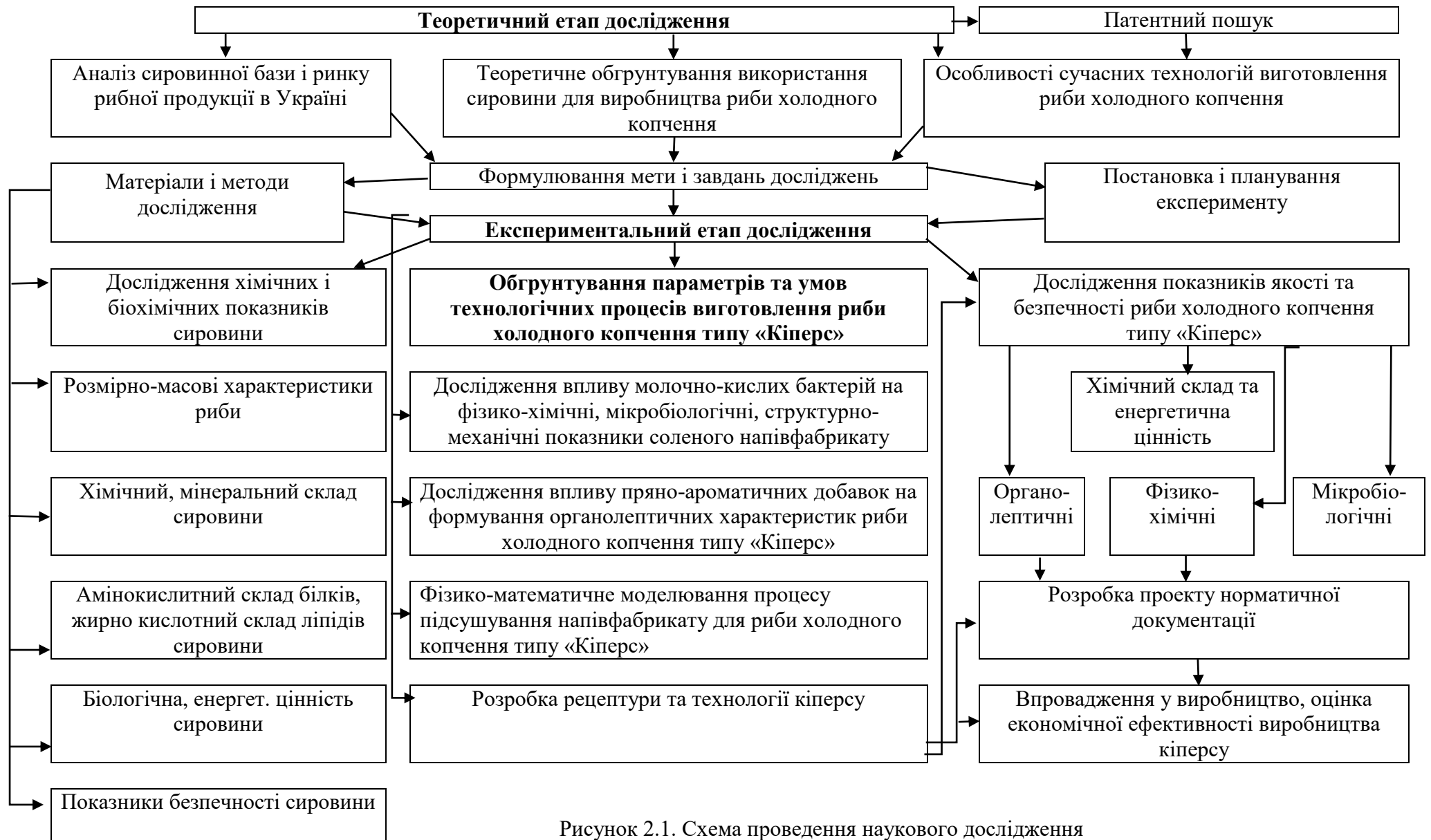


Рисунок 2.1. Схема проведення наукового дослідження

У процесі досліджень формували контрольні та дослідні зразки продукції, що відрізнялися використанням різних культур молочнокислих бактерій та різних видів пряно-ароматичних добавок.

У ході експериментальних досліджень визначали основні показники якості соленого напівфабрикату та готової продукції з метою обґрунтування рецептури та технології риби холодного копчення типу «Кіперс». Було досліджено активну кислотність (рН), активність води, буферність, органолептичні характеристики, та мікробіологічні показники, що дозволяло оцінити вплив молочнокислих бактерій і прянощів на якість та мікробіологічну стабільність. Особливу увагу приділили дослідженню вологості та оптимізації процесу підсушування.

На третьому етапі досліджували показники якості та безпечності розроблених зразків та вивчали динаміку змін цих показників у процесі зберігання. Зокрема досліджували зміни органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників риби холодного копчення типу «Кіперс» протягом встановленого терміну зберігання.

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень здійснювали узагальнення даних, удосконалювали технологію риби холодного копчення типу «Кіперс» та проводили її апробацію у виробничих умовах.

2.3. Методи досліджень

Для проведення експериментальних досліджень використовували комплекс органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних методів, а також методи математичної обробки експериментальних даних із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

Відбір проб для органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних досліджень проводили згідно з ДСТУ 7972:2015 [126].

Органолептичну оцінку зразків риби холодного копчення типу «Кіперс» проводили за розробленою нами шкалою, з урахуванням рекомендацій щодо сенсорного аналізу риби холодного копчення [157] та вимог нормативних документів на цей вид продукції [125]. Результати органолептичного аналізу виражали у балах за п'ятибальною шкалою, що дозволяє визначити

інтенсивність прояву окремих сенсорних показників та здійснити їх узагальнену оцінку (табл. 2.1). Органолептична оцінка включала такі показники: зовнішній вигляд, колір, запах, смак та консистенція продукту. Під час оцінювання консистенції визначали щільність, сухуватість. Оцінку запаху здійснювали з урахуванням інтенсивності прояву аромату копчення та запаху добавок, наявності можливих сторонніх або нетипових ароматів, в тому числі запаху окисленого жиру. При оцінці смаку ключовими характеристиками були відповідність даному виду копченого продукту, наявність сирості та гіркоти.

Таблиця 2.1

Бальна шкала органолептичної оцінки кіперсу

Показник	Характеристика показника	Бал
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста, суха, рівномірно прокопчена, колір світло-золотистий або золотисто-коричневий, механічні пошкодження та дефекти відсутні	5
	Поверхня чиста, суха, колір властивий продукту, допускається незначна нерівномірність забарвлення	4
	Поверхня чиста, незначна нерівномірність копчення або незначні дефекти поверхні	3
	Помітна нерівномірність копчення, незначні механічні пошкодження	2
	Значні дефекти поверхні, різка нерівномірність копчення	1
Запах	Приємний аромат копчення, властивий рибі холодного копчення, без сторонніх запахів	5
	Добре виражений аромат копчення, допускається легкий аромат прянощів	4
	Помірно виражений аромат копчення	3
	Слабко виражений аромат або незначний сторонній запах	2
	Неприємний або різко виражений сторонній запах	1
Смак	Гармонійний, приємний, властивий рибі холодного копчення, без сторонніх присмаків	5
	Добре виражений пряно-копчений смак, допускається легка гіркуватість	4
	Помірно виражений смак копчення	3
	Слабко виражений смак або наявність стороннього присмаку	2
	Неприємний смак, виражені сторонні присмаки, присмак сирості	1
Консистенція	Щільна, пружна, соковита, характерна для риби холодного копчення	5
	Достатньо щільна, допускається незначна сухуватість	4
	Помірно щільна, трохи пухка	3
	М'яка або неоднорідна	2
	Дуже пухка або надмірно суха	1

З метою обґрунтування вибору пряно-ароматичних добавок у складі рецептури риби холодного копчення типу «Кіперс» було проведено органолептичну оцінку сумісності інгредієнтів методом профілю флейвору, відповідно до вимог ДСТУ ISO 6564:2005 [140]. Формування системи дескрипторів здійснювали з урахуванням рекомендацій ДСТУ ISO 11035:2005 [134]. До переліку дескрипторів було включено показники, що характеризують смак і аромат (рибний смак і аромат, інтенсивність димного аромату, прояв смаку і запаху добавок, гіркота, ознаки окисненого жиру, загальне сенсорне враження), а також показники консистенції (щільність м'яса, соковитість, ніжність). Оцінювання інтенсивності кожного дескриптора здійснювали за п'ятибальною шкалою за участю дегустаційної комісії у складі 8 осіб. Як еталон використовували зразок із найбільш збалансованими сенсорними характеристиками. Результати профільного аналізу обробляли шляхом побудови органолептичних профілів (профілограм), що дозволяло візуалізувати співвідношення окремих дескрипторів у структурі флейвору та провести порівняльний аналіз дослідних зразків.

Метод профілювання флейвору також було використано для сенсорної оцінки готової продукції, у відповідності до розроблених нами дескрипторів, згідно з ДСТУ ISO 6564:2005 [140] та рекомендацій з сенсорної оцінки [157].

Під час виконання дисертаційної роботи фізико-хімічні та мікробіологічні показники визначали за такими методиками:

- 1) розмірно-масові характеристики рибної сировини визначали відповідно до вимог ДСТУ 2284:2010 [113];
- 2) масову частку вологи визначали шляхом висушування зразку до постійної маси при температурі 105°C, згідно з ДСТУ 8029:2015 [127];
- 3) масову частку білка визначали за вмістом загального азоту методом К'ельдаля відповідно до ДСТУ 8030:2015 [128]. Мінералізацію зразків проводили на дигесторі Velp Scientifica серії DK6 (Італія) з вакуумним насосом (JP). Процес відгонки здійснювали на апараті Velp Scientifica UDK 129 (Італія);

- 4) масову частку ліпідів –екстракційно-ваговим методом Сокслета на апараті Сокстек SOX 406 Fat Analyzer згідно з ДСТУ 8717:2017 [130];
- 5) масову частку золи визначали ваговим методом після мінералізації наважки у муфельній печі при температурі 500–600 °С відповідно до ДСТУ 8718:2017 [131];
- 6) енергетичну цінність продукту визначали розрахунковим методом на основі вмісту білків, жирів та вуглеводів [164]
- 7) білково-водний коефіцієнт (БВК), білково-водно-жировий коефіцієнт (БВЖК) –розрахунковим методом [161];
- 8) масову частку амінокислот визначали методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії на автоматичному аналізаторі Т-339 виробництва (Чехія) згідно ДСТУ ISO 13903:2009 [137]. Вміст триптофану визначали колориметричним методом після попереднього лужного гідролізу;
- 9) амінокислотний скор визначали розрахунковим методом [164];
- 10) фракційний склад ліпідів визначали за допомогою денситометра Sorbfil TLC. Розділення фракційного складу ліпідного екстракту проводили в системі розчинників гексан:диетиловий ефір:оцтова кислота на силікагелевих пластинках [124];
- 11) жирнокислотний склад визначали методом газової хроматографії з використанням хроматографу «Купол-55» та роторного випарювача «RVO 400», згідно ДСТУ EN ISO 12966-4:2019, EN ISO 12966-4:2015, IDT; ISO 12966-4:2015, IDT [133]
- 12) екстрагування ліпідів – за методами Фолча і Блайя-Дайера [34]
- 13) коефіцієнт біологічної значущості ліпідів (Кбз) розраховували як відношення суми ейкозапентаєнової та докозагексаєнової кислот до масової частки жиру в продукті.
- 14) мінеральний склад м'яса визначали згідно з ДСТУ 7670:2014 [123] методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою;
- 15) вміст важких металів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії згідно з ДСТУ 8719:2017 [132];

16) показник активності води, за допомогою високочутливого приладу Hygro Palm HP23-AW (Великобританія), згідно з ДСТУ ISO 21807 [138];

17) показник рН проводили потенціометричним методом, відповідно до ДСТУ ISO 2917-2001 [116];

18) масову частку азоту летких основ (АЛО) визначали титрометричним методом, вільні та зв'язані леткі основи відганяли водяною парою [161];

19) Структурно-механічні властивості, а саме зусилля зрізу та роботи 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.

20) кислотне число жиру визначали згідно з ДСТУ 4350:2004 (ISO 660:1996, NEQ) [117];

21) пероксидне число жиру згідно з ДСТУ 4570:2006 [119];

22) дослідження змін якості в процесі зберігання проводили відповідно до рекомендацій санітарно-епідеміологічної оцінки обґрунтування термінів придатності та умов зберігання харчових продуктів [154];

23) кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), згідно з ДСТУ 8446:2015 [129]; бактерій групи кишкової палички, згідно з ДСТУ 30726:2002 [114]; золотистого стафілококу,

згідно з ДСТУ ISO 6888-1:2003 [142]; патогенних мікроорганізмів, в т.ч. роду *Salmonella* згідно з ДСТУ EN 12824:2004 [143] та *Listeria monocetogenes* згідно з ДСТУ ISO 11290-1:2003 [136];

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювалась за критерієм Стьюдента за рівнем значимості $P \leq 0,05$ у відповідності до методичних рекомендацій О.С. Віннова [107]. Для обробки даних і побудови графіків використовували програмний пакет Microsoft Excel для Windows 2023.

Висновки до розділу 2

Визначено об'єкт та предмет досліджень. Розроблено та систематизовано загальну схему проведення досліджень, яка включає теоретичний, експериментальний та узагальнюючий етапи, що забезпечує послідовність і наукову обґрунтованість виконання роботи.

Встановлено основні етапи експериментальних досліджень, що передбачають підготовку сировини, оброблення молочнокислими бактеріями, соління, підсушування та холодне копчення, а також формування контрольних і дослідних зразків продукції.

Сформовано комплекс методів досліджень, який включає органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні методи, що дозволяє всебічно оцінити якість і безпечність продукції, а також встановити вплив технологічних факторів на її властивості.

Передбачено застосування методів математичної та статистичної обробки результатів досліджень із використанням сучасних програмних засобів, що забезпечує достовірність отриманих результатів та їх наукову обґрунтованість.

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ ТИПУ «КІПЕРС»

3.1. Характеристика харчової і біологічної цінності та безпеки африканського сома

Обґрунтування використання африканського кларієвого сома, як доступної прісноводної сировини для виробництва продукції типу «Кіперс», потребує комплексного оцінювання його технологічної придатності. Цей показник включає дослідження розмірно-масових характеристик, хімічного та біохімічного складу.

Рациональне використання африканського сома в першу чергу залежить від його розмірно-масового складу, оскільки саме ці показники визначають спосіб розбирання риби та перебіг подальших технологічних операцій таких як підсушування та копчення. Морфометричні параметри безпосередньо впливають на вихід їстівної частини, співвідношення м'язової та кісткової тканини, інтенсивність тепломасообмінних процесів, а також формування текстури готового продукту.

З метою обґрунтування вибору африканського кларієвого сома, як перспективної сировини, проведено порівняльний аналіз його з товстолобом, який є традиційним представником прісноводної аквакультури. Для порівняльного аналізу, обрано екземпляри, що входили до великої та дрібної розмірних груп. Результати морфометричних вимірювань наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Розмірний склад африканського сома порівняно з товстолобом

(n = 3, p < 0,05)

Показник	Назва риби		
	Африканський сом великий	Африканський сом дрібний [106]	Товстолоб великий [150]
Зоологічна (абсолютна) довжина, см	68,0 ± 0,4	50,3 ± 0,3	74,4 ± 0,3
Промислова довжина, см	61,0 ± 0,2	44,2 ± 0,2	63,2 ± 0,3
Довжина голови, см	18,0 ± 0,3	9,8 ± 0,2	15,3 ± 0,2
Довжина хвостового плавника, см	7,0 ± 0,2	6,5 ± 0,1	11,2 ± 0,2
Довжина тушки, см	43,0 ± 0,2	34, 0 ± 0,2	47,9 ± 0,3

Продовження таблиці 3.1

Показник	Назва риби		
	Африканський сом великий	Африканський сом дрібний [106]	Товстолоб великий [150]
Висота тіла риби, см	$9,8,0 \pm 0,2$	$8,1 \pm 0,1$	$20,1 \pm 0,3$
Товщина тіла риби, см	$13,0 \pm 0,2$	$7,3 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,3$

Аналіз представлених даних свідчить про подібність таких основних технологічних характеристик, як промислова довжина та довжина тушки у африканського сома та товстолоба великих розмірів, що підтверджує доцільність порівняльної оцінки розмірно-масових показників цих видів риб. Висота тіла у сома значно менша ($9,8 \pm 0,2$ см проти $20,1 \pm 0,3$ см у товстолоба), що свідчить про більш видовжену форму корпусу. Така анатомічна особливість буде сприяти рівномірнішому проникненню диму та ефективнішому перебігу процесів підсушування, оскільки зменшується градієнт вологовмісту між поверхневими та центральними шарами м'язової тканини. Поряд з цим, результати дослідження показують значну товщину тіла риби у сома, що становить $13,0 \pm 0,2$ см і перевищує значення у товстолоба ($10,0 \pm 0,3$ см). Цей показник свідчить про доцільність розбирання сома з метою пришвидшення процесів дифузії, теплоперенесення та скорочення тривалості технологічного циклу виробництва продукції холодного копчення.

Одержані значення довжин є визначальним фактором вибору способу розбирання риби. Так, відповідно до технологічної інструкції виготовлення риби холодного копчення типу «Кіперс», сом дрібний можна виготовляти у вигляді пласту з головою та пласту обезголовленого, довжина якого має бути не менше 16 см, а сом великий доцільно розбирати на філе, довжиною не менше 25 см.

Масовий склад риби є одним із ключових критеріїв оцінки її технологічної доцільності використання у виробництві певних видів харчової продукції. Співвідношення їстівних та неїстівних частин визначає вихід основної сировини, впливає на ефективність її перероблення. Важливими характеристиками є відсотковий вміст м'язової тканини, а також частка кісткової тканини та внутрішніх органів, оскільки саме ці показники визначають технологічні втрати під час розбирання та підготовчих операцій.

Для дослідження обрано екземпляри риб масою від 1,0 до 1,5 кг весняного вилову та від 2,5 до 3,5 кг осіннього вилову, оскільки відомо, що розмір і сезон вилову впливають на вихід складових частин сировини [162]. Результати дослідження масового складу африканського сома та товстолоба відповідних розмірних груп наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Масовий склад африканського сома порівняно з товстолобом

(n = 3, p < 0,05)

Вміст від маси цілої риби, %	Назва риби			
	Африканський сом		Товстолоб	
	весняного вилову (1,0 – 1,5 кг) [106]	осіннього вилову (2,5 – 3,5 кг)	весняного вилову (1,0-1,5 кг) [110]	осіннього вилову (2,5 – 3,5 кг) [150]
М'язова тканина зі шкірою	43,68±2,0	44,68±2,3	57,8±1,1	46,7 ±1,9
Голова з плечовими кістками та зябрами	20,01±2,73	32,56±1,2	23,1± 1,1	17,01 ± 0,7
Плавці	2,7 ± 0,1	1,17±0,1	2,1±0,06	5,2 ± 0,2
Нутрощі, в т.ч. ікра	8,90±1,35	14,78±0,2	10,8±0,2	13,28 ± 0,9
	-	11,99±1,1	-	6,31 ±0,2
Кістки	8,39±0,62	6,80±0,5	5,5±0,2	10,4 ± 0,5
Луска	-	-	0,7 ± 0,1	1,1 ± 0,1

Аналіз масового складу риби показує, що найбільшу частку в усіх зразках становить м'язова тканина. Її вміст, з урахуванням шкіри, в африканського сома становить 44,68 %, що наближається до літературних даних і свідчить про не значне зростання виходу основної їстівної частини зі збільшенням загальної маси риби. Подібність цього показника до товстолоба, відповідної маси, підтверджує доцільність їх порівняльної характеристики. Частка голови у африканського сома є досить високою, що можна пояснити видовими анатомічними особливостями. Найнижча частка кісток (6,80 %) була у досліджених нами об'єктах, що є важливою перевагою великого африканського

сома. Менша кількість кісток підвищує споживчу привабливість продукції, спрощує процес оброблення та знижує втрати під час філетування. Ікра в африканського сома становить 11,99 % та може розглядатися як додатковий ресурсний потенціал.

На основі даних розмірно-масового складу встановлено вихід сировини за різних способів розбирання (табл. 3.3). Цей показник важливий не лише для вибору виду оброблення, а й виду харчових продуктів. Для виготовлення продукції типу «Кіперс» з африканського сома вагомим є відсоток виходу риби розібраної на пласт та на філе зі шкірою.

Таблиця 3.3

Вихід розібраної риби африканський сом порівняно з товстолобом

(n = 5, p < 0,05)

Назва риби	Вихід, % до загальної маси риби				
	Патрана	Тушка	Пласт з головою	Пласт без голови	Філе зі шкірою
Африканський сом весняного вилову (1,0 – 1,5 кг) [106]	82,71 ± 1,6	58,07 ± 2,4	78,72 ± 1,5	62,7 ± 1,8	43,68 ± 2,0
Африканський сом осіннього вилову (2,5 – 3,5 кг)	85,21 ± 1,4	51,48 ± 1,7	79,64 ± 1,3	52,65 ± 1,6	44,68 ± 1,5
Товстолоб весняного вилову [110]	89,8 ± 1,8	64,0 ± 1,9	85,4 ± 1,6	65,4 ± 2,1	57,8 ± 1,3
Товстолоб осіннього вилову [150]	80,41 ± 1,5	58,2 ± 1,8	76,8 ± 1,4	62,3 ± 1,7	46,7 ± 1,6

Дані таблиці 3.3 свідчать, що сом дрібний доцільно розбирати на пласт з головою та пласт обезголовлений, а сом великий на філе. Одержані результати підтверджують доцільність виготовлення з нього продукції типу «Кіперс», де застосовується ці способи розбирання.

Хімічний склад рибної сировини є визначальним показником її харчової цінності. Співвідношення вологи, білків, жирів і мінеральних речовин формує

структурно-механічні властивості м'язової тканини, впливає на перебіг процесів тепломасообміну під час підсушування та копчення, визначає енергетичну цінність продукції та її функціональне призначення.

Результати порівняльного аналізу хімічного складу африканського кларієвого сома та товстолоба наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Хімічний склад африканського сома у порівнянні з товстолобом

(n = 3, p < 0,05)

Назва риби	Масова частка, %				Енергетична цінність кКал/100 г
	води	жиру	білків	золи	
Африканський сом	75,3 ± 0,4	4,9 ± 0,01	18,2 ± 0,2	1,6 ± 0,05	116,9
Африканський сом [106]	75,2 ± 0,3	6,5±0,21	16,8±0,35	1,5±0,20	125,7
Товстолюб [110]	76,6 ± 0,5	4,1 ± 0,2	18,0 ± 0,5	1,3 ± 0,1	108,9
Товстолюб [150]	76,3 ± 0,5	5,7 ± 0,3	16,8 ± 0,7	1,2 ± 0,1	119,0

Аналіз хімічного складу показує, що африканський сом і товстолюб мають близькі значення за основними харчовими компонентами, однак між ними спостерігаються певні відмінності. Результати наших досліджень свідчать про високий вміст білка (18,2 %) у великого африканського сома осіннього вилову, що є позитивним показником його харчової цінності та обумовлює формування щільної, стабільної текстури готового продукту. Білковий комплекс визначає водоутримувальну здатність та структуру після теплового впливу, що є критично важливим для продукції типу «Кіперс». За вмістом жиру, всі досліджувані об'єкти відносяться до середньожирної сировини. Нижчий вміст ліпідів у африканського сома, порівняно з літературними даними для дрібніших особин цього виду, а також порівняно з товстолобом, свідчить про менший ризик окиснювальних процесів під час зберігання. Водночас наявність помірної кількості жиру (4,9 %) сприятиме формування характерного смаку та соковитості копчених виробів. Енергетична цінність африканського сома (116,9 ккал/100 г) свідчить, що обрана сировина є менш калорійною, але білково цінною.

Для поглибленої оцінки харчової та технологічної якості рибної сировини доцільним є використання інтегральних показників, що характеризують співвідношення основних структурних компонентів. До таких показників належать білково-водний коефіцієнт (БВК), жирowo-водний коефіцієнт (ЖВК) та критерій харчового насичення.

Застосування зазначених коефіцієнтів дозволяє оцінити структурну збалансованість сировини, її поживну концентрованість та технологічну придатність до перероблення. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Критеріальні коефіцієнти якості африканського сома у порівнянні з товстолобом

Назва риби	Критеріальні коефіцієнти		
	БВК	ЖВК	К _{харч.нас.}
Африканський сом	0,24	0,065	0,31
Африканський сом [106]	0,22	0,086	0,31
Товстолоб [150]	0,21	0,075	0,29
Товстолоб [110]	0,24	0,053	0,29

Аналіз критеріальних коефіцієнтів якості м'яса риби показує, що африканський кларієвий сом має кращі показники білково-водного співвідношення порівняно з товстолобом. Це свідчить про вищий вміст білка відносно кількості води у м'ясі досліджуваного сома, що є позитивним показником його харчової цінності. З технологічної точки зору це означає більш щільну білкову матрицю м'язової тканини, що позитивно впливає на формування структури під час підсушування та копчення. Жирowo-водний коефіцієнт у досліджуваного африканського сома свідчить про помірний вміст жиру відносно вологи. Критерій харчового насичення у досліджуваного африканського сома становив 0,31, що відповідає значенню для африканського сома за літературними даними і є дещо вищим порівняно з товстолобом, для якого цей показник становив 0,29. Це свідчить, що за співвідношенням основних поживних речовин до вмісту води африканський сом не поступається традиційній рибній сировині.

Амінокислотний склад білків є одним із основних показників біологічної цінності рибної сировини, оскільки саме вміст незамінних амінокислот визначає повноцінність білка та його відповідність фізіологічним потребам організму людини. Особливе значення має порівняння вмісту незамінних амінокислот із рекомендованим «ідеальним білком» FAO/WHO/UNU, що дозволяє оцінити збалансованість білкового комплексу досліджуваної сировини. У зв'язку з цим було проведено порівняльну характеристику амінокислотного складу білків м'яса африканського сома та товстолоба. Результати дослідження наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

**Порівняльна характеристика амінокислотного складу білків м'яса
африканського сома та товстолоба**

Назва амінокислот	Ідеальний білок (FAO/WHO/UNU, 2013), г/100 г білка	Вміст НАК, г/100 г білка		
		Африканський сом	Африканський сом [106]	Товстолоб [110]
<i>Незамінні</i>	27,70	44,28	43,2	44,737
Валін	3,90	2,74	4,8	6,87
Ізолейцин	3,00	2,44	4,3	4,32
Лейцин	5,90	8,22	9,9	9,96
Лізин	4,50	10,05	10,1	9,84
Метіонін + Цистин	2,20	4,15	4,4	2,64
Треонін	2,30	5,00	4,3	5,646
Триптофан	0,60	1,00	-	0,926
Фенілаланін + Тирозин	3,80	8,33	5,4	4,549
Гістидин	1,50	2,35	2,1	2,126
<i>Замінні</i>	-	56,72	52,5	57,645
Аргінін	-	6,41	6,5	7,577
Серин	-	5,03	4,4	5,371
Глутамінова кислота	-	17,72	17,3	17,754
Аспарагінова кислота	-	9,94	10,4	7,491
Пролін	-	5,30	2,4	4,143
Гліцин	-	5,65	5,3	5,583
Аланін	-	6,67	6,2	9,726

Проведений аналіз амінокислотного складу білків м'яса африканського сома та товстолоба показує присутність всіх незамінних амінокислот у

досліджуваних зразках. Їх загальний вміст є значно вищим за еталонні значення, що підтверджує повноцінність білкового складу обох видів риб.

Аналіз окремих незамінних амінокислот показав, що м'ясо африканського сома характеризується підвищеним вмістом лізину (10,05 г/100 г білка), метіоніну з цистином (4,15 г/100 г білка), а також фенілаланіну з тирозином (8,33 г/100 г білка), що відіграють важливу роль у процесах синтезу білка, антиоксидантного захисту та функціонуванні нервової системи. Водночас у товстолоба відмічається вищий вміст амінокислот розгалуженого ланцюга — валіну (6,87 г/100 г білка), ізолейцину (4,32 г/100 г білка) та лейцину (9,96 г/100 г білка), які мають важливе значення для енергетичного обміну та м'язової активності організму. Вміст треоніну та триптофану в обох видах риб знаходиться на достатньому рівні, що забезпечує нормальне функціонування імунної системи та регуляцію біохімічних процесів.

Аналіз замінних амінокислот показав, що їх сумарний вміст у білках обох видів є високим і становить понад 56 г/100 г білка. Найбільшу частку займає глютамінова кислота (близько 17,7 г/100 г білка), яка визначає формування смакових властивостей (умами) та бере участь у метаболічних процесах. Аспарагінова кислота у більшій кількості міститься у м'ясі африканського сома (9,94 г/100 г білка), що може позитивно впливати на енергетичний обмін.

Основним показником, що характеризує відповідність вмісту незамінних амінокислот білка м'яса африканського сома рекомендаціям ФАО/ВООЗ є амінокислотний скор. Порівняльну характеристику амінокислотного скору африканського сома та товстолоба наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Характеристика амінокислотного скору білків м'яса африканського сома та товстолоба рекомендаціям ФАО/ВООЗ, г/100 г білка

Назва амінокислот	Амінокислотний скор білків м'яса, %		
	Африканський сом	Африканський сом [106]	Товстолюб [110]
Валін	70.26	123	102
Ізолейцин	81.33	143	104
Лейцин	139.32	167	122

Продовження таблиці 3.7

Назва амінокислот	Амінокислотний скор білків м'яса, %		
	Африканський сом	Африканський сом [106]	Товстолоб [110]
Лізин	223.33	224	164
Метіонін + Цистин	188.64	200	96
Треонін	217.39	140	117
Триптофан	166.67	-	94
Фенілаланін + Тирозин	219.21	202	126
Гістидин	156.67	-	-

Аналіз амінокислотного скору показує присутність лімітуючих амінокислот валіну (70,26 %) та ізолейцину (81,33 %) у білку африканського сома. Незважаючи на відносно нижчі показники цих амінокислот, білок африканського кларієвого сома має високу біологічну повноцінність і перевищує еталонні значення за більшістю незамінних амінокислот. Особливо високі показники спостерігаються для лізину: 223,3 % у африканського сома та 164 % у товстолоба. Вміст лейцину у білку обох видів риб перевищує еталонні значення (139,32 % у сома та 122 % у товстолоба), що підтверджує високу пластичну цінність білка. Сірковмісні амінокислоти у сома характеризуються показником 188,64 %, що значно перевищує еталонний рівень, тоді як у товстолоба скор становить 96 %, тобто наближається до граничного значення. Отримані результати узгоджуються з даними інших дослідників щодо високої білкової цінності африканського сома, а відмінності в показниках пояснюються віковими особливостями та спектром харчування риб.

Ліпідний комплекс рибної сировини є важливим структурним та функціональним компонентом, що визначає енергетичну цінність, біологічну активність, смако-ароматичні властивості та стійкість продукції під час технологічного оброблення і зберігання. Оцінка не лише загального вмісту жиру, а й його фракційного складу дозволяє глибше охарактеризувати фізіолого-біохімічні особливості м'язової тканини та спрогнозувати перебіг окиснювальних і гідролітичних процесів у готовому продукті.

Фракційний аналіз ліпідів передбачає розподіл їх на окремі класи — нейтральні ліпіди (переважно триацилгліцероли), структурні фосфоліпіди,

стеринові сполуки та вільні жирні кислоти. Кожна з цих фракцій виконує специфічну біологічну та технологічну функцію: триацилгліцероли формують енергетичний резерв, фосфоліпіди входять до складу клітинних мембран і визначають метаболічну активність тканин, а стеринові компоненти характеризують особливості ліпідного обміну та харчову цінність.

З огляду на це, для поглибленого обґрунтування якості м'яса африканського кларієвого сома було визначено масову частку основних фракцій ліпідів у відсотках від їх загальної суми. Отримані результати наведені в таблиці 3.9 та дозволяють комплексно оцінити структурну організацію ліпідного комплексу досліджуваної сировини.

Таблиця 3.9

Порівняльний аналіз фракційного складу ліпідів м'яса африканського сома та товстолюба

Фракція ліпідів	Масова частка фракцій ліпідів, % від суми фракцій	
	Африканський сом	Товстолоб [156]
Тригліцериди (триацилгліцероли, ТАГ)	69,5	48,0
Фосфоліпіди (ФЛ)	13,8	10,4
Стеринові ефіри	5,2	8,7
Вільні жирні кислоти	9,1	13,4
Дигліцериди	9,4	8,5

На основі проведеного аналізу фракційного складу ліпідів м'яса африканського сома та товстолюба встановлено, що в обох зразках домінують тригліцериди, однак їх частка у м'ясі африканського сома є значно вищою і становить 69,5 %, тоді як у товстолюба — 48,0 %. Такий розподіл свідчить про більш виражену енергетичну спрямованість ліпідного комплексу сома, а також визначає його вищу соковитість та м'якість під час технологічної обробки, зокрема копчення. Перевищення вмісту фосфоліпідів у м'ясі африканського сома порівняно з товстолобом свідчить про більшу частку структурних ліпідів у тканинах сома, які є важливими компонентами клітинних мембран та відіграють значну роль у формуванні біологічної ефективності продукту. Водночас підвищений вміст фосфоліпідів може зумовлювати більшу схильність до окислювальних процесів, що необхідно враховувати при виборі режимів його

переробки та зберігання. Перевагою у фракційному складі ліпідів африканського сома є невисокий вміст вільних жирних кислот, що свідчить про менший ступінь гідролітичних процесів та стабільність жирової фази під час зберігання.

Для наукового обґрунтування біологічної повноцінності ліпідного комплексу м'яса африканського кларієвого сома було проведено аналіз жирнокислотного складу з визначенням масової частки окремих кислот та їх груп у відсотках від загальної суми. Отримані результати наведені в таблиці 3.10 та слугують підґрунтям для комплексної оцінки біологічної ефективності ліпідів досліджуваної сировини.

Таблиця 3.10

Оцінка відповідності жирнокислотного складу ліпідів м'яса сома та товстолаба адекватним потребам людини

Назва жирних кислот	Масова частка жирних кислот, % від суми жирних кислот			Рекомендована кількість, г/добу [153]
	Африканський сом	Африканський сом [106]	Товстолаб [110]	
Насичені, в т. ч.	28,11	32,61	37,23	25
Пеларгонова (C _{9:0})	0,00745		-	
Капринова (C _{10:0})	0,01588		-	
Ундецилова (C _{11:0})	0,00776		0,03	
Лауринова (C _{12:0})	0,09361		0,07	
Ізолауринова (C _{12:розгалужена})	0,02850		-	
Тридеканова (C _{13:0})	0,02973		0,04	
Міристинова (C _{14:0})	1,04630	2,69	3,01	—
Ізоміристинова (C _{14:0})	0,01924		0,05	
Пентадеканова (C _{15:0})	0,02642	0,93	0,67	—
Пальмітинова (C _{16:0})	17,02077	21,93	20,92	
Ізопальмітинова (C _{16:0})	0,04153		0,11	
Маргарінова (C _{18:0})	0,40685		-	
Стеаринова (C _{18:0})	7,14406	7,06	7,23	
Арахідова (C _{20:0})	0,99194		1,24	
Генейкозанова (C _{21:0})	0,67197		0,62	
Бегенова (C _{22:0})	0,38223		3,24	
Лігноцеринова (C _{24:0})	0,23776		-	
Мононенасичені, в т. ч.	35,83	40,52	38,91	30
Лауролейнова (C _{12:1})	0,04966		-	
Міристорейнова (C _{14:1})	0,35268		-	
Пентадеценева (C _{15:1})	0,20062		-	
Пальмітоолейнова (C _{16:1})	2,88970	6,89	7,74	
Гептадеценева (C _{17:1})	0,35571		-	
Олейнова (C _{18:1})	28,69569	31,09	30,78	
Гондова (C _{20:1})	2,26153		-	
Ерукова (C _{22:1})	0,84796	2,54	0,39	

Продовження таблиці 3.10

Назва жирних кислот	Масова частка жирних кислот, % від суми жирних кислот			Рекомендована кількість, г/добу [153]
	Африканський сом	Африканський сом [106]	Товстолоб [110]	
Нервонова (C _{24:1})	0,17363		-	
Поліненасичені, в т. ч.	35,92	21,87	32,33	11
Гексадекадієнова (C _{16:2}) ω 6	0,13655		-	
Лінолева (C _{18:2}) ω 6	20,88375	10,99	4,1	
Ліноленова (C _{18:3}) ω 3	6,09504	2,18	9,38	
Ейкозотрієнова (C _{20:2}) ω 6	1,53549	1,37	0,51	
Арахідонова (C _{20:4}) ω 6	1,57954	0,53	5,11	
Ейкозодієнова (C _{20:2}) ω 6	0,06849	3,95	-	
Докозодієнова (C _{22:2}) ω 6	0,09260		-	
Докозотрієнова (C _{22:3}) ω 3	0,08823		0,39	
Докозотетраєнова (C _{22:4}) ω 3	0,09158		-	
Докозопентаєнова (C _{22:5}) ω 3	0,33590	0,46	2,32	
Докозогексаєнова (C _{22:6}) ω 3	4,10235	2,39	10,52	
Не ідентифіковані	0,9913			
Кбз	1:0,44		1:0,5	1:10 -1:4

Аналіз жирнокислотного складу показує, що ліпіди м'яса досліджуваного африканського кларієвого сома характеризуються меншою часткою насичених і мононенасичених жирних кислот, порівняно з ліпідами сома та товстолоба за даними літературних джерел. При цьому, їх кількість більшою мірою відповідає рекомендованому рівню, що свідчить про достатньо збалансований ліпідний склад обраної рибної сировини. Серед насичених жирних кислот у всіх зразках переважають пальмітинова та стеаринова жирні кислоти. Домінуючою серед мононенасичених жирних кислот в ліпідах риб, що підлягали аналізу, є олеїнова, яка позитивно впливає на стабільність ліпідної фракції та сприяє нормалізації ліпідного профілю крові [106, 110].

