

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ЛОКЕС СНІЖАНА ІВАНІВНА

УДК 614.3:637.524:637.146:579

ДИСЕРТАЦІЯ

**Санітарно-гігієнічна оцінка варених ковбасних виробів за обробки
культурами молочнокислих мікроорганізмів**

212 – «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ С. І. Локес

Науковий керівник:
Шевченко Лариса Василівна,
доктор ветеринарних наук, професор

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Локес С. І. Санітарно-гігієнічна оцінка варених ковбасних виробів за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття освітньо-наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2025.

Варені м'ясні вироби, до яких належать сосиски, є важливим продуктом харчування, який урізноманітнює раціон людини. Ковбасні вироби – це готовий високопоживний м'ясний продукт із специфічним смаком та ароматом, який є джерелом білку, ліпідів, амінокислот, вищих жирних кислот, мінеральних елементів і вітамінів. Основною сировиною для виробництва ковбасних виробів, зокрема сосисок, є продукти забою тварин: яловичина, свинина і м'ясо птиці. Крім того, технологія виробництва сосисок передбачає використання значної кількості допоміжних інгредієнтів, які призначені для забезпечення сенсорних і фізико-хімічних характеристик сосисок, привабливих для споживача.

Сосиски відносяться до продуктів, які швидко псуються, що робить їх небезпечними і потребує використання консервантів. Широке впровадження в практику виробництва ковбасних виробів хімічних консервантів показало низку їх недоліків, зокрема негативну побічну дію на організм людини, що спонукало до пошуку їм альтернативи на основі компонентів природного походження. До таких консервантів відносяться спеціальні штами молочнокислих бактерій, які використовуються як стартові культури для ферментованих продуктів, так і в якості біоконсервантів.

Тому метою дослідження було визначити мікробіологічні та фізико-хімічні показники сировини, оболонки, упаковки та готових сосисок

«Віденські з філе курки» та «Соковиті», а також визначити види мікробіоти, яка викликає їх псування за зберігання у вакуумній упаковці, та ефективність їх обробки стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*).

Встановлено, що мікробіологічні показники поліамідної одношарової оболонки Evro-Бар, яка використана для виготовлення сосисок «Соковиті», та поліамідної оболонки Mini Ralen, яка використана для виготовлення сосисок «Віденські з філе курки», а також вакуумної багатошарової упаковки Amilen PA/PE для сосисок обох найменувань за чисельністю МАФАМ, молочнокислих мікроорганізмів, дріжджів і пліснявих грибів відповідали чинним нормативним вимогам.

Рівень контамінації мікробіотою свіжого фаршу для сосисок «Віденські з філе курки» за чисельністю МАФАМ перевищував аналогічне значення для сосисок «Соковиті», що обумовлено різним складом компонентів основної і допоміжної сировини та їх співвідношенням у рецептурі сосисок.

Варіння знижувало кількість МАФАМ у сосисках «Віденські з філе курки» на 3,75 lg КУО/г, а в сосисках «Соковиті» – на 2,02 lg КУО/г порівняно з сирим фаршем, що відповідало максимальному значенню, регламентованому нормативними документами.

Проведеними дослідженнями встановлено, що основними мікроорганізмами, які викликають псування сосисок «Віденські з філе курки» у вакуумній упаковці на першу добу зберігання в охолодженому вигляді, є бактерії родин Enterobacteriaceae (*Raoultella planticola*, *R. ornithinolytica*, *Morganella morganii* та *Citrobacter freundii*) і Staphylococcaceae (*Macrococcus caseolyticus*), а в кінці терміну зберігання (на 21 добу) – бактерії родини Enterobacteriaceae (*Proteus mirabilis*, *Moellerella wisconsensis* та *Serratia liquefaciens*).

Псування сосисок характеризується появою мутного соку, слизу та розшаруванням вакуумної упаковки. Обробка сосисок «Віденські з філе курки» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) сприяла збільшенню чисельності МАФАМ у сосисках на першу добу зберігання на 1,09 lg КУО/г та 1,53 lg КУО/г, на 12 добу – на 1,18 lg КУО/г та 1,54 lg КУО/г, на 18 добу – на 0,92 lg КУО/г та 1,96 lg КУО/г відповідно порівняно з контролем. Обробка сосисок «Віденські з філе курки» сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis збільшувала чисельність молочнокислих мікроорганізмів на 25 та 30 добу на 0,63 lg КУО/г та 0,53 lg КУО/г відповідно порівняно з обробкою SafePro BLC-48.

Протягом всього періоду зберігання у сосисках «Віденські з філе курки» за всіх варіантів обробки не виявлено патогенних та умовно патогенних бактерій, зокрема *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *E. coli*, бактерій групи кишкової палички, а також дріжджів і плісняви.

Чисельність МАФАМ на поверхні оболонки сосисок «Віденські з філе курки» за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis протягом всього періоду зберігання зростала. Обробка сосисок сумішшю стартових культур сприяла збільшенню кількості МАФАМ на їх поверхні на 18 і на 30 добу зберігання на 0,8 lg КУО/г та на 1,24 lg КУО/г відповідно порівняно з обробкою суспензією стартової культури SafePro BLC-48.

Використання стартової культури SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи суміші стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) збільшує термін зберігання сосисок «Віденські з філе курки» у вакуумній упаковці в умовах холодильника до 30 доби, що на 12 діб вище порівняно з варіантом без обробки. У сосисках контрольного варіанту на 18-ту добу чисельність МАФАМ наближалась до гранично допустимого значення і вони не підлягали подальшому зберігання.

На першу добу зберігання у сосисках «Соковиті» домінуючими мікроорганізмами псування були бактерії родин Enterobacteriaceae (*Klebsiella variicola*) та Bacillaceae (*Bacillus amyloliquefaciens plantarum*). На 21-шу добу зберігання були виявлені ознаки псування сосисок: поява мутного соку та розшарування вакуумної упаковки. Основними мікроорганізмами, які спричиняли псування сосисок «Соковиті», були бактерії тих же родин, що і на початку зберігання, однак видовий склад був інший, зокрема родина Enterobacteriaceae була представлена *Moellerella wisconsensis* і *Proteus mirabilis*, а родина Bacillaceae – *Bacillus cereus*. Сосиски контрольного варіанту за чисельністю мезофільних аеробних і факультативних анаеробних мікроорганізмів на 18-ту добу не підлягали подальшому зберігання. Обробка сосисок «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*) сприяла збільшенню чисельності мезофільних аеробних і факультативних анаеробних та молочнокислих мікроорганізмів практично протягом всього періоду їх зберігання. Протягом всього періоду зберігання у сосисках «Соковиті» за всіх варіантів обробки не виявлено патогенних та умовно патогенних бактерій, зокрема *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E. coli*, бактерій групи кишкової палички, а також дріжджів і плісняви.

Визначення хімічного складу та органолептичних показників сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*) перед вакуумною упаковкою за зберігання в охолодженому вигляді показало, що обидва найменування сосисок мали подібні показники протягом всього періоду зберігання.

Зберігання сосисок контрольного варіанту сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» у вакуумній упаковці в охолодженому стані до 18-ї доби не впливало на вміст вологи, протеїну, жиру та золи, а на 21-шу добу виявлено

їх псування у вигляді появи мутного соку, ослизнення, кислого запаху і розшарування вакуумної упаковки.

Обробка сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) не впливала на вміст вологи, протеїну, жиру та золи до 30-ї доби зберігання в охолодженому стані.