Поліненасичені жирні кислоти у м'ясі африканського сома становили 35,92 %, що є вищим показником порівняно з даними літератури для сома (21,87 %) та товстолоба (32,33 %). Це є важливою перевагою, оскільки саме поліненасичені жирні кислоти визначають біологічну ефективність ліпідів риби. Особливе значення має наявність жирних кислот родини ω-3 та ω-6, зокрема в досліджуваного африканського сома вміст лінолевої кислоти складає 20,88 %,

ліноленової — 6,10 % та арахідонової — 1,58 %. Відмінності в значеннях цього показника для сома та товстолюбика за даними літературних джерел зумовлені відповідно віковими та видовими особливостями. Вищий вміст поліненасичених жирних кислот може негативно вплинути на окиснювальну стабільність, однак різниця не є суттєвою з технологічної точки зору [106, 110].

Узагальнюючи результати порівняльного аналізу, можна зазначити, що м'ясо африканського кларієвого сома характеризується більш помірною часткою насичених жирних кислот та сприятливішим балансом поліненасичених кислот родин ω -3 і ω -6. Порівняно з товстолюбом, сом демонструє вищий функціональний потенціал ліпідної фракції, що підвищує його цінність як сировини для виробництва продукції з оздоровчим спрямуванням.

Біологічна ефективність ліпідів визначається не лише загальним вмістом жиру або окремих жирних кислот, а й їх кількісним співвідношенням. Саме баланс між насиченими, мононенасиченими та поліненасиченими жирними кислотами формує фізіологічну повноцінність жирової фракції та визначає її вплив на метаболізм ліпідів, стан серцево-судинної системи й антиоксидантний статус організму [153].

Для інтегральної оцінки якості ліпідного комплексу м'яса африканського кларієвого сома було проаналізовано низку біологічно значущих співвідношень: НЖК:МНЖК:ПНЖК, ПНЖК:НЖК, $C_{18:2}:C_{18:1}$, $C_{18:2}:C_{18:3}$ та співвідношення ω -6: ω -3. Отримані значення порівнювали з умовно «ідеальним жиром», що відповідає сучасним нутриціологічним рекомендаціям. Результати наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

Показники біологічної ефективності ліпідів м'яса сома

Ліпіди	Співвідношення				
	НЖК:МНЖК: ПНЖК	ПНЖК: НЖК	$C_{18:2}:C_{18:1}$	$C_{18:2}:C_{18:3}$	ω 3 : ω 6
Ідеальний жир	1:1:1	0,2–0,4	>0,25	>7,0	10:1-4:1
М'ясо сома	0,78:1:1	1,28:1	0,73	3,43	2,27:1
М'ясо сома [106]	1:1,04:0,47	2,6	1,34	11,56	2:1

Співвідношення НЖК:МНЖК:ПНЖК у м'ясі сома становить 0,78:1:1, що відрізняється від умовно ідеального співвідношення 1:1:1. Зниження частки насичених жирних кислот при збереженні достатнього рівня ненасичених розглядається як позитивна характеристика, оскільки надлишок НЖК у раціоні асоціюється з атерогенним ефектом. Таким чином, ліпідна фракція м'яса сома має сприятливу структуру з позиції профілактичного харчування. Показник ПНЖК:НЖК дорівнює 1,28:1, що перевищує рекомендований діапазон 0,2–0,4. Висока частка поліненасичених жирних кислот свідчить про підвищену біологічну активність ліпідів та потенційний гіполіпідемічний ефект. Водночас це може зумовлювати більшу чутливість жирової фракції до окиснювальних процесів, що необхідно враховувати при розробленні режимів теплового оброблення та зберігання. Співвідношення $C_{18:2}:C_{18:1}$ становить 0,73 при рекомендованому значенні понад 0,25, що свідчить про достатній рівень лінолевої кислоти відносно олеїнової. Це підтверджує наявність есенціальних компонентів у структурі жиру та відповідність сучасним уявленням про раціональне харчування. Співвідношення $C_{18:2}:C_{18:3}$ дорівнює 3,43, що є нижчим за умовно оптимальне значення понад 7,0. Менший показник вказує на відносно вищий вміст α -ліноленової кислоти (ω -3), що розглядається як позитивна ознака, оскільки жирні кислоти родини ω -3 відіграють важливу роль у регуляції запальних процесів і функціонуванні серцево-судинної системи. Співвідношення ω -6: ω -3 свідчить, що ліпіди африканського сома є джерелом жирних кислот ω -6. Одержані показники узгоджуються з даними літературних джерел щодо оцінки біологічної ефективності ліпідів прісноводних риб [43].

Мінеральний склад рибної сировини є важливою складовою її харчової цінності. Оцінка вмісту мінеральних елементів у м'ясі африканського кларієвого сома дозволяє встановити його потенціал як джерела життєво необхідних нутрієнтів та співвіднести отримані значення з адекватними рівнями споживання, рекомендованими нормативними документами Міністерства охорони здоров'я України.

З метою визначення харчової значущості досліджуваної сировини було проаналізовано вміст основних макро- та мікроелементів у перерахунку на 100 г продукту та проведено їх порівняння з 10 % добової потреби для жінок і чоловіків. Результати наведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12

Мінеральний склад м'яса сома

(n = 3, p < 0,05)

Показник	Вміст, мг/100 г	Адекватний рівень споживання, мг; 10% добової потреби [66]	
Макроелементи		Жінки	Чоловіки
Калій	219,3 ± 6,6	-	
Кальцій	11,3 ± 0,4	110	120
Магній	22,47 ± 0,7	50	40
Мікроелементи		Жінки	Чоловіки
Мідь	0,042 ± 0,002	0,1	
Залізо	0,804 ± 0,03	1,7	1,5
Цинк	0,595 ± 0,02	1,2	1,5
Нікель	0,00453 ± 0,00003	-	
Марганець	0,0104 ± 0,0005	0,2	
Алюміній	0,776 ± 0,03	-	
Хром	0,0044 ± 0,004	0,005	
Молібден	<0,0005	0,07	
Кобальт	<0,0005	-	
Арсен	<0,0005	-	

Серед макроелементів у м'ясі африканського сома домінує калій, вміст якого становить 219,3 ± 6,6 мг/100 г. Калій є ключовим елементом регуляції водно-електролітного балансу та серцево-судинної діяльності. Серед мікроелементів важливе значення має залізо (0,804 ± 0,03 мг/100 г), яке забезпечує близько половини від 10 % рекомендованої добової потреби для жінок (1,7 мг) та понад половину для чоловіків (1,5 мг). Це підтверджує потенціал м'яса сома як джерела гемопоетичного елемента. Цинк (0,595 ± 0,02 мг/100 г) та мідь (0,042 ± 0,002 мг/100 г) присутні у кількостях, що частково покривають добову потребу та беруть участь у функціонуванні антиоксидантних систем організму [5]. Вміст марганцю, хрому та молібдену знаходиться на низькому рівні, проте відповідає природному фону для рибної сировини. Концентрації кобальту та арсену знаходяться нижче межі кількісного визначення

(<0,0005 мг/100 г), що свідчить про відсутність перевищення потенційно небезпечних елементів та підтверджує безпечність досліджуваної сировини.

Узагальнюючи результати, можна зазначити, що м'ясо африканського кларієвого сома є цінним джерелом калію, магнію та заліза, що узгоджуються з літературними даними для сома та інших прісноводних риб [150, 106].

З метою підвищення наочності інтерпретації отриманих результатів та узагальнення даних щодо забезпечення добової потреби в мінеральних елементах було побудовано діаграму, яка відображає відсотковий внесок 100 г м'яса африканського кларієвого сома у покриття 10 % адекватного рівня споживання для жінок і чоловіків. Графічне представлення дозволяє візуалізувати відносну значущість окремих макро- та мікроелементів, порівняти їх нутрієнтну щільність та оцінити гендерні відмінності у фізіологічних потребах.

Застосування діаграмного методу дає змогу швидко встановити, які елементи є домінуючими в мінеральному профілі сировини та які з них мають обмежений внесок у забезпечення добової потреби. Такий підхід є доцільним при формуванні висновків щодо функціональної спрямованості продукту та його ролі у раціональному харчуванні, що зображено на рисунку 3.1.

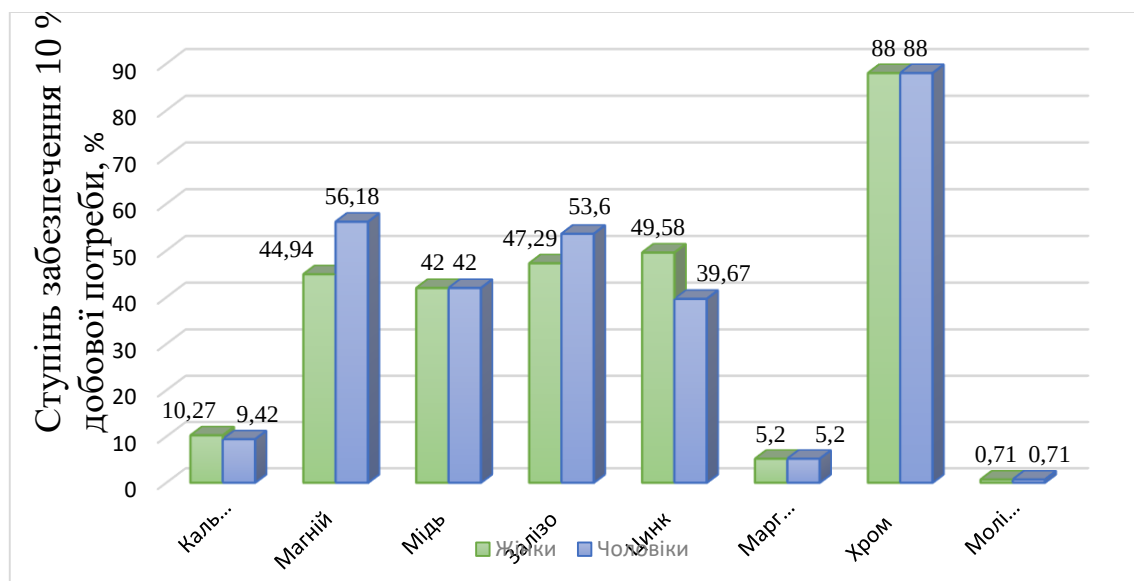


Рисунок 3.1. Ступінь забезпечення 10 % добової потреби у мінеральних елементах, %

Аналіз діаграми свідчить, що найбільший внесок у покриття 10 % добової потреби забезпечує хром — близько 88 % як для жінок, так і для чоловіків. Такий високий показник вказує на значну концентрацію цього мікроелемента у м'ясі сома та підкреслює його потенційну роль у регуляції вуглеводного обміну та підтриманні чутливості до інсуліну [66].

Високий рівень забезпечення також характерний для магнію, який становить 44,94 % для жінок і 56,18 % для чоловіків. Залізо забезпечує 47,29 % потреби для жінок і 53,6 % для чоловіків, що свідчить про вагомий внесок продукту у профілактику залізодефіцитних станів. Цинк покриває 49,58 % потреби жінок і 39,67 % чоловіків, що підтверджує його достатній рівень у складі м'яса сома. Марганець і молібден представлені на рівні 5,2 % та 0,71 % відповідно, що характеризує їх як фонові компоненти мінерального складу без значного впливу на покриття добової потреби.

Узагальнюючи результати графічного аналізу, можна зазначити, що м'ясо африканського кларієвого сома є значущим джерелом хрому, магнію, заліза та цинку, забезпечуючи істотну частку від 10 % рекомендованого рівня споживання. Отримані дані підтверджують мінеральну цінність досліджуваної сировини.

Оцінка безпечності рибної сировини є обов'язковим етапом комплексного дослідження її харчової цінності, оскільки поряд із нутрієнтними показниками важливе значення має вміст потенційно токсичних елементів і радіонуклідів. Риби як об'єкти гідробіоценозу здатні акумулювати важкі метали з водного середовища та кормової бази, що обумовлює необхідність контролю їх концентрацій у м'язовій тканині.

З метою визначення рівня безпечності м'яса африканського кларієвого сома було проведено аналіз вмісту свинцю, кадмію, ртуті, міді та цинку, а також радіонуклідів стронцію та цезію. Отримані значення порівнювали з гранично допустимими рівнями, встановленими державними нормативними документами України, зокрема Державними гігієнічними нормативами допустимого вмісту хімічних речовин у харчових продуктах (наказ МОЗ України, 2006) та

Державними гігієнічними нормативами щодо допустимих рівнів радіонуклідів (ДГН 6.6.1.1-130-2006; ДСТУ/державні стандарти України, 2010). Результати наведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12

Вміст важких металів та радіонуклідів у м'ясі сома

(n = 3, p < 0,05)

Показник	Гранично допустимі рівні, мг/кг (для радіонуклідів Бк/кг), не більше [92,65]	М'ясо африканського сома
Токсичні елементи		
Свинець	1,0	$0,013 \pm 0,0003$
Кадмій	0,2	$0,0054 \pm 0,00003$
Ртуть	0,6	$<0,0005$
Мідь	10	$0,42 \pm 0,002$
Цинк	40	$5,95 \pm 0,02$
Радіонукліди		
Стронцій	35	$0,045 \pm 0,001$
Цезій	150	-

Концентрація свинцю у м'ясі африканського сома становить $0,013 \pm 0,0003$ мг/кг при гранично допустимому рівні 1,0 мг/кг. Отримане значення є у десятки разів нижчим за нормативний показник, що свідчить про відсутність небезпечного накопичення цього токсичного елемента.

Вміст кадмію становить $0,0054 \pm 0,0003$ мг/кг при допустимому рівні 0,2 мг/кг, що також значно нижче встановлених меж. З огляду на високу токсичність кадмію та його здатність до кумуляції, низький рівень цього елемента підтверджує екологічну безпечність сировини. Ртуть у досліджуваних зразках знаходилась на рівні нижче межі кількісного визначення ($<0,0005$ мг/кг) при гранично допустимому рівні 0,6 мг/кг. Це має особливе значення, оскільки органічні форми ртуті є одними з найбільш небезпечних забруднювачів рибної продукції. Мідь та цинк належать до есенціальних мікроелементів, однак їх

надлишок може мати токсичний ефект. Отримані показники цих мінералів не перевищують встановлені нормативи.

Серед радіонуклідів вміст стронцію становить $0,045 \pm 0,001$ Бк/кг, що свідчить про мінімальний радіаційний фон. Цезій у досліджуваних зразках не виявлено. Такі результати підтверджують радіологічну безпечність м'яса африканського кларієвого сома.

Мікробіологічні показники є одним із ключових критеріїв оцінки безпечності та санітарної якості рибної сировини. Вони відображають гігієнічний стан виробничого середовища, умови первинної обробки, транспортування та зберігання риби. Контроль загального мікробного обсіменіння та наявності санітарно-показових і патогенних мікроорганізмів дозволяє встановити відповідність продукції чинним гігієнічним нормативам та оцінити її придатність до подальшої технологічної переробки.

Результати мікробіологічного аналізу м'яса африканського кларієвого сома наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13

Мікробіологічні показники м'яса африканського кларієвого сома

Показник	М'ясо африканського сома	Допустимий рівень
МАФАнМ, КУО в 1 г	1×10^4	1×10^5
БГКП (колі-форми), г	Не виявлено	Не допускається
<i>Staph. aureus</i>	Не виявлено	Не допускається
Патогенні мікроорганізми, у т.ч. <i>Salmonella</i>	Не виявлено	Не допускається

Загальна кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів у м'ясі африканського сома становить 1×10^4 КУО/г, що є нижчим за гранично допустимий рівень 1×10^5 КУО/г. Отриманий показник свідчить про належний санітарний стан сировини та відсутність ознак мікробіологічного псування на момент дослідження. Бактерії групи кишкової палички, *Staphylococcus aureus*, патогенні мікроорганізми, включаючи

Salmonella spp. у зразках не виявлено, що свідчить про дотримання гігієнічних вимог під час вирощування та первинної обробки риби та підтверджує відповідність досліджуваної сировини вимогам мікробіологічної безпеки[6, 62, 63].

Комплексна оцінка мікробіологічних показників свідчить, що м'ясо африканського кларієвого сома відповідає чинним гігієнічним нормативам та характеризується задовільним санітарним станом. Низький рівень загального мікробного обсіменіння та відсутність санітарно-показових і патогенних мікроорганізмів підтверджують безпечність сировини та її придатність до подальшої технологічної переробки, зокрема для виробництва продукції типу «Кіперс».

3.2. Характеристика антагоністичних та функціонально-технологічних властивостей молочнокислих бактерій

У даному дослідженні використовувалися такі види молочнокислих бактерій:

- *Lactobacillus casei*
- *Lactobacillus rhamnosus*
- *Lactobacillus acidophilus*
- *Lactobacillus plantarum*
- *Streptococcus thermophilus*

Ці бактерії характеризуються високою метаболічною активністю, здатністю до швидкого кислотоутворення та синтезу антимікробних метаболітів, що визначає їх технологічну цінність у процесах ферментації харчових продуктів [42].

Бактерії виду *Lactobacillus casei* належать до паличкоподібних грампозитивних мікроорганізмів, які здатні розвиватися у широкому діапазоні температур та значень рН. Вони характеризуються високою ферментативною активністю та здатністю до інтенсивного утворення молочної кислоти. *L. casei* широко використовується у виробництві ферментованих харчових продуктів

завдяки своїй здатності пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів та покращувати органолептичні властивості продукції [6].

Lactobacillus rhamnosus є одним із найбільш досліджених представників молочнокислих бактерій, який характеризується високою адаптивністю до різних умов середовища. Цей вид здатний активно ферментувати вуглеводи, утворюючи молочну кислоту та інші метаболіти, що забезпечують антагоністичну активність щодо патогенних бактерій. Крім того, *L. rhamnosus* широко використовується як пробіотичний мікроорганізм у харчовій промисловості [62].

Бактерії виду *Lactobacillus acidophilus* належать до гомоферментативних молочнокислих бактерій і характеризуються високою здатністю до утворення молочної кислоти. Вони можуть розвиватися у відносно кислому середовищі та мають високу стійкість до низьких значень рН. Завдяки цим властивостям *L. acidophilus* широко використовується у виробництві ферментованих харчових продуктів і функціональних продуктів харчування [6].

Lactobacillus plantarum є одним із найбільш поширених видів молочнокислих бактерій, який характеризується високою метаболічною активністю та здатністю адаптуватися до різних умов середовища. Ці бактерії здатні синтезувати бактеріюцини та інші антимікробні сполуки, що пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів. Завдяки цим властивостям *L. plantarum* широко застосовується у технології ферментованих продуктів [6].

Streptococcus thermophilus належить до термофільних молочнокислих бактерій кокоподібної форми. Цей мікроорганізм характеризується здатністю швидко ферментувати лактозу з утворенням молочної кислоти. Він широко використовується у виробництві кисломолочних продуктів, зокрема йогуртів, де відіграє важливу роль у формуванні текстури та смакових властивостей продукту [62].

Таким чином, використані у дослідженні молочнокислі бактерії характеризуються високою ферментативною активністю, здатністю до синтезу

антимікробних метаболітів та адаптацією до різних умов середовища. Це визначає їх важливе значення у технології ферментованих харчових продуктів.

Фізіологічні характеристики молочнокислих бактерій, використаних у дослідженні, узагальнено у таблиці 3.14. Дані свідчать про те, що всі досліджувані культури характеризуються високою ферментативною активністю та здатністю розвиватися у широкому діапазоні температур і значень рН.

Таблиця 3.14

**Основні фізіолого-біохімічні характеристики досліджуваних
молочнокислих бактерій**

Вид бактерій	Форма клітин	Оптимальна температура росту, °C	Оптимальний рН	Стійкість до NaCl, %	Тип ферментації	Основні метаболіти
<i>Lactobacillus casei</i>	палички	30–37	5.5–6.2	до 6–8	факультативно гетероферментативна	молочна кислота, бактеріоцини
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	палички	35–37	5.5–6.5	до 6	гетероферментативна	молочна кислота, екзополісахариди
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	палички	37–42	5.5–6.0	до 5	гомоферментативна	молочна кислота
<i>Lactobacillus plantarum</i>	палички	30–37	5.0–6.5	8–10	факультативно гетероферментативна	молочна кислота, бактеріоцини
<i>Streptococcus thermophilus</i>	коки	40–45	6.0–6.8	2–3	гомоферментативна	молочна кислота, діацетил

Використання молочнокислих бактерій у технології рибних продуктів пов'язане з їх здатністю до інтенсивного кислотоутворення, синтезу бактеріоцинів та пригнічення розвитку небажаної мікрофлори. У рибних

ферментованих системах ці мікроорганізми сприяють зниженню рН, покращенню органолептичних характеристик та підвищенню мікробіологічної безпеки продуктів, що зображено в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15

Використання молочнокислих бактерій у технології рибних продуктів

Вид бактерій	Основний технологічний ефект	Вплив на рибну сировину	Технологічне значення
<i>Lactobacillus plantarum</i>	інтенсивне кислотоутворення, синтез бактеріоцинів	зниження рН та активності води, пригнічення небажаної мікрофлори	підвищення мікробіологічної безпеки та стабільності продукту
<i>Lactobacillus casei</i>	синтез органічних кислот та антимікробних метаболітів	пригнічення патогенних мікроорганізмів	покращення органолептичних властивостей і терміну зберігання
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	активна ферментація вуглеводів	формування стабільної мікрофлори у ферментованій рибній системі	підвищення харчової та функціональної цінності
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	інтенсивне утворення молочної кислоти	зниження рН і гальмування розвитку гнильної мікрофлори	біоконсервація рибних продуктів
<i>Streptococcus thermophilus</i>	швидке кислотоутворення	активізація процесів ферментації	стабілізація структури та смакових властивостей

Як видно з таблиці, найбільш універсальними бактеріями для ферментації рибної сировини є представники роду *Lactobacillus*, зокрема *Lactobacillus plantarum*, які характеризуються високою метаболічною активністю та здатністю пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів.

Однією з важливих властивостей молочнокислих бактерій є їх антагоністична активність щодо патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. У процесі життєдіяльності вони синтезують органічні кислоти,

бактеріюцини та інші метаболіти, що здатні пригнічувати розвиток небажаної мікрофлори у харчових продуктах, зокрема у рибній сировині. Дані зображено в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16

Антагоністична активність молочнокислих бактерій щодо патогенних мікроорганізмів у рибних продуктах

Вид молочнокислих бактерій	Патогенні мікроорганізми, на які чиниться пригнічувальна дія	Механізм антагоністичної дії	Технологічне значення
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	синтез бактеріюцинів, органічних кислот	підвищення мікробіологічної безпеки рибної продукції
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	зниження pH, синтез антимікробних метаболітів	пригнічення гнильної мікрофлори
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Salmonella spp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	конкуренція за поживні речовини, синтез органічних кислот	стабілізація мікробіоти продукту
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Clostridium spp.</i>	інтенсивне кислотоутворення	біоконсервація харчових продуктів
<i>Streptococcus thermophilus</i>	умовно-патогенна мікрофлора	швидке зниження pH середовища	стабілізація ферментаційного процесу

Як видно з таблиці, найбільш вираженою антагоністичною активністю характеризуються бактерії роду *Lactobacillus*, які здатні синтезувати бактеріюцини та інші антимікробні сполуки, що пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів у рибних продуктах.

Проведений аналіз наукової літератури свідчить, що молочнокислі бактерії є важливими мікроорганізмами, які широко застосовуються у технології ферментованих харчових продуктів завдяки своїй здатності до інтенсивного кислотоутворення, синтезу антимікробних метаболітів та пригнічення розвитку небажаної мікрофлори. Представники родів *Lactobacillus* та *Streptococcus* характеризуються високою ферментативною активністю, здатністю адаптуватися до різних умов середовища та формувати стабільну мікробіоту ферментованих систем. Це обумовлює їх широке застосування у виробництві молочних, м'ясних та рибних продуктів.

Встановлено, що молочнокислі бактерії здатні позитивно впливати на мікробіологічну безпечність і якість рибної сировини. У процесі розвитку вони утворюють органічні кислоти, бактеріюцини та інші біологічно активні сполуки, що знижують рН середовища та пригнічують розвиток патогенних і гнильних мікроорганізмів. Крім того, їх використання сприяє формуванню характерних органолептичних властивостей ферментованих продуктів та підвищенню стабільності під час зберігання.

Серед розглянутих молочнокислих бактерій особливу увагу привертає *Lactobacillus plantarum*, яка характеризується високою метаболічною активністю, здатністю синтезувати бактеріюцини та адаптуватися до широкого діапазону значень рН, температури та концентрації солі. Ці властивості роблять даний мікроорганізм одним із найбільш перспективних для використання у технології ферментованих рибних продуктів.

Крім того, *Lactobacillus plantarum* характеризується вираженою антагоністичною активністю щодо патогенних мікроорганізмів, що забезпечує підвищення мікробіологічної безпечності продукту та сприяє подовженню терміну його зберігання. Враховуючи наведені властивості, а також результати досліджень інших авторів щодо ефективності використання даного виду у ферментації рибної сировини, у подальших дослідженнях як основну стартову культуру було обрано саме *Lactobacillus plantarum*, яка найбільш повно

відповідає технологічним вимогам до оброблення рибної сировини [22, 75, 42, 6, 62].

Висновки до розділу 3

Комплексна оцінка морфометричних, масових, хімічних та біохімічних показників африканського кларієвого сома дозволила науково обґрунтувати доцільність його використання як перспективної сировини для виробництва продукції типу «Кіперс». Отримані результати свідчать про виражені видові переваги даного об'єкта аквакультури порівняно з традиційними видами, зокрема товстолобом, що проявляється як на рівні структурно-анатомічних характеристик, так і на рівні хімічного та біохімічного складу м'язової тканини.

Аналіз розмірно-масового складу підтвердив високу технологічну ефективність сировини. Підвищений вихід філе зі шкірою (42,99 %) у поєднанні зі зниженим вмістом кісткової тканини та внутрішніх органів свідчить про раціональне співвідношення їстівної та неїстівної частин, що забезпечує зниження технологічних втрат і підвищення коефіцієнта використання сировини. Крім цього, результати показують значну товщину тіла у сома, що свідчить про доцільність його розбирання з метою пришвидшення процесів дифузії, теплоперенесення та скорочення тривалості технологічного циклу виробництва продукції холодного копчення. Високий вихід риби розібраної на пласт з головою (79,64 %) та пласт обезголовлений (52,65 %) підтверджує доцільність виготовлення з африканського сома такої продукції як кіперс, де застосовуються ці способи розбирання.

Встановлено, що хімічний склад м'яса африканського сома характеризується підвищеним вмістом білка (18,2 %), що свідчить про його високу харчову цінність та обумовлює формування щільної, стабільної текстури готового продукту. Помірний вміст жиру (4,9 %) зменшує ризик розвитку окиснювальних процесів та водночас сприятиме утворенню характерного смаку та соковитості копчених виробів. Отримані результати амінокислотного складу показують присутність всіх незамінних амінокислот, загальний вміст яких

становить 44,28 г на 100 г білка, що перевищує рівень ідеального білка. Особливо високий вміст лізину, треоніну, метіоніну та фенілаланіну з тирозином визначає високий пластичний та регуляторний потенціал білка. Незважаючи на відносно нижчі значення валіну та ізолейцину, загальний амінокислотний профіль є збалансованим і не обмежує біологічну повноцінність білка.

Аналіз жирнокислотного складу показав, що ліпіди м'яса досліджуваного африканського кларієвого сома характеризуються меншою часткою насичених і мононенасичених жирних кислот. При цьому, їх кількість більшою мірою відповідає рекомендованому рівню, що свідчить про достатньо збалансований ліпідний склад обраної рибної сировини. Домінуючою серед мононенасичених жирних кислот є олеїнова, яка позитивно впливає на стабільність ліпідної фракції та сприяє нормалізації ліпідного профілю крові. Поліненасичені жирні кислоти у м'ясі африканського сома становлять 35,92 %, Це є важливою перевагою, оскільки саме поліненасичені жирні кислоти визначають біологічну ефективність ліпідів риби.

За результатами дослідження мінерального складу встановлено, що м'ясо африканського кларієвого сома є значущим джерелом хрому, магнію, заліза та цинку, при цьому вміст важких металів та радіонуклідів не перевищує встановлені норми. Отримані дані підтверджують мінеральну цінність та безпечність досліджуваної сировини.

Результати аналізу технологічних властивостей молочнокислих бактерій підтверджують доцільність їх використання у технології перероблення рибної сировини. Досліджувані культури *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* та *Streptococcus thermophilus* характеризуються здатністю до кислотоутворення, синтезу антимікробних метаболітів і пригнічення розвитку небажаної мікрофлори. Найбільш перспективною культурою для застосування у технології рибних продуктів є *Lactobacillus plantarum*, оскільки вона здатна розвиватися в широкому діапазоні температур 30–37 °С, за рН 5,0–6,5 та витримувати концентрацію NaCl до 8–10 %. Крім того, ця культура характеризується здатністю до синтезу

бактеріоцинів і органічних кислот, що забезпечує її виражену антагоністичну активність щодо *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* та *Staphylococcus aureus*. Саме тому використання *Lactobacillus plantarum* є технологічно обґрунтованим для підвищення мікробіологічної безпечності, стабільності та якості риби холодного копчення типу «Кіперс»

РОЗДІЛ 4 НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ Й УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РИБИ ХОЛОДНОГО КОПЧЕННЯ ТИПУ «КІПЕРС» З АФРИКАНСЬКОГО СОМА

4.1. Наукове обґрунтування доцільності застосування молочнокислих бактерій у технології риби холодного копчення типу «Кіперс»

У сучасних умовах розвитку технологій рибних продуктів особливу увагу приділяють пошуку ефективних способів підвищення стабільності та безпечності рибної продукції без застосування жорстких консервувальних чинників. Одним із перспективних напрямів є використання молочнокислих бактерій як елементу біотехнологічного оброблення рибної сировини, що дозволяє керувати впливом на перебіг фізико-хімічних і мікробіологічних процесів у м'ясі риби.

Для проведення експериментальних досліджень з оцінювання впливу молочнокислих бактерій (МКБ) на властивості соленого м'яса африканського кларієвого сома в технології кіперсу було сформовано контрольний та п'ять дослідних зразків. Дослідні зразки відрізнялися за складом використаних молочнокислих бактерій, що дозволяло оцінити як індивідуальний вплив окремих штамів, так і комбіновану дію бактеріальних культур на зміну фізико-хімічних, мікробіологічних та структурно-механічних показників. Комплексний підхід до оцінювання зазначених показників дозволяє встановити закономірності біоконсервувального ефекту МКБ та обґрунтувати доцільність їх використання в технології кіперсу.

Молочнокислі бактерії вносили у порошкоподібному вигляді після етапу сухого соління, що забезпечувало рівномірний розподіл бактеріального препарату на поверхні рибної сировини без додаткового зволоження продукту. Сформована система зразків (табл. 4.1), що слугувала основою для подальшого порівняльного аналізу показників.

Таблиця 4.1

Дослідні зразки м'яса африканського кларієвого сома

№ зразка	Характеристика зразка	Використані молочнокислі бактерії
Контроль	Без оброблення МКБ	—
Зразок 1	Оброблений МКБ	<i>Lactobacillus casei</i> + <i>Lactobacillus rhamnosus</i>
Зразок 2	Оброблений МКБ	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Зразок 3	Оброблений МКБ	<i>Lactobacillus plantarum</i>
Зразок 4	Оброблений МКБ	<i>Lactobacillus casei</i> + <i>Lactobacillus plantarum</i>
Зразок 5	Оброблений МКБ	<i>Streptococcus thermophilus</i>

4.1.1. Вплив бактеріальних препаратів на фізико-хімічні показники

Досліджено вплив молочнокислих бактерій на зміну активної кислотності, активності води та буферних властивостей соленого м'яса африканського кларієвого сома. Визначення проводили у контрольному та дослідних зразках протягом п'яти діб ферментування. Такий підхід дозволяє порівняти динаміку змін показників залежно від виду бактеріальної культури.

Показник активної кислотності (рН) є одним із ключових критеріїв, що характеризує кисло-лужний стан рибної сировини, інтенсивність біохімічних перетворень та умови розвитку мікрофлори. Динаміку зміни активної кислотності залежно від впливу різних молочнокислих культур наведено на рис. 4.1.

Результати досліджень свідчать, що значення активної кислотності м'яса африканського кларієвого сома протягом п'яти діб змінювалися у відносно вузькому діапазоні як у контрольному, так і в дослідних зразках, що зумовлено зберіганням в охолоджених умовах. У контрольному зразку значення рН коливалися в межах 6,19–6,36, що характерно для соленої рибної сировини і вказує на стабільність кисло-лужного стану м'яса. У дослідних зразках, оброблених молочнокислими бактеріями, на початковому етапі ферментування (1-ша доба) значення рН були близькими до контрольного або дещо нижчими. Проте упродовж подальшого періоду спостерігалася тенденція до поступового

підвищення активної кислотності незалежно від виду використаної бактеріальної культури.

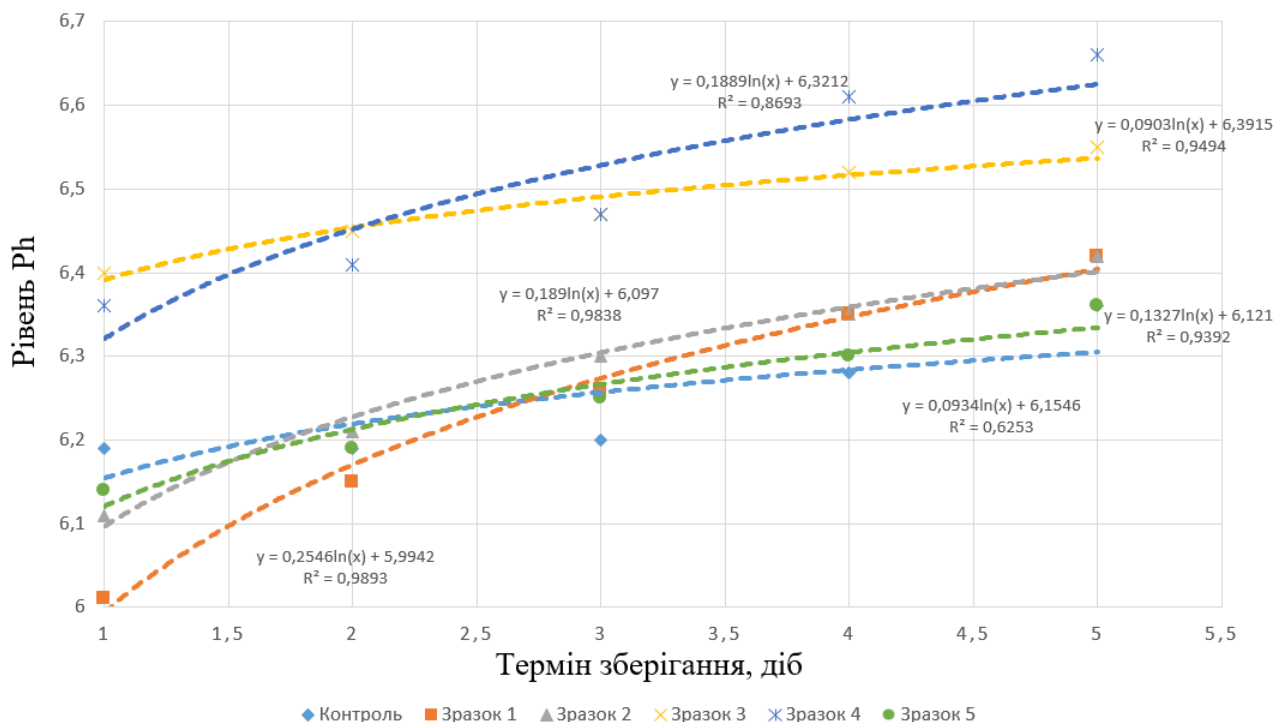


Рисунок 4.1. Динаміка зміни активної кислотності м'яса африканського кларієвого сома у контрольному та дослідних зразках протягом 5 діб витримування

Представлені на рисунку 4.1 результати показують, що у зразках оброблених молочнокислими бактеріями *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus* та *Lactobacillus acidophilus*, на початковому етапі спостерігається нижче значення рН порівняно з контролем. Це зумовлено утворенням кислот, в тому числі молочної, внаслідок ферментативної активності молочнокислої мікробіоти [109].

Подальша тенденція підвищення рН у дослідних зразках може бути зумовлена впливом метаболічної активності молочнокислих бактерій у поєднанні з високими буферними властивостями м'яса африканського кларієвого сома. Ймовірно, у даному випадку переважають процеси, пов'язані з трансформацією білкових компонентів, що зумовлює зсув кислотно-лужної рівноваги у лужний бік без різкого порушення стабільності середовища. Дещо вищі кінцеві значення рН (6,42) цих дослідних зразків, порівняно з контролем,

може бути пов'язано з особливостями метаболізму штаму в умовах обмеженої активності води [55].

У зразку обробленому *Streptococcus thermophilus* характер змін активної кислотності подібний до зразків оброблених *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus* та *Lactobacillus acidophilus*, а значення рН упродовж усього періоду спостереження є близькими до контрольних. Відсутність суттєвих відмінностей у значеннях рН між зразком 5 та контролем може свідчити про помірну кислототворну активність *Streptococcus thermophilus* за умов сухого соління, холодильного зберігання та обмеженої вологості середовища [103]. Слід відмітити, що на 5 добу значення рН дослідного і контрольного зразка співпадають. Це показує низький технологічний ефект застосування *Streptococcus thermophilus* у технології кіперсу та виключає можливість використання цього виду МБК для одержання ферментованих рибних продуктів.

У зразках оброблених МБК *Lactobacillus plantarum* та комбінацією *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum* упродовж усього періоду спостереження фіксуються вищі значення рН порівняно з контролем, при цьому значення кислотності не суттєво зростають (на 0,15 та 0,30 од., відповідно). Підвищені значення рН можуть бути пов'язані з вираженими буферними властивостями м'яса африканського кларієвого сома та перебігом протеолітичних процесів, що супроводжують мікробний метаболізм. Відсутність різких коливань кислотності свідчить про контрольований характер біохімічних змін і збереження технологічної придатності сировини. У зразку 3 (*Lactobacillus plantarum*) показники рН протягом усього періоду залишалися на відносно високому рівні (6,40–6,55), що свідчить про відсутність інтенсивного закислення та формування стабільного кислотно-лужного балансу. Така стабільна різниця свідчить про стан кислотно-лужної рівноваги м'яса у присутності даних штамів молочнокислих бактерій. Найвищі значення рН зафіксовано у зразку 4 (*Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum*), де на п'яту добу показник досяг 6,66. Це може вказувати на виражені буферні властивості системи за умов використання комбінованої культури. Відмічена динаміка рН ($\leq 6,8$) свідчить

про свіжість соленого напівфабрикату, є сприятливою для технології кіперсу, з точки зору збереження структурно-механічних та органолептичних властивостей продукту. Крім цього, одержані дані показують, що основні зміни рН відбуваються на початкових етапах витримування з подальшою стабілізацією процесу, що є типовим для систем із обмеженою активністю води та контрольованим мікробіоценозом. Тому, процес ферментування соленого напівфабрикату в технології риби холодного копчення типу «Кіперс» не доцільно проводити більше 2 діб.