На 36-ту добу виявлено псування сосисок обох найменувань за обох варіантів обробки культурами молочнокислих бактерій, яке характеризувалось появою мутного соку, кислого запаху і розшаруванням вакуумної упаковки. Величина рН сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» за обох варіантів обробки культурами молочнокислих бактерій знижувалась протягом всього періоду зберігання і досягала на 30-ту добу значень 6,15 і 6,01 та 6,05 і 5,91 відповідно

Обробка сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) під час зберігання в умовах холодильника на першу, 18-ту та 30-ту добу забезпечувала зовнішній вигляд, консистенцію, забарвлення фаршу на розрізі, запах і смак сосисок характерні для продуктів належної якості. Після відкриття вакуумної упаковки виявлено, що оболонка сосисок обох найменувань міцна, еластична, щільно прилягаюча до фаршу, легко знімається без прилипання фаршу. Фарш на розрізі однорідної структури і рівномірного рожевого забарвлення. Смак і запах сосисок за обох варіантів обробки приємний, характерний для даного продукту з ароматом прянощів, в міру солоний.

Без обробки стартовими культурами молочнокислих мікроорганізмів і без вакуумної упаковки сосиски «Віденські з філе курки» і «Соковиті» за зберігання в охолодженому вигляді мають термін придатності, який не перевищує 12 діб згідно технічних умов. Використання вакуумної упаковки

для сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» за зберігання в охолоджену вигляді дозволяє продовжити термін їх придатності до 18 діб.

Обробка сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» однією культурою чи сумішшю культур молочнокислих бактерій збільшує термін їх зберігання в охолоджену вигляді до 30 діб, що на 12 діб більше ніж без обробки. Отримані результати можуть бути обґрунтуванням використання біоконсервантів мікробного походження для виробництва варених ковбасних виробів, що дасть можливість знизити їх втрати через псування під час зберігання у вакуумній упаковці в охолоджену вигляді.

Найбільш ефективним і економічно виправданим є застосування стартової культури SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) для обробки поверхні сосисок перед вакуумною упаковкою з розрахунку 5×10^6 КУО/см².

Застосування суміші молочнокислих культур бактерій SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) для обробки сосисок з розрахунку 5×10^6 КУО/см² потребує подальших досліджень і може бути ефективним у випадку виявлення аеробних мікроорганізмів псування.

Отримані результати можуть бути використані для пролонгації терміну придатності м'ясних варених виробів з урахуванням видового складу мікробіоти, що спричиняє їх псування.

Ключові слова: безпечність, якість, м'ясні варені вироби, сосиски, *Lactobacillus curvatus*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*.

ANNOTATION

Lokes S. I. Sanitary-hygienic evaluation of cooked sausage products treated with lactic acid bacteria cultures – Qualification Scientific Work as a Manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 212 "Veterinary Hygiene, Sanitation, and Expertise." National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2025.

Boiled meat products, which include sausages, are an important food item that diversifies the human diet. Sausages are a ready-to-eat, highly nutritious meat product with a specific taste and aroma, and they are a source of protein, lipids, amino acids, higher fatty acids, minerals, and vitamins. The main raw materials for the production of sausages, including hot dogs, are slaughter products: beef, pork, and poultry meat. Additionally, the technology of sausage production involves the use of a significant amount of auxiliary ingredients designed to ensure the sensory and physicochemical characteristics of sausages that are attractive to the consumer.

Sausages are perishable products, which makes them dangerous and requires the use of preservatives. The widespread implementation of chemical preservatives in sausage production has shown several disadvantages, particularly the negative side effects on the human body, prompting the search for alternatives based on natural components. Such preservatives include special strains of lactic acid bacteria, which are used both as starter cultures for fermented products and as biopreservatives.

Therefore, the aim of the research was to determine the microbiological and physicochemical indicators of the raw materials, casings, packaging, and finished sausages "Vienna with chicken fillet" and "Juicy," as well as to identify the types of microbiota that cause their spoilage during storage in vacuum packaging, and the effectiveness of their treatment with the starter culture SafePro BLC-48

(*Lactobacillus curvatus*) or a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*).

It was established that the microbiological indicators of the polyamide single-layer casing Evro-Bar, used for making "Juicy" sausages, and the polyamide casing Mini Ralen, used for making "Vienna with chicken fillet" sausages, as well as the vacuum multilayer packaging Amilen PA/PE for sausages of both names, complied with current regulatory requirements in terms of the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAM), lactic acid microorganisms, yeasts, and molds.

The level of contamination by microbiota in the fresh minced meat for "Vienna with chicken fillet" sausages, in terms of the number of MAFAM, exceeded the similar value for "Juicy" sausages, which is due to the different composition of the main and auxiliary raw materials and their ratio in the sausage recipe.

Cooking reduced the number of MAFAM in "Vienna with chicken fillet" sausages by 3.75 lg CFU/g, and in "Juicy" sausages by 2.02 lg CFU/g compared to raw minced meat, which corresponded to the maximum value regulated by normative documents.

Research established that the main microorganisms causing spoilage of "Vienna with chicken fillet" sausages in vacuum packaging on the first day of refrigerated storage are bacteria of the families Enterobacteriaceae (*Raoultella planticola*, *R. ornithinolytica*, *Morganella morganii*, and *Citrobacter freundii*) and Staphylococcaceae (*Micrococcus caseolyticus*), and at the end of the storage period (on the 21st day) – bacteria of the family Enterobacteriaceae (*Proteus mirabilis*, *Moellerella wisconsensis*, and *Serratia liquefaciens*).

Spoilage of sausages is characterized by the appearance of cloudy juice, slime, and delamination of the vacuum packaging. Treating "Vienna with chicken fillet" sausages with the starter culture SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) or a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) before vacuum packaging contributed to an

increase in the number of MAFAM in sausages on the first day of storage by 1.09 lg CFU/g and 1.53 lg CFU/g, on the 12th day – by 1.18 lg CFU/g and 1.54 lg CFU/g, on the 18th day – by 0.92 lg CFU/g and 1.96 lg CFU/g respectively, compared to the control. Treating "Vienna with chicken fillet" sausages with a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis increased the number of lactic acid microorganisms on the 25th and 30th days by 0.63 lg CFU/g and 0.53 lg CFU/g respectively, compared to treatment with SafePro BLC-48.

Throughout the entire storage period, no pathogenic or conditionally pathogenic bacteria were detected in "Vienna with chicken fillet" sausages under all treatment options, including *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E. coli*, coliform bacteria, as well as yeasts and molds.

The number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAM) on the surface of "Vienna with chicken fillet" sausages treated with the starter culture SafePro BLC-48 or a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis increased throughout the entire storage period. Treating the sausages with the mixture of starter cultures resulted in an increase in the number of MAFAM on their surface on the 18th and 30th days of storage by 0.8 lg CFU/g and 1.24 lg CFU/g, respectively, compared to treatment with the SafePro BLC-48 starter culture suspension.

The use of the starter culture SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) or a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*) extends the shelf life of "Vienna with chicken fillet" sausages in vacuum packaging under refrigeration conditions to 30 days, which is 12 days longer compared to the untreated option. In the control sausages, the number of MAFAM approached the maximum allowable value on the 18th day, and they were not suitable for further storage.

On the first day of storage, the dominant spoilage microorganisms in "Juicy" sausages were bacteria of the families Enterobacteriaceae (*Klebsiella variicola*) and Bacillaceae (*Bacillus amyloliquefaciens plantarum*). On the 21st day of storage, signs of sausage spoilage were observed: the appearance of cloudy juice and

delamination of the vacuum packaging. The main microorganisms causing spoilage of "Juicy" sausages were bacteria of the same families as at the beginning of storage, but the species composition was different. In particular, the family Enterobacteriaceae was represented by *Moellerella wisconsensis* and *Proteus mirabilis*, and the family Bacillaceae by *Bacillus cereus*. The control sausages, in terms of the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, were not suitable for further storage on the 18th day. Treating "Juicy" sausages before vacuum packaging with the starter culture SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) or a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoform Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) contributed to an increase in the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic, as well as lactic acid microorganisms, practically throughout the entire storage period. Throughout the entire storage period, no pathogenic or conditionally pathogenic bacteria were detected in "Juicy" sausages under all treatment options, including *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E. coli*, coliform bacteria, as well as yeasts and molds.

Determination of the chemical composition and organoleptic characteristics of "Vienna with chicken fillet" and "Juicy" sausages treated with the starter culture SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) or a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoform Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) before vacuum packaging during refrigerated storage showed that both types of sausages had similar indicators throughout the entire storage period.

Storing the control variants of "Vienna with chicken fillet" and "Juicy" sausages in vacuum packaging under refrigeration until the 18th day did not affect the moisture, protein, fat, and ash content. However, on the 21st day, spoilage was observed in the form of cloudy juice, slime, sour smell, and delamination of the vacuum packaging.

Treating "Vienna with chicken fillet" and "Juicy" sausages before vacuum packaging with the starter culture SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) or a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoform

Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) did not affect the moisture, protein, fat, and ash content until the 30th day of refrigerated storage.

On the 36th day, spoilage was observed in both types of sausages under both treatment options with lactic acid bacteria cultures, characterised by the appearance of cloudy juice, sour smell, and delamination of the vacuum packaging. The pH value of "Vienna with chicken fillet" and "Juicy" sausages under both treatment options with lactic acid bacteria cultures decreased throughout the entire storage period, reaching values of 6.15 and 6.01 for "Vienna with chicken fillet" and 6.05 and 5.91 for "Juicy" on the 30th day, respectively.

Treating "Vienna with chicken fillet" and "Juicy" sausages before vacuum packaging with the starter culture SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) or a mixture of starter cultures SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) during refrigerated storage on the first, 18th, and 30th days ensured the appearance, consistency, colour of the minced meat on the cut, smell, and taste of the sausages characteristic of high-quality products. After opening the vacuum packaging, it was found that the casing of both types of sausages was strong, elastic, closely adhering to the minced meat, and easily removable without sticking to the minced meat. The minced meat on the cut had a uniform structure and an even pink colour. The taste and smell of the sausages under both treatment options were pleasant, characteristic of this product with a spice aroma and moderately salty.

Without treatment with starter cultures of lactic acid microorganisms and without vacuum packaging, "Vienna with chicken fillet" and "Juicy" sausages have a shelf life of no more than 12 days under refrigeration, according to technical conditions. Using vacuum packaging for "Vienna with chicken fillet" and "Juicy" sausages during refrigerated storage extends their shelf life to 18 days.

Treating "Vienna with chicken fillet" and "Juicy" sausages with either a single culture or a mixture of lactic acid bacteria cultures increases their refrigerated shelf life to 30 days, which is 12 days longer than without treatment. The obtained results

can justify the use of microbial-origin bioconservatives for the production of cooked sausages, allowing for reduced spoilage losses during refrigerated vacuum storage.

The most effective and economically justified method is the application of the SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) starter culture for surface treatment of sausages before vacuum packaging at a concentration of 5×10^6 CFU/cm². Using a mixture of lactic acid bacteria cultures SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*) for sausage treatment at a concentration of 5×10^6 CFU/cm² requires further research and may be effective in cases of spoilage by aerobic microorganisms.

The obtained results can be used to extend the shelf life of cooked meat products, taking into account the species composition of the microbiota causing spoilage.

Keywords: safety, quality, cooked meat products, sausages, *Lactobacillus curvatus*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях,

включених до міжнародних наукометричних баз даних

Scopus та/або Web of Science Core Collection

1. **Lokes, S. I.,** Shevchenko, L. V., Mykhalska, V. M., Poliakovskiy, V. M., & Zlamanyuk, L. M. (2024). Influence of *Lactobacillus curvatus* and *Lactococcus lactis subsp. lactis* on the shelf life of sausages in vacuum packaging. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(2), 321-326. <https://doi.org/10.15421/022446> (Lokes S. I. організовано та проведено дослідження мікробного складу сосисок, підготовлено статтю до друку. Shevchenko L. V. сформовано програму проведення експериментів, зроблено інтерпретацію отриманих даних. Mykhalska V. M. здійснила статистичну обробку отриманих результатів. Poliakovskiy V. M. провів літературний пошук за темою дослідження. Zlamanyuk L. M. оформила статтю і погодила вимоги з редколегією журналу).
2. **Lokes, S. I.,** Shevchenko, L. V., Mykhalska, V. M., Poliakovskiy, V. M., & Chepil, L. V. (2024). Chemical composition of sausages processed with starter cultures *Lactobacillus curvatus* and *Lactococcus lactis subsp. lactis* during storage in vacuum packaging. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(3), 405-409. <https://doi.org/10.15421/022456> (Lokes S. I. організовано та проведено дослідження хімічного складу сосисок, підготовлено статтю до друку. Shevchenko L. V. сформовано програму проведення експериментів, зроблено інтерпретацію отриманих даних. Mykhalska V. M. здійснила статистичну обробку отриманих результатів. Poliakovskiy V. M. провів літературний пошук за темою дослідження. Chepil L. V. оформила статтю і погодила вимоги з редколегією журналу).
3. **Lokes, S.,** Shevchenko, L., Doronin, K., Mykhalska, V., Israelian, V., Holembovska, N., Tverezovska, N., & Savchenko, O. (2024). Influence of starter cultures of lactic acid bacteria on microbiological parameters and shelf life of sausages. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 935–950. <https://doi.org/10.5219/2012> (Lokes S. I. організовано та проведено дослідження мікробіологічних показників сосисок, підготовлено статтю до друку. Shevchenko L. V.

сформовано програму проведення експериментів, зроблено інтерпретацію отриманих даних. Doronin K. підібрано культури молочнокислих мікроорганізмів для проведення експерименту. Mykhalska V. M. здійснила статистичну обробку отриманих результатів. Israelian V. провела пошук нормативних документів та зробила їх аналіз. Holembovska, N. зробила літературний пошук за темою дослідження, Tverezovska N. оформила статтю і погодила вимоги з редколегією журналу. Savchenko O. проаналізовано мікробіологічні показники, підготовлено ілюстрації до публікації).

Тези наукових доповідей:

4. **Локес, С. І., Шевченко, Л. В., Михальська, В. М., & Поляковський, В. М.** (2024). Причини псування сосисок «Соковиті» за зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому вигляді. Збірник наукових праць 78-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми» 25 квітня 2024 року, м. Київ, 76-77. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/zbirnik_tez_2024_2.pdf (Локес С.І. проведено дослідження мікробного складу сосисок, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів. Михальська В.М. здійснила статистичну обробку отриманих результатів. Поляковський В.М. провів літературний пошук за темою дослідження).
5. **Локес, С., & Шевченко, Л.** (2024). Вплив стартових культур молочнокислих бактерій на безпечність сосисок «Соковиті» під час зберігання. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців «Актуальні питання судово-ветеринарної експертизи: реалії та перспективи» 23–24 травня 2024 р., м. Одеса, 100-103. (Локес С.І. проведено дослідження показників безпечності сосисок, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).
6. **Локес, С. І., & Шевченко, Л. В.** (2024). Хімічний склад сосисок «Віденські з філе курки» за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій під час зберігання у вакуумній упаковці. Актуальні питання ветеринарної

медицини: реалії та перспективи: збірник тез доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. науковців, викладачів та аспірантів, 22 травня 2024 р., м. Харків, 215-216. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/54336>

(Локес С.І. проведено дослідження хімічного складу сосисок, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).