Важливим показником перебігу біохімічних процесів у м'ясній системі є буферна ємність, яка відображає здатність м'ясної тканини протистояти змінам кислотно-лужного стану. Це безпосередньо пов'язано з процесами дозрівання та глибиною структурних перетворень білкової системи. Буферні властивості м'яса визначаються насамперед станом білкових молекул, наявністю вільних амінокислот, пептидів та інших азотовмісних сполук, що утворюються внаслідок ферментативних перетворень. У процесі витримування після сухого соління відбувається поступове формування рівноважного стану білково-водної системи, що супроводжується зміною буферної ємності. Внесення молочнокислих бактерій може впливати на характер цих процесів опосередковано — через зміну мікробіоценозу, регуляцію рН та стабілізацію структури м'ясної тканини. Оцінювання динаміки буферності дозволяє встановити інтенсивність дозрівання, ступінь структурної перебудови білків та технологічну стабільність продукту. Буферність характеризує глибинні зміни системи та її здатність підтримувати стабільність середовища в умовах біотехнологічного впливу.

Результати визначення буферної ємності м'яса африканського кларієвого сома у контрольному та дослідних зразках протягом п'яти діб витримування наведено на рис. 4.2.

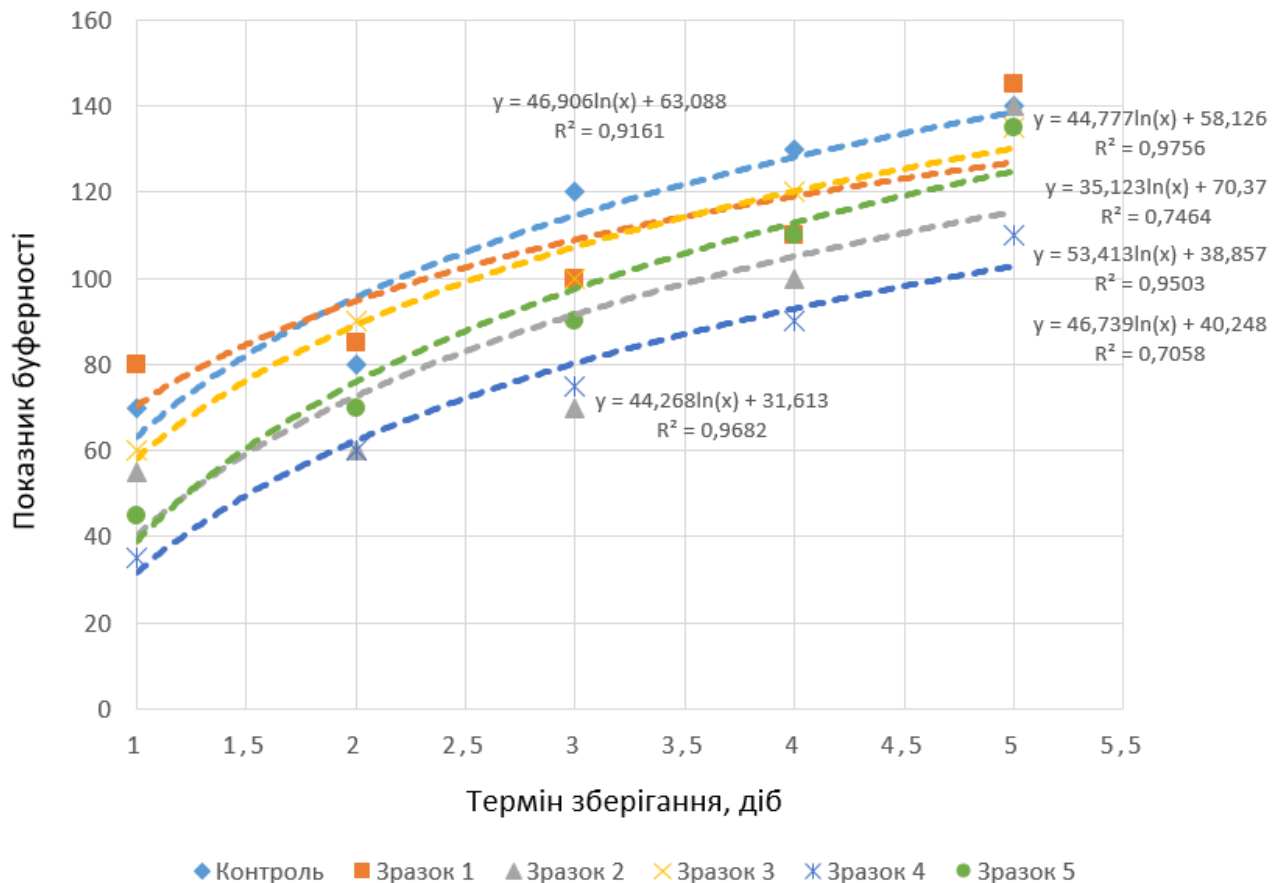


Рисунок 4.2. Динаміка зміни буферної ємності м'яса африканського кларієвого сома у контрольному та дослідних зразках протягом 5 діб витримування

Результати визначення буферної ємності свідчать про поступове зростання показника у всіх зразках протягом п'яти діб витримування. У контрольному варіанті значення буферності зросло з 70 до 140 умовних одиниць, що відображає закономірний перебіг процесів дозрівання м'ясної системи після сухого соління. У зразку 1 (*Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus*) спостерігалось підвищення показника з 80 до 145, що свідчить про активніше формування буферних властивостей порівняно з контролем у кінцевий період витримування. Зразок 2 (*Lactobacillus acidophilus*) характеризувався менш інтенсивним зростанням у перші три доби, однак на п'яту добу досяг рівня контрольного варіанта (140), що може вказувати на поступове, але стабільне формування структурної рівноваги. У зразку 3 (*Lactobacillus plantarum*) динаміка зростання була більш рівномірною (від 60 до 135), що свідчить про контрольований

характер дозрівання без різких стрибків показника. Зразок 4 (*Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum*) демонстрував найнижчі значення буферної ємності протягом усього періоду (від 35 до 110), що може свідчити про уповільнений характер структурних перетворень у комбінованій системі. Зразок 5 (*Streptococcus thermophilus*) характеризувався поступовим зростанням буферності до 135, що близько до показників зразка 3.

Загалом для всіх варіантів характерна логічна тенденція: інтенсивніше зростання показника відбувається після третьої доби витримування, що відповідає фазі стабілізації білково-водної системи та формування зрілого стану продукту. Зростання буферної ємності свідчить не про агресивний протеоліз, а про поступове накопичення азотовмісних сполук та стабілізацію білкової структури, що є типовим для контрольованого дозрівання рибної сировини.

Важливим показником, що визначає стабільність м'ясної системи, є активність води (a_w). Цей показник відображає ступінь доступності вологи для мікробіологічних та біохімічних процесів. У технології риби холодного копчення саме поєднання контрольованого рівня рН та зниження a_w формує умови біоконсервації, що дозволяє обмежити розвиток небажаної мікрофлори без застосування агресивних методів обробки.

Активність води є одним із ключових факторів, що регулює інтенсивність мікробіологічних процесів, швидкість ферментативних реакцій та перебіг структурних змін у м'ясній сировині. Зменшення a_w призводить до обмеження життєдіяльності більшості мікроорганізмів, у тому числі умовно-патогенних та патогенних форм. У процесі сухого соління відбувається осмотичне вилучення частини вологи, що зумовлює поступове зниження активності води. В результаті, аеробні грамнегативні бактерії пригнічуються, що дозволяє росту інших організмів, більш стійких до зниженої a_w , в тому числі МКБ, тому вони можуть набути центральної ролі в мікробіологічних процесах, що відбуваються в продукті [36]. Внесення молочнокислих бактерій може додатково впливати на вологоутримувальні властивості м'ясної тканини через зміну білково-водних взаємодій та формування стабільнішої структури системи. Дослідження

динаміки зміни активності води дозволяє оцінити ступінь стабілізації продукту, прогнозувати його мікробіологічну безпечність та визначити ефективність використання різних штамів молочнокислих бактерій у формуванні біоконсервувального ефекту.

Результати визначення активності води у контрольному та дослідних зразках м'яса африканського кларієвого сома протягом п'яти діб витримування наведено на рис.4.3.

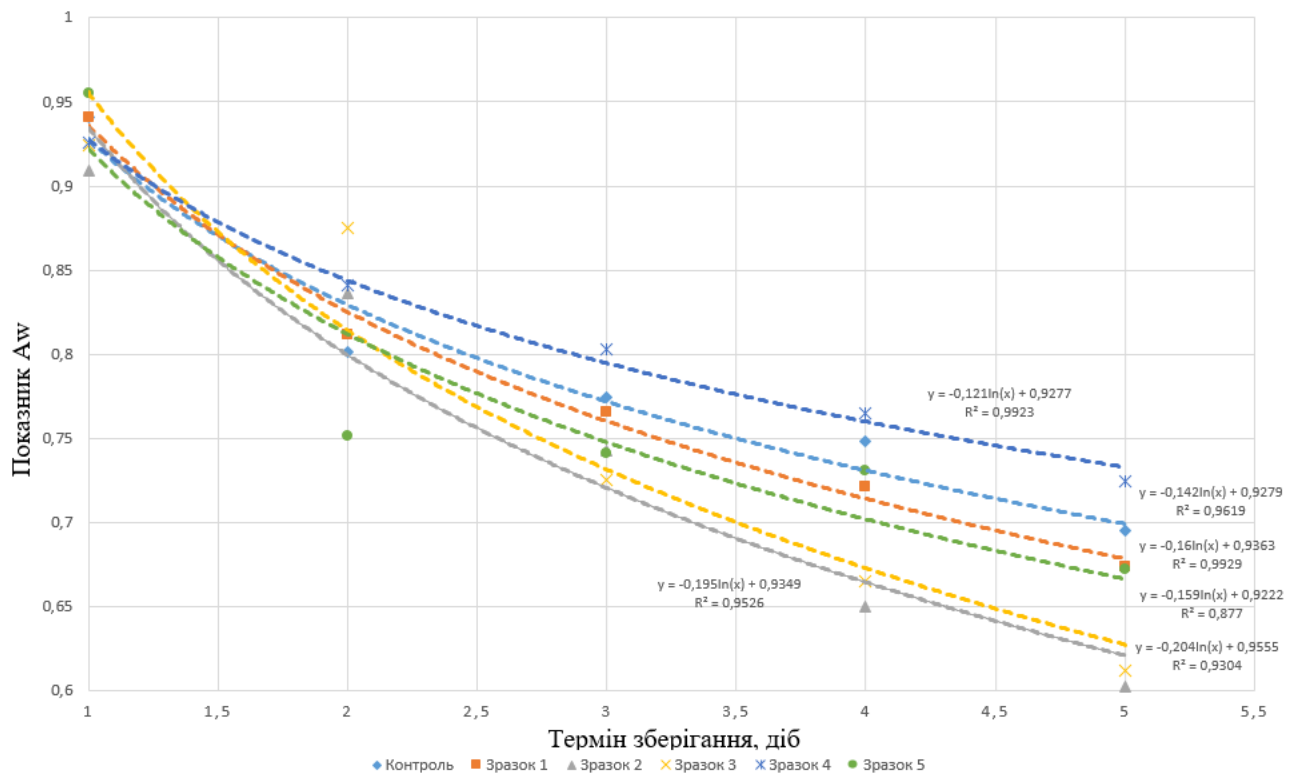


Рисунок 4.3. Динаміка зміни активності води (a_w) м'яса африканського кларієвого сома у контрольному та дослідних зразках протягом 5 діб витримування

Результати визначення активності води свідчать про чітко виражену тенденцію до зниження активності води у всіх досліджуваних зразках м'яса африканського кларієвого сома протягом п'яти діб витримування. У контрольному варіанті значення a_w зменшилося з 0,941 у першу добу до 0,695 на п'яту добу, що є типовим для рибної сировини після сухого соління та зумовлено поступовим зв'язуванням вологи та дифузією солі. У дослідних зразках, оброблених молочнокислими бактеріями, зниження активності води відбувалося

більш інтенсивно порівняно з контролем, що пояснюється споживання вільної вологи внаслідок активного розвитку заквашувальної мікробіоти. Найнижчі значення a_w на 5-ту добу зафіксовано у зразках з *Lactobacillus acidophilus* та *Lactobacillus plantarum*, що свідчить про більш виражені зміни водно-структурного стану м'яса під впливом використаних культур. Зразок 2 (*Lactobacillus acidophilus*) характеризувався найбільш інтенсивним зниженням показника — до 0,602 на п'яту добу, що може бути пов'язано з активнішими структурними змінами білково-водної системи та перерозподілом зв'язаної вологи. У зразку 3 (*Lactobacillus plantarum*) також спостерігалось суттєве зниження a_w до 0,612, що підтверджує здатність штаму сприяти стабілізації м'ясної системи та формуванню несприятливих умов для розвитку мікрофлори. У зразку 1 (*Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus*) динаміка зниження a_w була близькою до контрольної, однак на п'яту добу значення становило 0,674, що свідчить про дещо більш виражене зменшення доступної вологи. У зразку 5 (*Streptococcus thermophilus*) значення a_w знизилось до 0,672, що наближено до показників зразка 1 та підтверджує контрольований характер змін. Зразок 4 (*Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum*) демонстрував менш виражене зниження активності води (0,724 на п'яту добу), що може свідчити про інший характер білково-водних взаємодій у комбінованій системі.

Загалом для всіх варіантів характерна логічна закономірність: найбільш інтенсивне зниження a_w відбувається у перші три доби витримування, після чого темп змін уповільнюється, що свідчить про поступову стабілізацію системи. На п'яту добу у всіх дослідних зразках показник a_w знаходиться у межах 0,60–0,72, що є критично важливим для обмеження росту більшості патогенних бактерій. Таким чином, поєднання сухого соління та обробки молочнокислими бактеріями забезпечує формування стабільного вологоутримувального стану м'ясної системи та створення несприятливих умов для розвитку небажаної мікрофлори, що узгоджується з висновками інших вчених [27, 20, 37]

Отримані результати дослідження активної кислотності, буферних властивостей та активності води м'яса африканського кларієвого сома свідчать

про формування контрольованих фізико-хімічних умов у процесі витримування після сухого соління. Зниження активності води за відсутності різкого закислення середовища та стриманий характер дозрівання створюють передумови для обмеження розвитку небажаної мікрофлори та підвищення мікробіологічної стабільності продукту холодного копчення. У зв'язку з цим подальше оцінювання ефективності застосування молочнокислих бактерій потребує аналізу мікробіологічних показників, які дозволяють безпосередньо охарактеризувати санітарний стан м'яса та безпечність продукту на етапі підготовки до холодного копчення.

4.1.2. Вплив бактеріальних препаратів на мікробіологічні показники

М'ясо африканського кларієвого сома, яке характеризується високим вмістом води та відносно нейтральною реакцією середовища, є сприятливим субстратом для розвитку мікрофлори, що зумовлює необхідність застосування додаткових стабілізуючих підходів при виробництві кіперсу. У цьому контексті застосування молочнокислих бактерій після етапу сухого соління розглядається як доцільний спосіб формування контрольованого мікробного середовища без порушення технологічних режимів холодного копчення.

Мікробіологічні дослідження проводили з метою оцінювання впливу молочнокислих бактерій на формування мікробіологічної стабільності м'яса африканського кларієвого сома у процесі витримування після сухого соління.

Оцінювання мікробіологічного стану м'яса дозволяє встановити взаємозв'язок між змінами активної кислотності, активності води та розвитком мікрофлори, а також підтвердити біоконсервувальний ефект молочнокислих бактерій у технології кіперсу. Комплексний підхід до аналізу мікробіологічних показників забезпечує обґрунтовану оцінку безпечності та технологічної доцільності використання МКБ у виробництві даного виду продукції. Дані зображено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Мікробіологічні показники м'яса африканського кларієвого сома

Зразок	БГКП (колі- форми), г	МКБ, КУО/Г	<i>Staph. aureus</i> ,	Патогенні мікроорганізми, у т.ч. <i>Salmonella</i>
Контроль	Наявні в 0,1 г	$1,0 \cdot 10^3$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г
Зразок 1	Наявні в 0,1 г	$4,0 \cdot 10^6$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г
Зразок 2	Відсутні в 1 г	$5,5 \cdot 10^6$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г
Зразок 3	Відсутні в 1 г	$5,3 \cdot 10^6$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г
Зразок 4	Відсутні в 1 г	$1,5 \cdot 10^7$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г
Зразок 5	Наявні в 0,1 г	$1,4 \cdot 10^7$	Відсутні в 1 г	Відсутні в 25 г

Аналіз мікробіологічних показників, наведених у таблиці 4.2 показує, що бактеріальні препарати внесені до рибної сировини, швидко реактивуються та конкурують зі спонтанною мікробіотою. Висока антагоністична активність по відношенню до мікробіоти рибної сировини зумовлює знищення або пригнічення розвитку небезпечних контамінантів БГКП, золотистого стафілококу, сальмонели чим підвищують та стабілізують рівень мікробіологічної безпечності.

У контрольному зразку кількість молочнокислих бактерій перебувала в межах $1,0 \times 10^3$ КУО/г, що представлені природньою мікробіотою рибної сировини та галофільними мікроорганізмами. У дослідних зразках, оброблених молочнокислими бактеріями, відмічено підвищення загальної мікробної чисельності, що зумовлено присутністю інокульованих культур МКБ і не може розглядатися як негативний чинник. Навпаки, домінування молочнокислої мікрофлори створює конкурентне середовище, несприятливе для розвитку небажаних мікроорганізмів. Найкращий мікробіологічний ріст впродовж всього періоду витримування продемонстрували *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum*, а також *Streptococcus thermophilus*. Це пояснюється тим, що *Lactobacillus plantarum* та *Streptococcus thermophilus* входять до природньої мікробіоти сирої риби [3].

У зразках, оброблених монокультурами *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus* та комбінаціями та молочнокислих бактерій *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus plantarum*, формувалося контрольоване

мікробне середовище без проявів патогенної або умовно-патогенної мікрофлори. Це узгоджується з раніше встановленими змінами активності води та буферних властивостей м'яса і підтверджує біоконсервувальний ефект молочнокислих бактерій. У всіх дослідних зразках відсутні *Staphylococcus aureus* та патогенні мікроорганізми, зокрема *Salmonella*, у 25 г продукту, що підтверджує мікробіологічну безпечність м'яса африканського кларієвого сома за досліджуваних умов.

Отримані результати підтверджують літературні дані щодо ефективності поєднання сухого соління та біотехнологічного оброблення молочнокислими бактеріями у формуванні стабільного та безпечного мікробіологічного стану продукту [86, 67, 8]. Поєднання контрольованих фізико-хімічних умов та домінування молочнокислих бактерій створює передумови для підвищення стабільності та якості соленого напівфабрикату і готової продукції. Подальші дослідження спрямовано на доведення, що молочнокислі бактерії продовжують термін придатності та є альтернативою заміні хімічних консервантів, не впливаючи на органолептичні характеристики продукту.

4.1.3 Вплив бактеріальних препаратів на структурно-механічні показники

Структурно-механічні властивості м'язової тканини риби є важливими показниками, що характеризують її технологічну придатність до різних способів перероблення та формують споживчі властивості готової продукції. Дані властивості визначають здатність м'язової тканини чинити опір зовнішньому механічному навантаженню, деформуватися під дією сили та відновлювати свою структуру після припинення навантаження.

Для кількісної оцінки структурно-механічних характеристик м'яса було застосовано метод текстурного аналізу, який ґрунтується на реєстрації залежності прикладеного навантаження від величини деформації зразка. У процесі дослідження зразок піддається механічному стисканню спеціальним зондом текстурного аналізатора, а отримані дані відображаються у вигляді кривих «навантаження – деформація». Аналіз таких кривих дозволяє визначити

максимальне навантаження, що характеризує твердість продукту, а також особливості руйнування структури м'язової тканини.

Побудовані графіки відображають зміну сили навантаження залежно від переміщення зонда під час деформації зразків м'яса. Форма кривих дозволяє оцінити ступінь опору тканини стисканню, характер руйнування м'язових волокон та відмінності у текстурі між дослідними зразками. Максимальні значення навантаження відповідають моменту руйнування структурного каркасу м'язової тканини, що безпосередньо характеризує твердість продукту.

Таким чином, аналіз отриманих кривих дозволяє об'єктивно оцінити структурно-механічні властивості м'яса африканського кларієвого сома та встановити вплив технологічної обробки або біотехнологічних факторів на формування текстури продукту.

Для наочного відображення структурно-механічних характеристик м'яса було побудовано криві залежності сили навантаження від переміщення зонда текстурного аналізатора (рис. 4.4-4.7).

Структурно-механічні властивості зразка, обробленого *Streptococcus thermophilus* зображено на рис. 4.4.

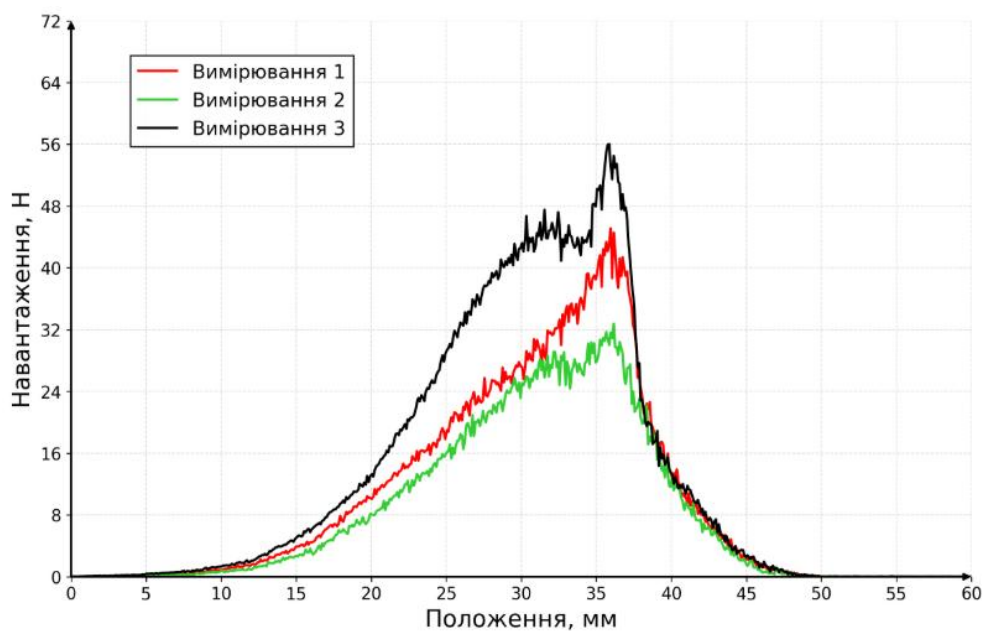


Рисунок 4.4. Структурно-механічні властивості зразка, обробленого *Streptococcus thermophilus*

На початковій стадії деформації зразка спостерігається повільне та відносно рівномірне зростання механічного навантаження, що відповідає процесам ущільнення контактної зони та первинного перерозподілу напружень у структурі матеріалу. Низький початковий опір деформації свідчить про слабо сформований поверхневий шар і недостатню кількість міжмолекулярних зв'язків у білковій матриці. У другій фазі деформації зростання навантаження відбувається без чітко вираженої пружної ділянки, що вказує на обмежену здатність структури акумулювати механічну енергію. Максимальні значення сили зсуву знаходяться в межах 31,86–56,23 Н, а енергія руйнування становить лише 0,51–0,89 Дж, що є мінімальними серед досліджуваних зразків. Це свідчить про низьку міцність структурного каркасу та відсутність добре сформованої оболонки. Момент досягнення пікового навантаження супроводжується практично миттєвим руйнуванням структури, після чого спостерігається різкий спад сили та виражені заглиблення на кривій деформації. Такий характер післяпікової ділянки вказує на домінування м'якої, слабо зв'язаної внутрішньої фази, яка не здатна утримувати навантаження після руйнування первинного каркасу. Таким чином, використання *Streptococcus thermophilus* зумовлює формування продукту з високою м'якістю, проте з недостатньою механічною стабільністю, що обмежує його структурну цілісність і може негативно впливати на формостійкість під час механічного навантаження.

Структурно-механічні властивості зразка, обробленого *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus* зображено на рис. 4.5.

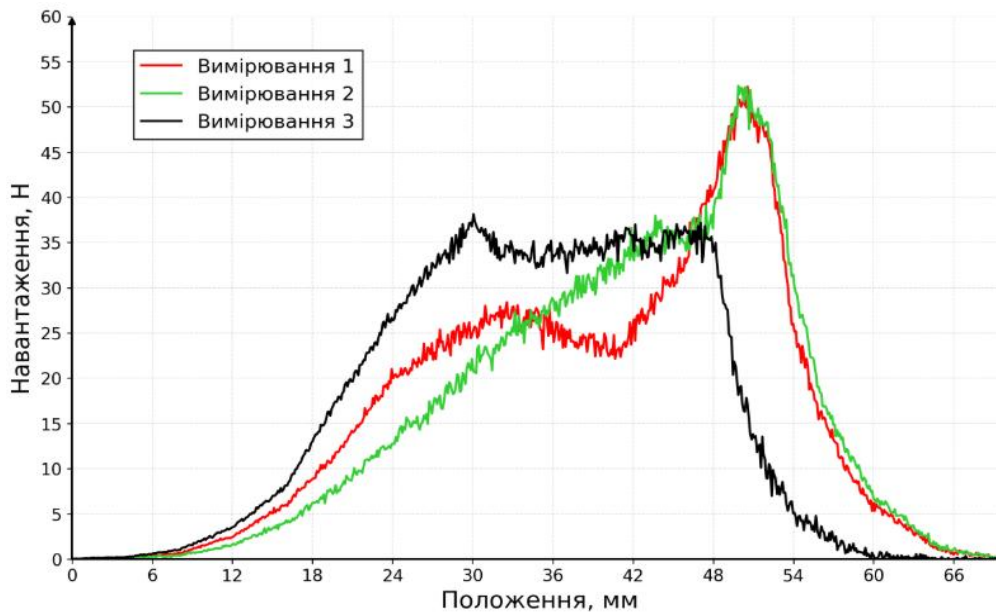


Рисунок 4.5. Структурно-механічні властивості зразка, обробленого *Lactobacillus casei* + *Lactobacillus rhamnosus*

На початковому етапі деформації для даного зразка характерне більш впевнене та рівномірне наростання навантаження порівняно зі зразком, обробленим *S. thermophilus*. Це свідчить про кращу організацію контактної зони та більш однорідну структуру поверхневого шару. У пружно-пластичній області деформації структура здатна ефективніше перерозподіляти механічні напруження, що проявляється у плавному зростанні сили зсуву до 37,64–51,49 Н. Значення енергії руйнування (1,04–1,09 Дж) є вищими, що вказує на формування більш стабільного білкового каркасу, здатного акумулювати механічну енергію до моменту руйнування. Пікове навантаження відповідає руйнуванню основної структурної матриці, однак характер кривої свідчить про відсутність крихкого зламу. Післяпикова ділянка характеризується поступовим спадом навантаження та наявністю заглиблень, що вказує на м'яку внутрішню структуру, яка зберігає часткову зв'язаність навіть після руйнування основного каркасу. Комбінація *L. casei* та *L. rhamnosus* забезпечує формування структури з помірною щільністю оболонки та підвищеною пластичністю внутрішньої фази, що сприяє покращенню споживчих текстурних характеристик без істотної втрати механічної стійкості.

Структурно-механічні властивості зразка, обробленого *Lactobacillus acidophilus* зображено на рис. 4.6.

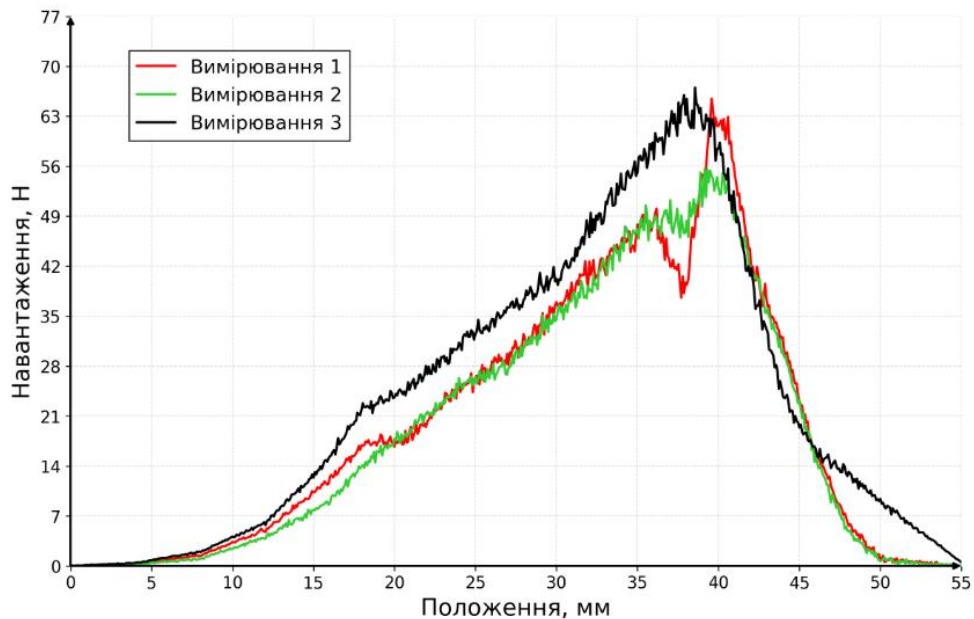


Рисунок 4.6. Структурно-механічні властивості зразка, обробленого *Lactobacillus acidophilus*

Початкова стадія деформації характеризується швидким зростанням навантаження, що свідчить про формування щільного поверхневого шару та підвищений початковий опір механічному впливу. Це вказує на більш інтенсивну агрегацію білків та посилення міжмолекулярних взаємодій у структурі матеріалу. У другій фазі деформації навантаження зростає до 56,46–64,37 Н, а енергія руйнування досягає 1,03–1,30 Дж, що свідчить про високу здатність структури акумулювати механічну енергію. Це характеризує добре сформований і механічно стійкий білковий каркас. Пікове навантаження відповідає моменту руйнування щільної оболонки або основного структурного каркасу. Після цього спостерігається різкий спад сили та характерні заглиблення на кривій деформації, що вказує на різку зміну механічної поведінки матеріалу.

Такий характер післяпікової деформації свідчить про поєднання міцної зовнішньої оболонки з більш м'якою внутрішньою фазою. Використання *Lactobacillus acidophilus* сприяє формуванню структури з високою механічною стійкістю до моменту руйнування при одночасному збереженні м'якості внутрішньої частини продукту.

Структурно-механічні властивості зразка, обробленого *Lactobacillus plantarum* зображено на рис. 4.7.

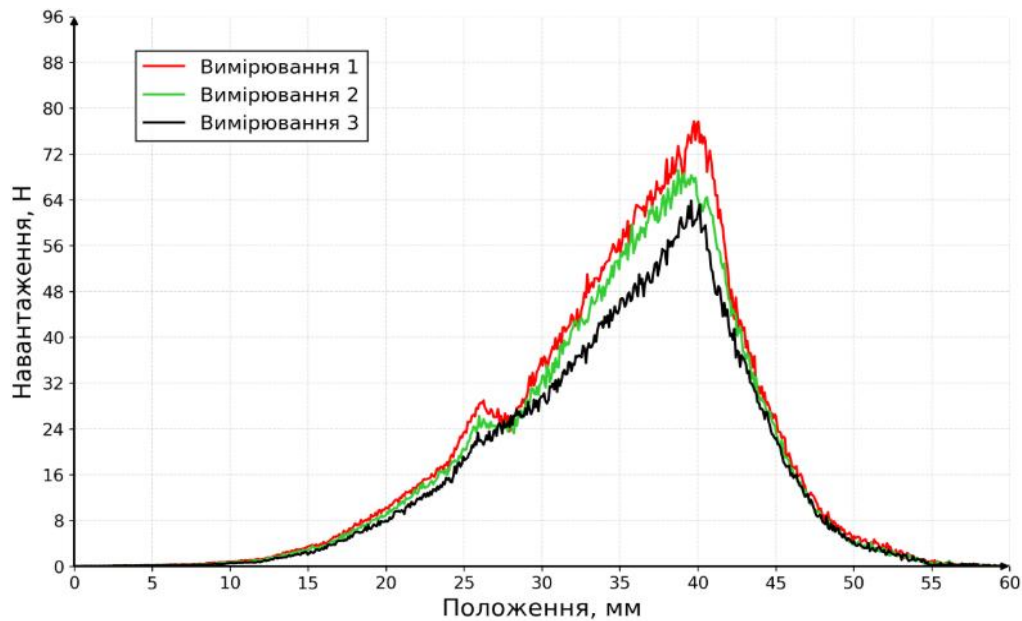


Рисунок 4.7. Структурно-механічні властивості зразка, обробленого *Lactobacillus plantarum*

Для даного зразка характерна найбільш виражена структурна організація серед усіх досліджуваних варіантів. Уже на початковій стадії деформації спостерігається високий початковий опір навантаженню, що вказує на формування щільного та механічно стійкого поверхневого шару. У пружній та пружно-пластичній областях деформації навантаження зростає до 61,65–77,15 Н, що є максимальними значеннями серед досліджуваних зразків. Енергія руйнування становить 0,86–1,19 Дж, що свідчить про здатність структури ефективно акумулювати механічну енергію до моменту руйнування, не переходячи при цьому у крихкий режим деформації. Пікове навантаження відповідає руйнуванню щільного структурного каркасу, після чого спостерігається різкий спад сили та чітко виражені заглиблення на кривій деформації. Такий характер післяпікової ділянки свідчить про наявність м'якої, податливої внутрішньої фази, яка легко деформується після руйнування оболонки. Застосування *Lactobacillus plantarum* забезпечує оптимальне поєднання щільної зовнішньої структури та підвищеної м'якості внутрішнього

ядра, що є ключовим чинником покращення текстурної якості продукту. Саме такий тип структурної організації сприяє формуванню ніжної консистенції при збереженні механічної цілісності до моменту руйнування, що є бажаним з точки зору споживчих властивостей.

Отримані результати свідчать про взаємозв'язок між структурно-механічними показниками та сенсорною оцінкою м'якості продукту. Високі пікові значення сили зсуву відповідають відчуттю щільності та цілісності структури на початковій стадії жування, тоді як різкий спад навантаження і наявність заглиблень після піку асоціюється із сенсорною м'якістю та ніжністю внутрішньої частини продукту. Найбільш гармонійне поєднання цих характеристик забезпечує застосування *Lactobacillus plantarum*, що підтверджує його позитивний вплив на формування високоякісних текстурних властивостей.

Результати досліджень також свідчать про асоціативний зв'язок між значеннями рН та структурно-механічними властивостями. Помірне зниження рН на початкових етапах ферментування сприяло ущільненню білкової матриці та формуванню більш стійкої структури. Подальше підвищення рН супроводжувалося розвитком протеолітичних процесів, що зумовлювало формування м'якої та пластичної внутрішньої фази продукту. Результати наших досліджень узгоджуються з висновками інших вчених щодо впливу молочнокислих бактерій на структурно-механічні показники сировини [109].

Найбільш виражений позитивний ефект спостерігався у зразках, оброблених *Lactobacillus plantarum* та *Lactobacillus acidophilus*, для яких характерне поєднання високої механічної стійкості із сенсорною м'якістю. Натомість у зразку зі *Streptococcus thermophilus*, де зміни рН були мінімальними, формувалася менш організована структура з нижчими показниками сили зсуву та енергії руйнування.

На основі результатів досліджень фізико-хімічних, мікробіологічних та структурно-механічних показників, для оброблення напівфабрикату в технології риби холодного копчення типу «Кіперс» обрано *Lactobacillus plantarum*.

4.2. Обґрунтування рецептурного складу кіперсу

Вплив пряно-ароматичних добавок на формування органолептичних характеристик риби холодного копчення типу «Кіперс»

З метою вибору смакових та пряно-ароматичних добавок у рецептурному складі риби холодного копчення типу «Кіперс» проведено органолептичну оцінку зразків із різними видами прянощів, перцем, часником. Як контрольний використовували зразок риби холодного копчення без додавання добавок. Органолептичний аналіз включав порівняльну характеристику якості готової продукції та попередній відбір найбільш перспективних зразків для подальших досліджень.

На першому етапі досліджень проводили узагальнену органолептичну оцінку зразків відповідно вимогам нормативного документа на пряно-копчену рибну продукцію [125]. За результатами оцінювання визначали інтегральний показник - загальний бал, який використовували для порівняльного аналізу зразків і попереднього відбору найбільш якісних варіантів. Результати представлено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8.