7. **Локес, С. І., & Шевченко, Л. В.** (2024). Вплив стартових культур молочнокислих бактерій на хімічний склад сосисок «Соковиті» за зберігання у вакуумній упаковці. «Єдине здоров'я – 2024»: матеріали Міжнародної наукової конференції, 19-20 вересня 2024 р., м. Київ, 92–94. <https://nubip.edu.ua/node/152384> *(Локес С.І. проведено дослідження хімічного складу сосисок, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	25
1.1. Фактори, що впливають на тривалість зберігання варених м'ясних виробів.....	25
1.2. Попередження псування м'ясних продуктів за рахунок використання пакувальних матеріалів.....	35
1.3. Використання культур молочнокислих мікроорганізмів для консервації м'ясних продуктів.....	40
1.4. Заключення з огляду літератури.....	49
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	52
2.1. Схема і умови проведення дослідів.....	57
2.2. Методи досліджень.....	61
2.2.1. Органолептичні та хімічні методи дослідження сосисок.....	61
2.2.2. Мікробіологічні дослідження сосисок, сировини і пакувальних матеріалів.....	63
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	66
3.1. Мікробіологічні показники сировини і пакувальних матеріалів для виготовлення сосисок.....	66
3.2. Якість та безпечність сосисок «Віденські з філе курки» за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій.....	68
3.2.1. Мікробіологічні фактори псування сосисок «Віденські з філе курки» за зберігання у вакуумній упаковці.....	68
3.2.2. Мікробіологічні показники сосисок «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих бактерій і зберігання у вакуумній упаковці.....	70
3.2.3. Фізико-хімічні показники сосисок «Віденські з філе курки»	

за обробки культурами молочнокислих бактерій і зберігання у вакуумній упаковці.....	76
3.3. Якість та безпечність сосисок «Соковиті» за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій.....	83
3.3.1. Мікробіологічні фактори псування сосисок «Соковиті» за зберігання у вакуумній упаковці.....	83
3.3.2. Мікробіологічні показники сосисок «Соковиті» за обробки культурами молочнокислих бактерій і зберігання у вакуумній упаковці.....	84
3.3.3. Фізико-хімічні показники сосисок «Соковиті» за обробки культурами молочнокислих бактерій і зберігання у вакуумній упаковці.....	89
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	97
ВИСНОВКИ.....	116
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	120
ДОДАТКИ.....	146

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

ЄС – Європейський Союз

КУО – колонієутворюючі одиниці

ДСТУ – державний стандарт України

ГОСТ – міждержавний стандарт

МАФАМ – мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми

РА – поліамід

РЕ – поліетилен

ВСТУП

Актуальність теми. Ковбасні вироби, зокрема сосиски, урізноманітнюють щоденний раціон харчування і є важливим джерелом білку, амінокислот, мінеральних речовин та вітамінів для людини [26, 147]. Основною сировиною для виготовлення сосисок є продукти забою тварин: свинина жирна і напівжирна, яловичина та м'ясо птиці [73, 107, 123]. Харчова безпека і стійкість м'ясних варених виробів таких як сосиски під час зберігання залежать від низки факторів: дотримання санітарно-гігієнічних вимог до виробництва основної та допоміжної сировини, гігієни працівників, санітарного стану технологічного обладнання, умов пакування та зберігання і реалізації готового продукту.

Як відомо, сосиски мають обмежений термін придатності, який залежить від мікробної контамінації фаршу та сосисочних оболонок і упаковок [84, 85]. Тому для їх виготовлення використовується значна кількість консервантів, здатних продовжити термін зберігання.

Нині зростає споживчий попит на безпечні та корисні м'ясні продукти, виготовлені без хімічних консервантів, які здатні викликати шкідливий вплив на організм людини. Одним із способів, що дозволяє продовжити термін зберігання м'ясних варених виробів, зокрема сосисок, є використання натуральних консервантів мікробного походження – культур молочнокислих мікроорганізмів, зокрема штамів SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*), які за рахунок утворення бактеріоцинів, органічних кислот, зниження величини рН та конкуренцію за поживне середовище здатні пригнічувати ріст бактерій псування [110, 111].

Для широкого впровадження спеціалізованих штамів молочнокислих бактерій у виробництво варених ковбасних виробів, зокрема сосисок необхідно визначення причин їх псування в умовах конкретного м'ясопереробного підприємства та детальне дослідження впливу стартових

молочнокислих бактерій на якість і безпечність сосисок, зокрема на їх термін придатності.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані на базі кафедри гігієни тварин і харчових продуктів імені професора А. К. Скороходька Національного університету біоресурсів і природокористування України як частина наукової теми: «Санітарно-гігієнічні заходи забезпечення здоров'я тварин у господарствах України різних форм власності», № держреєстрації 0116U001299 (2016–2024 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – санітарно-гігієнічна оцінка сосисок за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій на основі показників якості та безпечності.

Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення таких завдань:

- визначити причини псування сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті»;
- дослідити рівень мікробної контамінації сировини, оболонки і упаковки для виготовлення сосисок;
- визначити вплив стартових культур молочнокислих бактерій на показники безпечності сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» під час зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому вигляді;
- з'ясувати вплив стартових культур молочнокислих бактерій на фізико-хімічні та органолептичні показники сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» під час зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому вигляді.
- розробити пропозиції виробництву з застосування стартових культур молочнокислих бактерій в технології виробництва сосисок.

Об'єкт дослідження – сосиски, стартові культури молочнокислих бактерій.

Предмет дослідження – вплив стартових культур молочнокислих бактерій на якість та безпечність сосисок.

Методи досліджень – мікробіологічні (мікробна контамінація сосисок, сировини, оболонки, упаковки), фізико-хімічні (хімічний склад, величина pH сосисок), органолептичні (запах, смак, колір, структура фаршу) та статистичні (статистична обробка результатів досліджень).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше встановлено відмінності видового складу домінуючих мікроорганізмів, які викликають псування сосисок залежно від терміну зберігання у вакуумній упаковці. Домінуючими мікроорганізмами псування сосисок «Віденські з філе курки» у вакуумній упаковці на першу добу зберігання в охолодженому вигляді є бактерії родин Enterobacteriaceae (*Raoultella planticola*, *R. ornithinolytica*, *Morganella morganii* та *Citrobacter freundii*) і Staphylococcaceae (*Macrococcus caseolyticus*), а в кінці терміну зберігання (на 21 добу) – бактерії родини Enterobacteriaceae (*Proteus mirabilis*, *Moellerella wisconsensis* та *Serratia liquefaciens*). На першу добу зберігання у сосисках «Соковиті» домінуючими мікроорганізмами були бактерії родин Enterobacteriaceae (*Klebsiella variicola*) та Bacillaceae (*Bacillus amyloliquefaciens plantarum*). Серед домінуючих мікроорганізмів, які виявлено у сосисках «Соковиті» на 21 добу зберігання, були представники родин Enterobacteriaceae (*Moellerella wisconsensis*, *Proteus mirabilis*) та Bacillaceae (*Bacillus cereus*).

Встановлено, що обробка сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою молочнокислих мікроорганізмів SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) сприяла вірогідному збільшенню чисельності МАФАМ як у фарші сосисок, так і на поверхні їх оболонки за рахунок молочнокислих мікроорганізмів.

Доведено, що обробка сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовими культурами SafePro BLC-48 та

сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis сприяє збільшенню терміну їх придатності на 12 діб в охолодженому вигляді.

Вперше з'ясовано мікробний і фізико-хімічний склад сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» у вакуумній упаковці протягом періоду зберігання в охолодженому вигляді за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій. Виявлено зниження величини рН сосисок на тлі стабільного вмісту вологи, протеїну, жиру та золи протягом терміну зберігання.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати досліджень можуть бути використані для обґрунтування обробки біоконсервантами мікробного походження сосисок за зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому вигляді.

Доведено однакову ефективність обробки сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовими культурами SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis у дозі 5×10^6 КУО/см², що дозволяє збільшити термін придатності сосисок на 12 діб.

Експериментально підтверджено доцільність використання стартової культури SafePro BLC-48 для обробки поверхні сосисок у вакуумній упаковці за виявлення мікроорганізмів родин *Enterobacteriaceae* та *Bacillaceae*, що спричиняють їх псування. Обробка сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» перед вакуумною упаковкою сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis є економічно не виправданою.

Результати досліджень можуть бути використані під час розробки технології біоконсервації варених м'ясних виробів з використанням синтетичних оболонок і вакуумної упаковки.

Особистий внесок здобувача. Здобувачкою сформульовано робочі гіпотези та зроблено аналіз фахової літератури та нормативних документів, опановано необхідні методики досліджень, організовано і виконано комплекс експериментальних досліджень щодо санітарно-гігієнічної оцінки сосисок за обробки суспензією стартових культур молочнокислих бактерій. Автором

дисертації зроблено статистичну обробку отриманих даних, підготовлено наукові статті до друку. Аналіз отриманих результатів досліджень, узагальнення та обговорення ключових положень і висновків та формулювання пропозицій виробництву виконано спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дослідження дисертації. Матеріали досліджень дисертаційної роботи були оприлюднені на: 78-й Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми», м. Київ, 25 квітня 2024 року; Всеукраїнській науково-практичній конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців «Актуальні питання судово-ветеринарної експертизи: реалії та перспективи», м. Одеса, 23–24 травня 2024 року; Міжнародній науково-практичній конференції науковців, викладачів та аспірантів «Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи», м. Харків, 22 травня 2024 року; Міжнародній науковій конференції «Єдине здоров'я – 2024», м. Київ, 19-20 вересня 2024 року.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 7 наукових праць з яких 2 статті у фахових виданнях України включених до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття у зарубіжному виданні включеному до міжнародних наукометричних баз даних та 4 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, результатів досліджень, аналізу та узагальнення результатів досліджень, висновків і пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 149 сторінках, робота ілюстрована 25 таблицями і 7 рисунками. Список використаної літератури нараховує 175 джерел, з них 160 латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Фактори, що впливають на тривалість зберігання варених м'ясних виробів

Ковбасні вироби відносяться до одних із найдавніших харчових продуктів, які використовувалися в харчуванні людини протягом багатьох поколінь. Асортимент ковбасних виробів, які виробляються в усьому світі, надзвичайно широкий і має виняткове соціальне та економічне значення. Різні сорти варених ковбас і технологія їх виготовлення вдосконалювалися протягом десятиліть завдяки досвіду фахівців та технологічному прогресу [28].

Варені ковбасні вироби мають певні особливості, враховуючи, що органолептичні показники цих продуктів є результатом серії модифікацій сировини та інгредієнтів, що включають ферментативні реакції м'ясних тканин різних видів тварин і контамінації продукту мікроорганізмами на різних стадіях виготовлення, транспортування, зберігання та реалізації. На цей процес також впливає наявність і співвідношення різних компонентів у ковбасних виробках, зокрема солі кухонної, нітриту натрію, допоміжної сировини та умов навколишнього середовища під час технологічного процесу. Під час термічної обробки ковбасних виробів певна частина мікроорганізмів, зокрема їх вегетативні форми, знищуються і таким чином знижується ризик їх розмноження у готовому продукті [28].

Патогени харчового походження, зокрема *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, патогенні серовари *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter* spp. і *Vibrio* spp., спричиняють велику кількість захворювань людей в усьому світі, що завдає значної шкоди здоров'ю та економіці країн. Згідно статистики Всесвітньої організації охорони здоров'я значна кількість харчових продуктів, які контаміновані інфекційними

збудниками, забруднені токсинами та містять алергічні компоненти призводять до понад 600 мільйонів виявлення захворювань харчового походження, що в кінцевому результаті викликає до 400 тисяч смертей людей у світі [80, 152]. М'ясо та м'ясні продукти є не лише важливими джерелами поживних речовин для людини, будучи джерелом білка, незамінних амінокислот, вітамінів та мінералів, але й поживним середовищем для мікроорганізмів псування та патогенних збудників.

Псування може не лише скоротити термін придатності м'ясних продуктів таких як сосиски, але і призвести до зниження їх привабливості для споживачів [23, 138]. Серед найбільш важливих сенсорних характеристик сосисок, які привертають увагу споживачів, є зміна зовнішнього вигляду (консистенція, утворення слизу або ексудатів), різного ступеню погіршення кольору або поява сторонніх запахів [159]. Ці ознаки псування зазвичай мають різні механізми розвитку. Псування м'ясних продуктів може бути спричинене природними процесами в м'ясі, такими як окислення ліпідів або автолітичні ферментативні реакції в м'язових клітинах тварини після забою [148]. Однак основною причиною псування варених м'ясних виробів є контамінація мікроорганізмами (в основному різними бактеріями) під час виробництва та переробки м'яса та їх подальший ріст і метаболічні процеси під час зберігання. Кожна стадія обробки м'ясної і допоміжної сировини може впливати на мікробне забруднення, а умови зберігання можуть формувати структуру бактеріальних угруповань, таким чином впливаючи на прояв мікробного псування [101].

Варені ковбасні вироби, зокрема сосиски, відносять до м'ясних продуктів, які характеризуються коротким терміном придатності через контамінацію мікроорганізмами, які викликають їх псування. Мікроорганізми потрапляють в м'ясо з рук працівників, обладнання, інструментів, зі столів, спецодягу та з повітря виробничих приміщень [120, 130]. Крім того, відбувається перерозподіл мікроорганізмів із поверхні на внутрішні частини м'язової тканини. Це відбувається у процесі розрубання туш, обвалювання

та жилювання, що сприяє накопиченню крові, лімфи і м'язового соку, які є сприятливим середовищем для розмноження мікроорганізмів. Під час виготовлення фаршу для сосисок м'ясо різних видів тварин подрібнюють в кутері, при цьому відбувається його подальше обсіменіння мікроорганізмами з обладнання, повітря і рук працівників.

Псування сосисок не лише призводить до підвищеного ризику для здоров'я споживачів, а й спричиняє економічні збитки для м'ясної промисловості. Термін придатності варених м'ясних виробів, зокрема сосисок, залежить від якості і рівня мікробного обсіменіння сировини, виду і якості оболонки, способу упаковки і температурно-вологісного режиму зберігання [20].