**Узагальнена органолептична оцінка риби холодного копчення з
прянощами**

Зразок	Зовнішній вигляд	Запах	Смак	Консистенція	Загальний бал
Контроль (без прянощів)	Поверхня чиста, суха, забарвлення рівномірне золотисте, механічні пошкодження та дефекти відсутні (4,5)	Властивий даному виду продукції, без стороннього запаху (3,5)	Властивий даному виду продукту, значно виражений присмак копченості, з легкою гіркотою (3,5)	Щільна, соковита властива для риби холодного копчення. (4,5)	16,0
Кіперс з чебрецем	Поверхня чиста, суха, без пошкоджень та дефектів, колір світло-золотистий з незначною нерівномірністю (4,5)	Вміру виражений пряно- копчений (4,0)	Гармонійний, пряно- копчений (4,5)	Щільна, властива для риби холодного копчення. (4,5)	17,5
Кіперс з перцем чорним меленим	Поверхня чиста, суха, світло- золотистого кольору з рівномірним розподіленням прянощів, без пошкоджень та дефектів (4,5)	Властивий даному виду пряно- копченої риби (4,5)	Приємний, пряно- копчений (4,5)	Щільна, соковита, властива для риби холодного копчення. (4,5)	18
Кіперс з паприкою	Поверхня чиста, суха, колір властивий даному виду продукту, дещо нерівномірний, пошкодження та дефекти відсутні (4,5)	Слабко виражений аромат прянощів (3,5)	Пряно- копчений, слабко виражений присмак добавок (3,5)	Щільна, дещо сухувата (3,5)	15

Продовження таблиці 4.8

Зразок	Зовнішній вигляд	Запах	Смак	Консистенція	Загальний бал
Кіперс з кмином	Поверхня чиста, суха, без пошкоджень та дефектів, колір світло-золотистий з незначною нерівномірністю, залежно від розміщення прянощів (4,5)	Значно виражений аромат прянощів (4,0)	Пряно-копчений, значно виражений присмак прянощів (3,5)	Щільна, властива для риби холодного копчення. (4,0)	16,0
Кіперс з розмарином	Поверхня чиста, суха, без пошкоджень та дефектів, колір світло-золотистий з незначною нерівномірністю (4,5)	Надмірно виражений аромат прянощів (3,0)	Різкий пряно-копчений, відчувається гіркота (3,0)	Щільна, соковита, властива для риби холодного копчення. (4,5)	15
Кіперс з базиліком	Поверхня чиста, суха, без пошкоджень та дефектів, колір світло-золотистий (4,5)	Властивий даному виду риби, з приємним ароматом прянощів та копченості (4,5)	Гармонійний, пряно-копчений (4,5)	Щільна, соковита, властива для риби холодного копчення (4,5)	18
Кіперс з часником сушеним	Поверхня чиста, суха, без пошкоджень та дефектів, колір світло-золотистий (4,5)	Значно виражений аромат прянощів (3,5)	Надмірно пряно-копчений (3,5)	Щільна, соковита, властива для риби холодного копчення (4,5)	16,0

Результати узагальненої органолептичної оцінки свідчать про виражений вплив виду використаних добавок на формування сенсорних характеристик риби холодного копчення. Між дослідними зразками зафіксовано відмінності за величиною загального балу, що відображає інтегральну оцінку споживчих

властивостей продукції та дозволяє виокремити найбільш сенсорно привабливі рецептури. Так, серед усіх дослідних зразків найвищі та найбільш стабільні показники загального органолептичного балу продемонстрували зразки з додаванням базиліку, чорного перцю меленого та чебрецю. Для зазначених рецептур характерним було гармонійне поєднання пряно-копченого аромату з властивим рибним смаком, відсутність сторонніх або різко домінуючих нот, а також щільна, соковита консистенція, типова для якісної риби холодного копчення. Зразок із чорним перцем меленим вирізнявся найбільш збалансованим сенсорним профілем за рахунок рівномірного розподілу ароматичних і смакових компонентів без прояву небажаної гіркоти. Використання базиліку забезпечувало м'яку інтеграцію прямих нот у загальний флейвор продукту, що позитивно позначалося на сприйнятті смаку та аромату. Додавання чебрецю, у свою чергу, сприяло підсиленню пряно-копченого характеру продукції без порушення цілісності сенсорного профілю. Інші дослідні зразки також характеризувалися задовільним рівнем основних органолептичних показників, однак у ряді випадків спостерігалось зниження оцінок за окремими дескрипторами, що обмежувало їх характеристики у порівнянні з виділеними пріоритетними рецептурами. Для більш наочного сприйняття результатів органолептичної оцінки побудовано профілограми кожного із зразків порівняно з контролем (рис. 4.8-4.11).

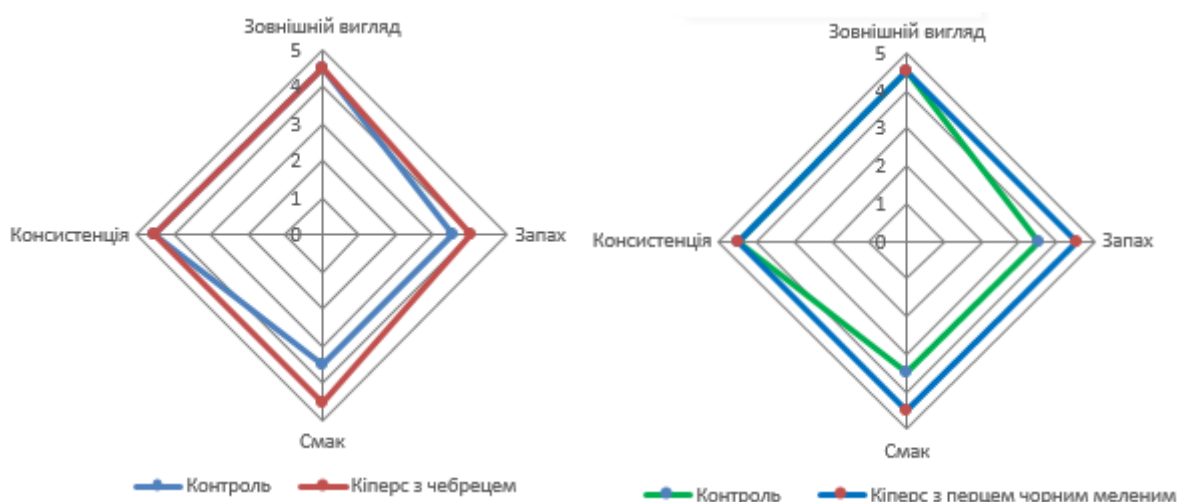


Рисунок 4.8. Органолептична оцінка кіперсу з чебрецем та кіперсу з перцем чорним меленим

Профілограма демонструє підвищення інтенсивності основних органолептичних показників у зразків з додаванням прянощів порівняно з контрольним зразком, що свідчить про позитивний вплив чебрецю та чорного перцю меленого на формування сенсорного профілю.

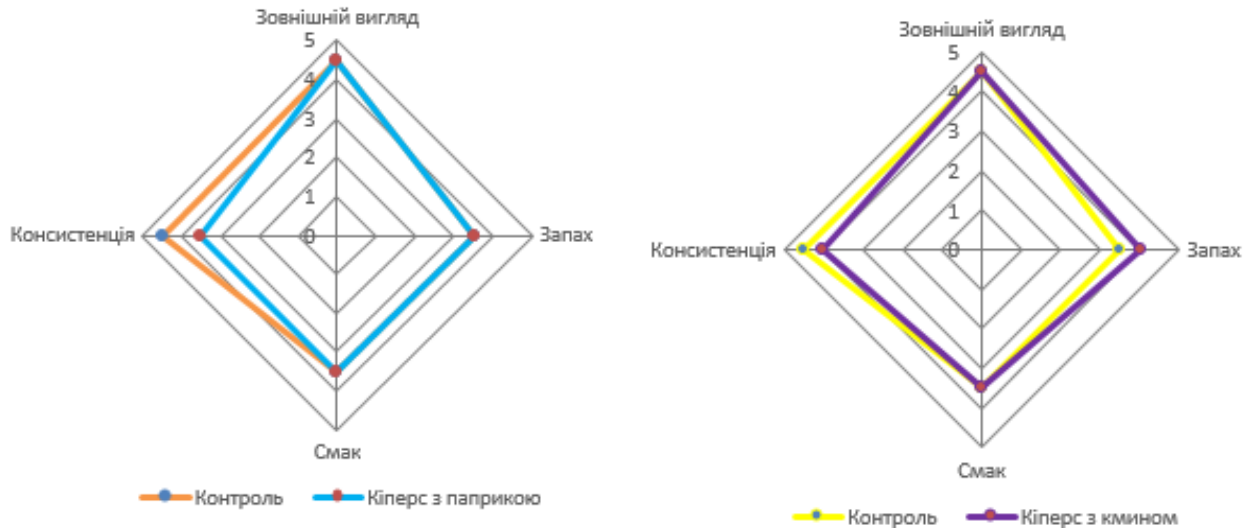


Рисунок 4.9. Органолептична оцінка кіперсу з паприкою та кіперсу з кмином

Графічне порівняння свідчить про менш виражену збалансованість органолептичних показників зразків з паприкою та кмином у порівнянні з контрольним зразком, що зумовлено різною інтенсивністю прояву смакових і ароматичних характеристик.

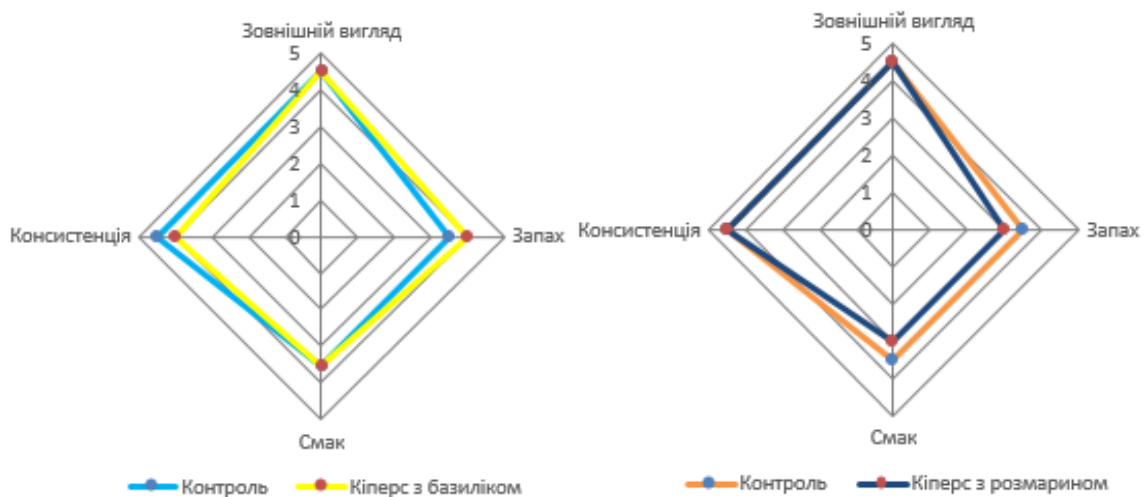


Рисунок 4.10. Органолептична оцінка кіперсу з базиліком та кіперсу з розмарином

Профілограма відображає різний характер впливу базиліку та розмарину на формування органолептичного профілю риби холодного копчення, зокрема переваги за показниками запаху та смаку, порівняно з контрольним зразком.



Рисунок 4.11. Органолептична оцінка кіперсу з часником

Графічний аналіз свідчить про подібну загальну оцінку, але різний прояв органолептичних характеристик у зразка з часником порівняно з контролем, що зумовлює відмінності у загальному сенсорному сприйнятті продукту.

Отримані результати узагальненої органолептичної оцінки свідчать про доцільність проведення поглибленого профільного сенсорного аналізу флейвору з метою оцінки ступеня прояву окремих показників риби холодного копчення з різними видами добавок.

Результати профільної сенсорної оцінки наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Профільна сенсорна оцінка риби холодного копчення типу «Кіперс»

Дескриптори	Інтенсивність характеристик, бал								
	Еталон	Рецептури кіперсу							
		Контроль	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Характеристика аромату та смаку									
Рибний смак і аромат	4,0	4,5	4,0	4,0	4,5	3,5	4,0	4,0	3,0
Інтенсивність димного аромату	4,0	5,0	3,5	4,0	3,5	3,0	4,5	4,0	3,5
Прояв смаку і запаху добавок	4,0	0,0	3,5	3,5	3,0	3,0	4,0	4,0	4,5
Гіркота	0,0	3,0	2,5	1,0	2,5	2,5	1,0	1,0	3,0
Ознаки окисненого жиру	0,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	2,0
Характеристика консистенції									
Щільність м'яса	4,0	4,0	3,5	3,5	4,5	3,5	3,5	3,5	3,0
Соковитість	4,0	4,0	3,0	3,0	2,0	2,5	3,5	3,5	3,5
Ніжність	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0
Загальне сенсорне враження	5,0	3,5	4,0	4,5	3,5	3,0	4,5	4,5	4,0

Результати профільної сенсорної оцінки дозволили детально охарактеризувати особливості формування флейвору та консистенції риби холодного копчення з різними видами добавок. На відміну від узагальненої органолептичної оцінки, профільний аналіз виявив відмінності між зразками за інтенсивністю окремих сенсорних дескрипторів, що визначають характер сенсорного сприйняття продукту. За показником «рибний смак і аромат» усі дослідні зразки демонстрували значення, характерні для якісної риби холодного копчення, проте інтенсивність цього дескриптора варіювала залежно від виду використаних добавок. Аналогічну тенденцію спостерігали і для показника «інтенсивність димного аромату», що свідчить про різний характер взаємодії димових компонентів із ароматичними речовинами прянощів. Прояв запаху добавок суттєво відрізнявся між зразками, що дозволяє оцінити ступінь інтеграції пряних компонентів у загальний флейвор продукту. У ряді зразків пряні ноти доповнювали рибний і димний аромат, тоді як в інших випадках спостерігалася більш виражена домінантність добавок.

Особливу увагу було приділено оцінці гіркоти та наявності ознак окисненого жиру як небажаних сенсорних характеристик. Отримані дані свідчать про те, що інтенсивність цих показників залежала від виду добавок і

могла впливати на загальне сенсорне сприйняття продукту. Показники консистенції (щільність м'яса, соковитість та ніжність) у цілому перебували в межах, характерних для якісної риби холодного копчення, що свідчить про відсутність негативного впливу використаних прянощів на структурно-механічні властивості продукту.

Отримані результати профільної сенсорної оцінки стали підґрунтям для побудови розгорнутих органолептичних профілів флейвору та подальшого порівняльного аналізу дослідних зразків (рис. 4.12-4.19).

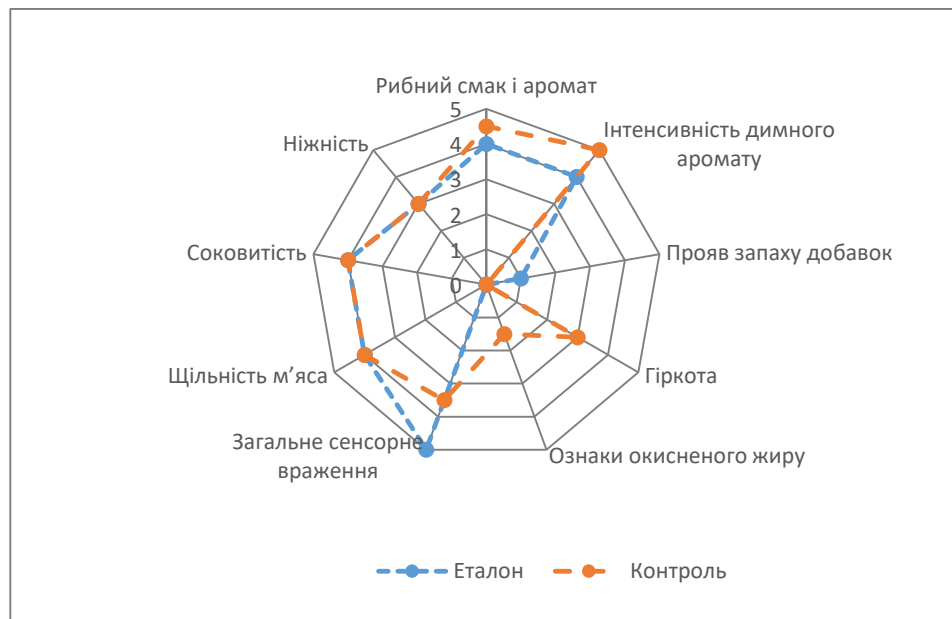


Рисунок 4.12. Профілограма флейвору контрольного зразка

Профілограма контрольного зразка відображає домінування рибного та димного ароматів за відсутності пряних нот, що формує типовий сенсорний профіль риби холодного копчення.



Рисунок 4.13. Профілограма флейвору кіперса із чебрецем

Для зразка з чебрецем характерне помірне посилення пряних нот на фоні збереження рибного та димного компонентів флейвору.

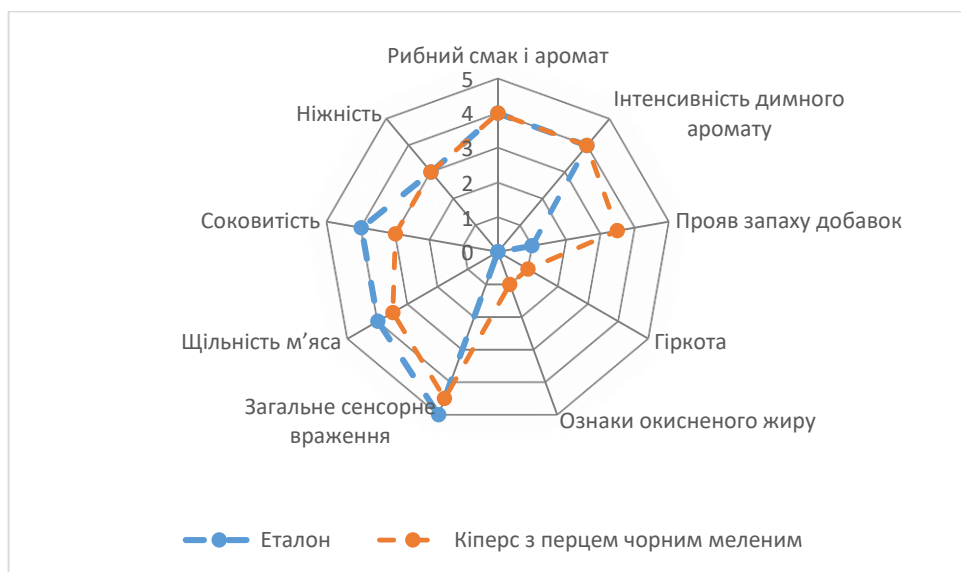


Рисунок 4.14. Профілограма флейвору кіперса з перцем чорним меленим

Профіль флейвору зразка з чорним перцем меленим відзначається високим ступенем збалансованості сенсорних характеристик без домінування окремих дескрипторів.

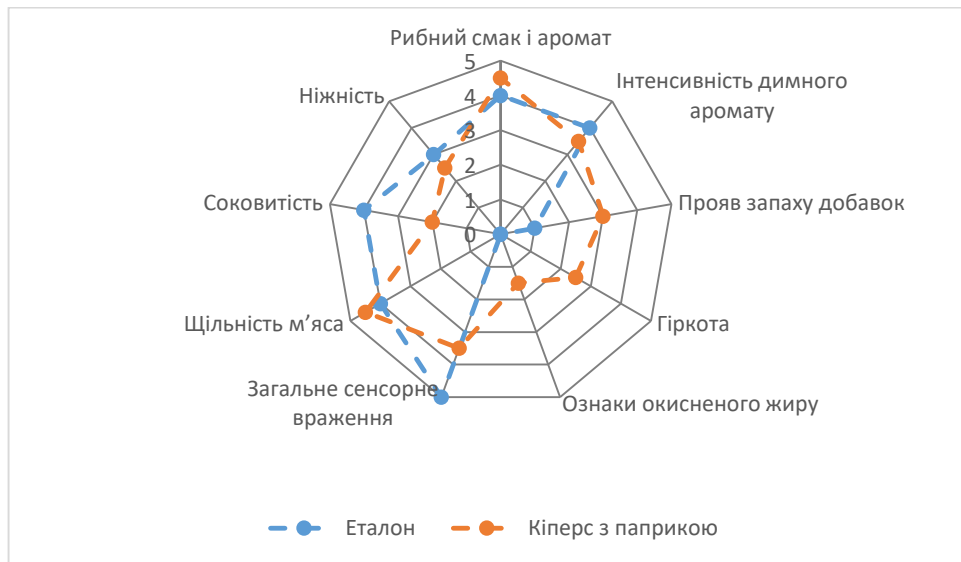


Рисунок 4.15. Профілограма флейвору кіперса з паприкою

Використання паприки зумовлює помірну інтенсивність пряних нот, що поєднуються з димним ароматом без істотного впливу на рибний смак.



Рисунок 4.16. Профілограма флейвору кіперса з кмином

Профілограма зразка з кмином свідчить про більш виражену специфічність флейвору та підвищену інтенсивність окремих дескрипторів.



Рисунок 4.17. Профілограма флейвору кіперса з розмарином

Для зразка з розмарином характерне гармонійне поєднання рибного, димного та пряного компонентів, що формує збалансований сенсорний профіль.

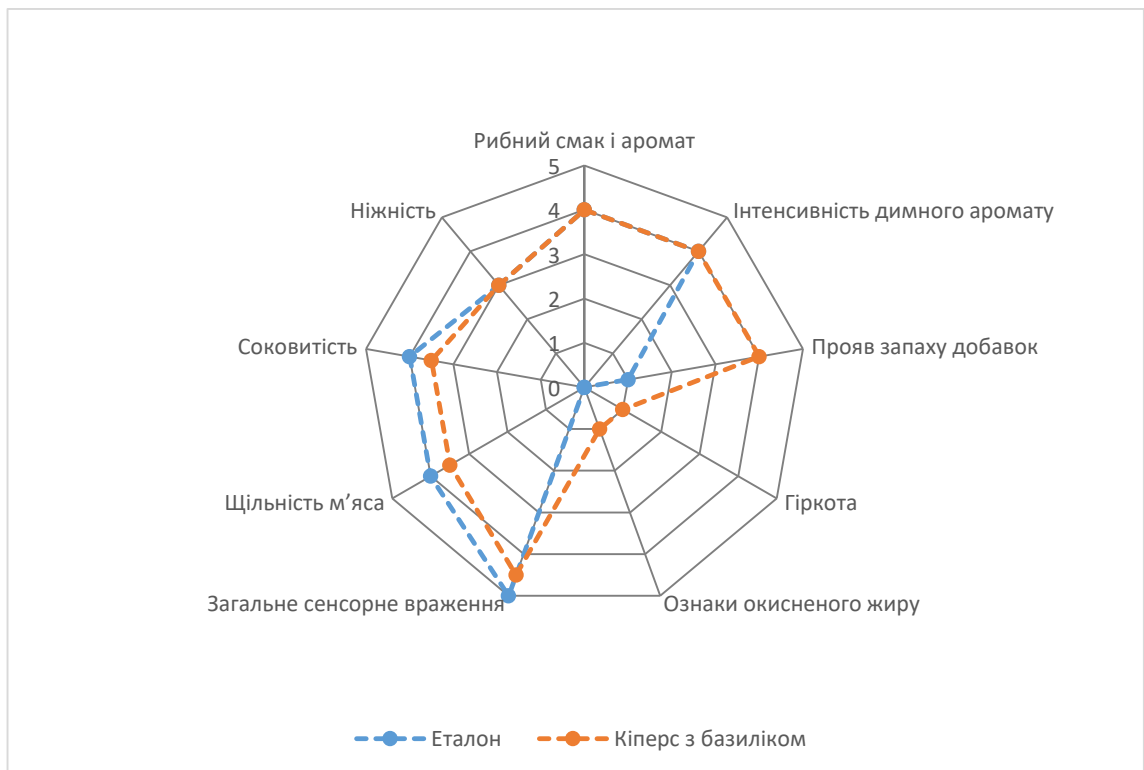


Рисунок 4.18. Профілограма флейвору кіперса з базиліком

Профіль флейвору зразка з базиліком характеризується м'якою інтеграцією пряних нот у загальну структуру флейвору без порушення його збалансованості.



Рисунок 4.19. Профілограма флейвору кіперса з часником сушеним

Зразок із сушеним часником відзначається підвищеною інтенсивністю характерногопряного аромату, що негативно впливає на загальне сенсорне сприйняття продукту.

Побудовані органолептичні профілі флейвору риби холодного копчення з різними видами добавок наочно відображають відмінності між дослідними зразками за інтенсивністю та співвідношенням окремих сенсорних дескрипторів. На відміну від узагальненої органолептичної оцінки, графічне представлення результатів дозволило оцінити не лише рівень окремих показників, а й ступінь їх збалансованості у структурі флейвору. Найбільш збалансовані органолептичні профілі зафіксовано у зразках з додаванням розмарину, базиліку та чорного перцю меленого. Для зазначених зразків характерним було гармонійне поєднання рибного смаку і аромату з димними та пряними нотами без домінування окремих компонентів. Рівень гіркоти та ознак окисненого жиру у цих зразках був мінімальним, що позитивно впливало на загальне сенсорне

сприйняття продукту. Аналіз профілів консистенції свідчить, що зразки з розмарином, базиліком та чорним перцем меленим характеризувалися стабільними показниками щільності м'яса, соковитості та ніжності, що відповідає вимогам до якісної риби холодного копчення. Використання зазначених прянощів не призводило до погіршення структурно-механічних властивостей продукту.

На підставі результатів узагальненої органолептичної оцінки, профільної сенсорної оцінки та аналізу органолептичних профілів флейвору для подальших досліджень було обґрунтовано відібрано зразки риби холодного копчення з додаванням чебрецю, базиліку та чорного перцю меленого. Саме ці зразки характеризувалися найвищою сенсорною привабливістю та найбільш гармонійним флейвором, що робить їх перспективними для подальшого вдосконалення технології та розширення асортименту копченої рибної продукції.

На основі результатів проведених досліджень розроблено рецептури риби холодного копчення типу «Кіперс» (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

Рецептурний склад зразків риби холодного копчення типу «Кіперс»

Інгредієнти	Кількість інгредієнтів, необхідних для виробництва, %		
	Кіперс з чебрецем	Кіперс з перцем чорним меленим	Кіперс з базиліком
Риба африканський сом	93,9	94,3	94,2
Сіль	4	4	4
<i>L.Plantarum</i>	0,3	0,3	0,3
Чебрець	1,8	-	-
Перець чорний мелений	-	1,4	-
Базилік	-	-	1,5
Разом:	100,0	100,0	100,0

Масова частка кухонної солі обиралась з урахуванням рекомендацій технологічної інструкції на виробництво риби холодного копчення типу «Кіперс», вимог нормативної документації на готову продукцію ДСТУ 7813:2015 «Риба пряно-копчена. Технічні умови», а також характеру впливу солі на функціонально-технологічні властивості обраної культури *Lactiplantibacillus*

plantarum. Відомо, що відповідна концентрація NaCl покращує сенсорні та текстурні властивості продукту. Концентрація NaCl 4% підвищувала інтенсивність аромату ферментованої тилапії. Під дією 4% солі метаболізм *Lactiplantibacillus plantarum* сприяв утворенню спиртів і альдегідів. Тим часом, низький вміст NaCl сприяв розкладанню *Lactiplantibacillus plantarum* і перетворенню їх на більш вільні амінокислоти та нуклеотиди. Ферментація тилапії з 4% солі суттєво сприяла утворенню смаку умами та солодких амінокислот, таких як глутамінова кислота та гліцин. Крім того, пригнічувало вироблення гірких амінокислот, таких як лейцин [57].

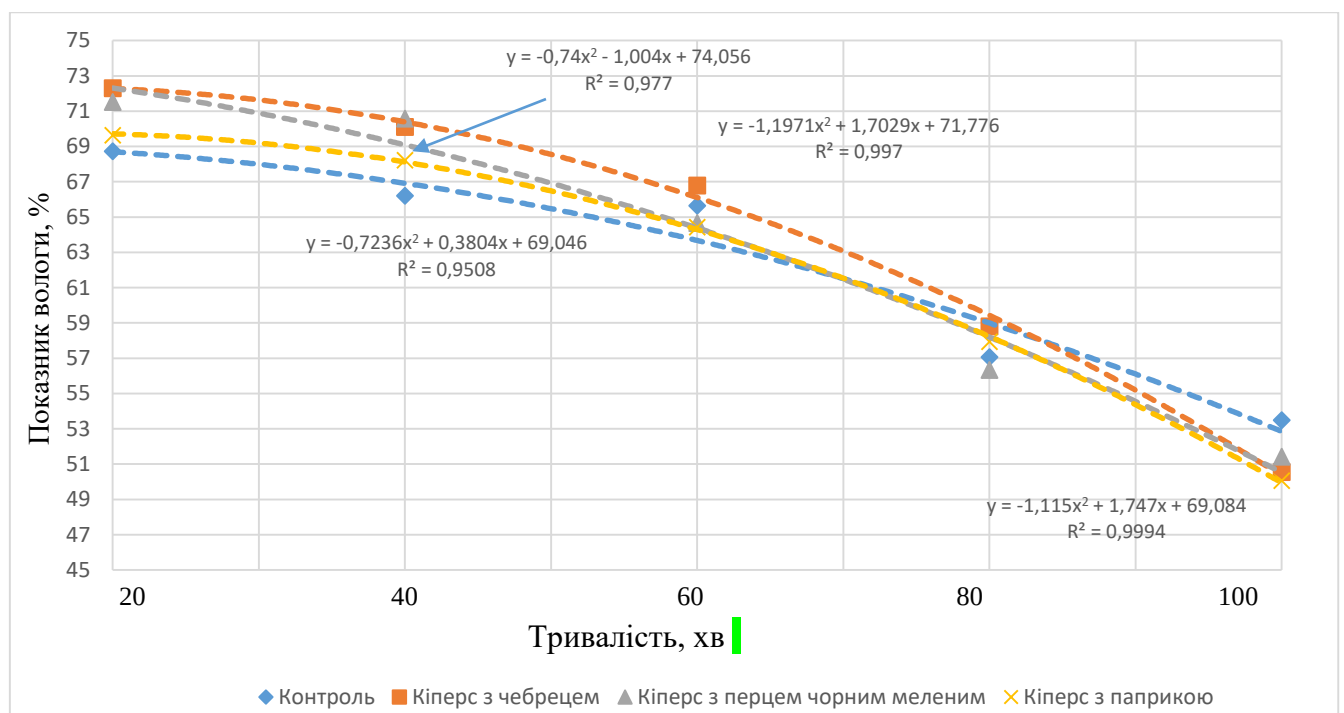
4.3. Визначення параметрів та режимів процесу зневоднення

Процес зневоднення є однією з ключових технологічних операцій при виробництві риби холодного копчення, оскільки саме на цьому етапі формується рівень вологості, ступінь зв'язування води в м'язовій тканині та передумови для подальшого копчення. Кероване підсушування дозволяє регулювати масообмінні процеси, зменшувати доступність вологи для мікроорганізмів та стабілізувати структурно-механічні властивості продукту.

Особливого значення набуває контроль не лише масової частки вологи (W , %), а й активності води (a_w), яка характеризує термодинамічну доступність вологи та визначає мікробіологічну стабільність продукту. Відомо, що зменшення загального вмісту води не завжди супроводжується пропорційним зниженням a_w , що обумовлено переходом частини води у зв'язаний стан унаслідок структурних змін білково-ліпідної матриці. У зв'язку з цим актуальним є встановлення закономірностей зміни вологості та активності води м'язової тканини африканського кларієвого сома під час підсушування, а також обґрунтування раціональної тривалості процесу з урахуванням кінетики дегідратації.

Для оцінки впливу підсушування на стан м'язової тканини африканського кларієвого сома було застосовано комплексний підхід до аналізу зміни масової частки вологи протягом п'яти послідовних етапів тривалістю по 20 хв кожний.

Такий підхід дозволяє простежити кінетику дегідратації у часовому інтервалі 0–100 хв та встановити характер перебігу масообмінних процесів у тканині. Оцінювання здійснювали шляхом порівняння абсолютних значень вологості, визначення загального ступеня зниження показника за весь період підсушування, а також аналізу інтенсивності змін між окремими інтервалами часу. Порівняльний аналіз контрольного та дослідних зразків дозволяє оцінити вплив технологічних чинників на інтенсивність дегідратації та обґрунтувати раціональну тривалість підсушування з позицій забезпечення необхідного рівня вологості перед копченням зображено на рисунках 4.20



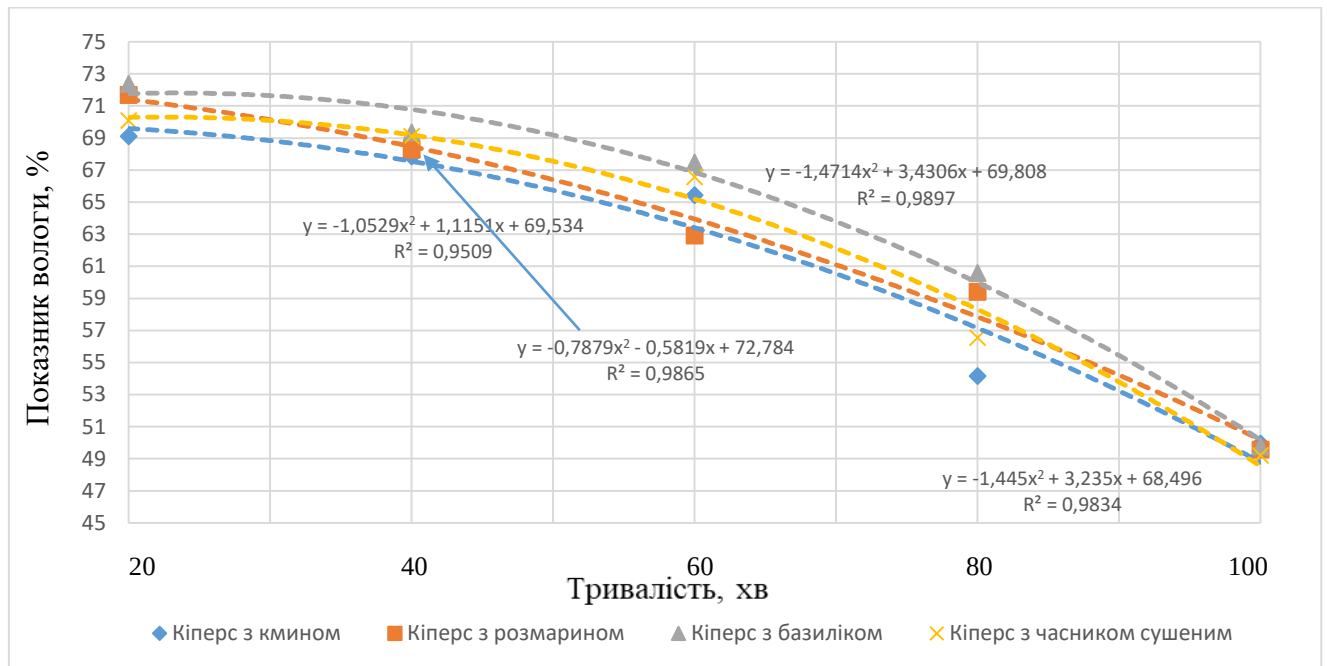


Рисунок 4.20. Зміна масової частки води у напівфабрикатах для кіперсу в процесі підсушування

Аналіз отриманих результатів свідчить про закономірне зниження масової частки води в м'язовій тканині африканського кларієвого сома протягом усього періоду підсушування (0–100 хв). На першому етапі показник вологості у всіх зразках перебував у межах 68,73–72,38 %, що відповідає типовим значенням для свіжої м'язової тканини риби. Уже після 40 хв спостерігалось поступове зменшення води на 1,5–2,5 %, що свідчить про видалення переважно вільної поверхневої води. Найбільш інтенсивне зниження показника зафіксовано в інтервалі 60–80 хв, де у більшості зразків відмічалось різке падіння вологості на 8–12 %. Зокрема, у контрольному зразку вміст води зменшився з 65,65 % до 57,07 %, у зразка №1 — з 66,79 % до 58,81 %, у зразка №4 — з 65,43 % до 54,15 %. Така динаміка свідчить про перехід процесу до фази інтенсивного внутрішнього масопереносу. На завершальному етапі (80–100 хв) темп зниження вологості дещо сповільнюється, що характерно для періоду спадаючої швидкості сушіння. Кінцеві значення вологості становили 53,49 % у контролі та 49,20–51,56 % у дослідних зразках. Загальний ступінь дегідратації за весь період склав близько 15,2 % для контрольного зразка та 19–21 % для окремих дослідних

варіантів, що свідчить про більш інтенсивний перебіг процесу у дослідних зразках.

Зміну активності води в процесі підсушування зображено на рис. 4.21.

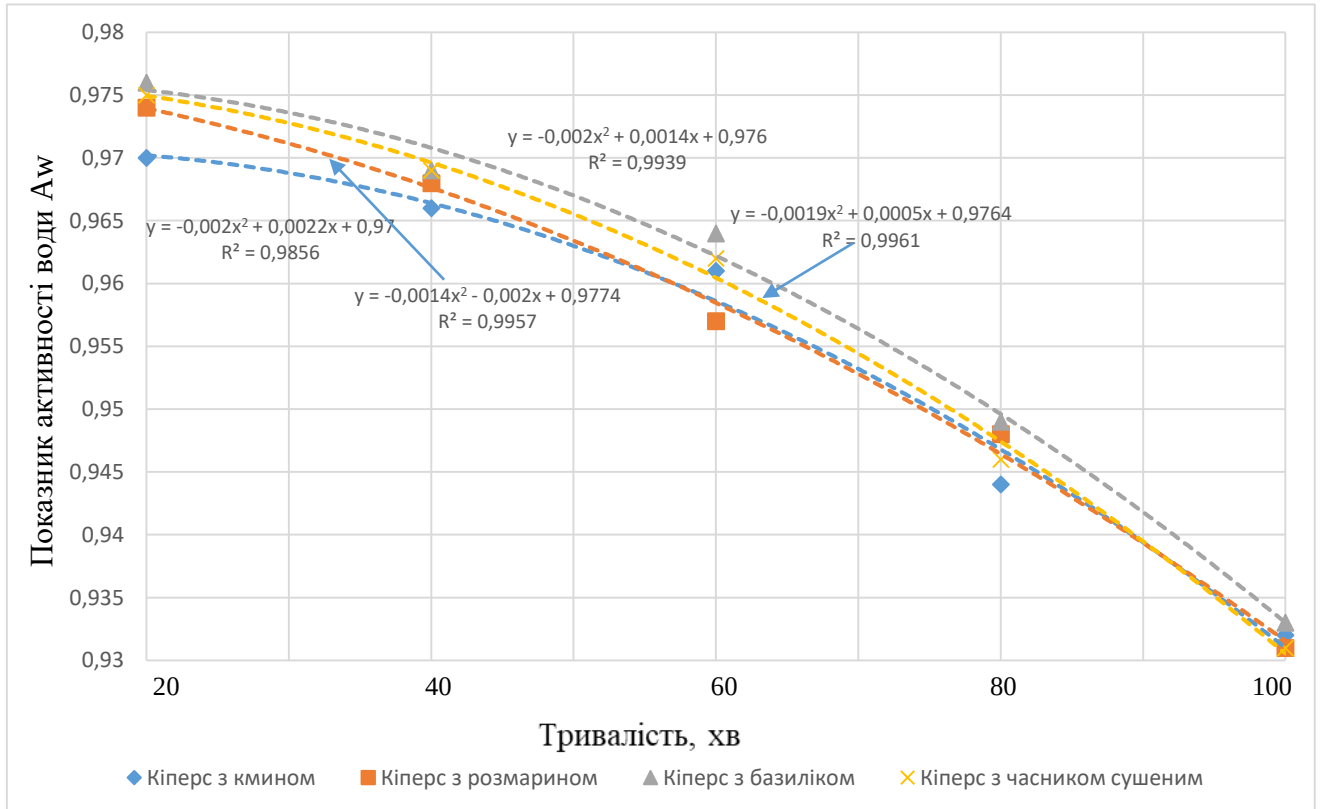
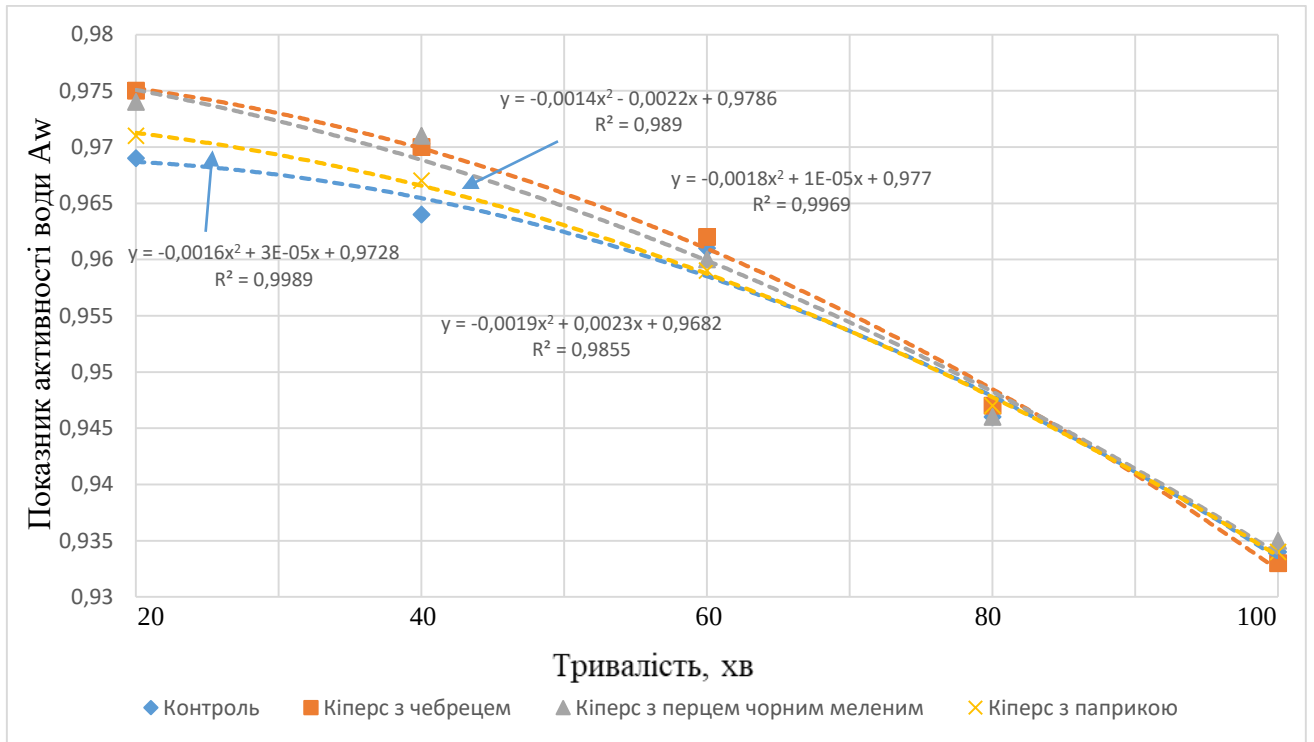


Рисунок 4.21. Зміна активності води у напівфабрикатах для кіперсу в процесі підсушування

Аналіз отриманих результатів свідчить про закономірне зниження показника активності води у напівфабрикатах для кіперсу протягом усього періоду підсушування. На початковому етапі процесу, за тривалості 20 хв, значення активності води у контрольному та дослідних зразках перебували у межах 0,969–0,976, що свідчить про високий вміст доступної вологи у м'язовій тканині риби. Найвищі початкові значення A_w спостерігалися у зразках із базиліком, розмарином, чебрецем і перцем чорним меленим, тоді як контрольний зразок та зразок із кмином мали дещо нижчі показники.

У проміжку 20–40 хв відмічено поступове зменшення активності води, що пов'язано з видаленням переважно поверхневої та слабкозв'язаної вологи. У цей період зміни були незначними, а показник A_w у більшості зразків знижувався в середньому на 0,004–0,007 одиниці. Така динаміка є характерною для початкового етапу підсушування, коли процес вологовидалення відбувається переважно з поверхневих шарів продукту.

Більш виражене зниження активності води спостерігалось після 60 хв підсушування. У цей період значення A_w у більшості зразків зменшувалися до 0,957–0,964, що свідчить про поступове зниження кількості вільної води та перехід процесу до інтенсивнішого внутрішнього масопереносу. Найвищий показник у цей момент мав зразок із базиліком, тоді як нижчі значення були характерні для зразків із розмарином, кмином та контролю.

В інтервалі 60–80 хв відбувалося найбільш помітне зниження активності води. У контрольному зразку показник A_w зменшився приблизно до 0,944–0,947, а в дослідних зразках — до 0,947–0,949. Це свідчить про активне видалення вологи з внутрішніх шарів рибної тканини та ущільнення структури напівфабрикату. Незважаючи на відмінності між зразками, загальна тенденція залишалася однаковою для всіх варіантів.

На завершальному етапі підсушування, у проміжку 80–100 хв, показник активності води продовжував знижуватися, однак темп змін дещо стабілізувався. Кінцеві значення A_w становили приблизно 0,931–0,934. Найнижчі показники були характерні для зразків із розмарином, кмином, паприкою та сушеним

часником, що може свідчити про більш інтенсивне вологовидалення у цих варіантах. Контрольний зразок також мав близьке значення активності води, однак загалом дослідні зразки демонстрували більш рівномірну динаміку зниження показника.

Отримані результати підтверджують класичний характер кінетики зневоднення: початкова стадія характеризується помірним зниженням вологості за рахунок видалення вільної води, середня — максимальною швидкістю дегідратації, а завершальна — уповільненням процесу через зростання частки зв'язаної води у структурі м'язової тканини. Така закономірність дозволяє обґрунтувати доцільність тривалості підсушування в межах 100 хв залежно від необхідного рівня вологості перед подальшою технологічною операцією.

4.4. Фізико-математичне моделювання процесу підсушування напівфабрикату для риби холодного копчення типу «Кіперс»

4.4.1. Оцінка факторного простору

Операція підсушування здійснюється після соління та ферментації з метою зменшення вмісту води та формування поверхневого шару, необхідного для рівномірного перебігу процесу холодного копчення. Згідно технологічної інструкції, підсушування проводять у спеціально обладнаних приміщеннях або камерах за температури від 20 °С до 30 °С протягом 1–1,5 годин із забезпеченням циркуляції повітря. Процес підсушування вважають завершеним за досягнення масової частки води у рибі на рівні 40–60 %, що забезпечує оптимальні умови для подальшого копчення та формування стабільних органолептичних властивостей готової продукції. За удосконаленою технологією пропонується збільшити тривалість підсушування риби з метою скорочення тривалості наступного технологічного процесу холодного копчення.

Основними факторами процесу підсушування є густина продукції ρ , динамічна в'язкість повітря μ , швидкість руху теплоносія v , величина коефіцієнту дифузії D та коефіцієнт масовіддачі у технологічній масі β , час обробки продукції t , характерний розмір рибного продукту l . Враховуючи

достатньо велику кількість факторів досліджуваного процесу, доцільно проводити його моделювання з використанням другої теорії подібності Федермана-Букінгема, що дозволяє обробити отримані експериментальні дані у формі критеріального рівняння.

Враховуючи особливості перебігу досліджуваного процесу підсушування, для якого притаманні конвективний рух потоків газовидного теплоносія, використовували у моделі число Рейнольдса Re . Останній характеризує режим руху за вимушеної конвекції як співвідношення сил інерції та сил внутрішнього тертя у потоці. Переважна частка у досліджуваному процесі тепломасообміну конвекції порівняно із молекулярним перенесенням теплоти теплопровідністю викликала необхідність застосування числа Нуссельта Nu . Наявність локальних пульсацій у нестационарних потоках виявляє доцільність представлення у шуканому рівнянні тепломасообміну дифузійного числа Фур'є Fo_{δ} .

Вище зазначені критерії подібності розраховували при використанні наступних методик:

Критерій Рейнольдса визначали із залежності

$$Re = \frac{vl\rho}{\mu} \quad (4.1)$$

Критерій Нуссельта Nu класично розраховували як

$$Nu = \frac{\beta l}{D} \quad (4.2)$$

Число Фур'є дифузійне визначали за формулою:

$$Fo_{\delta} = \frac{D \cdot t}{l^2} \quad (4.3)$$

Використовуючи в якості математичного методу аналізу теорію «розмірностей», вище зазначені фактори досліджуваного процесу представили в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Основні розрахункові параметри процесу підсушування

№ п/п	Назва параметрів процесу	Розмірність
1	Густина теплоносія ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$
2	Тривалість одного циклу обробки t , с	с
3	Динамічна вязкість повітря μ , $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$
4	Коефіцієнт дифузії D , $\text{м}^2/\text{с}$	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$
5	Характерний розмір рибного продукту l , м	м
6	Швидкість руху потоку теплоносія v , $\text{м}/\text{с}$	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
7	Коефіцієнт масообміну у м'язовій тканині риби β , $\text{м}/\text{с}$	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$

4.4.2. Складання критеріального рівняння процесу підсушування

Враховуючи досить велику кількість факторів, що визначають процес, замінимо співвідношення між ними залежностями між представленими критеріями подібності. Для цього використовуємо матрицю розмірностей, яку складаємо за допомогою таблиці 4.4.

У загальному вигляді співвідношення між представленими параметрами можна записати у вигляді функції:

$$\beta = f(\rho, v, \mu, l, t, D) \quad (4.4)$$

Таблиця 4.4

Матриця розмірностей досліджуваного процесу підсушування

Параметри	ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	v , $\text{м}/\text{с}$	μ , $\text{Па} \cdot \text{с}$ $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$	t , с	l , м	D , $\text{м}^2/\text{с}$	β , $\text{м}/\text{с}$
M , кг	1		1				
L , м	-3	1	-1		1	2	1
T , с		-1	-2	1		-1	-1
Степеневі коефіцієнти	n	ε	ξ	m	η	ψ	

На основі складеної у таблиці 4.4 матриці розмірностей представлена функція (4) набуває вигляду степеневого ряду:

$$\beta = \mu^{\xi} \cdot \rho^n \cdot v^{\varepsilon} \cdot t^m \cdot D^{\psi} \cdot l^{\eta} \quad (4.5)$$

Для представленого факторного простору число змінних 6 та кількість безрозмірних компонентів складає за π – теоремою $6 - 3 = 3$, тобто відповідає

кількості обраних критеріїв подібності, зокрема, чисел Нуссельта, Фур'є та Рейнольдса.

Складену у таблиці 4.4 матрицю розмірностей відтворюємо у наступній системі рівнянь для степеневих коефіцієнтів рівняння масообміну (4.5):

$$\begin{cases} n + \xi = 0 \end{cases} \quad (4.6)$$

$$\begin{cases} -3n + \varepsilon + \eta - \xi + 2\psi = 1 \end{cases} \quad (4.7)$$

$$\begin{cases} -\varepsilon + m - \xi - \psi = -1 \end{cases} \quad (4.8)$$

З рівняння (6) отримуємо $n = -\xi$ (4.9)

Рівняння (8) помножили на 2 та отримали таку залежність

$$-2\xi + 2m - 2\psi - 2\varepsilon = -2 \quad (4.10)$$

Отримане рівняння (4.10) додали до рівняння (4.7) та із врахуванням виразу (4.9) сформуvalи наступну залежність

$$-2m + 1 = \eta \quad (4.11)$$

Із рівняння (8) та при врахуванні виразу (11) отримали

$$\varepsilon = m - \xi - \psi + 1 = m + n - \psi + 1 \quad (4.12)$$

При додаванні рівняння (7) до (8) при врахуванні (9) маємо

$$\eta + m + \xi + \psi = 0 \quad (4.13)$$

При врахуванні виразів (9), (11), (12) переписали степеневе рівняння (5) у вигляді

$$\beta = \rho^n \cdot v^{(m+n-\psi+1)} \cdot t^m \cdot \mu^{-n} \cdot D^\psi \cdot l^{(-2m-1)} \quad (4.14)$$

Враховуючи залежності (4.2) та (4.13) сформуvalи рівняння (4.14) наступним чином

$$\frac{\beta \cdot \ell}{D} = \frac{\ell}{D} \cdot \left[\frac{vl\rho}{\mu} \right]^m \cdot t^m \cdot v^{(m-\psi+1)} \cdot D^{(n+m+1)} \cdot \ell^{(-n-2m-1)} \quad (4.15)$$

Із виразів (12) та (9) отримали залежність

$$m - \psi + 1 = \varepsilon - n \quad (4.16)$$

Тоді при врахуванні виразів (16), (1), (2), (3) рівняння (15) набуває вигляду

$$Nu = Re^n \cdot \left[\frac{Dt}{l^2} \right]^m \cdot v^{(m-\psi+1)} \cdot D^n \cdot \ell^{-n} \quad (4.17)$$

Тоді рівняння (16) переписали як

$$Sh = Eu^m \cdot Fo_{\delta}^{-\Theta} \cdot \left[\frac{\ell^2}{D \cdot t} \right]^{\alpha} \frac{\ell^{(1+\lambda-\alpha)}}{D} \cdot \nu^{(2m+\delta)} \cdot t^{\Theta} \quad (4.18)$$

Враховуючи залежність (3), сформували рівняння (18) у вигляді

$$Nu = Re^n \cdot Fo_{\delta}^m \cdot \left[\frac{D}{l \cdot \nu} \right]^n \cdot \nu^{\varepsilon} \quad (4.19)$$

Тоді загальний вираз критеріального рівняння масообміну досліджуваного процесу набуває вигляду:

$$Nu = Re^n \cdot Fo_{\delta}^m \cdot K \quad (4.20)$$

$$f(K) = \left[\frac{D}{l \cdot \nu} \right]^n \cdot \nu^{\varepsilon} \quad (4.21)$$

4.4.3. Визначення основних параметрів досліджуваного процесу підсушування риби

При визначенні коефіцієнту дифузії врахували, що у процесі внутрішнього масоперенесення використано модель дифузії в плоскій пластині за умов двобічного сушіння. Для цього потрібно знайти величину Moisture Ratio (MR), тобто коефіцієнт вологості, який використовується для аналізу тонкошарового висихання матеріалів. При розрахунках оцінювали зменшення вмісту води з часом відносно початкового та рівноважного рівнів, використовуючи формулу

$$MR = (W_t - W_k) / (W_0 - W_e) \quad (4.22)$$

де W_0 — середня вологість після 1-го етапу: прийняли $W_0 = 70.68 \%$;

W_k — кінцева рівноважна вологість: прийняли як середню вологість після 5-го етапу обробки; $W_k = 50.50 \%$;

W_t — вологість для заданої температури t

Використовуючи в якості моделі при дослідженні рибної продукції плоску пластину, при визначенні величини наближено можна використати залежність:

$$\ln(MR) = -(\pi^2 \cdot D / (4 \cdot L^2)) \cdot t \quad (4.23)$$

де l — характерний розмір продукта уздовж потоку теплоносія прийняли:

$l = 0.3 \text{ м.}$

З виразу (4.23) можна визначити шукану величину коефіцієнту дифузії як

$$D = -(4 \cdot L^2 / \pi^2) \cdot (d \ln(MR) / dt) \quad (4.24)$$

При визначенні похідної $d \ln(MR) / dt$ використали лінійну апроксимацію $\ln(MR) = k \cdot t + b$ за точками з $MR > 0$ (кінцеву точку з $MR = 0$ не включали, оскільки $\ln(0)$ не визначається).

Тоді отримали: $k = -2.773 \cdot 10^{-4} \text{ (с}^{-1}\text{)}$; $b = 4.708 \cdot 10^{-1}$, у результаті чого визначили, що $D \approx 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

Визначення основних теплофізичних характеристик.

Коефіцієнт масообміну за досліджуваного процесу сушіння риби можна визначити за таким співвідношенням

$$\beta = \frac{P_v}{\Delta C \cdot S} = \frac{m_g}{t \cdot S \cdot (W_0 - W_K) \cdot \rho} \quad (4.25)$$

де t – час обробки одного завантаження продукції: для умов дослідження час підсушування риби складає $t = 100 \text{ хв}$;

ΔC – різниця концентрації вологи у процесі від початкового W_0 до кінцевого

W_K його значення: $\Delta C = W_0 - W_K = 0,71 - 0,5 = 0,21$;

m_g – маса вологи, що видаляється у процесі сушіння: $m_g = \Delta C m_{\text{пр}}$;

$m_{\text{пр}}$ – маса завантаження риби при сушінні: $m_{\text{пр}} = 1,8 \text{ кг}$;

$m_g = 0,21 \cdot 1,8 = 0,378 \text{ кг}$;

S – площа поверхні тепломасообміну: для моделі риби у вигляді пластини розміром $30 \times 13 \text{ см}$: $S = 2 \cdot 0,3 \cdot 0,13 = 0,078 \text{ м}^2$;

ρ_v – густина вологи: $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Теплофізичні характеристики у досліджуваному процесі визначали, враховуючи, що об'єктом обробки є м'язова тканина риби, яка представлена у вигляді плоскої пластини розміром $30 \times 13 \times 12 \text{ см}$.

Режим обробки полягає у двобічному конвективному обдуві повітрям уздовж поверхні зразка продукту, тому характерний розмір продукту уздовж потоку становить: $l = 0,3 \text{ м}$.

Сушіння рибної продукції здійснювалась у 5 етапів, по 20 хвилин кожний, тобто час обробки $t_c = 5 \cdot 20 = 100 \text{ хв} = 6000 \text{ с}$. Серед основних параметрів повітряного теплоносія можна відзначити: температура повітря $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$;

конвекція характеризується ламінарним режимом течії; густина повітря $\rho = 1,165 \text{ кг/м}^3$; динамічна в'язкість $\mu = 1.87 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$; коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,026 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; температуропровідність м'язової тканини $a = 1.5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$; теплоємність повітряного теплоносія $c = 1005 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

Графоаналітичний метод визначення степеневих коефіцієнтів критеріального рівняння.

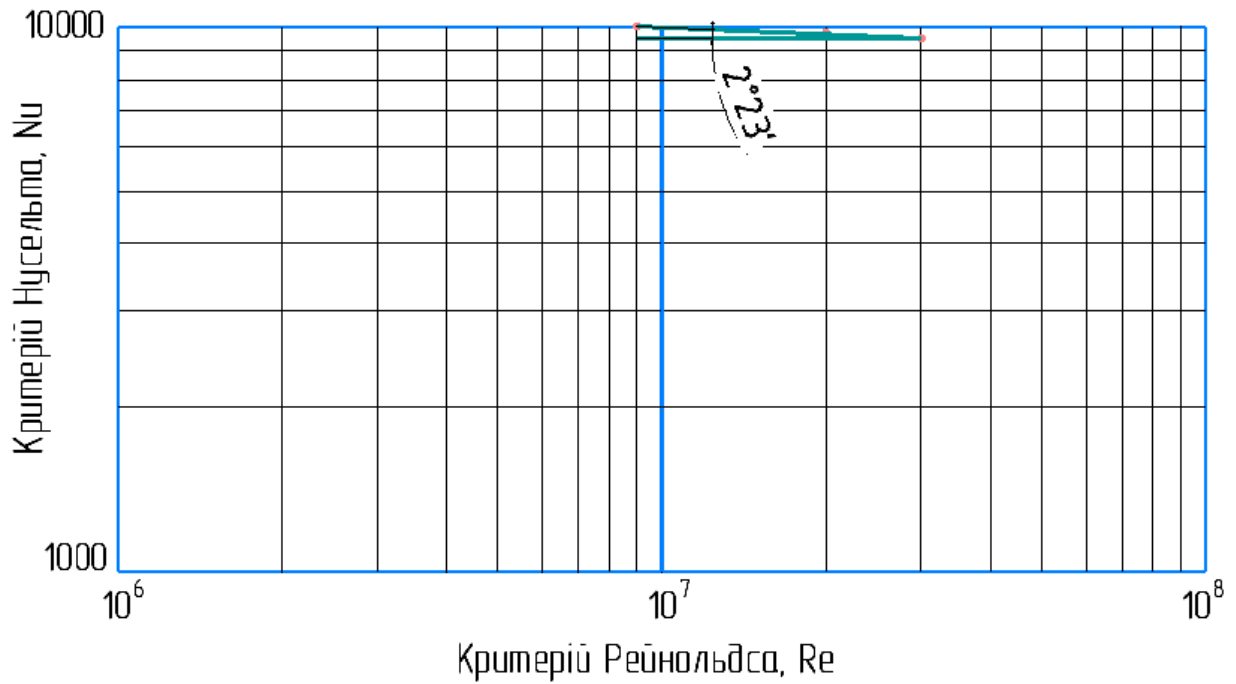
Для отримання вихідних даних при виконанні графоаналітичного аналізу досліджуваного процесу визначили значення вище представлених критеріїв Нуссельта, Рейнольдса, Фур'є, коефіцієнта масовіддачі та інших параметрів факторного простору досліджуваного процесу відповідно та за допомогою експериментальних даних, що були отримані за результатами проведених досліджень (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Величини основних характеристик досліджуваного процесу сушіння

Параметр процесу	Дослідний зразок №1	Дослідний зразок №2	Дослідний зразок №3
Густина повітряного теплоносія ρ , кг/м^3	1,165	1,165	1,165
Характерний розмір рибного продукту l , м	0,3	0,3	0,3
Швидкість руху потоку теплоносія v , м/с	0,5	1,0	1,5
Коефіцієнт дифузії D , $\times 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$	11,2	11,8	12,5
Коефіцієнт масообміну у м'язовій тканині риби β , $\times 10^{-3} \text{ м/с}$	3,85	3,85	3,85
Час обробки t , с	6000	6000	6000
Динамічна в'язкість теплоносія μ , $\times 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$	1.87	1.87	1.87
Критерій Фур'є Fo , $\times 10^{-3}$	7,47	7,87	8,33
Критерій Рейнольдса Re , $\times 10^5$	93,92	187,833	281,75
Критерій Нуссельта Nu , $\times 10^3$	10,3	9,8	9,2

Використовуючи дані таблиці 4.4 та методику графоаналітичної оцінки степеневих функцій, побудували графік функції $Nu = f(Re)$ дана функція є лінійною, графік якої складає із віссю абсцис кут φ (рис. 4.22).

Рисунок 4.22. Графік функції $Nu = f(Re)$

Тоді величина першого степеневого коефіцієнта становить

$$n = \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} 2^{\circ}23' = 0,04 \quad (4.26)$$

Використовуючи дані з таблиці 4.5 та попередню методику розрахунку побудували графік функції $\frac{Nu}{Re^n} = f(Fo_d)$.

Таблиця 4.6

Розрахункові дані для визначення степеневого коефіцієнту m

Параметр процесу	Дослідний зразок №1	Дослідний зразок №2	Дослідний зразок №3
Критерій Нуссельта $Nu, \times 10^3$	10,3	9,8	9,2
Критерій Рейнольдса $Re, \times 10^5$	93,92	187,833	281,75
Степеневий коефіцієнт n	0,04		
Безрозмірний компонент Nu / Re^n	5415	5015	4632

З даного графіка знайшли кут γ (рис. 4.23) його нахилу до осі абсцис та визначили величину другого степеневого коефіцієнту m за формулою

$$m = \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} 60^{\circ} = 1,73 \quad (4.27)$$

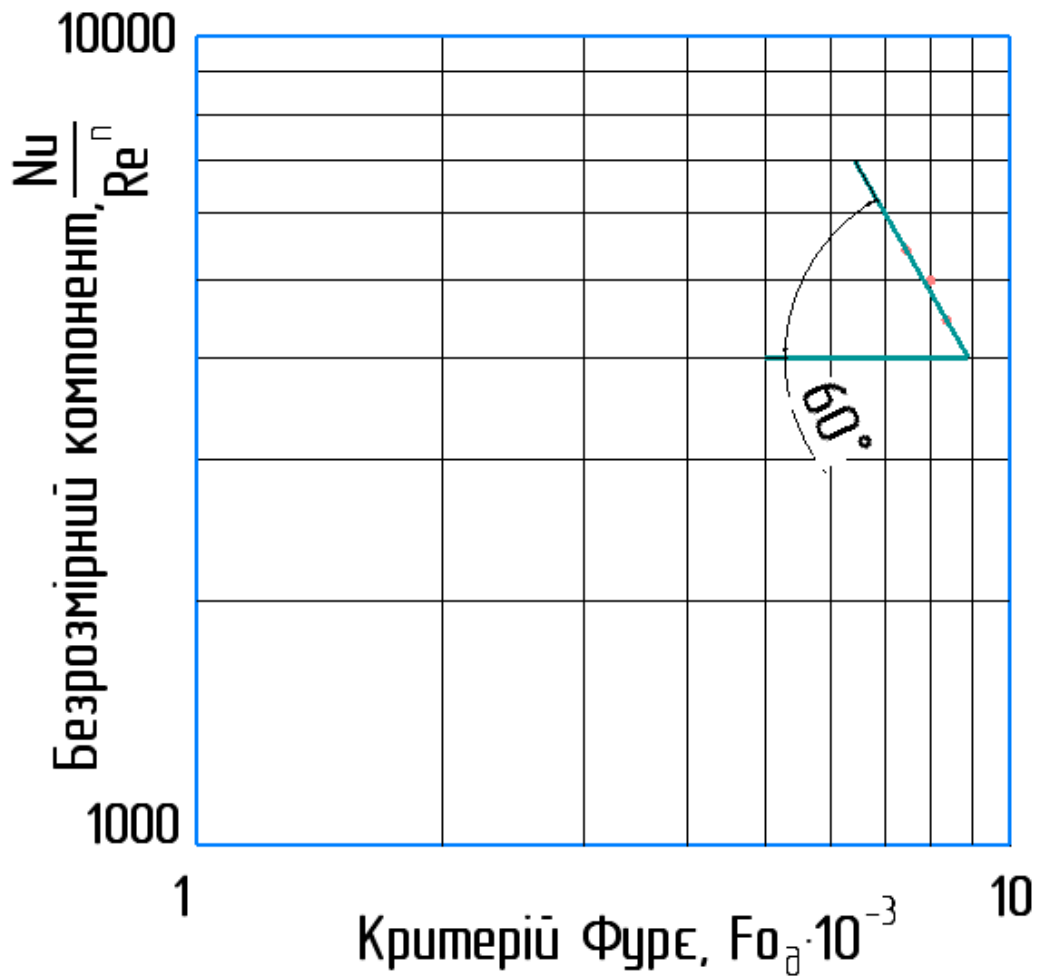


Рисунок 4.23. Графік функції $\frac{Nu}{Re^n} = f(Fo_0)$

Для знаходження степеневого коефіцієнту ε проводимо наступні математичні дії.

Рівняння (4.12) множимо на (-1) та отримуємо:

$$-\varepsilon + m + n - \psi = -1 \quad (4.28)$$

Вирази (4.11) та (4.9) вставляємо у рівняння (7), що дозволило отримати:

$$\varepsilon - 2m - 2n + 2\psi = 0 \quad (4.29)$$

Додаємо рівняння (4.28) до (4.29) та отримуємо:

$$\psi = m + n - 1 = 1,73 + 0,04 - 1 = 0,77 \quad (4.30)$$

Тоді шуканий коефіцієнт із рівнянь (28) та (30) складає

$$\varepsilon = m + n - \psi + 1 = 1,73 + 0,04 - 0,77 + 1 = 2 \quad (4.31)$$

Далі побудували графік функції $\frac{Nu}{Re^n \cdot Fo_0^m} = f(K)$ (рис.3) за допомогою даних з

табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Розрахункові дані для визначення коефіцієнту K

Параметр процесу	Дослідний зразок №1	Дослідний зразок №2	Дослідний зразок №3
Критерій Нуссельта Nu , $\times 10^3$	10,3	9,8	9,2
Критерій Рейнольдса Re , $\times 10^5$	93,92	187,833	281,75
Степеневий коефіцієнт n	0,04		
Степеневий коефіцієнт m	1,73		
Степеневий коефіцієнт ε	2		
Безрозмірний компонент $\frac{Nu}{Re^n \cdot Fo_\theta^m}$	$9,3 \times 10^7$	$8,4 \times 10^7$	$7,2 \times 10^7$
Коефіцієнт дифузії D , $\times 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$	11,2	11,8	12,5
Характерний розмір рибного продукту l , м	0,3	0,3	0,3
Швидкість руху потоку теплоносія v , $\text{м}/\text{с}$	0,5	1,0	1,5
Безрозмірний компонент $f(K) = \left[\frac{D}{l \cdot v} \right]^n \cdot v^\varepsilon$	0,14	0,6	1

З даного графіка знайшли величину коефіцієнту $K = 1,75$ (рис.4.24).

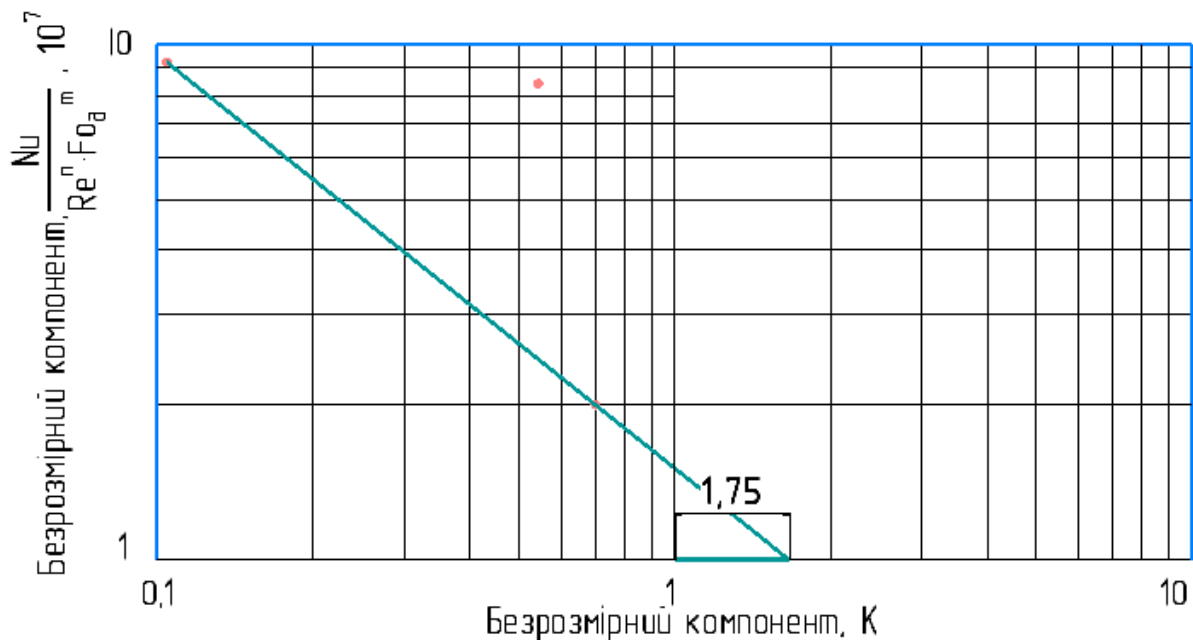


Рисунок 4.24. Графік функції $\frac{Nu}{Re^n \cdot Fo_\theta^m} = f(K)$

Таким чином, із врахуванням отриманих величин степеневих коефіцієнтів остаточно визначили критеріальне рівняння процесу підсушування рибної продукції, що можна представити у вигляді

$$Nu = K \cdot Re^n \cdot Fo_\delta^m = 1,75 \cdot Re^{0,04} \cdot Fo_\delta^{1,73} \quad (4.32)$$

З рівнянь (4.21), (4.22), (4.23), (4.32) знаходимо шукану залежність між основними параметрами досліджуваного процесу підсушування кларієвого сома:

$$\beta = 1,75 \cdot \frac{D}{l} \left[\frac{\nu l \rho}{\mu} \right]^{0,004} \cdot \left[\frac{Dt}{l^2} \right]^{1,73} \quad (4.33)$$

Представлене рівняння масообміну ілюструє превалюючий вплив у досліджуваному процесі сушіння зміни коефіцієнту дифузії D , тривалості обробки t , характерних розмірів рибної продукції l . При цьому коефіцієнт масовіддачі β прямопропорційно величинам коефіцієнту дифузії D та тривалості обробки t , а також обернено пропорційний розмірів рибної продукції l та незначно залежить від швидкості конвективного потоку теплоносія.

Використовуючи складені рівняння (4.32) та (4.33) та розроблену програму, знаходимо рекомендований ряд параметрів робочого режиму для операції підсушування досліджуваної риби в умовах дії означених факторів.

Очевидно, що аналіз складених рівнянь тепломасообміну дозволяє оцінити динаміку зміни означених параметрів та сформувані ефективні робочі режими досліджуваного процесу.

4.6. Розроблення технологічної та апаратурної схеми виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс»

Технологічна схема виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс» представлена на рис.4.25

Приймання сировини. Сировина та матеріали повинні бути не нижче I сорту та відповідати вимогам нормативної документації:

- риба жива кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) згідно з ДСТУ 2284:2010 [113];
- сіль кухонна харчова згідно з ДСТУ 3583:2015 [115];

- вода питна згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 та ДСТУ 7525:2014 [122];
- чебрець сушений згідно з ДСТУ 7160:2020 [121];
- перець чорний мелений згідно з ДСТУ ISO 959-1:2008 [144];
- базилік сушений відповідно до технічних умов виробника.

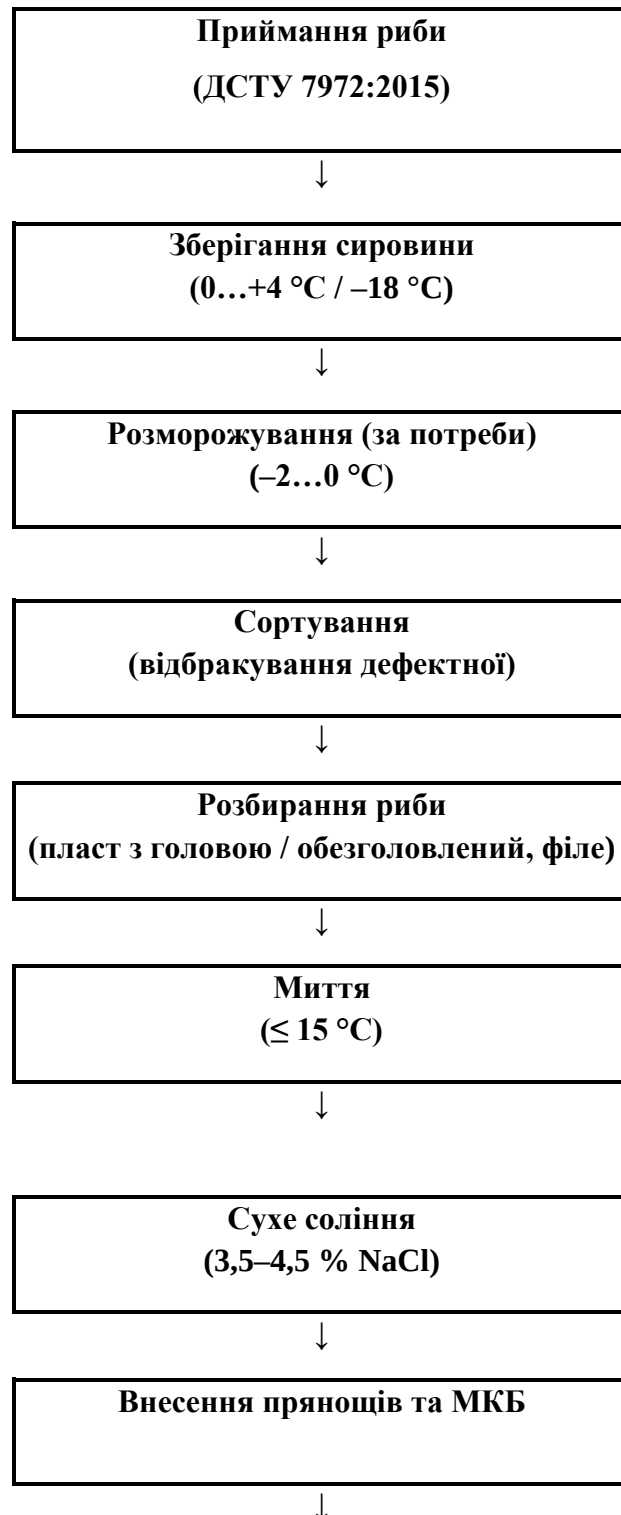




Рисунок 4.25. Технологічна схема виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс»

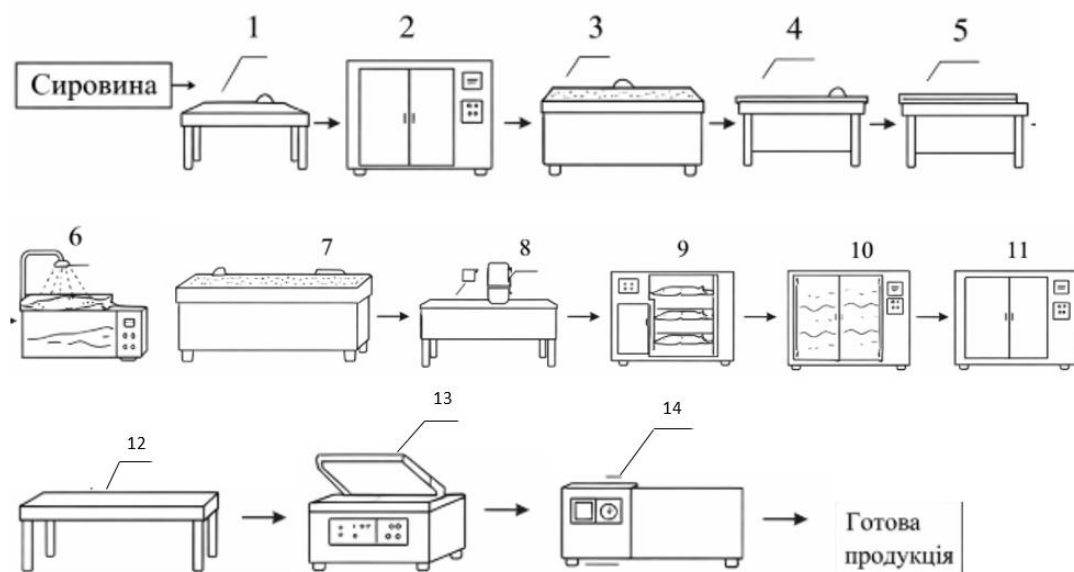


Рисунок 4.26. Апаратурна схема технології виготовлення риби холодного копчення типу «Кіперс»

1 – стіл для приймання та інспекції риби; 2 – холодильна камера для зберігання сировини; 3 – ванна (ємність) для розморожування риби; 4 – сортувальний стіл (відбракування дефектної сировини); 5 – стіл для розбирання риби (пластування); 6 – мийна ванна (мийна машина); 7 – ємність (ванна) для сухого соління риби; 8 – стіл для внесення прянощів та молочнокислих бактерій; 9 – камера витримки (ферментації); 10 – камера підсушування; 11 – камера холодного копчення; 12 – пакувальний стіл; 13 – пакувальна машина (вакуумна або безвакуумна); 14 – холодильна камера для зберігання готової продукції.