Якісний склад мікрофлори, яку виявляють у фарші та готових м'ясних виробів, дуже різноманітний і часто складається з сапрофітних і умовно патогенних мікроорганізмів, які викликають псування готових сосисок під час зберігання. Воно проявляється появою мутного соку, слизу та специфічного запаху. Особливо небезпечними є патогенні мікроорганізми, які не спричиняють появи неприємного запаху, зміни смакових характеристик чи зовнішнього вигляду сосисок, такі як *Listeria spp.*, різні види *Salmonella spp.*, а також токсиноутворюючі *Escherichia spp.*

Мікроорганізми, які викликають псування більшості м'ясних варених виробів, у тому числі сосисок, в основному представлені: *Listeria monocytogenes*, *Salmonella sp.*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sp.*, *Escherichia coli*, *Shigella sp.*, *Clostridium botulinum/perfringens*, а також *Bacillus cereus*, які можуть мати небезпечні наслідки для здоров'я споживача [9, 70].

Дослідження видового складу мікроорганізмів, виділених з м'яса та з середовищ, де відбувається його переробка, пов'язують з участю значної кількості представників різних родів і родин мікроорганізмів, включаючи Proteobacteria (роди *Actinobacter*, *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Psychrobacter*, *Shewanella* та деякі представники Enterobacteriaceae), Bacilli (*Bacillus*,

Brocothrix, Carnobacterium, Kurthia, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Pediococcus, Staphylococcus і *Weissella*) і *Bacteroides* (*Bacteroides* і *Flavobacterium*). Вище перераховані мікроорганізми відносяться до різних видів, характеризуються різними фізіологічними і біохімічними властивостями, однак володіють подібною здатністю рости в умовах охолодження, тобто проявляти психротрофний ріст у поєднанні з гетеротрофною здатністю до використання поживних речовин таких як глюкоза, амінокислоти і ліпіди. Ці компоненти містяться у великій кількості в продуктах зі свіжого м'яса, які складають основу фаршу для сосисок [18].

Щоб запобігти їх розмноженню і продовжити термін зберігання використовують хімічні методи, такі як використання консервантів та кухонної солі; фізичні методи, такі як теплова обробка та пакування; біологічні методи, зокрема використання екстрактів ефірних олій [5, 7], а також мікроорганізмів, які мають антагоністичну дію на патогенні бактерії та продукують бактеріюцини [11, 31, 90, 155].

Зниження мікробної контамінації сосисок є основною умовою збереження їх якості і безпечності та попиту у споживачів [40, 67].

Мікробіологічне дослідження різних сортів ковбас показали наявність молочнокислих бактерій та мікроорганізмів, які відносяться до родин *Micrococcaceae*, а також *Staphylococcaceae*, які складають більшість мікроорганізмів з незначною чисельністю дріжджів і плісняви. Молочнокислі бактерії швидко розвиваються під час ферментації сиров'ялених ковбас, досягаючи чисельності 10^8 – 10^9 КУО/г, яка залишається відносно стабільною до кінця етапу сушіння (дозрівання). Участь цієї мікробної групи є вирішальною для забезпечення гігієнічної (санітарної) якості ковбаси, оскільки вони відповідають за виробництво органічних кислот, зокрема молочної та оцтової і забезпечують зниження значення величини рН. Зниження величини рН середовища пригнічує розвиток і розмноження бактерій, які здатні викликати псування м'ясних виробів. Разом з тим

зниження рівня рН здатне прискорити інтенсивність процесу дегідратації продукту, що відбувається за рахунок зниження водоутримуючої здатності більшості білків, а також впливає на формування та стабільність забарвлення, сприяє створенню відповідного аромату та оригінального смаку ковбасних виробів, особливо ковбас з коротким терміном дозрівання [28]. Крім того, молочнокислі бактерії здатні утворювати різноманітні бактеріоцини, пептиди та білкові сполуки, які також проявляють антимікробну функцію, що відображається пригніченням розвитку небажаних мікроорганізмів. Ліполітична активність молочнокислих бактерій проявляється слабо, але не настільки як протеолітична здатність, яка найбільш детально досліджена у різних видів молочнокислих бактерій роду *Lactobacillus*.

Крім молочнокислих бактерій, в ковбасних виробках часто домінують стафілококи над мікрококами, що пов'язано з їх кращою стійкістю до кухонної солі та низького вмісту кисню. Кількість стафілококів у ковбасах різної технології досягає близько 10^7 КУО/г. Зростання чисельності цих мікроорганізмів обмежується у процесі зниження величини рН продукту, тому лише при виготовленні ковбас із високим вмістом нітратів і низьким вмістом вуглеводів, ці мікроорганізми можуть стати основною мікробіотою, яка переважає чисельність молочнокислих бактерій [28].

Стафілококи у варених ковбасних виробках проявляють ферментативну активність, яка реалізується в трьох ключових напрямках:

- нітрат- та нітритредуктаза забезпечує процес формування привабливого рожевого кольору, що виникає в результаті реакції оксиду азоту з міоглобіном з подальшим утворенням нітрозилміоглобіну;
- каталаза розщеплює пероксиди, які утворюються в ковбасах під час бродильних процесів. Це сприяє окисленню заліза, а в подальшому і ліпідів, що є небажаним і впливає на якість ковбасних виробів та термін їх зберігання;

- протеази і ліпази каталізують реакції розщеплення тригліцеридів та утворенню пептидів, амінокислот та інших сполук, будучи джерелом летких сполук, які значно впливають на аромат продукту.

Крім бактерій у ковбасних виробках проявляють свою активність і цвілеві гриби. Вони належать до аеробів, що визначає їх колонізацію в першу чергу поверхні батонів ковбас. У деяких сортах ковбас чисельності цвілевих грибів коливається в межах 10^5 - 10^7 КУО/см². Колонізація поверхні ковбасних виробів мікроорганізмами сприяє позитивному і бажаному впливу на їх якість, що пов'язано з перешкоджанням формуванню поверхневої кірки, зниженню швидкості прогрівання, захисті ковбаси від окислення на світлі і сприяє розвитку специфічного аромату і смаку. Роль дріжджів у сиров'ялених ковбасах досліджувалась недостатньо через їх незначну чисельність. Їх кількість у ферментованих ковбасах може коливатись в межах 10^3 - 10^5 КУО/г. Дріжджі сприяють стабілізації кольору ковбаси, витісняючи кисень і розкладаючи пероксиди за рахунок власної каталази. Крім того, їх протеолітична та ліполітична активність сприяє розвитку характерного смаку та аромату притаманному кожному продукту [28].

В останні десятиліття були взяті ізоляти мікроорганізмів з найпоширеніших сортів ковбас сухого бродіння та ідентифіковані як класичними, так і молекулярними методами. З деякими незначними відмінностями між сортами ковбас, їх мікробний склад протягом спонтанного бродіння є досить стабільним, незалежно від типу і регіону виробництва. Серед молочнокислих бактерій найбільш детально описані наступні роди: *Pediacoccus*, *Leuconostoc*, *Carnobacterium* і *Enterococcus*. Вважають, що лактобактерії і перш за все їх гомоферментативні форми є основною групою мікробіому ковбасних виробів, зокрема *Lactobacillus sakei*, *L. curvatus*, *L. plantarum* і *L. alimentarius* [28].

Серед ідентифікованих ізолятів стафілококів у ковбасах значною мірою переважав *Staphylococcus xylosus*, йому поступалися інші види, такі як *S. carnosus*, *S. equorum*, *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. lentus* і *S. sciuri*. Серед

грибів, які виявляють в різних видах м'яса тварин і продуктах його переробки, зокрема ковбасах, найчастіше домінують плісєневі гриби, що відносяться до родів *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* і *Mucor*. Серед грибів роду *Penicillium* в ковбасних виробах найчастіше домінують *P. chrysogenum* та *P. nalgiovense*. Домінуючим видом дріжджів у ковбасах вважають *Debaryomyces hansenii*. Переважання певних видів мікроорганізмів у поєднанні з особливостями технології їх виготовлення, наприклад, копчення, внесення допоміжної сировини у вигляді композиції спецій і різноманітних добавок, формує автентичність ковбасних виробів, характерну для різних країн і географічних регіонів.