Зберігання сировини. Охолоджену рибу зберігають у холодильних камерах за температури від 0 °C до +4 °C не більше ніж встановлений нормативними документами строк.

Заморожену рибу зберігають у морозильних камерах за температури не вище –18 °C. Умови зберігання повинні забезпечувати збереження якості та безпечності сировини до моменту її перероблення.

Підготування сировини. Заморожену рибу африканського кларієвого сома перед подальшим обробленням розморожують у холодильних камерах або спеціально обладнаних приміщеннях за температури повітря від 0 °C до +4 °C з дотриманням санітарно-гігієнічних вимог.

Допускається розморожування риби в ємностях із питною водою температурою не вище 15 °C за умови періодичної заміни води. Співвідношення маси риби та води повинно становити 1:2. Застосування водяного розморожування повинно забезпечувати збереження якості сировини та мінімальні втрати поживних речовин. Розморожування вважають завершеним, коли температура в товщі м'язової тканини риби досягає –2...0 °C, риба набуває еластичності, а внутрішні органи легко відокремлюються під час розбирання.

Рибу, розморожену на повітрі, промивають питною водою температурою не вище 15 °C для видалення слизу, залишків крові та механічних забруднень. Рибу, розморожену у воді, додатково не промивають. Розморожену рибу без

затримок направляють на сортування та подальше розбирання відповідно до вимог технологічного процесу.

Сортування риби. Після розморожування рибу піддають сортуванню за якістю та за розміром. Із загальної маси відокремлюють екземпляри з наявністю механічних пошкоджень, ознаками псування, стороннього запаху, а також рибу, що за органолептичними показниками не відповідає вимогам до якості сировини, встановленим чинними нормативними документами. Сортування за розміром проводять з метою формування однакових розмірних груп для одночасного та рівномірного перебігу подальших технологічних процесів.

Розбирання та миття риби. Рибу африканського кларієвого сома піддають розбиранню відповідно до вимог технологічного процесу виготовлення риби холодного копчення типу «Кіперс». Рибу розбирають на пласт із головою або без голови. Для цього рибу розрізають по спині вздовж хребта від голови до хвостового плавника. Голову розрізають уздовж до верхньої губи. Видаляють зябра, нутроці, ікру або молоки, після чого ретельно зачищають згустки крові та залишки внутрішніх органів.

За потреби допускається виготовлення обезголовленого пласта без хребетної кістки. При цьому у риби видаляють голову разом із плечовими кістками, тушку розрізають по спині вздовж хребта, хребетну кістку видаляють. Допускається часткове залишення незначної частини хребетної кістки у разі механізованого розбирання. Довжина обезголовленого пласта повинна бути не менше ніж 16 см.

Рибу великих розмірів розбирають на філе зі шкірою. Для цього розрізають посередині черевця і по спині вздовж хребта, видаляють голову з плечовими кістками, всі плавці, нутроці, ікру або молоки, хребетну та реберну кістки; зачищають згустки крові, нирку, черевну плівку.

Розібрану рибу ретельно промивають питною проточною водою для видалення слизу, залишків крові та механічних забруднень. Температура води не має перевищувати 15 °C при масовому співвідношенні гідробіонтів і води не менше 1:2.

Промиту рибу сировину направляють на наступні операції на сітчастих транспортерах або витримують перфорованих ємностях, ситах для стікання зайвої вологи: рибу не більше 5 хвилин, а ястики від 10 до 20 хвилин.

Після миття рибу без затримок направляють на наступну технологічну операцію – соління.

Соління. Рибу після розбирання та миття піддають сухому солінню. Сіль кухонну харчову рівномірно наносять на поверхню риби вручну або механізовано відповідно до рецептури.

Масова частка кухонної солі у готовій продукції повинна становити від 3,5 % до 4,5 %, що забезпечує необхідні органолептичні показники та створює умови для стабілізації якості під час подальшого зберігання.

Процес соління проводять у ємностях із матеріалів, дозволених до контакту з харчовими продуктами, за температури від 0 °С до +4 °С. Тривалість соління визначають залежно від маси риби та вимог технологічного процесу.

Після закінчення соління рибу направляють на наступну технологічну операцію.

Внесення прянощів. Після завершення процесу сухого соління на поверхню риби рівномірно наносять підготовлені прянощі у сухому подрібненому вигляді відповідно до рецептури.

Для виготовлення риби холодного копчення типу «Кіперс» використовують такі прянощі: чебрець, перець чорний мелений, базилік.

Внесення прянощів здійснюють вручну або механізовано, забезпечуючи рівномірний розподіл по поверхні риби. Кількість прянощів встановлюють відповідно до вимог рецептури.

Внесення молочнокислих бактерій. Після внесення прянощів на поверхню риби здійснюють внесення молочнокислих бактерій у сухій порошкоподібній формі, 0,3% від маси риби.

Молочнокислі бактерії рівномірно розподіляють по поверхні риби відповідно до рекомендацій виробника бактеріальних препаратів та вимог технологічного процесу. Внесення здійснюють у санітарно підготовлених

умовах, що запобігають вторинному мікробному забрудненню.

Витримування. Після внесення молочнокислих бактерій рибу піддають витримуванню з метою розвитку молочнокислого бродіння та формування характерних органолептичних властивостей продукції.

Витримку проводять у холодильних камерах або спеціально обладнаних приміщеннях за температури від $+3^{\circ}\text{C}$ до $+5^{\circ}\text{C}$ протягом часу, встановленого технологічною інструкцією.

Підсушування. Після завершення процесу витримування (ферментації) рибу піддають підсушуванню з метою зменшення вмісту води та формування поверхневого шару, необхідного для рівномірного перебігу процесу холодного копчення.

Підсушування проводять у спеціально обладнаних приміщеннях або камерах за температури від 30°C протягом 100 хвилин з забезпеченням циркуляції повітря.

Процес підсушування вважають завершеним за досягнення масової частки води у рибі на рівні 40–60 %, що забезпечує оптимальні умови для подальшого копчення та формування стабільних органолептичних властивостей готової продукції.

Після підсушування рибу без затримок направляють на наступну технологічну операцію — холодне копчення.

Холодне копчення. Після підсушування рибу піддають холодному копченню з метою надання характерних смаку, запаху та підвищення стійкості продукції під час зберігання.

Холодне копчення проводять у копильних камерах із використанням диму, отриманого шляхом тління деревини листяних порід, дозволених до використання у харчовій промисловості.

Процес копчення здійснюють за температури від 25°C до 30°C протягом 6 год, з урахуванням маси риби, товщини пласта та необхідних органолептичних показників готової продукції.

Під час копчення забезпечують рівномірний розподіл диму та контроль температурного режиму з метою запобігання перегріванню риби.

Охолодження. Після завершення процесу копчення рибу направляють на охолодження з метою стабілізації структури м'язової тканини, припинення тепломасообмінних процесів та запобігання розвитку небажаної мікрофлори.

Охолодження здійснюють у чистих, вентиляованих приміщеннях або в охолоджувальних камерах за температури повітря від 0 °С до +4 °С. Рибу розміщують на решітках, стелажах або підвішують таким чином, щоб забезпечити вільну циркуляцію повітря навколо кожної одиниці продукції.

Тривалість охолодження встановлюють залежно від маси та товщини риби і продовжують до досягнення температури в товщі м'язової тканини не вище +4 °С.

Після охолодження рибу без затримок направляють на подальші операції — сортування, пакування та маркування.

Пакування та зберігання. Готову рибу пакують у тару та пакувальні матеріали, дозволені до контакту з харчовими продуктами відповідно до вимог чинного законодавства України та ДСТУ 2641:2007.

Для пакування використовують:

- ящики з гофрованого картону;
- картонні пачки;
- пакети з харчових полімерних матеріалів з граничною масою продукції до 1,0 кг з подальшим укладанням у ящики з гофрованого картону;
- для місцевої реалізації допускається використання багатооборотної полімерної інвентарної тари, що відповідає санітарним вимогам.

Пакувальна тара повинна бути міцною, чистою, сухою, без стороннього запаху. Тара та допоміжні матеріали повинні відповідати вимогам нормативних документів або технічних умов виробника.

Рибу в тару укладають рівними щільними рядами, шкірною стороною назовні, забезпечуючи збереження цілісності продукції та її зовнішнього

вигляду. В одну пакувальну одиницю пакують рибу одного найменування та однієї дати виготовлення.

Ящики з гофрованого картону заклеюють клейкою стрічкою на паперовій або полімерній основі. Полімерну багатооборотну тару щільно закривають кришками.

Маркування пакувальних одиниць здійснюють відповідно до вимог ДСТУ 4518:2008 із зазначенням найменування продукції, дати виготовлення, строку придатності, умов зберігання, маси нетто, найменування та адреси виробника.

Зберігання, реалізація. Зберігання риби здійснюють:

- у ящиках та пачках із картону або комбінованих матеріалів за температури від 0 °С до –5 °С — не більше ніж 15 діб з дати виготовлення;
- у пакетах із полімерних матеріалів за температури від –4 °С до –8 °С:
 - не більше ніж 40 діб — за вакуумного пакування;
 - не більше ніж 15 діб — без вакуумного пакування.

Під час зберігання повинні бути забезпечені умови, що запобігають вторинному мікробіологічному забрудненню, зволоженню продукції та впливу сторонніх запахів.

Висновки до розділу 4

У результаті проведених досліджень здійснено комплексне наукове обґрунтування та вдосконалення рецептури та технології виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома із застосуванням інноваційних підходів, що базуються на використанні молочнокислих бактерій і прянощів. Встановлено, що застосування молочнокислих бактерій у технології риби холодного копчення типу «Кіперс» є ефективним інструментом керованого формування фізико-хімічних, мікробіологічних та структурних властивостей м'ясної системи.

Дослідження динаміки активної кислотності показали, що використання молочнокислих бактерій не призводить до різкого закислення середовища, а забезпечує плавну стабілізацію кислотно-лужного стану. Значення рН у всіх дослідних зразках змінювалися у вузькому діапазоні, що свідчить про

контрольований характер біохімічних процесів та відсутність деструктивних змін білкової системи. Зміни активної кислотності мають контрольований характер і не виходять за межі, допустимі соленому рибному напівфабрикату для виготовлення кіперсу, що є важливим з точки зору збереження структурно-механічних та органолептичних властивостей продукту.

Аналіз буферних властивостей м'яса показав, що у процесі витримування відбувається поступове зростання буферної ємності, що відображає перебіг процесів дозрівання та формування рівноважного стану білкової системи. Використання молочнокислих бактерій забезпечує контрольований характер цих змін без ознак інтенсивного протеолізу, що є важливим для збереження текстурних характеристик продукту.

Встановлено, що показник a_w зменшувався до рівня 0,60–0,72, що є критичним для пригнічення розвитку більшості патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. При цьому використання окремих штамів молочнокислих бактерій (зокрема *Lactobacillus acidophilus* та *Lactobacillus plantarum*) сприяло більш інтенсивному зниженню доступної вологи, що свідчить про їх здатність модифікувати білково-водні взаємодії та підвищувати стабільність системи.

Мікробіологічні дослідження підтвердили ефективність біоконсервувального ефекту молочнокислих бактерій. Зростання загальної кількості мікроорганізмів у дослідних варіантах обумовлене розвитком інокульованих культур МКБ, які формують конкурентне середовище та пригнічують розвиток небажаної мікрофлори.

На підставі результатів узагальненої органолептичної оцінки та профільної сенсорної оцінки розроблено рецептури риби холодного копчення типу «Кіперс» з додаванням чебрецю, базиліку та перцю чорного меленого.

В результаті дослідження процесу підсушування встановлено, що найбільш інтенсивне зниження вологості відбувається у проміжку 60–80 хв, після чого процес переходить у фазу стабілізації. Рациональна тривалість підсушування становить 80–100 хв, що забезпечує досягнення вологості на рівні 49–53 % та створює оптимальні умови для подальшого холодного копчення.

Фізико-математичне моделювання процесу підсушування із використанням критеріїв подібності (Re , Nu , Pr та інших) дозволяє узагальнити експериментальні дані та описати процес масо- і теплопереносу у вигляді критеріальних залежностей. Це створює наукове підґрунтя для оптимізації технологічних параметрів процесу та масштабування виробництва .

За результатами дослідження удосконалено технологічну схему риби холодного копчення типу «Кіперс» із використанням *Lactobacillus plantarum* та прянощів. Запропонований підхід дозволяє підвищити якість продукції, скоротити тривалість технологічного циклу та мінімізувати ризики мікробіологічного псування.

Отримані результати мають важливе теоретичне та практичне значення і можуть бути використані для розроблення інноваційних технологій рибних продуктів з підвищеними показниками безпечності та якості.

РОЗДІЛ 5. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА ЇХ ЗМІНА ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ РИБИ ХОЛОДНОГО КОПЧЕННЯ ТИПУ «КІПЕРС»

5.1. Характеристика органолептичних, фізико-хімічних показників та хімічного складу риби холодного копчення типу «Кіперс»

Органолептична оцінка є одним із ключових етапів комплексного дослідження якості рибної продукції, оскільки саме сенсорні показники визначають її споживчу привабливість та загальне сприйняття продукту споживачем. В умовах розроблення інноваційних технологій із застосуванням молочнокислих бактерій особливого значення набуває оцінка впливу біотехнологічних чинників на формування смаку, аромату, консистенції та зовнішнього вигляду продукції.

Для дослідження було представлено зразки риби холодного копчення типу «Кіперс»: контрольний зразок (без внесення *Lactobacillus plantarum* та прянощів) та зразки з додаванням ароматичних рослинних компонентів – чебрецю, перцю чорного меленого та базиліку. Характеристика органолептичних показників наведена в таблиці 5.1.

Результати органолептичної оцінки свідчать, що розроблені зразки із застосуванням культури *Lactobacillus plantarum* характеризуються вищими сенсорними показниками порівняно з контрольним варіантом. Загальний бал контрольного зразка становив 17,0, тоді як дослідні зразки з додаванням прянощів продемонстрували кращі результати: зразок з чебрецем – 18,3, з перцем чорним меленим – 18,4, а найвищу оцінку отримав зразок з базиліком – 18,5 бала з 20 можливих. Зовнішній вигляд усіх зразків характеризувався чистою, сухою поверхнею без механічних пошкоджень та дефектів, зі світло-золотистим рівномірним забарвленням, притаманним рибі холодного копчення. Внесення прянощів забезпечило більш виражену візуальну привабливість за рахунок рівномірного розподілу рослинних компонентів. Аромат дослідних зразків був гармонійним, пряно-копченим, без сторонніх запахів. У зразках із перцем

чорним та базиліком відзначалася найбільш збалансована інтенсивність ароматичних нот без надмірної різкості.

Таблиця 5.1

Органолептичні показники риби холодного копчення типу «Кіперс»

Назва зразку	Характеристика показника та його оцінка в балах				
	Зовнішній вигляд	Запах	Смак	Консистенція	Загальний бал
Коефіцієнт вагомості	0,3	0,3	0,3	0,1	
Контроль (без прянощів)	Поверхня чиста, суха, світло-золотисте рівномірне забарвлення, без пошкоджень та дефектів (4,5)	Властивий копчений рибі, без сторонніх запахів, з легким приємним кислуватим відтінком (4,0)	Гармонійний, копчений, без гіркоти, з м'яким післясмаком (4,0)	Щільна, соковита, властива для риби холодного копчення (4,5)	17,0
Кіперс з чебрецем	Поверхня чиста, суха, без пошкоджень та дефектів, світло-золотиста (4,5)	Виражений, але гармонійний пряно-копчений аромат, без різкості (4,5)	Гармонійний пряно-копчений смак, збалансований, без гіркоти (4,5)	Щільна, соковита, помірно м'яка, властива для риби холодного копчення (4,8)	18,3
Кіперс з перцем чорним меленим	Поверхня чиста, суха, рівномірний розподіл прянощів, без дефектів (4,6)	Приємний аромат копченості з помірно вираженими нотами перцю (4,5)	Збалансований пряно-копчений смак без надмірної гостроти (4,5)	Щільна, соковита, з легкою м'якістю (4,8)	18,4
Кіперс з базиліком	Поверхня чиста, суха, світло-золотиста, без пошкоджень (4,7)	Гармонійний аромат копченості з приємними трав'янистими нотами базиліку (4,5)	Виражений, але збалансований пряно-копчений смак, без сторонніх присмаків (4,5)	Щільна, соковита, з легкою м'якістю (4,8)	18,5

Смак характеризувався як гармонійний, пряно-копчений, без гіркоти та сторонніх присмаків. Застосування молочнокислої культури сприяло формуванню м'якого післясмаку та кращій збалансованості смакового профілю. Консистенція зразків була щільною, соковитою властивою для продукції

холодного копчення. У дослідних варіантах спостерігалася підвищена ніжність і помірна м'якість структури, що позитивно вплинуло на загальну дегустаційну оцінку. Таким чином, отримані результати свідчать про доцільність використання культури *Lactobacillus plantarum* у поєднанні з ароматичними рослинними добавками для формування покращених органолептичних характеристик риби холодного копчення типу «Кіперс».

Для більш об'єктивної оцінки органолептичних характеристик досліджуваних зразків риби холодного копчення типу «Кіперс» проведено розрахунок інтегральної оцінки якості з урахуванням коефіцієнтів вагомості показників. При цьому у чисельнику наведено середній бал дегустаційної оцінки, а у знаменнику – значення показника з урахуванням коефіцієнта вагомості. Результати розрахунку узагальненої органолептичної оцінки досліджуваних зразків наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

**Узагальнена органолептична оцінка риби холодного копчення типу
«Кіперс»**

№ зразка	Зовнішній вигляд	Аромат	Консистенція	Смак	Загальна сума балів
Контроль	4,5 / 1,35	4,0 / 1,20	4,5 / 0,45	4,0 / 1,20	4,20
Кіперс з чебрецем	4,5 / 1,35	4,5 / 1,35	4,7 / 0,47	4,5 / 1,35	4,52
Кіперс з перцем чорним меленим	4,6 / 1,38	4,5 / 1,35	4,8 / 0,48	4,5 / 1,35	4,57
Кіперс з базиліком	4,7 / 1,41	4,5 / 1,35	4,8 / 0,48	4,5 / 1,35	4,59

Граничні значення загальної кількості балів з урахуванням коефіцієнтів вагомості наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Категорія якості за результатами органолептичної оцінки

Категорія якості	Загальна оцінка, бали
Відмінна	4,6–5,0
Добра	4,0–4,5
Задовільна	3,5–3,9
Незадовільна	нижче 3,5

Органолептичну оцінку якості риби холодного копчення типу «Кіперс» проводили описовим методом аналітичної оцінки (методом профілювання) відповідно до вимог DSTU ISO 6658:2017. За допомогою міжнародних рекомендацій щодо проведення сенсорного аналізу встановлювали критерії відбору експертів дегустаційної комісії [111, 112, 120, 141]. Для дослідження смакової привабливості продукту було сформовано систему дескрипторів органолептичного профілю та визначено умовний «еталонний» органолептичний профіль. Для побудови ідеального профілю дескриптори відбирали відповідно до їх значущості для характеристик риби холодного копчення та розташовували за інтенсивністю прояву. Під час дослідження проводили споживчу дегустацію для визначення інтенсивності та бажаності окремих сенсорних характеристик досліджуваних зразків. Дескриптори оцінювали за допомогою органолептичного профілю, використовуючи п'ятибальну шкалу інтенсивності. Члени дегустаційної комісії оцінювали зразки за такими показниками: зовнішній вигляд поверхні, аромат копченості, гармонійність смаку, наявність або відсутність сторонніх присмаків, інтенсивність копченого аромату, консистенцію та соковитість м'язової тканини. Позитивними дескрипторами сенсорної оцінки вважали чисту поверхню продукту, рівномірне світло-золотисте забарвлення, приємний аромат копченості, гармонійний смак без гіркоти, виражений пряно-копчений аромат, характерний аромат застосованих прянощів, а також щільну, соковиту та пружну консистенцію м'язової тканини. Негативними дескрипторами вважали наявність стороннього присмаку, надмірно різкий запах диму, надто інтенсивний рибний

запах, гіркоту або присмак перепаленої копченості, суху або надто жорстку консистенцію, нерівномірне забарвлення поверхні та наявність механічних пошкоджень продукту.

За результатами дегустаційної оцінки було побудовано органолептичний профіль досліджуваних зразків риби холодного копчення типу «Кіперс», що дозволило визначити вплив використання культури *Lactobacillus plantarum* та прянощів на формування сенсорних властивостей продукту. Результати наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Профільний аналіз смаковитості риби холодного копчення типу «Кіперс»

Дескриптори	Інтенсивність характеристик, бал				
	Еталон	Контроль	Кіперс з чебрецем	Кіперс з перцем чорним меленим	Кіперс з базиліком
Рибний смак і аромат	4,0	4,5	4,5	4,5	4,5
Інтенсивність димного аромату	4,0	5,0	3,5	4,0	4,0
Прояв смаку і запаху добавок	4,0	0,0	4,0	4,0	4,5
Гіркота	0,0	2,0	1,5	0,5	0,5
Ознаки окисненого жиру	0,0	1,0	0,5	0,5	0,5
Щільність м'яса	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5
Соковитість	4,0	4,5	3,5	3,5	4,0
Ніжність	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5
Загальне сенсорне враження	5,0	4,0	4,5	4,5	5,0

Як видно з наведених даних, рибний смак і аромат у всіх дослідних зразках залишалися типовими для даного виду продукції та характеризувалися високою інтенсивністю (4,5 бала). Це свідчить про збереження видоспецифічних властивостей риби після застосування молочнокислої культури. Інтенсивність димного аромату була найбільш вираженою у контрольному зразку (5,0 бала), тоді як у зразках із прянощами вона коливалася в межах 3,5–4,0 бала, що забезпечувало більш збалансований копчений профіль. Прояв смаку і запаху добавок найбільш гармонійно проявлявся у зразку з базиліком (4,5 бала). Показник гіркоти після застосування культури знизився в усіх дослідних

варіантах і становив 0,5–1,5 бала, що свідчить про формування більш м'якого та гармонійного смакового профілю. Ознаки окисненого жиру були незначними, що вказує на стабільність ліпідної фракції продукту. Щільність м'яса у дослідних зразках відповідала типовим характеристикам продукції холодного копчення (3,5 бала). Показники соковитості та ніжності після застосування молочнокислої культури дещо підвищилися, що позитивно вплинуло на загальне сенсорне сприйняття. Найвище загальне сенсорне враження отримав зразок з базиліком (5,0 бала), тоді як зразки з перцем чорним меленим і чебрецем оцінені у 4,5 бала, що перевищує показник контрольного зразка (4,0 бала).

З метою кращого наочного сприйняття отриманих результатів було побудовано розгорнуті органолептичні профілі флейвору та проведено їх порівняння з еталонним профілем (рис. 5.1 -5.4).

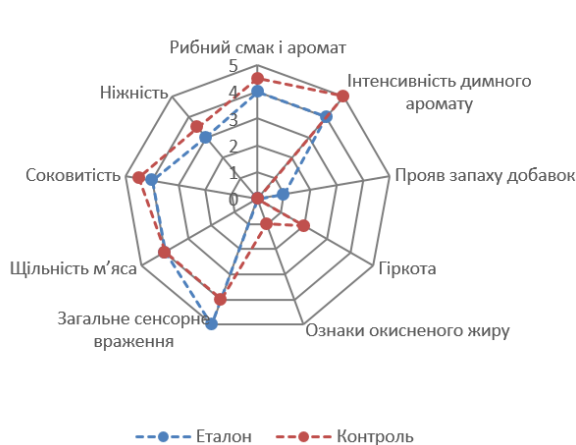


Рисунок 5.1. Профілограма флейвору контрольного зразка



Рисунок 5.2. Профілограма флейвору кіперса з чебрецем



Рисунок 5.3. Профілограма флейвору кіперса з перцем чорним меленим



Рисунок 5.4. Профілограма флейвору кіперса з базиліком

Отже, профільний аналіз підтверджує, що використання *Lactobacillus plantarum* та прянощів сприяє гармонізації смако-ароматичного профілю та покращенню текстурних характеристик риби холодного копчення типу «Кіперс».

Одним із основних показників якості харчових продуктів є харчова цінність, що характеризується, передусім, хімічним складом продукту. Співвідношення основних поживних компонентів визначає харчову та енергетичну цінність продукції, а також її технологічні властивості. Хімічний склад та енергетична цінність дослідних зразків риби холодного копчення типу «Кіперс» наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Хімічний склад риби холодного копчення типу «Кіперс»

Назва зразка	Вміст, г/100 г				Енергетична Цінність, кКал/100г
	вологи	білку	ліпідів	мінеральних речовин	
Контроль	58,55 ± 1,9	29,5 ± 0,3	5,8 ± 0,1	6,15 ± 0,2	170,2
Кіперс з чебрецем	59,21 ± 0,77	29,8 ± 0,2	5,8 ± 0,1	5,19 ± 0,15	171,4
Кіперс з перцем чорним меленим	59,45 ± 0,19	29,5 ± 0,2	5,9 ± 0,1	5,15 ± 0,15	171,1
Кіперс з базиліком	59,51 ± 0,15	29,3 ± 0,4	6,0 ± 0,1	5,19 ± 0,12	171,2

Вміст вологи у дослідних зразках змінювався в межах 58,55–59,51 %. Вміст білка становив 29,3–29,8 г/100 г, що свідчить про високу харчову цінність готової продукції. Кількість ліпідів у зразках перебувала в межах 5,8–6,0 г/100 г, а вміст мінеральних речовин становив 5,15–6,15 г/100 г. Енергетична цінність дослідних зразків коливалася в межах 170,2–171,4 ккал/100 г.

Найвищу енергетичну цінність мав зразок з чебрецем - 171,4 ккал/100 г, що обумовлено дещо вищим вмістом білка порівняно з іншими зразками. Водночас різниця між зразками є незначною, що свідчить про стабільність харчової та енергетичної цінності риби холодного копчення типу «Кіперс».

Для добової потреби: 100 г продукту забезпечує від 7,74 до 7,79 % добової потреби в енергії для жінок та від 6,08 до 6,12 % - для чоловіків.

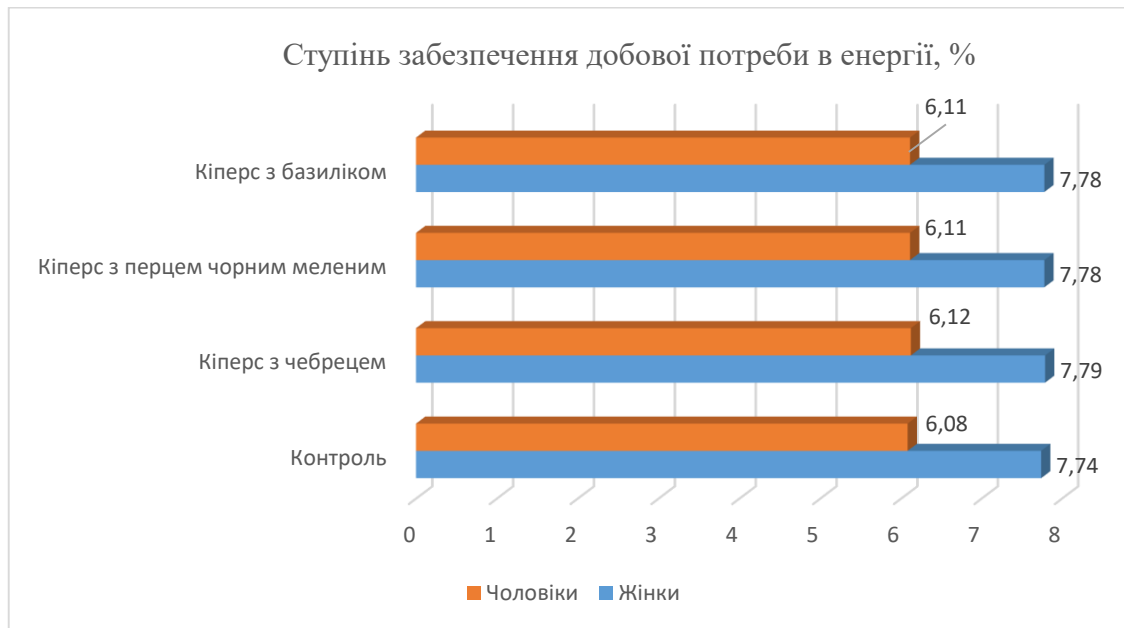


Рисунок 5.5. Ступінь забезпечення добової потреби в енергії при споживанні риби холодного копчення типу «Кіперс»

Одними з важливих показників якості та безпечності рибної продукції є її фізико-хімічні характеристики, зокрема активна кислотність (pH), активність води та масова частка солі. Дані показники значною мірою визначають мікробіологічну стабільність продукту, інтенсивність біохімічних процесів та тривалість зберігання. У технології риби холодного копчення типу «Кіперс» ці параметри формуються під впливом оброблення молочнокислими бактеріями, підсушування та процесу холодного копчення. З метою оцінки впливу зазначених технологічних факторів на якість готового продукту було визначено основні фізико-хімічні показники риби холодного копчення типу «Кіперс», результати яких наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6

Фізико-хімічні показники риби холодного копчення типу «Кіперс»

Назва зразка	pH	Активність води (aw)	Масова частка солі, %
Контроль	6,25 ± 0,03	0,822 ± 0,004	5,21 ± 0,15
Кіперс з чебрецем	5,82 ± 0,04	0,855 ± 0,005	5,1 ± 0,12
Кіперс з перцем чорним меленим	5,74 ± 0,03	0,870 ± 0,006	5,33 ± 0,10
Кіперс з базиліком	5,79 ± 0,05	0,835 ± 0,003	5,25 ± 0,18

Отримані результати свідчать про якість, стійкість при зберіганні та відповідність вимогам нормативної документації [128]. Значення активної кислотності (рН) у дослідних зразках коливалися в межах 5,74–6,25. Найвище значення рН встановлено у контрольному зразку (6,25), тоді як у зразках, оброблених молочнокислими бактеріями, спостерігалось зниження цього показника до 5,74–5,82, що свідчить про утворення органічних кислот у процесі ферментації. Активність води у готових зразках кіперсів холодного копчення знаходилася в межах 0,822–0,870, що є типовим для продукції даного виду. Масова частка кухонної солі відповідає нормі для риби пряно-копченої (5-10 %) та сприяє підвищенню мікробіологічної стабільності продукту.

Таким чином, отримані результати підтверджують, що застосування молочнокислих бактерій у поєднанні з технологічними операціями соління, підсушування та холодного копчення забезпечує формування оптимальних фізико-хімічних показників продукції типу «Кіпер» та сприяє підвищенню їх якості та стабільності під час зберігання.

5.2. Дослідження змін показників якості та безпечності риби холодного копчення типу «Кіперс» в процесі зберігання

У процесі зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» відбуваються поступові зміни споживчих властивостей продукції, зумовлені комплексною дією фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних процесів. Сенсорні характеристики є інтегральним показником якості рибної продукції, оскільки відображають сумарний ефект змін білкових і ліпідних компонентів, ступінь збереження характерного копченого аромату, соковитості та консистенції м'язової тканини, а також можливу появу сторонніх присмаків і запахів.

Для кількісного порівняння стабільності органолептичних показників у динаміці зберігання проведено оцінювання зразків за інтегральною 20-бальною шкалою, що включає сукупність основних сенсорних показників (зовнішній вигляд, запах, смак та консистенцію). Дослідження виконано для контрольного зразка та зразків із додаванням прянощів, які можуть впливати на інтенсивність

смако-ароматичних властивостей та проявляти антиоксидантні властивості, сповільнюючи деградаційні процеси під час зберігання.

Для наочного відображення динаміки зміни інтегральної органолептичної оцінки побудовано графічну залежність, що дозволяє оцінити характер зниження показників якості у процесі холодильного зберігання (рис. 5.6).

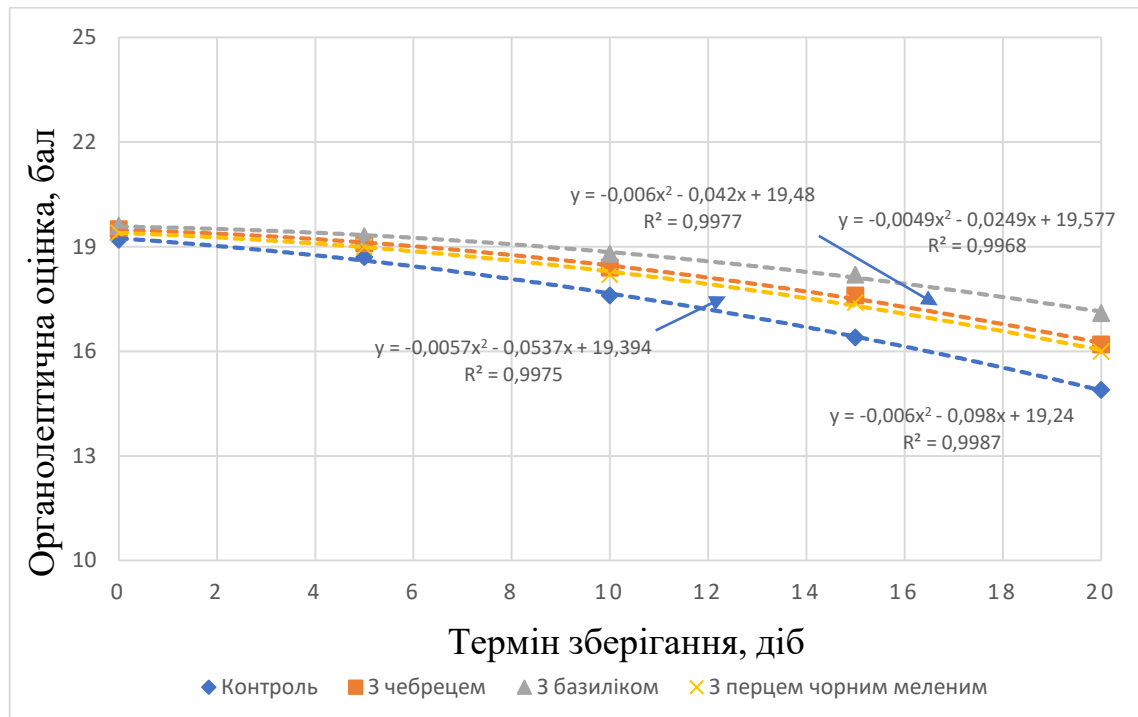


Рисунок 5.6. Динаміка органолептичних показників риби холодного копчення типу «Кіперс» у процесі зберігання

З рисунка видно, що у процесі холодильного зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» відбувається закономірне зниження інтегральної органолептичної оцінки у всіх досліджуваних зразках. Найвищі значення показників зафіксовано на початковому етапі зберігання, що свідчить про високі споживчі властивості продукції одразу після виготовлення. Упродовж перших 3–6 діб зміни органолептичних показників були незначними, що вказує на відносну стабільність сенсорних характеристик продукції за умов холодильного зберігання. Починаючи приблизно з 9-ї доби спостерігається більш виражене зниження інтегральної органолептичної оцінки, яке посилюється наприкінці досліджуваного періоду.

Отримані результати узгоджуються з даними інших дослідників, які відзначають, що під час зберігання копченої риби відбувається поступове погіршення смако-ароматичних властивостей продукції внаслідок окиснення ліпідів, часткового протеолізу білків та накопичення летких продуктів розпаду [44, 76, 43].

Найбільш інтенсивне зниження органолептичної оцінки спостерігалось у контрольному зразку без використання прянощів. Дослідні зразки з додаванням ароматичних рослинних компонентів характеризувалися більшою стабільністю сенсорних властивостей. Це може бути пов'язано з наявністю у складі прянощів ефірних олій та фенольних сполук, які проявляють антиоксидантні та частково антимікробні властивості, уповільнюючи деградаційні процеси у харчових продуктах [76]. Серед досліджуваних зразків найвищі значення інтегральної органолептичної оцінки протягом усього періоду зберігання спостерігалися у зразку з базиліком, що свідчить про більш стабільний характер збереження сенсорних властивостей продукції.

Встановлено, що до 15-ї доби зберігання інтегральна органолептична оцінка всіх досліджуваних зразків залишається на рівні, що відповідає задовільній якості продукції, що дозволяє обґрунтувати рекомендований термін холодильного зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» до 15 діб. Подальше зберігання (понад 15 діб) супроводжується більш інтенсивним зниженням сенсорних показників, що свідчить про поступову втрату споживчих властивостей продукту.

Перебіг гідролітичних процесів у ліпідній фракції риби холодного копчення типу «Кіперс» у процесі зберігання оцінювали за показником кислотного числа жиру. Кислотне число характеризує накопичення вільних жирних кислот, що утворюються внаслідок гідролітичного розщеплення тригліцеридів під дією залишкових ліполітичних ферментів, мікрофлори та фізико-хімічних факторів зберігання.

Для риби холодного копчення цей показник є важливим індикатором початкових стадій псування, оскільки навіть за умов зниженої активності води

та наявності кухонної солі процеси гідролізу ліпідів повністю не припиняються. Підвищення кислотного числа свідчить про накопичення вільних жирних кислот, що може зумовлювати появу кислуватого або гіркуватого присмаку та поступове зниження органолептичної оцінки. Інтенсивність змін кислотного числа залежить від температури зберігання, доступу кисню, складу жирової фракції, а також наявності природних антиоксидантів і біологічно активних речовин у складі прянощів. Додавання чебрецю, базиліку та чорного перцю може впливати на стабільність ліпідної фракції, уповільнюючи перебіг гідролітичних процесів.