Крім якості і унікальності сенсорних характеристик, безпечність ковбас була, є і буде залишатися актуальною проблемою для практиків і науковців ще багато років. Це пов'язано з наявністю небезпечних мікробіологічних факторів, які спричиняють харчові токсикоінфекції і навіть смертельні випадки людей. До таких патогенів відносяться багато мікроорганізмів, зокрема *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* та *Escherichia coli*. Дещо рідше мікробіологічні ризики для споживачів виникають за участю *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, *Aeromonas* spp., а також вірусних збудників таких як вірус гепатиту Е, оскільки вони періодично виявляються в різних ковбасних виробах. Використання правильно підібраних заквасок для виготовлення ковбас може бути вирішенням більшості цих проблем [28, 29].

Останнім часом споживачів дедалі більше хвилює безпечність харчових продуктів для організму і вони віддають перевагу продуктам, які не шкодять їхньому здоров'ю і навіть захищають його. У цьому сенсі існує занепокоєння щодо надмірного вмісту солі, кількості та якості жиру в раціоні харчування та його доведеного зв'язку з деякими серцево-судинними захворюваннями та певними видами раку. Ковбасні вироби, виготовлені за традиційними технологіями містять достатньо високий рівень кухонної солі, а також жиру,

які забезпечують формування їх типових смакових характеристик і аромату [28].

Як зазначалося, вивчення мікробних спільнот ковбасних виробів сухого бродіння було однією з найважливіших тем досліджень останніх років. Дослідження різноманіття мікробних видів у ферментованих ковбасах є важливим не лише для вивчення взаємозв'язку між видами мікробів, фізико-хімічними властивостями та органолептичними характеристиками, але й для отримання контролю над критеріями якості. При цьому важливим є розуміння закономірностей формування мікробних спільнот, специфічних для технологічних особливостей виробництва ковбас та іншими ознаками, які надають індивідуальності готовим продуктам. Під час дослідження мінливості молочнокислих бактерій у ферментованих ковбасах у зв'язку з різними породами свининей, системами розведення та технологією виробництва свинини виявлено, що система розведення може впливати на наявність певних видів молочнокислих бактерій у ковбасах [42].

Хімічні небезпеки є предметом особливої уваги під виробництва варених ковбасних виробів, оскільки передбачають потрапляння в готовий продукт інгредієнтів не завжди безпечних для здоров'я споживача. Копчення – це процес, який зазвичай застосовують до певних видів ковбас. У минулому він застосовувався в основному для забезпечення зберігання продуктів завдяки антимікробній або антиоксидантній активності деяких компонентів диму, а також через певний ступінь зневоднення поверхні, що відбувалося під час процесу і сприяє пригніченню росту мікробів. В даний час він підтримується як гедонічний агент, надаючи продуктам бажаний і характерний колір, смак і аромат. Однак деякі компоненти диму, що належать до поліциклічних ароматичних вуглеводнів, є потенційними канцерогенами та становлять хімічний ризик, який необхідно контролювати під час виробництва ковбас. Зазвичай контроль температури копчення є ключовим для обмеження накопичення поліциклічних ароматичних вуглеводнів під час процесу, але в

кустарних традиційних технологіях копчення слід застосовувати інші стратегії для досягнення цієї мети [56].

Нині у харчовій промисловості збільшується асортимент нетрадиційної сировини, яка часто використовується для заміни традиційних компонентів під час виготовлення різноманітних ковбас. Це дозволяє збільшувати перелік найменувань, виробляти нові та удосконалювати традиційні ковбасні вироби відповідно до запиту споживачів, який обумовлюється культурними уподобаннями, релігійними, медичними чи особистими обмеженнями. Такі нововведення в рецептуру ковбасних виробів потребують вирішення окремих технологічних питань з метою недопущення втрати органолептичної привабливості готового продукту чи інших недоліків.

Використання різного вмісту жиру, NaCl і заквасок молочнокислих бактерій (*L. curvatus*/*S. xylosus*; *L. sakei*/*S. xylosus*) показало, що найнижчий рівень жиру та найвищий рівень NaCl забезпечили найбільшу кумулятивну втрату ваги протягом усього виробництва, але за рахунок зниження рівня NaCl втрата ваги сповільнювалась без впливу на поживний склад ковбаси страусиної салямі італійського типу. Автори дійшли висновку, що з м'яса страуса можна отримати салямі з меншим вмістом солі та жиру при збереженні задовільної якості кінцевого продукту [45].

Використання нем'ясних інгредієнтів у високих відсотках у ковбасах з метою отримання здоровіших продуктів може вплинути на ріст мікробів і хімічну стабільність під час зберігання, а отже, на термін придатності ковбасних виробів. Консерванти можуть бути внесені до складу сировини для збільшення терміну зберігання та безпечності готового продукту, але споживачі зацікавлені в більш здорових м'ясних продуктах і віддають перевагу продуктам без синтетичних добавок. Тому пошук і дослідження природних замінників синтетичних добавок, які виконують роль консервантів у варених м'ясних виробах є викликом для дослідників.

Під час вивчення впливу різних концентрацій комерційної суміші екстрактів граната та цитрусових на ріст мікроорганізмів псування та на

окислення за зберігання у вакуумно-упакованих варених ковбасах із м'яса свинини, зерна пшениці, мигдалю та фундука виявлено, що використання суміші, особливо в концентрації 10 г/1000 г, затримує зниження величини рН і процеси окислення ліпідів під час зберігання. Суміш також знизила максимальну швидкість росту загальної кількості життєздатних бактерій, молочнокислих бактерій і психротрофів. Сенсорний аналіз, проведений споживачами ковбасних виробів, показав збільшення терміну зберігання на 6 і 16 днів для ковбасних виробів, виготовлених з додаванням 5% і 10% суміші екстрактів граната і цитрусових відповідно [114].

Деякі релігійні переконання та вірування, а також обмеження, які накладаються на їжу для людей з різними духовними практиками, спричиняють обмеження на сировину, яка буде використовуватися для виробництва м'ясних продуктів (види тварин і способи їх забою), а також на умови обробки. Дотепер проводилися різноманітні наукові дослідження практики ритуального забою та виробництва м'ясних продуктів для єврейських та мусульманських релігійних громад. З іншого боку, автентичність і простежуваність м'яса є одним із пріоритетів систем сертифікації харчових продуктів халяль, щоб запобігти шахрайству, мотивованого як економічними, так і технологічними причинами. Автори обговорювали халяльні м'ясні продукти та правила в Європі, обробку халяльної салямі (халяльна сировина, консерванти, використання спецій та/або рослинних екстрактів, оболонки, сенсорний профіль та безпеку, яку представляють біогенні аміни), безпечність харчових продуктів у халяльному забезпеченні та аналітичну перевірку автентичності халяльного м'яса, салямі та інших м'ясних продуктів [89].