З метою встановлення характеру зміни кислотного числа у процесі холодильного зберігання було проведено визначення цього показника в контрольному зразку та зразках із додаванням прянощів у динаміці зберігання (рис. 5.7).

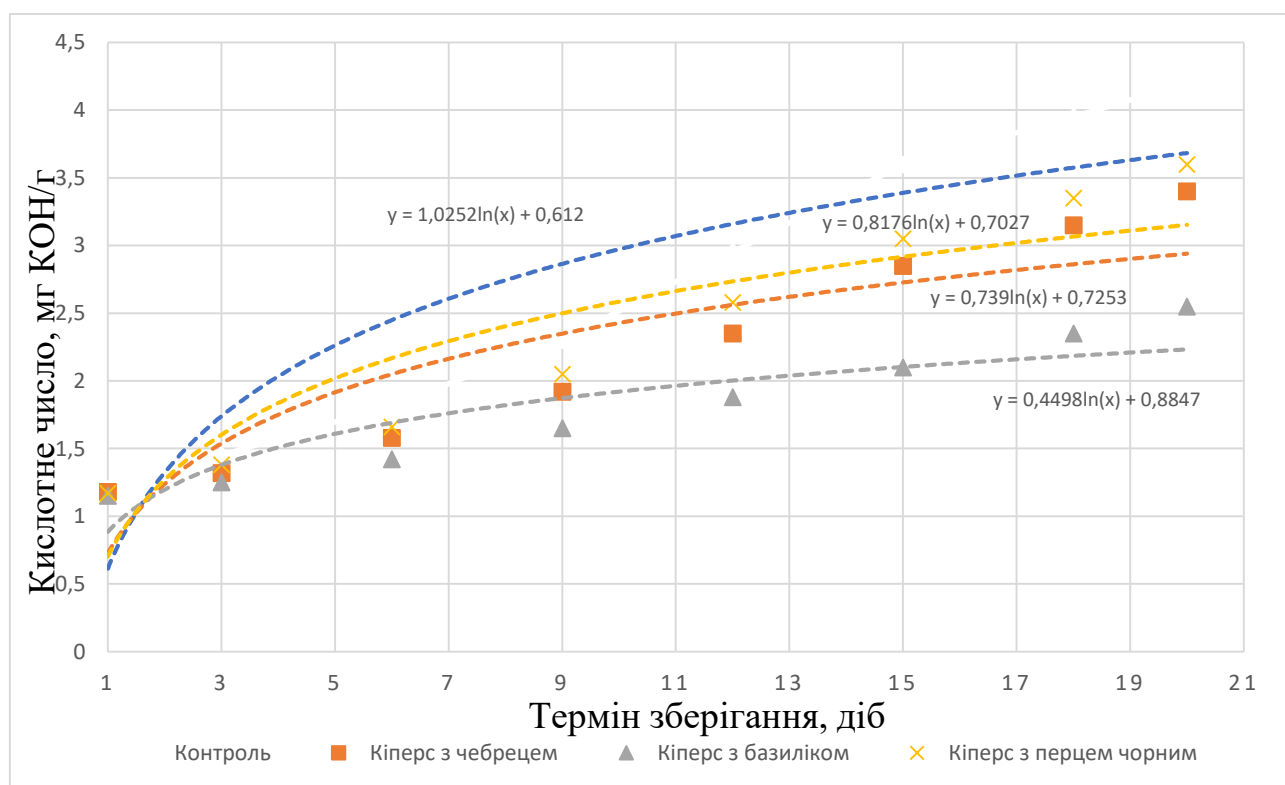


Рисунок 5.7. Зміни кислотного числа жиру риби холодного копчення типу «Кіперс» у процесі зберігання

Як видно з рисунка, у процесі холодильного зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» відбувається поступове зростання кислотного числа

жиру у всіх досліджуваних зразках. Найменші значення показника зафіксовано на початковому етапі зберігання, що свідчить про незначний ступінь гідролітичного розщеплення ліпідів одразу після виготовлення продукції. Упродовж подальшого зберігання спостерігається поступове накопичення вільних жирних кислот, що є результатом гідролізу тригліцеридів під дією ферментативних та мікробіологічних процесів. Відомо, що ліпіди риби містять значну кількість поліненасичених жирних кислот, які характеризуються підвищеною реакційною здатністю і є чутливими до гідролітичних та окиснювальних змін під час зберігання [88]. У результаті таких процесів відбувається накопичення вільних жирних кислот, що призводить до поступового зростання кислотного числа жиру. Найбільш інтенсивне зростання кислотного числа спостерігалось у контрольному зразку без використання прянощів. Дослідні зразки з додаванням ароматичних рослинних компонентів характеризувалися меншою швидкістю накопичення вільних жирних кислот. Це може бути пов'язано з наявністю у складі прянощів біологічно активних речовин, зокрема ефірних олій та фенольних сполук, які здатні проявляти антиоксидантні властивості та уповільнювати деградаційні процеси у ліпідній фракції продукту [87]. Серед досліджуваних зразків найменше зростання кислотного числа встановлено у варіанті з додаванням базиліку, тоді як зразки з чебрецем і чорним меленим перцем займали проміжне положення за інтенсивністю змін показника. Подібний вплив рослинних компонентів пояснюється їх здатністю інгібувати процеси окиснення та гідролізу ліпідів завдяки наявності природних антиоксидантів, що підтверджено результатами сучасних досліджень [10]. Отримані результати узгоджуються з даними інших науковців, які встановили, що під час холодильного зберігання рибної продукції відбувається поступове зростання кислотного числа жиру внаслідок гідролітичного розпаду ліпідів, а використання природних антиоксидантів може сповільнювати ці процеси [95].

Риба холодного копчення характеризується значним вмістом поліненасичених жирних кислот, які є чутливими до дії кисню повітря навіть за

умов холодильного зберігання. Наявність фенольних сполук диму певною мірою стримує перебіг окиснювальних процесів, однак повністю їх не припиняє. Тому для комплексної оцінки стабільності ліпідної фракції доцільним є визначення перекисного числа, яке характеризує накопичення первинних продуктів окиснення – гідроперекисів.

Аналіз динаміки перекисного числа дозволяє встановити інтенсивність автоокиснення жиру, оцінити вплив прянощів на антиоксидантну стабільність продукту та пояснити зміни органолептичних показників, зокрема появу прогірклого присмаку й ослаблення характерного копченого аромату. Результати дослідження перекисного числа риби холодного копчення типу «Кіперс» у процесі зберігання наведено на рис. 5.8.

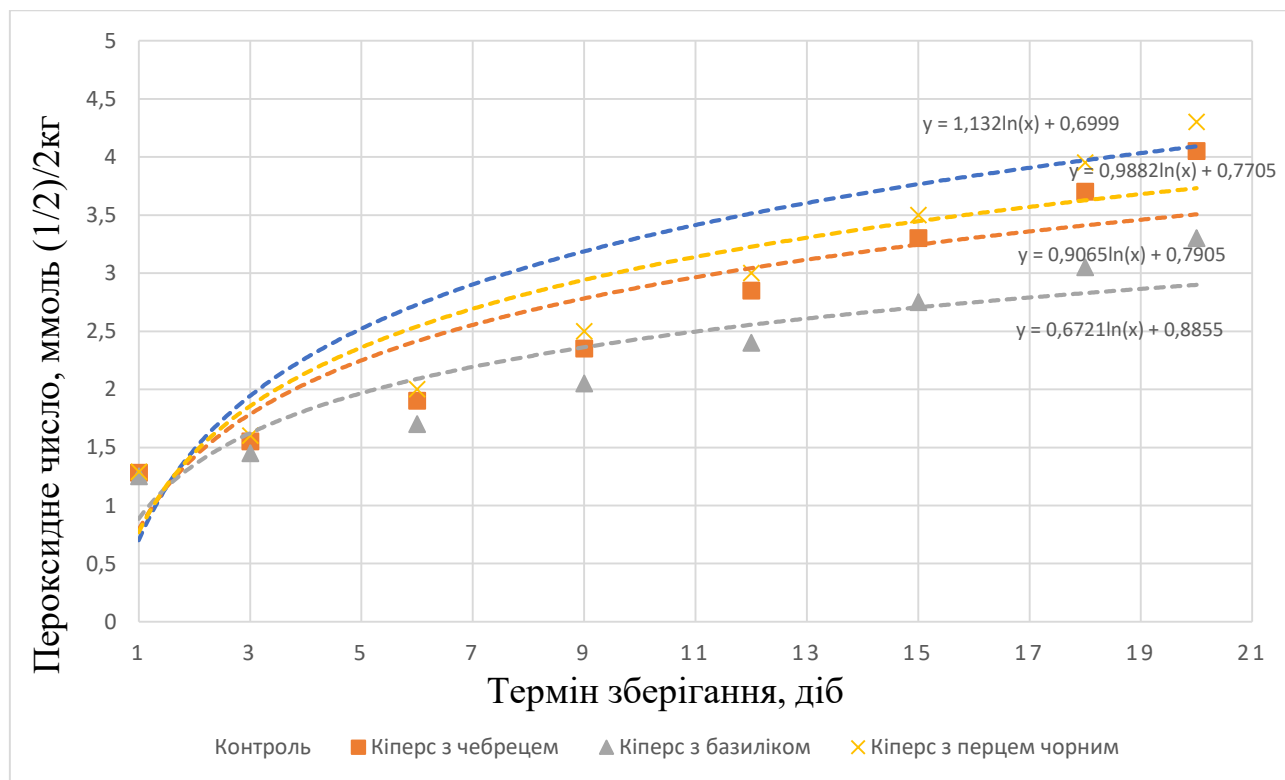


Рисунок 5.8. Зміни перекисного числа жиру риби холодного копчення типу «Кіперс» у процесі зберігання

З рисунка видно, що у процесі холодильного зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» відбувається поступове зростання перекисного числа жиру у всіх досліджуваних зразках. Це пояснюється накопиченням первинних продуктів окиснення – гідроперексидів. Подібну закономірність змін

пероксидного числа у рибній продукції під час зберігання відзначають і інші дослідники, які вказують, що ліпіди риби містять значну кількість поліненасичених жирних кислот і є чутливими до окиснення під час зберігання [12]. Найбільш інтенсивне зростання пероксидного числа спостерігалось у контрольному зразку, що свідчить про більш активний перебіг окиснювальних процесів при відсутності рослинних компонентів. Дослідні зразки з додаванням прянощів характеризувалися меншою швидкістю накопичення первинних продуктів окиснення. Це можна пояснити наявністю у складі прянощів фенольних сполук та ефірних олій, які проявляють антиоксидантні властивості та здатні уповільнювати окиснення ліпідів [12]. Серед досліджуваних варіантів найменше зростання пероксидного числа спостерігалось у зразку з базиліком, що свідчить про найбільш стабільний характер перебігу окиснювальних процесів у цьому зразку.

Поряд із змінами ліпідної фракції, у процесі зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» відбуваються зміни білкових компонентів, що можуть супроводжуватися накопиченням продуктів протеолізу та дезамінування амінокислот. Для оцінювання інтенсивності цих процесів використано показник азоту летких основ (АЛО), який характеризує сумарний вміст летких азотвмісних сполук, що формуються внаслідок ферментативної та мікробіологічної деструкції білків і небілкових азотистих речовин. Зростання АЛО є чутливим індикатором початкових стадій білкового псування риби та, як правило, показує асоціативний зв'язок зі змінами запаху і смаку, появою сторонніх “рибних” або аміачних нот, а також зі зниженням загальної органолептичної оцінки. Зміни показників АЛО наведено на рис. 5.9.

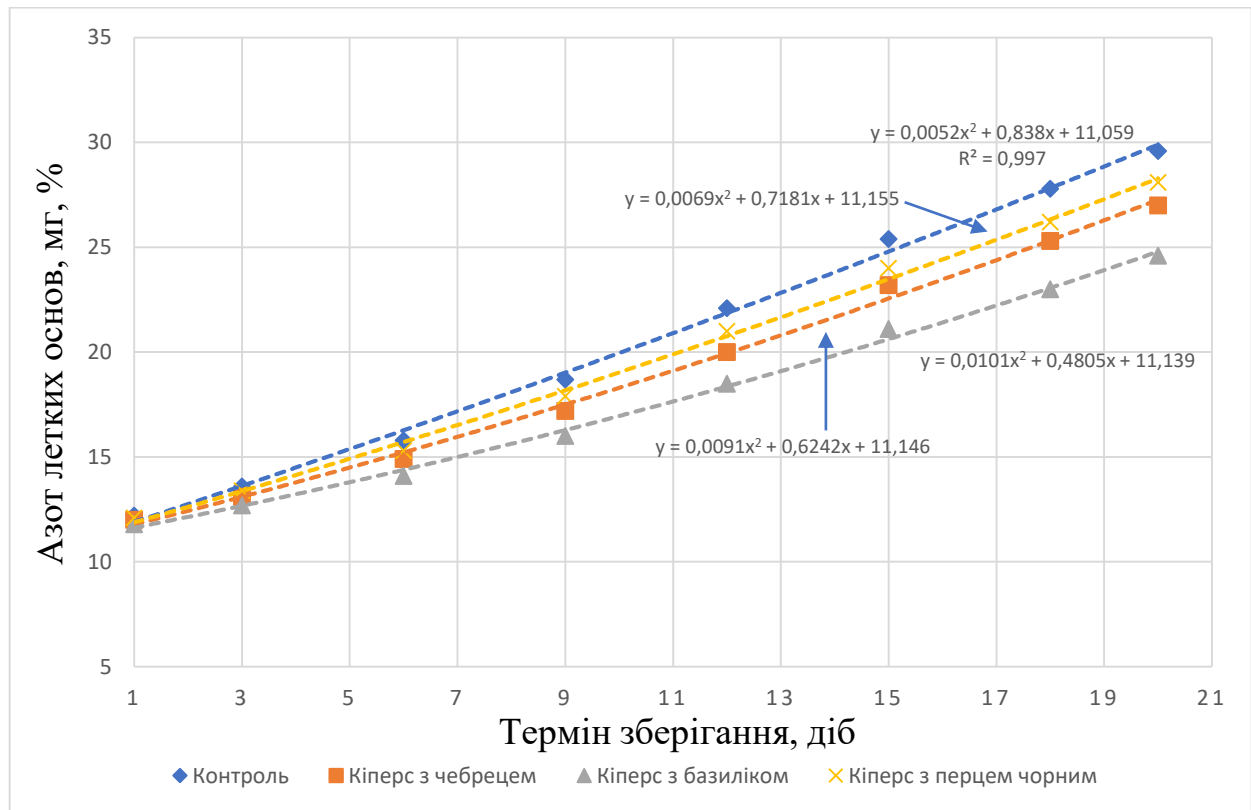


Рисунок 5.9. Зміни показників АЛО риби холодного копчення типу «Кіперс» в процесі зберігання

Як видно з рисунка, у процесі холодильного зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» відбувається поступове зростання вмісту азоту летких основ у всіх досліджуваних зразках. Упродовж перших днів зберігання збільшення вмісту летких азотистих сполук відбувається відносно повільно, що пов'язано з низькою активністю мікрофлори та уповільненим перебігом автолітичних процесів у тканинах риби. Подальше зберігання супроводжується більш інтенсивним накопиченням летких азотистих сполук, що утворюються внаслідок розкладу білкових речовин та небілкових азотистих компонентів під дією ферментів і мікроорганізмів [22]. До складу азоту летких основ входять такі сполуки, як аміак, моно-, ди- та триметиламін, які формуються внаслідок деградації білків і триметиламіну оксиду у м'язовій тканині риби. Саме ці сполуки значною мірою зумовлюють появу характерного запаху псування рибної продукції [18]. Найбільш інтенсивне зростання вмісту азоту летких основ спостерігалось у контрольному зразку, що свідчить про більш активний перебіг процесів білкового розкладу. Дослідні зразки з додаванням рослинних

компонентів характеризувалися повільнішим зростанням цього показника. Подібний ефект може пояснюватися наявністю у складі прянощів ефірних олій та фенольних сполук, які проявляють антимікробні властивості та здатні пригнічувати розвиток мікроорганізмів у харчових продуктах [18].

Серед досліджуваних варіантів найменше зростання вмісту азоту летких основ спостерігалось у зразку з базиліком, що свідчить про більш повільний перебіг процесів білкового розкладу у цьому зразку. Зразки з чебрецем і чорним меленим перцем займали проміжне положення за інтенсивністю змін показника. Відомо, що для більшості видів рибної продукції гранично допустимий вміст азоту летких основ становить приблизно 30–35 мг N/100 г продукту [22]. У проведених дослідженнях значення цього показника до 15-ї доби зберігання залишалися нижчими за гранично допустимий рівень, що свідчить про задовільну якість продукції протягом зазначеного періоду.

Безпечність рибної продукції значною мірою визначається її мікробіологічними показниками, оскільки риба та продукти її переробки є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів [42, 75].

Важливу роль у забезпеченні мікробіологічної стабільності рибної продукції відіграє технологія холодного копчення. Під час копчення відбувається дія комплексу факторів, зокрема зниження активності води, вплив кухонної солі, а також антимікробна дія компонентів коптильного диму (фенолів, органічних кислот та карбонільних сполук), що частково пригнічує розвиток мікроорганізмів [6, 62]. Крім того, використання рослинних прянощів може додатково впливати на мікробіологічну стабільність продукції завдяки наявності у їх складі ефірних олій та біологічно активних речовин, які проявляють антимікробні властивості [62].

З огляду на це було проведено дослідження зміни мікробіологічних показників риби холодного копчення типу «Кіперс» у процесі холодильного зберігання. Результати визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, а також наявності санітарно-показових і патогенних мікроорганізмів наведено у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

**Зміни мікробіологічних показників риби холодного копчення типу
«Кіперс» в процесі зберігання**

Показники	Тривалість зберігання, діб	Контроль	Кіперс з чебрецем	Кіперс з базиліком	Кіперс з перцем чорним	Допустимий рівень
МАФАНМ, КУО/г	1	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^2$	$(1,1 \pm 0,1) \times 10^2$	$(1,0 \pm 0,1) \times 10^2$	$(1,1 \pm 0,1) \times 10^2$	не більше 3×10^4
	3	$(4,3 \pm 0,2) \times 10^2$	$(3,6 \pm 0,2) \times 10^2$	$(3,1 \pm 0,2) \times 10^2$	$(3,9 \pm 0,2) \times 10^2$	
	6	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^3$	$(9,4 \pm 0,4) \times 10^2$	$(7,8 \pm 0,3) \times 10^2$	$(1,0 \pm 0,1) \times 10^3$	
	9	$(3,6 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,7 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,1 \pm 0,1) \times 10^3$	$(3,0 \pm 0,2) \times 10^3$	
	12	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^4$	$(9,1 \pm 0,4) \times 10^3$	$(6,8 \pm 0,3) \times 10^3$	$(1,0 \pm 0,1) \times 10^4$	
	15	$(2,8 \pm 0,1) \times 10^4$	$(2,2 \pm 0,1) \times 10^4$	$(1,7 \pm 0,1) \times 10^4$	$(2,4 \pm 0,1) \times 10^4$	
	18	$(3,6 \pm 0,2) \times 10^4$	$(3,0 \pm 0,2) \times 10^4$	$(2,4 \pm 0,1) \times 10^4$	$(3,2 \pm 0,2) \times 10^4$	
	20	$(4,5 \pm 0,2) \times 10^4$	$(3,8 \pm 0,2) \times 10^4$	$(2,9 \pm 0,1) \times 10^4$	$(4,1 \pm 0,2) \times 10^4$	
БГКП в 0,1 г	1–20	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не допускається
<i>S. aureus</i> в 0,1 г	1–20	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не допускається
Патогенні, в т.ч. сальмонели в 25 г	1–20	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не допускається
<i>L. monocytogenes</i> в 25 г	1–20	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не допускається
<i>Proteus</i> в 0,1 г	1–20	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не допускається

Як видно з даних таблиці, у процесі холодильного зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» спостерігається поступове зростання кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) у всіх досліджуваних зразках. На початковому етапі зберігання значення становили близько 10^2 КУО/г, що характерно для свіжовиготовленої продукції та свідчить про належний санітарний стан сировини і дотримання технологічних умов виробництва. Упродовж подальшого зберігання збільшення кількості мікроорганізмів зумовлено розвитком природної мікрофлори риби та мікроорганізмів, які можуть потрапляти у продукт під час технологічного оброблення. Подібна тенденція зміни мікробіологічних показників характерна для більшості видів копченої рибної продукції і описана в ряді наукових досліджень [75].

Найбільш інтенсивне зростання кількості МАФАНМ спостерігалось у контрольному зразку. До 15-ї доби зберігання значення показника наближалось до гранично допустимого рівня і становило близько $2,8 \times 10^4$ КУО/г. У подальшому, на 18–20 добу, спостерігалось перевищення нормативного рівня мікробного обсіменіння, що свідчить про погіршення мікробіологічної якості продукції. Дослідні зразки з додаванням прянощів характеризувалися дещо повільнішим зростанням мікробної чисельності. Зокрема, найменші значення МАФАНМ протягом усього періоду зберігання спостерігалися у зразку з базиліком. Це може пояснюватися наявністю у складі базиліку ефірних олій та фенольних сполук, які проявляють антимікробні властивості та здатні пригнічувати розвиток мікроорганізмів у харчових продуктах [42]. Аналогічні результати були отримані й у дослідженнях інших авторів, які встановили, що використання рослинних прянощів та ефірних олій у технології рибної продукції сприяє уповільненню розвитку мікрофлори та підвищенню мікробіологічної стабільності продукту під час зберігання [6].

Слід також зазначити, що у всіх досліджуваних зразках протягом усього періоду зберігання не було виявлено бактерій групи кишкової палички, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* та бактерій роду *Proteus*. Це свідчить про дотримання санітарно-гігієнічних вимог під час виробництва та зберігання риби холодного копчення.

Отримані результати підтверджують доцільність встановлення терміну зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» на рівні 15 діб за умов холодильного зберігання.

Висновки до розділу 5

У результаті проведених досліджень комплексно оцінено показники якості риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома, а також встановлено закономірності їх зміни у процесі зберігання.

Встановлено, що застосування молочнокислої культури *Lactobacillus plantarum* у поєднанні з прянощами сприяє суттєвому покращенню

органолептичних характеристик риби холодного копчення типу «Кіперс». Найвищі значення інтегральної органолептичної оцінки отримано для зразка з бази́ліком (4,59 бала), що відповідає категорії «відмінна якість». Гармонізацію сенсорних характеристик розроблених зразків підтверджено також результатами профільного аналізу за методом флейвору.

За результатами дослідження хімічного складу встановлено, що розроблені зразки характеризуються високою харчовою та енергетичною цінністю. Вміст білка становив 29,3-29,8 г/100 г, що визначає їх як цінне джерело повноцінного білка, тоді як вміст ліпідів залишався стабільним (5,8-6,0 г/100 г). Енергетична цінність коливалася у межах 170,2-171,4 ккал/100 г.

Дослідження фізико-хімічних показників показали, що застосування молочнокислих бактерій сприяє формуванню оптимального рівня активної кислотності (рН 5,74–5,82), що є нижчим порівняно з контролем (6,25) та забезпечує підвищену мікробіологічну стабільність продукту. Значення активності води (0,822–0,870) та масової частки солі (близько 5 %) відповідають технологічним вимогам до продукції холодного копчення та створюють несприятливі умови для розвитку патогенної мікрофлори.

У процесі холодильного зберігання відмічено закономірне зниження органолептичних показників якості, зумовлене перебігом окиснювальних та гідролітичних процесів у ліпідній і білковій фракціях та розвитком мікрофлори. Найбільш інтенсивне погіршення спостерігалось у контрольному зразку, тоді як дослідні варіанти характеризувалися більшою стабільністю сенсорних, фізико-хімічних та мікробіологічних властивостей. Встановлено, що до 15-ї доби зберігання всі дослідні зразки зберігають показники якості на рівні, що відповідає вимогам до доброякісної продукції, що дозволяє обґрунтувати рекомендований термін зберігання риби холодного копчення типу «Кіперс» на рівні 15 діб.

Таким чином, доведено, що поєднання біотехнологічної обробки молочнокислими бактеріями та використання ароматичних рослинних добавок забезпечує формування високоякісного продукту з покращеними

органолептичними, фізико-хімічними та харчовими характеристиками, а також підвищеною стабільністю під час зберігання.

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕАЛІЗАЦІЇ КІПЕРСУ

З метою визначення економічної доцільності впровадження розробленої технології виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського сома, розраховано собівартість продукції, її відпускну ціну, прибуток від реалізації та рівень рентабельності виробництва.

Розрахунок техніко-економічних показників здійснювали відповідно до типового положення з планування, обліку та калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості, з урахуванням специфіки рибопереробного виробництва.

Повну виробничу собівартість продукції визначали за статтями калькуляції. При цьому розрахунки проводили із розрахунку на 100 кг готової продукції.

До складу прямих матеріальних витрат включено витрати на основну сировину (африканський сом), а також допоміжні матеріали, що безпосередньо використовуються у технологічному процесі (сіль, спеції, молочнокислі бактерії тощо).

Вартість сировини для виробництва кіперсу визначали на основі рецептури та середніх ринкових цін. Результати розрахунків вартості сировини наведено в табл. 6.1.

Витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали визначали з урахуванням норм їх використання у виробництві та діючих цін. До цієї групи віднесено пакувальні матеріали, допоміжні інгредієнти та інші ресурси, що забезпечують технологічний процес і реалізацію продукції. Результати розрахунків наведено в табл. 6.2.

На основі отриманих даних визначено виробничу собівартість продукції, яка включає прямі матеріальні витрати, витрати на оплату праці, енерговитрати, амортизацію обладнання та інші виробничі витрати. Результати розрахунку виробничої собівартості наведено в табл. 6.3.

Відпускну ціну продукції формували з урахуванням повної собівартості та запланованого рівня рентабельності. На основі цього визначено прибуток від реалізації продукції та основні техніко-економічні показники ефективності виробництва. Результати розрахунків наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Розрахунок вартості сировини для виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс»

Ресурс	Ціна за одиницю, грн./кг	Норма витрат, кг	Вартість витрат
Кіперс контроль			
Африканський сом	170	120	20 400
Сіль кухонна «Екстра»	16	4	64
L. Plantarum	1200	0,3	360
Разом грн./100кг:	-	-	20 824
Кіперс з чебрецем			
Африканський сом	170	120	20 400
Сіль кухонна «Екстра»	16	4	64
L. Plantarum	1200	0,3	360
Чебрець	200	1,8	360
Разом грн./100кг:	-	-	21 184
Кіперс з перцем чорним меленим			
Африканський сом	170	120	20 400
Сіль кухонна «Екстра»	16	4	64
L. Plantarum	1200	0,3	360
перець чорний мелений	360	1,4	504
Разом грн./100кг:	-	-	21 328
Кіперс з базиліком			
Африканський сом	170	120	20 400
Сіль кухонна «Екстра»	16	4	64
L. Plantarum	1200	0,3	360
Базилік	230	1,5	345
Разом грн./100кг:	-	-	21 169

Результати розрахунку вартості сировини для виробництва кіпперсу свідчать, що основну частку витрат становить африканський сом, частка якого перевищує 95% загальної вартості сировини.

Внесення молочнокислої культури у кількості 0,3 кг на 100 кг готової продукції не призводить до суттєвого збільшення витрат, однак забезпечує покращення мікробіологічних та органолептичних показників продукції.

Додавання рослинних компонентів (чебрець, перець чорний мелений, базилік) зумовлює незначне підвищення вартості сировини на 1,7–2,4%, що є економічно обґрунтованим з урахуванням підвищення споживчих властивостей готової продукції.

До складу допоміжних та таропакувальних матеріалів включено витрати на пакувальні елементи та матеріали, необхідні для забезпечення належного санітарного стану виробництва. Основну частку витрат становлять картонні коробки та пакувальна плівка, які використовуються для формування транспортної тари та захисту продукції під час зберігання і реалізації.

Загальні витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали становлять 674 грн на 100 кг продукції, що є незначною часткою у структурі виробничої собівартості, що зображено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Розрахунок вартості допоміжних та таропакувальних матеріалів для виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс» (на 100 кг продукції)

Ресурс	Ціна за одиницю, грн	Норма витрат	Вартість витрат, грн
Етикетки	1,2	100 шт	120
Коробки картонні	25	10 шт	250
Плівка пакувальна	120 грн/кг	1,5 кг	180
Шпагат/фіксатори	80 грн/кг	0,3 кг	24
Дезінфікуючі засоби	200 грн/л	0,5 л	100
Разом, грн/100 кг:	—	—	674

Виробничу собівартість визначали за скороченою схемою калькулювання, враховуючи лише прямі матеріальні витрати. Такий підхід є доцільним при

порівняльній оцінці різних рецептур, оскільки дозволяє об'єктивно визначити вплив складових компонентів на формування собівартості продукції.

Таблиця 6.3

**Розрахунок виробничої собівартості риби холодного копчення типу
«Кіперс» (на 100 кг продукції)**

Стаття витрат	Кіперс контроль, грн	Кіперс з чебрецем, грн	Кіперс з перцем чорним меленим, грн	Кіперс з базиліком, грн
Сировина та основні матеріали	20824	21184	21328	21169
Допоміжні та таропакувальні матеріали	674	674	674	674
Разом виробнича собівартість, грн/100 кг	21498	21858	22002	21843
Собівартість 1 кг продукції, грн	214,98	218,58	220,02	218,43

Як свідчать результати розрахунків, виробнича собівартість формується переважно за рахунок витрат на основну сировину, частка якої перевищує 95% загальних витрат. Витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали є незначними та становлять близько 3% у структурі собівартості.

Найнижчу собівартість встановлено для контрольного зразка — 21498 грн на 100 кг продукції (214,98 грн/кг). Водночас додавання рослинних компонентів (чебрець, базилік, перець чорний мелений) призводить до незначного зростання собівартості — у межах 1,6–2,4%, що є економічно обґрунтованим.

Отримані результати підтверджують доцільність використання прянощів у технології виробництва кіперсу, оскільки підвищення собівартості є незначним у порівнянні з покращенням органолептичних показників продукції.

Відпускну ціну риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського сома визначали на основі виробничої собівартості з урахуванням запланованого рівня рентабельності. Такий підхід дає змогу оцінити економічну доцільність виробництва розробленої продукції та визначити основні техніко-економічні показники її ефективності.

При розрахунку відпускної ціни за основу брали виробничу собівартість 100 кг готової продукції. Рівень рентабельності приймали на рівні 20%, що є економічно обґрунтованим для продукції з покращеними споживними властивостями. На основі цього визначали величину прибутку, відпускну ціну 100 кг продукції та ціну 1 кг готового продукту. Результати розрахунків наведено в табл. 6.4.

Таблиця 6.4.

Розрахунок відпускної ціни та техніко-економічних показників виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс» (на 100 кг продукції)

Показник	Контроль	Кіперс з чебрецем	Кіперс з перцем чорним меленим	Кіперс з базиліком
Повна собівартість	21498,0	21858,0	22002,0	21843,0
Нормований прибуток підприємства	4299,6	5464,5	5940,54	6552,9
Податок на прибуток	773,93	983,61	1069,30	1179,52
ПДВ	5159,52	5464,50	5588,51	5679,18
Ціна реалізації, грн/100 кг	30957,12	32787,00	33531,05	34075,08
Відпускна ціна 1 кг, грн	309,57	327,87	335,31	340,75
Чистий прибуток	3525,67	4480,89	4871,24	5373,38
Рівень рентабельності, %	20	25	27	30

Результати розрахунку свідчать, що формування ціни реалізації риби холодного копчення типу «Кіперс» безпосередньо залежить від рівня собівартості продукції, рецептурного складу та прийнятого рівня рентабельності. Найнижчі економічні показники характерні для контрольного зразка, для якого відпускна ціна становить 309,57 грн/кг, а чистий прибуток — 3525,67 грн на 100 кг продукції. Для зразків із прянощами встановлено вищий рівень рентабельності, що зумовлено покращенням їх органолептичних характеристик та вищою споживчою цінністю продукції. Найвищі техніко-економічні показники отримано для зразка з базиліком, який характеризувався найкращими якісними показниками: відпускна ціна становить 340,75 грн/кг, а чистий прибуток – 5373,38 грн на 100 кг продукції. Це підтверджує економічну доцільність виробництва розроблених видів кіпперсу та перспективність упровадження рецептур з прянощами у виробництво.

Висновки до розділу 6

Проведені розрахунки економічної ефективності виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс» із застосуванням молочнокислих бактерій та прянощів підтверджують доцільність впровадження розробленої технології у виробництво.

Встановлено, що виробнича собівартість продукції формується переважно за рахунок вартості основної сировини, частка якої перевищує 95% загальних витрат, тоді як витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали є незначними. Введення молочнокислих бактерій *Lactobacillus plantarum* та прянощів (чебрець, перець чорний мелений, базилік) не призводить до суттєвого зростання собівартості продукції.

Разом з тим, встановлено, що застосування прянощів позитивно впливає на органолептичні властивості кіпперсу, що обґрунтовує можливість диференціації рівня рентабельності та підвищення відпускної ціни продукції. Найвищі техніко-економічні показники отримано для зразка з базиліком, який характеризувався найкращими споживчими властивостями та забезпечує максимальний рівень прибутковості виробництва.

Відпускна ціна продукції становить 309,57–340,75 грн/кг залежно від рецептурного складу, при цьому рівень рентабельності коливається в межах 20–30%, що відповідає сучасним вимогам до ефективності харчових виробництв.

Отже, виробництво риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського сома із застосуванням молочнокислих бактерій та прянощів є економічно ефективним, а запропонована технологія має високий потенціал для впровадження у промислове виробництво та підвищення конкурентоспроможності продукції.

ВИСНОВКИ

На підставі аналізу теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано та удосконалено технологію риби холодного копчення типу «Кіперс» з африканського кларієвого сома із застосуванням молочнокислих бактерій *Lactobacillus plantarum* та пряно-ароматичної сировини, що забезпечує підвищення якості, безпечності та стабільності продукції.

1. Науково обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання африканського кларієвого сома як перспективної сировини для виробництва риби холодного копчення типу «Кіперс». Встановлено, що ця сировина характеризується високою технологічною придатністю, значним вмістом повноцінного білка ($18,2 \pm 0,2$ %) та оптимальним співвідношенням білкової і ліпідної складових за вмісту жиру $4,9 \pm 0,01$ %.

2. Досліджено вплив молочнокислої мікрофлори (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* та композицій культур) на фізико-хімічні, мікробіологічні та структурно-механічні показники сировини. Встановлено, що найбільш ефективним є використання *Lactobacillus plantarum*, яке забезпечує стабілізацію активної кислотності на рівні 6,40–6,55, зниження активності води до 0,60–0,72, інтенсифікацію процесів зв'язування вологи та пригнічення розвитку небажаної мікрофлори, що сприяє формуванню стабільного мікробіологічного стану продукту.

3. Визначено вплив пряно-ароматичних компонентів (базилік, чебрець, перець чорний мелений) на формування органолептичних характеристик продукції. Встановлено, що їх використання сприяє покращенню смаку, аромату та консистенції продукту, при цьому найвищі показники якості отримано для зразка з базиліком (4,59 бала), що відповідає категорії «відмінна якість». За результатами досліджень розроблено рецептури зразків риби холодного копчення типу «Кіперс» з прянощами.

4. Встановлено закономірності процесів тепло- і масообміну під час підсушування напівфабрикату методом математичного моделювання. Визначено, що процес дегідратації має стадійний характер і включає фазу

інтенсивного видалення вільної вологи з переходом до стадії уповільненого видалення зв'язаної вологи. Обґрунтовано раціональні режими підсушування, за яких протягом 100 хв вологість знижується з 68,73–72,38 % до 49,20–53,49 %, що забезпечує досягнення необхідних параметрів для подальшого холодного копчення.

5. Науково обґрунтовано та удосконалено технологію риби холодного копчення типу «Кіперс», яка передбачає послідовне виконання операцій сухого соління (4–6 % кухонної солі), оброблення молочнокислими бактеріями, підсушування та холодного копчення.

6. Встановлено, що розроблена продукція характеризується високими показниками якості та безпечності: загальна органолептична оцінка перевищує контрольний зразок, а фізико-хімічні та мікробіологічні показники відповідають нормативним вимогам,

7. Обґрунтовано термін придатності продукції холодного копчення типу «Кіперс», який становить 15 діб за температури зберігання 0...+4 °С, що забезпечується зниженням активності води, стабілізацією мікробіологічного стану та уповільненням процесів псування.

8. Розраховано економічну ефективність запропонованої технології, яка досягається за рахунок використання доступної сировини аквакультури, оптимізації технологічних параметрів та підвищення конкурентоспроможності готової продукції.

9. Розроблено проекти ТУ У 10.2-00493706-230:2026 «Риба пряно-копчена «Кіперс» та ТІ на виробництво риби пряно-копченої «Кіперс», проведено промислову апробацію результатів досліджень в умовах ПП ТДС «Нептун».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. (WHO) W. H. O. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption. World Health Organization, 2012. 60 p.
2. A randomised trial of the effect of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplements on the human intestinal microbiota / H. Watson et al. 2017. URL: <http://hdl.handle.net/10454/13400>
3. Abstract P2-03-01: Analytical validation of a standardized scoring protocol for Ki67 assessed on breast excision whole sections: An international multicenter collaboration / T. Nielsen et al. *Abstracts: 2017 San Antonio Breast Cancer Symposium; December 5-9, 2017; San Antonio, Texas.* 2018. URL: <https://doi.org/10.1158/1538-7445.sabcs17-p2-03-01>.
4. Adebisi O. F., Oshibanjo O. D. Effect of heat source on the physicochemical and sensory evaluation of African catfish (*Clarias gariepinus*) // *International Journal of Research and Scientific Innovation.* 2019. Vol. 6, No 4. P. 309–312. URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24757.73443>
5. Adeyeye S. A. O., Fayemi O. E., Adebayo-Oyetoro A. O. Amino acid, vitamin and mineral profiles of smoked fish as affected by smoking methods and fish types. *Journal of Culinary Science & Technology.* 2018. Vol. 17, no. 3. P. 195–208. URL: <https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1418693>
6. An investigation of the microbiological quality of smoked fish in England and detection of *Listeria monocytogenes* strains associated with listeriosis / F. Jorgensen et al. *Journal of Applied Microbiology.* 2025. URL: <https://doi.org/10.1093/jambio/lxaf192>
7. Analysis of the Bioprotective Potential of Different Lactic Acid Bacteria Against *Listeria monocytogenes* in Cold-Smoked Sea Bass, a New Product Packaged Under Vacuum and Stored at $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$ / L. Iacumin et al. *Frontiers in Microbiology.* 2021. Vol. 12. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.796655>
8. Analysis of the Bioprotective Potential of Different Lactic Acid Bacteria Against *Listeria monocytogenes* in Cold-Smoked Sea Bass, a New Product Packaged

Under Vacuum and Stored at $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$ / L. Iacumin et al. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.796655>.

9. Andhikawati A., Pratiwi D. Y. A Review: Methods of Smoking for the Quality of Smoked Fish. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 2021. P. 37–43. URL: <https://doi.org/10.9734/ajfar/2021/v13i430273>

10. Antioxidant Capacity, Lipid Oxidation, and Quality Traits of Slow- and Fast-Growing Meagre (*Argyrosomus regius*) Fillets During Cold Storage / I. Mittakos et al. *Antioxidants*. 2025. Vol. 14, no. 2. P. 124. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox14020124>

11. Appleton K. M., Rogers P. J., Ness A. R. Updated systematic review and meta-analysis of the effects of n–3 long-chain polyunsaturated fatty acids on depressed mood. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2010. Vol. 91, no. 3. P. 757–770. URL: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28313>

12. Assessment of lipid oxidation in fish and fish products processed by cold plasma technologies / M. Mozzon et al. *Applied Food Research*. 2024. P. 100646. URL: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100646>

13. Association of Seafood Consumption, Brain Mercury Level, and APOE $\epsilon 4$ Status With Brain Neuropathology in Older Adults / M. C. Morris та ін. *JAMA*. 2016. T. 315, № 5. C. 489. URL: <https://doi.org/10.1001/jama.2015.19451>

14. Bacteriocinogenic *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 3MT isolated from freshwater Nile Tilapia: isolation, safety traits, bacteriocin characterisation, and application for biopreservation in fish pâté / P. M. Kaktcham et al. *Archives of Microbiology*. 2019. Vol. 201, no. 9. P. 1249–1258. URL: <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01690-4>

15. Bal I. Nutritional value of clariid catfish in the conditions of aquaculture in Ukraine. *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, no. 2. P. 23–37. URL: <https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.23>

16. Bigret M., Mäyrä-Mäkinen A. Industrial Use and Production of Lactic Acid Bacteria. *Lactic Acid Bacteria*. 2004. URL: <https://doi.org/10.1201/9780824752033.ch5>

17. Biopreservation and the Safety of Fish and Fish Products, the Case of Lactic Acid Bacteria: A Basic Perspective / A. D. J. Cortés-Sánchez et al. *Fishes*. 2024. Vol. 9, no. 8. P. 303. URL: <https://doi.org/10.3390/fishes9080303>
18. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*. 2004. Vol. 94, no. 3. P. 223–253. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
19. Castillo-Jiménez, A. M., Montalvo-Rodríguez, C., Ramírez-Toro, C., & Bolívar-Escobar, G. (2017). Control microbiological deterioration of Tilapia fillets by the application of lactic acid bacteria. *Orinoquia*, 21(2), 30-37.
20. Changes of Physicochemical Characteristics and Flavor during Suanyu Fermentation with *Lactiplantibacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* / Q. Zhang et al. *Foods*. 2022. Vol. 11, no. 24. P. 4085. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11244085>.
21. Chemical and Physical Properties of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Fillet Following Prolonged Feeding with Insect Meal-Based Diets / A. Gebremichael et al. *Aquaculture Nutrition*. 2023. Vol. 2023. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.1155/2023/6080387>
22. Commission Regulation (EC) No 2074/2005 of 5 December 2005 laying down implementing measures for certain products under Regulation (EC) No 853/2004 and for the organisation of official controls under Regulation (EC) No 854/2004 and Regulation (EC) No 882/2004, derogating from Regulation (EC) No 852/2004 and amending Regulations (EC) No 853/2004 and (EC) No 854/2004 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2005/2074/o>
23. Comparative Nutritional Analysis of Smoked and Oven-Dried *Clarias gariepinus* Treated with Different Brine Concentrations / K. O. Benjamin et al. *Trends in Biological Sciences*. 2026. Vol. 2, no. 1. P. 42–46. URL: <https://doi.org/10.21124/tbs.2026.42.46>
24. Daniotti S., Re I. Marine Biotechnology: Challenges and Development Market Trends for the Enhancement of Biotic Resources in Industrial Pharmaceutical and Food Applications. A Statistical Analysis of Scientific Literature and Business

Models. *Marine Drugs*. 2021. Vol. 19, no. 2. P. 61.

URL: <https://doi.org/10.3390/md19020061>

25. E-configuration structures of EPA and DHA derived from *Euphausia superba* and their significant inhibitive effects on growth of human cancer cell lines in vitro / W. Zheng et al. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. 2017. Vol. 117. P. 47–53. URL: <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2017.01.005>

26. Effect of Cold Smoking and Natural Antioxidants on Quality Traits, Safety and Shelf Life of Farmed Meagre (*Argyrosomus regius*) Fillets, as a Strategy to Diversify Aquaculture Products / C. M. Messina et al. *Foods*. 2021. Vol. 10, no. 11. P. 2522. URL: <https://doi.org/10.3390/foods10112522>

27. Effects of Fermentation on Physical Properties and Lactic Acid Bacteria (LAB) Growth in Fermented Fish (Pekasam)d Fish (Pekasam) / N. Yusof et al. *Journal Of Agrobiotechnology*. 2025. Vol. 16, no. 2. URL: <https://doi.org/10.37231/jab.2025.16.2.405>.

28. EFFECTS OF SMOKING PROCESSES ON THE NUTRITIONAL VALUE OF CULTURED CATFISH (*CLARIAS GARIEPINUS*) / O. A. OLOPADE et al. *Food and Environment Safety Journal*. 2023. Vol. 22, no. 1. URL: <https://doi.org/10.4316/fens.2023.007>

29. Effects of the smoking process on odour characteristics of smoked herring () and relationships with phenolic compound content / M. CARDINAL et al. *Food Chemistry*. 2006. Vol. 96, no. 1. P. 137–146. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.040>

30. Enzymatic interesterification of freshwater fish oil from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) viscera: a novel approach to mitigate fishy odors through lipid restructuring / J. Li et al. *Food Chemistry: X*. 2025. Vol. 31. P. 103109. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.103109>

31. Essential Oils Against Spoilage in Fish and Seafood: Impact on Product Quality and Future Challenges / M. B. Pierozan et al. *Foods*. 2024. Vol. 13, no. 23. P. 3903. URL: <https://doi.org/10.3390/foods13233903>

32. Evaluation of Cancer Cell Growth Suppressibility of ω -3 Fatty Acids and Their Metabolites / T. Tojo та ін. *Journal of Oleo Science*. 2022. Т. 71, № 8. С. 1253–1260. URL: <https://doi.org/10.5650/jos.ess22183>
33. Fish Oil Attenuates Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acid-Induced Dysbiosis and Infectious Colitis but Impairs LPS Dephosphorylation Activity Causing Sepsis / S. Ghosh et al. *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8, no. 2. P. e55468. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055468>
34. Folch J., Lees M., Stanley G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957. Vol. 226. P. 497–509.
35. Françoise L. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food Microbiology*. 2010. Vol. 27, no. 6. P. 698–709. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.016>
36. Françoise L. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food Microbiology*. 2010. Vol. 27, no. 6. P. 698–709. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.016>.
37. Françoise L. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. *Food Microbiology*. 2010. Vol. 27, no. 6. P. 698–709. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.016>.
38. Functional foods and their impact on health / M. M. Essa et al. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05193-3>
39. Gaggia F., Mattarelli P., Biavati B. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*. 2010. Vol. 141. P. S15–S28. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031>
40. Grabek-Lejko D., Kluz M. Lactic acid bacteria and their metabolites – potential biopreservatives in fish and seafood. *Nauka Przyroda Technologie*. 2017. Vol. 11, no. 2. URL: <https://doi.org/10.17306/j.npt.2017.2.20>

41. Gutierrez D., Pacheco R., Reis C. P. The Role of Omega-3 and Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acid Supplementation in Human Health. *Foods*. 2025. Vol. 14, no. 19. P. 3299. URL: <https://doi.org/10.3390/foods14193299>
42. Hagos L. Smoking Methods and Microbiological Characteristics of Smoked Fishes: A Review. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2021. Vol. 9, no. 5. P. 113. URL: <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20210905.11>
43. Hassoun A., Emir Çoban Ö. Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 68. P. 26–36. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.016>
44. Huss, H. H. Quality and changes in fresh fish.FAO Fisheries Technical Paper.No.348. Rome. FAO. 1995. 195p.
45. INGHAM S. C. LACTIC ACID DIPPING FOR INHIBITING MICROBIAL SPOILAGE OF REFRIGERATED CATFISH FILLET PIECES. *Journal of Food Quality*. 1989. Vol. 12, no. 6. P. 433–443. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1989.tb00345.x>
46. Innes J. K., Calder P. C. Marine Omega-3 (N-3) Fatty Acids for Cardiovascular Health: An Update for 2020. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 21, no. 4. P. 1362. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms21041362>
47. Intake of Fish and n-3 Fatty Acids and Future Risk of Metabolic Syndrome / I. Baik et al. *Journal of the American Dietetic Association*. 2010. Vol. 110, no. 7. P. 1018–1026. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jada.2010.04.013>
48. Isolation and screening of lactic acid bacteria producing *anti-Edwardsiella* from the gastrointestinal tract of wild catfish (*Clarias gariepinus*) for probiotic candidates / A. P. D. Nurhayati et al. *Open Agriculture*. 2023. Vol. 8, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0212>
49. Joris P. J., Mensink R. P. Role of cis-Monounsaturated Fatty Acids in the Prevention of Coronary Heart Disease. *Current Atherosclerosis Reports*. 2016. Vol. 18, no. 7. URL: <https://doi.org/10.1007/s11883-016-0597-y>
50. Kim Y.-S., Xun P., He K. Fish Consumption, Long-Chain Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid Intake and Risk of Metabolic Syndrome: A Meta-

Analysis. *Nutrients*. 2015. Vol. 7, no. 4. P. 2085–2100.
URL: <https://doi.org/10.3390/nu7042085>

51. Kumolu-Joh C. A., Ndimele P. E. Anti-Oxidative and Anti-fungal Effects of Fresh Ginger (*Zingiber officinale*) Treatment on the Shelf Life of Hot-smoked Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822). *Asian Journal of Biological Sciences*. 2011. Vol. 4, no. 7. P. 532–539.
URL: <https://doi.org/10.3923/ajbs.2011.532.539>

52. Kupinets L., Shershun O. THE CAPACITY OF THE FISHERIES AND FISHERIES PRODUCTS MARKET ON THE BASIS OF DETERMINING THE RATIO OF SUPPLY AND DEMAND. *Eastern Europe: economy, business and management*. 2022. No. 4(37). URL: <https://doi.org/10.32782/easterneurope.37-4>

53. Kyslytsia Y., Menchynska (Author) A. AFRICAN CATFISH (CLARIAS GARIEPINUS) AS A PROMISING RAW MATERIAL FOR HEALTHY FOOD PRODUCTS. *Human and nation s health*. 2025. P. 88–99.
URL: <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2025.88>

54. Kyslytsia Y., Menchynska A. CHARACTERIZATION OF THE MINERAL COMPOSITION OF AFRICAN SHARPTOOTH CATFISH MEAT (CLARIAS GARIEPINUS). *Human and nation s health*. 2026. P. 32–43.
URL: <https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2026.32>

55. Kyslytsia Y., Menchynska A., Danylenko (Author) S. APPLICATION OF LACTIC ACID BACTERIA FOR ENSURING THE SAFETY OF SALTED CLARIAS GARIEPINUS. *Human and nation s health*. 2025. P. 30–39.
URL: <https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2025.30>

56. Marine Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review / I. Hamed et al. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2015. Vol. 14, no. 4. P. 446–465. URL: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12136>

57. Mechanism of salt effect on flavor formation in *Lactiplantibacillus plantarum* fermented tilapia by integrated multiple intelligent sensory and flavor omics analysis / K. Zhang et al. *Food & Function*. 2025.
URL: <https://doi.org/10.1039/d4fo05224b>.

58. Menchynska A. A., Ivanyuta A. O., Ochkolyas O. M. USE OF AFRICAN CATFISH (CLARIAS GARIEPINUS) IN THE TECHNOLOGY OF FISH AND SAUSAGE PRODUCTS. *Herald of Lviv University of Trade and Economics. Technical sciences*. 2024. No. 39. P. 5–12. URL: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2024-39-01>
59. Method for producing fermented fish product : US Patent 6,884,455 B2. – Publ. date: 26.04.2005.
60. Method for producing smoked fish product : EP Patent 1 559 324 A1. – Publ. date: 03.08.2005.
61. Method for producing smoked preserved fish product : JP Patent H02-503627 A. – Publ. date: 1990.
62. Microbiological characteristics of smoked and smoked–dried fish processed in Benin / D. G. H. Anihouvi et al. *Food Science & Nutrition*. 2019. Vol. 7, no. 5. P. 1821–1827. URL: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1030>
63. MICROBIOLOGICAL QUALITY ASSESSMENT OF RAINBOW TROUT (ONCORHYNCHUS MYKISS) MEAT TREATED WITH ROSEMARY AND THYME DRIED HERBS AND ESSENTIAL OILS / I. Timoracká et al. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2024. Vol. 14, no. 2. P. e11157. URL: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11157>
64. MIND diet slows cognitive decline with aging / M. C. Morris et al. *Alzheimer's & Dementia*. 2015. Vol. 11, no. 9. P. 1015–1022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2015.04.011>
65. Ministry of Health of Ukraine. (2006). State hygienic standards. Permissible levels of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in food products and drinking water (GN 6.6.1.1-130-2006).
66. Ministry of Health of Ukraine. (2017). On approval of the Norms of physiological needs of the population of Ukraine in basic nutrients and energy (Order No. 1073, September 3, 2017). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text>

67. Montalvo, Constanza & Toro, Cristina & Bolívar, Germán. (2015). Chemical Evaluation of Tilapia (*Oreochromis* sp.) Fillets Biopreserved by Vacuum Impregnation With Lactic Acid Bacteria. URL: [10.13140/RG.2.1.2091.4722](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2091.4722).

68. Mykhalchyshyna L., Sinenok I. Strategic directions of the aquaculture development in Ukraine. *Bioeconomics and Agrarian Business*. 2020. Vol. 11, no. 2. P. 72–85. URL: <https://doi.org/10.31548/bioeconomy2020.02.072>

69. Myskovets N. P. Analyzing the Current Status and Prospects of Fishing Industry in Ukraine. *Business Inform.* 2020. Vol. 3, no. 506. P. 104–111. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-3-104-111> (date of access: 07.04.2026).

70. Natural antioxidants as strategy to minimize the presence of lipid oxidation products in canned fish: Research progress, current trends and future perspectives / F. d. J. Gouvêa et al. *Food Research International*. 2023. Vol. 173. P. 113314. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113314>

71. Olopade, O. A., Dienye, H. E., Denson, G. C., & Onyekwere, V. C. (2023). Effects of smoking processes on the nutritional value of cultured catfish (*Clarias Gariepinus*). *Food and Environment Safety Journal*, 22(1), 71–78. <https://doi.org/10.4316/fens.2023.007>

72. Olorunshola M. M., Agidigbi T. S., Adeniyi B. A. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from the gut of African catfish (*Clarias gariepinus*) against multi-drug-resistant resident pathogens. *BMC Microbiology*. 2025. Vol. 25, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12866-025-04139-5>

73. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid (Fish Oil) Supplementation and the Prevention of Clinical Cardiovascular Disease / D. S. Siscovick et al. *Circulation*. 2017. Vol. 135, no. 15. URL: <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000482>

74. Omega-6 Fatty Acids and Risk for Cardiovascular Disease / W. S. Harris et al. *Circulation*. 2009. Vol. 119, no. 6. P. 902–907. URL: <https://doi.org/10.1161/circulationaha.108.191627>

75. PAHs, Physicochemical and Microbiological Analyses of Trout Processed by Traditional Smoking, in Different Types of Packaging / A. Sava et al. *Fishes*. 2023. Vol. 8, no. 8. P. 424. URL: <https://doi.org/10.3390/fishes8080424>

76. Phenolic Compounds and Plant Phenolic Extracts as Natural Antioxidants in Prevention of Lipid Oxidation in Seafood: A Detailed Review / S. Maqsood et al. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. Vol. 13, no. 6. P. 1125–1140. URL: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12106>

77. Phospholipid molecular species composition of Chinese traditional low-salt fermented fish inoculated with different starter cultures / J. Zang et al. *Food Research International*. 2018. Vol. 111. P. 87–96. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.016>

78. Physical and chemical characterization of African catfish smoked sausage with different liquid smoke concentrations and immersion durations / Ernawati et al. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 322. P. 04001. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132204001>

79. Pigott G. M., Tucker B. W. Controlling Water Activity. *Seafood*. 2017. P. 136–175. URL: <https://doi.org/10.1201/9780203740118-6>

80. Production of a dry sausage from African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822): microbial, chemical and sensory evaluations / A. Oksuz et al. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. Vol. 43, no. 1. P. 166–172. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01418.x>

81. Puke S., Galoburda R. Factors affecting smoked fish quality: a review. *Research for Rural Development* 2020. 2020. URL: <https://doi.org/10.22616/rrd.26.2020.020>

82. Quality characteristics of fish sausages made from African catfish (*Clarias gariepinus*) / A. Menchynska et al. *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, no. 1. P. 74–90. URL: <https://doi.org/10.31548/animal.1.2024.74>

83. Rahayu S. D., Dwi Ujianti R. M., Nurdyansyah F. Physicochemical Characteristics of Catfish (*Clarias* sp) Sausage with Addition of Moringa Leaf Flour

(*Moringa oleifera*). *Advance Sustainable Science Engineering and Technology*. 2022. Vol. 4, no. 1. P. 0220107. URL: <https://doi.org/10.26877/asset.v4i1.11878>

84. Recent development in the preservation effect of lactic acid bacteria and essential oils on chicken and seafood products / H. Sharma et al. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1092248>

85. Rosa R., Bandarra N. M., Nunes M. L. Nutritional quality of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): a positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. *International Journal of Food Science & Technology*. 2007. Vol. 42, no. 3. P. 342–351. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01256.x>

86. Salazar, S., Uribe, E., Aguilar, C., & Klotz, B. (2011). Bioconservación de pescado fresco empacado al vacío mediante la utilización de extractos antimicrobianos de bacterias ácido lácticas. *Alimentos Hoy*, 20(24), 8-22.

87. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review / M. Ghanbari et al. *LWT - Food Science and Technology*. 2013. Vol. 54, no. 2. P. 315–324. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.039>

88. Secci G., Parisi G. From farm to fork: lipid oxidation in fish products. A review. *Italian Journal of Animal Science*. 2016. Vol. 15, no. 1. P. 124–136. URL: <https://doi.org/10.1080/1828051x.2015.1128687>

89. Spicing: A means of improving organoleptic quality and shelf life of smoked catfish / J. K. Ekelemu et al. *Scientific African*. 2021. Vol. 13. P. e00930. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00930>

90. State and prospects of fish processing technologies / I. Bal et al. *Animal Science and Food Technology*. 2023. Vol. 14, no. 4. P. 9–25. URL: <https://doi.org/10.31548/animal.4.2023.09>

91. State and prospects of fish processing technologies / I. Bal et al. *Animal Science and Food Technology*. 2023. Vol. 14, no. 4. P. 9–25. URL: <https://doi.org/10.31548/animal.4.2023.09>

92. State Standard of Ukraine. (2010). Live fish. General technical requirements (DSTU 2284:2010). Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine.

93. Tacon A. G. J., Metian M. Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food Supply. *Reviews in Fisheries Science*. 2013. Vol. 21, no. 1. P. 22–38. URL: <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753405>
94. Tacon A. G. J., Metian M. Food Matters: Fish, Income, and Food Supply—A Comparative Analysis. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 2017. Vol. 26, no. 1. P. 15–28. URL: <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1328659>
95. The Effect of Low Temperature Storage on the Lipid Quality of Fish, Either Alone or Combined with Alternative Preservation Technologies / M. D. Suárez-Medina et al. *Foods*. 2024. Vol. 13, no. 7. P. 1097. URL: <https://doi.org/10.3390/foods13071097>
96. The interaction of *Lactiplantibacillus plantarum* and *Lactilactobacillus sakei* regulated the formation of characteristic quality attributes of low-salt fermented tilapia / K. Zhang et al. *Food Bioscience*. 2024. P. 105167. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105167>
97. The state of the fish farming industry and its development trends in Ukraine and the world / A. rofymchuk et al. *Tehnologîa virobniçtva i pererobki produktiv tvarinnictva*. 2021. No. 2(166). P. 123–133. URL: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-166-2-123-133>
98. The use of herbs and spices in fish preservation at chilled temperature storage: opportunities and challenges / B. K. Parmar et al. *International Journal of Food Science & Technology*. 2024. URL: <https://doi.org/10.1111/ijfs.17372>
99. Tsironi T. N., Taoukis P. S. Effect of processing parameters on water activity and shelf life of osmotically dehydrated fish filets. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 123. P. 188–192. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.020>
100. UIFSA. Огляд рибного ринку України за 2025 рік. Режим доступу: <https://uifsa.ua/news/news-of-ukraine/review-of-the-ukrainian-fish-market-for-2025>
101. Using of the *Ampullaria glauca* snails' caviar for correction of the effects of the ionizing radiation exposure in small dose / L. V. Bal'-Prylypko et al. *Nuclear*

Physics and Atomic Energy. 2018. Vol. 19, no. 2. P. 159–165.
URL: <https://doi.org/10.15407/jnpae2018.02.159>

102. Varlet V., Prost C., Serot T. Volatile aldehydes in smoked fish: Analysis methods, occurrence and mechanisms of formation. *Food Chemistry*. 2007. Vol. 105, no. 4. P. 1536–1556. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.041>

103. Veto P., Schütz I., Einhäuser W. Dataset supplementing Veto, P., Schütz, I., & Einhäuser, W. (2018). Continuous flash suppression: Manual action affects eye movements but not the reported percept. *Journal of Vision*, 18(3):8, 1-10. doi: 10.1167/18.3.8. *Journal of Vision*. 2019. Vol. 18, no. 3. P. 8. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3370537>.

104. Volkhova T. V., Holembovska N. V. State and prospects of fish market development in Ukraine // *SWorld Journal*. – Vol. 7, No 1. – P. 44–50.

105. Аквакультура – один з елементів продовольчої безпеки держави [Електронний ресурс] / Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. – Режим доступу: <http://darg.gov.ua>

106. Баль І. М. Удосконалення технології рибних паст підвищеної біологічної цінності : дис. ... доктора філософії : 181 Харчові технології / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2025. 232 с.

107. Віннов, В.Т. Статистична обробка експериментальних результатів досліджень [Текст]: метод. вказівки для студентів факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК за напрямом підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія», спеціальностей – 8.091708 «Технологія зберігання, консервування та переробки риби і морепродуктів», 8.091707 «Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса» / ТОВ «АГРАР МЕДІА ГРУП» – К.: - 2008. – 48 с.

108. Горшунов М.С. Розробка технології виробництва пресервів та рибних консервів з використанням лактоферментованої сировини: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Одеська нац. акад. харч. техн. Одеса, 2007. 17 с.

109. Даниленко, С. Г. Наукове обґрунтування розробки біотехнології інноваційних препаратів для поліпшення споживчих якостей м'ясних продуктів : дис. ... д-ра техн. наук : 03.00.20 / Даниленко Світлана Григорівна. – Київ, 2018. – 525 с.

110. Дончевська Р. С. Формування споживних властивостей заморожених заливних продуктів із прісноводної риби: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15/ Київ. нац. торг.-економ. ун-т. К., 2011. 23 с.

111. Дослідження сенсорне. Загальні настанови щодо відбору, навчання та контролю відібраних експертів та експертів з органолептичного оцінювання (ISO 8586:2012, IDT 17 с. (Національні стандарти України)

112. Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови: ДСТУ ISO 6658:2005. Чинний від 2006-07-01. К.:

113. ДСТУ 2284:2010 Риба жива. Загальні технічні вимоги

114. ДСТУ 30726-2002 Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій виду *Escherichia coli* (ГОСТ 30726-2001, IDT)

115. ДСТУ 3583:2015 Сіль кухонна. Загальні технічні умови. З поправкою

116. ДСТУ 4077-2001 Якість води. Визначення рН (ISO 10523:1994, MOD)

117. ДСТУ 4350:2004 Олії. Методи визначання кислотного числа (ISO 660:1996, NEQ)

118. ДСТУ 4514:2006 Риба, інші водні живі ресурси та харчова продукція з них. Визначання хлорорганічних пестицидів та поліхлорованих біфенілів методом газорідинної хроматографії

119. ДСТУ 4570:2006 Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа

120. ДСТУ 7.1:2006. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання. – Київ : Держспоживстандарт України, 2006. – 153 с.

121. ДСТУ 7160:2020 Насіння овочевих, баштанних, кормових і пряно-ароматичних культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови
122. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості
123. ДСТУ 7670:2014 Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначання вмісту токсичних елементів
124. ДСТУ 7811:2015 Реактиви. Метод тонкошарової хроматографії
125. ДСТУ 7813:2015. Риба пряно-копчена. Технічні умови.
126. ДСТУ 7972:2015 Риба та рибні продукти. Правила приймання, методи відбирання проб
127. ДСТУ 8029:2015 Риба та рибні продукти. Методи визначення вологи
128. ДСТУ 8030:2015 Риба та рибні продукти. Методи визначення білкових речовин
129. ДСТУ 8446:2015 Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів
130. ДСТУ 8717:2017 Риба та рибні продукти. Методи визначення жиру
131. ДСТУ 8718:2017 Риба та рибні продукти. Методи визначення золи та мінеральних домішок
132. ДСТУ 8719:2017 Продукти яєчні. Технічні умови
133. ДСТУ EN ISO 12966-4:2019. Жири тваринні і рослинні та олії. Газова хроматографія метилових ефірів жирних кислот. Частина 4. Визначення методом капілярної газової хроматографії (EN ISO 12966-4:2015, IDT; ISO 12966-4:2015, IDT). [Чинний від 01.09.2019]. Вид.офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 26 с.
134. ДСТУ ISO 11035:2005 Дослідження сенсорне. Ідентифікація та вибирання дескрипторів для створення сенсорного спектру за багатобічного підходу (ISO 11035:1994, IDT)
135. ДСТУ ISO 11164:2019 Розмарин сушений (*Rosmarinus officinalis* L.). Технічні умови (ISO 11164:1995, IDT)

136. ДСТУ ISO 11290-1:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підраховування *Listeria monocytogenes*. Частина 1. Метод виявлення (ISO 11290-1:1996, IDT)

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

138. ДСТУ ISO 21807:2007 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Метод визначення активності води

139. ДСТУ ISO 6465:2003 Кмин цілий (*Cuminum cyminum* Linnaeus). Технічні умови (ISO 6465:1984, IDT)

140. ДСТУ ISO 6564:2005 Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створювання спектра флейвору (ISO 6564:1985, IDT)

141. ДСТУ ISO 6564:2005. Метод профілю флейвору (Sensory analysis – Methodology – Flavour profile methods)

142. ДСТУ ISO 6888-1:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод підраховування коагулазо-позитивних стафілококів (*STAPHYLOCOCCUS AUREUS* та інших видів). Частина 1. Метод з використанням агарового середовища Беард-Паркера (ISO 6888-1:1999, IDT)

143. ДСТУ ISO 6888-1:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод підраховування коагулазо-позитивних стафілококів (*STAPHYLOCOCCUS AUREUS* та інших видів). Частина 1. Метод з використанням агарового середовища Беард-Паркера (ISO 6888-1:1999, IDT)

144. ДСТУ ISO 959-1:2008 Перець (*Piper nigrum* L.) горошком чи змелений. Технічні умови. Частина 1. Чорний перець (ISO 959-1:1998, IDT)

145. ДСТУ ISO 972:2008 Перець стручковий червоний, цілий чи змелений (порошкоподібний). Технічні умови (ISO 972:1997, IDT)

146. Інструменти формування пропозиції при виробництві африканського кларієвого сома в рибницьких господарствах : посібник / уклад. Шарило Ю. Є.,

Федоренко М. О., Вдовенко Н. М., Поплавська О. С., Курмаєв П. Ю., Дмитришин Р. А. – Київ : НУБіП України, 2020. – 12 с.

147. Карпенко П. О., Пересічна С. М., Грищенко І. М., Мельничук Н. О. Основи раціонального і лікувального харчування : навч. посіб. – Київ : КНТЕУ, 2011. – 504 с.

148. Корман І. І. Сучасний стан та перспективи розвитку вітчизняного ринку риби та рибопродуктів // Підприємництво та інновації. – 2020. – Вип. 12. – С. 49–54.

149. Марценюк Н. О., Марценюк В. П. Моніторинг технологій та інноваційний потенціал виробництва рибної продукції в Україні : монографія. – Київ : «Компринт», 2016. – 192 с.

150. Менчинська, А. А. Удосконалення технології рибних паст підвищеної біологічної цінності : дис. ... канд. техн. наук 08.11.2018 / Одес. нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2018. – 204 с.

151. ПАТ. 16972 UA Україна, МПК (2006) A23B4/02. Спосіб попередньої обробки риби перед консервуванням[/ А.Т. Безусов, Л.Б. Добробабіна, З.Ю. Средницька, М.С. Горшунов – № и 2005 12232; Заявл. 19.12.2005. Опубл. 15.09.2006. Бюл. № 9

152. ПАТ. 4727 UA Україна, A23L1/325. Спосіб виробництва пресервів із гідробіонтів / А.Т. Безусов, Л.Б. Добробабіна, М.С. Горшунов – № 2004010077; Заявл. 08.01.2004. Опубл. 15.02.2005. Бюл. № 2.

153. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії : наказ МОЗ України від 03.09.2017 № 1073 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17>

154. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР.

155. Рибальський сезон 2025: важливі нюанси для безпечного та законного лову. Режим доступу: https://darg.gov.ua/ribaljskij_sezon_2025_0_0_0_14665_1.html

156. Романенко О. В. Споживні властивості нових пресервів на основі прісноводної риби: дис. ...канд. техн. наук : 05.18.15 / Київ. нац. торг.-економ. ун-т. К., 2006. 171 с.

157. Сенсорний аналіз : навчальний посібник / Н. В. Голембовська. Ю. П. Крижова. Л. В. Баль-Прилипко. Н. М. Слободянюк. В. М. Ізраелян. - К. : НУБіП України, 2023. - 321 с.

158. Слободянюк Н. М., Баль І. М., Лебський С. О. Перспективи технологій переробки прісноводних риб // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2022. – Т. 28, № 5. – С. 136–147.

159. Спосіб попередньої обробки риби перед консервуванням : пат. UA 16972 U. – Опубл. 2006.

160. Технології біологічно активних добавок і делікатесної продукції гідробіонтів : монографія / Л. В. Баль-Прилипко та ін. – Київ : ЦП «Компринт», 2024. – 200 с..

161. Технологія переробки риби / Слободянюк Н.М., Голембовська Н.В., Менчинська А.А., Андрощук О.С., Тулуб Д.О. – К.: ЦП «Компринт», 2018. – 264 с.

162. Технологія риби та морепродуктів: навчальний підручник / Т.К. Лебська, Л.В. Баль-Прилипко, Н.М. Слободянюк, Н.В. Голембовська, А.А. Менчинська, А.О. Іванюта – Київ: НУБіП України, 2021. – 311 с.

163. Ткаченко, О. Б., Каменева, Н. В., Тітлова, О. О., Верхівкер, Я. Г., Соло- ницька, І. В., Солецька, А. Д., & Манолі, Т. А. (2020). Основи сенсорного аналізу харчових продуктів.

164. Ципріян В. І., Матасар І. Т., Слободкін В. І. Гігієна харчування з основами нутріціології: у 2 кн. Київ : Медицина, 2007. 544 с.

165. Ярошевич Т. С., Пахолук О. В. Український ринок риби та морепродуктів: проблеми та перспективи // Товарознавчий вісник. – 2020. – Вип. 13. – С. 40–51.

ДОДАТКИ

Додаток А. Нормативно-технічна документація

Додаток А. 1. Технічні умови

ДКПІ 10.20.25

УКНД 67.120.30

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректорка з наукової роботи та
інноваційної діяльності, д-р. с-г. наук,
професорка
Оксана ТОНХА
« 10 » _____ 2026 р.



РИБА ПРЯНО-КОПЧЕНА «КІПЕРС»

Технічні умови
ТУ У 10.2-00493706-230:2026
(Уведено вперше)

Дата надання чинності « 01 » 03 2026 р.

Чинний до « 01 » 03 2031 р.



РОЗРОБЛЕНО:

Факультетом харчових наук, нутриціології
та управління якістю
В.о. декана, д-р. техн. наук, професорка
Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО
« 01 » лютого 2026 р.

В.о. завідувача кафедрою технології м'ясних,
рибних та морепродуктів НУБІП України,
канд. техн. наук, доцент
Олександр САВЧЕНКО
« 04 » лютого 2026 р.

Керівник розробки, доцент кафедри
технології м'ясних, рибних та морепродуктів
НУБІП України, канд. техн. наук, доцент
Аліна МЕНЧИНСЬКА
« 04 » лютого 2026 р.

Відповідальний виконавець, асистент
кафедри технології м'ясних, рибних та
морепродуктів НУБІП України, здобувач
Ярослав КИСЛИЦЯ
« 04 » лютого 2026 р.



Київ 2026

Додаток А 2. Технологічна інструкція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректорка з наукової роботи та
інноваційної діяльності д-р. с-г.
наук, професорка

Оксана ТОНХА

« 10 »

01

2026 р.



ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
НА ВИРОБНИЦТВО РИБИ ПРЯНО-КОПЧЕНОЇ «КІПЕРС»
до ТУ У 10.2-00493706-230:2026

Дата надання чинності « 01 » 03 2026 р.

Чинний до « 01 » 03 2031 р.

РОЗРОБЛЕНО:

Факультетом харчових наук, нутриціології
та управління якістю

В.о. декана д-р. техн. наук, професорка

Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

« 04 »

лютого

2026 р.

В.о. завідувача кафедрою технології м'ясних,
рибних та морепродуктів НУБіП України,
канд. техн. наук, доцент

Олександр САВЧЕНКО

« 04 »

лютого

2026 р.

Керівник розробки, доцент кафедри
технології м'ясних, рибних та морепродуктів
НУБіП України, канд. техн. наук, доцент

Аліна МЕНЧИНСЬКА

« 04 »

лютого

2026 р.

Відповідальний виконавець, асистент
кафедри технології м'ясних, рибних та
морепродуктів НУБіП України, здобувач

Ярослав КИСЛИЦЯ

« 04 »

лютого

2026 р.

Київ 2026

Додаток Б. Акт впровадження в освітній процес

Погоджено

Проректор з науково-педагогічної
роботи та цифрової трансформації


(підпис) Олена ГЛАЗУНОВА
« 05 » 03 2026 р.

Затверджую

Проректор з наукової роботи та
інноваційної діяльності


(підпис) Оксана ТОНХА
« 05 » 03 2026 р.
М.П. 

А К Т

**про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи на
здобуття наукового ступеня доктора філософії в освітній процес**

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Удосконалення технології риби холодного копчення типу «КІПЕРС»», що представлена на здобуття наукового ступеня **доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології»**, виконаної **Кислицею Ярославом Олександровичем**, впроваджено у навчальну програму при викладанні дисциплін: «Технологія риби та морепродуктів», «Актуальні проблеми рибопереробної галузі» на кафедрі технології м'ясних, рибних та морепродуктів факультету харчових наук, нутриціології та управління якістю у підготовці фахівців ОС «Бакалавр» та ОС «Магістр» спеціальності G13 «Харчові технології», ОП «Технології зберігання та переробки водних біоресурсів» у Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

В.о. декана факультету харчових
наук, нутриціології та управління
якістю
д.т.н., професор

 Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

В.о. завідувача кафедри
технології м'ясних, рибних та
морепродуктів
к.т.н., доцент

 Олександр САВЧЕНКО



Додаток В. Акт впровадження у виробництво

Погоджено
Проректор з наукової роботи та
інноваційної діяльності


(підпис) Оксана ТОНХА
« 06 » 03 2026 р.
М.П.

Затверджую
Директор ТДС «Нептун»


(підпис) Леонід БАЙРАЧНИЙ
« 05 » 03 2026 р.
М.П.

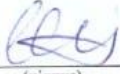
А К Т про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора філософії у виробництво

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему:
«Удосконалення технології риби холодного копчення типу «Кіперс», що
представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії PhD із
спеціальності 181 «Харчові технології», ОНП «Харчові технології», виконаної
Кислицею Ярославом Олександровичем, впроваджені у ТДС «Нептун».

1. Вид впроваджуваних результатів: Технологія риби холодного копчення типу «Кіперс».
2. Новизна отриманих результатів: Наукова новизна технічних рішень, підтверджена деклараційними патентами України на корисні моделі.
3. Практичне впровадження/використання результатів: ТДС «Нептун».
4. Значущість отриманих результатів: Економічний ефект від реалізації риби холодного копчення типу «Кіперс» полягає у зменшенні собівартості продукції, збільшення рентабельності, зменшення витрат на виробництво.
5. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: Дисертаційна робота виконувалась в межах наукової теми 0123U101493 «Наукове обґрунтування створення комплексу технологій харчових продуктів та методів проектування раціонів харчування для військовослужбовців».

**Від Національного університету
біоресурсів і природокористування
України**

Начальник науково-дослідної
частини



(підпис)

Володимир ОТЧЕНАШКО

(ПІБ)

« 05 » 03 2026 р.

**Від організації
ТДС «Нептун»**

Директор



(підпис)

Леонід БАЙРАЧНИЙ

(ПІБ)

« 05 » 03 2026 р.

В.о., декана факультету харчових наук,
нутриціології та управління якістю



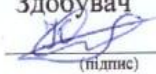
(підпис)

Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО

(ПІБ)

« 04 » 03 2026 р.

Здобувач



(підпис)

Ярослав КИСЛИЦЯ

(ПІБ)

« 04 » 03 2026 р.