У зв'язку з постійним розширенням асортименту ковбас дослідження їх мікробіологічних, фізико-хімічних та біохімічних характеристик не до кінця проведено. Відомі випадки, коли готові ковбасні вироби спричиняли серйозні проблеми, пов'язані з безпечністю або не належною якістю, що викликано масою факторів і в першу чергу контамінацією патогенними

мікроорганізмами. Тому перед виробниками ковбасних виробів поряд з питанням щодо поліпшення їх сенсорних характеристик, дієтичних і поживних властивостей стоїть проблема збереження автентичності і безпечності продукту. До того ж однією з найбільш важливих проблем в технології варених ковбас, до яких відносяться сосиски, є короткий термін їх зберігання, що потребує подальших досліджень з вивчення причин їх псування залежно від складу і санітарної якості основної і допоміжної сировини та розробки надійних і нешкідливих для здоров'я споживачів біоконсервантів [89].

1.2. Попередження псування м'ясних продуктів за рахунок використання пакувальних матеріалів

Упаковка та оболонка для харчових продуктів, зокрема для ковбасних виробів виготовляється з натуральних та штучних матеріалів. До найбільш поширених видів упаковки відносяться: поліетилен (PE), поліпропілен (PP), поліетилентерефталат (PET), етиленвініловий спирт (EVOH), поліаміди (PA), а також різні кополімери. Основні функції, які виконує упаковка для харчових продуктів включають:

- герметизація для мінімізації контакту з навколишнім середовищем;
- презентація харчового продукту (маркування, реклама);
- бар'єр для забезпечення належного внутрішнього середовища для захисту харчових продуктів;
- стійкість до неналежного використання для уникнення ризику пошкодження продукту шляхом механічного впливу.

Різні елементи об'єднуються в єдину структуру упаковки за допомогою сучасних процесів, таких як коекструзія, коли кілька екструзійних шнеків перекачують матеріали в одну екструзійну матрицю та об'єднують матеріали разом, додаючи до 13 шарів різних матеріалів для забезпечення всіх необхідних функцій упаковки. Ще одна традиційна методологія комбінування

гнучких полімерних пакувальних матеріалів полягає в склеюванні всіх разом компонентів за допомогою ламінаційних клеїв та/або екструзійного покриття [92].

Відомо, що однією з обов'язкових умов продовження терміну зберігання м'ясних варених виробів, зокрема сосисок, є створення анаеробних умов, які забезпечуються вакуумною упаковкою чи модифікованим газовим середовищем [46]. Важливо використовувати відповідну упаковку, щоб зберегти якість і безпеку модифікованої готової продукції. Функція пакування харчових продуктів еволюціонувала від простих пасивних методів консервування до активних та інтелектуальних, які виходять за рамки традиційних процедур [144]. Вакуумна упаковка (VP) і упаковка в модифікованій атмосфері з низьким вмістом кисню (MAP) широко використовуються в м'ясній промисловості. Вакуумна упаковка, яка видаляє повітря, не замінюючи його іншим газом, запобігає забрудненню продукту та втраті води. Метод MAP полягає в заміні повітря сумішшю газів. Для м'ясних продуктів використовуються різні пропорції газів, зокрема N_2 , CO_2 та O_2 [140]. Ці способи пакування подовжують термін зберігання, підвищують доступність та покращують презентацію м'ясних продуктів під час реалізації [105].

Небажаний ріст бактерій у м'ясних продуктах залежить від умов зберігання, тобто температури та типу упаковки. На кінцеву якість таких харчових продуктів також впливає ступінь ферментативної деградації і окислення ліпідів і білків, які знижують стабільність кольору, смак і ніжність. Вважається, що молочнокислі бактерії є однією з головних причин псування підігрітих і вакуумованих м'ясних продуктів. Зростання кількості цих бактерій викликає псування м'ясних продуктів, яке проявляється як кислий запах, зниження рН, утворення слизу та інше псування, що скорочує їх термін зберігання [88]. З цієї причини важливо оцінити чисельність молочнокислих бактерій та загальну кількість мікроорганізмів під час зберігання м'ясних продуктів.

Фактори, що впливають на ріст мікроорганізмів у м'ясі, включають внутрішні (природні та додані інгредієнти, рН, окисно-відновний потенціал і активність води), а також зовнішні (температура зберігання та способи пакування).

Модифікована атмосферна упаковка подовжує термін зберігання замороженого м'яса. Для свіжої ковбаси з індички 2% (маса/маса) молочної кислоти в поєднанні зі зберіганням в упаковці з модифікованою атмосферою (50% CO₂ і 50% N₂) значно зменшує кислотність, неприємний присмак і запобігає зміні кольору ковбаси від червоного до темно-сірого або коричневого. У свинячих ковбасах за зберігання в упаковці з модифікованою атмосферою (70% O₂ і 30% CO₂) виявлено зменшення сприйняття неприємного смаку [85].

Зниження якості м'яса при зберіганні залежить не тільки від кількості бактерій, а й від активності бактеріального обміну. Протеази виробляють вільні амінокислоти, які можуть далі метаболізуватися бактеріями, що призводить до появи неприємних присмаків і слизу, пов'язаних із псуванням. Попередні дослідження показали, що газова суміш 30% CO₂ і 70% N₂ для упаковки з модифікованою атмосферою може подовжити термін зберігання замороженої курки [117]. М'ясо, яке зберігається в таких умовах, містить меншу кількість *Pseudomonas spp.* і має менше ризиків зіпсуватися, ніж при зберіганні на повітрі. Таким чином, упаковка з модифікованою атмосферою може впливати на ріст, а також на метаболізм бактерій.

Під час дослідження впливу нових антимікробних пакувальних матеріалів, що містять полі-[2-(трет-бутиламіно) метилстирол] (полі-ТВAMS), на ріст патогенних та типових бактерій, що викликають псування м'яса встановлено, що грампозитивні бактерії були більш сприйнятливими до полі-ТВAMS фольги, ніж грамнегативні бактерії, і підвищення антимікробної активності зі збільшенням кількості полі-ТВAMS у полімері [49].

Розроблено нову антимікробну гібридну пакувальну прокладку, що складається з біорозкладаного поліуретану. Було встановлено, що цей тип

пакувального матеріалу демонструє ефективну антибактеріальну дію проти *Staphylococcus aureus* і *Salmonella typhimurium* [8].

Було показано, що антибактеріальні плівки з полівінілового спирту, що містять наночастинки TiO_2 , пригнічують *Shewanella spp.*, *Pseudomonas putida* та *Aeromonas hydrophila* та подовжують термін придатності харчових продуктів [142].

Доведено, що у початковий період зберігання ковбас з м'яса птиці (1-ша доба) кількість аеробних бактерій у пробах ковбас у модифікованій атмосфері та у вакуумній упаковці без добавки риб'ячого жиру становила $2,18 \pm 0,01 \log \text{ КУО г}^{-1}$ та $2,81 \pm 0,02 \log \text{ КУО г}^{-1}$ відповідно [82]. Чисельність аеробних бактерій у вакуумованих ковбасах була більша, незалежно від типу упаковки. Різниця в кількості бактерій між упакованими в модифікованій атмосфері та вакуумованими пробами ковбас без добавки, з добавкою рідкого риб'ячого жиру та з добавкою мікрокапсульованого риб'ячого жиру становила $0,63 \log \text{ КУО г}^{-1}$, $0,53 \log \text{ КУО г}^{-1}$ і $0,47 \log \text{ КУО г}^{-1}$ відповідно.

Показано пригнічуючу дію вуглекислого газу, який входить до складу модифікованої атмосфери, на аеробні бактерії. Той самий ефект також було продемонстровано в дослідженні впливу модифікованої атмосфери упаковки на якість і термін зберігання сосисок та свинячих ковбас [87]. Газова атмосфера, що містить лише вуглекислий газ або вуглекислий газ у поєднанні з азотом, пригнічує ріст аеробних бактерій, таких як *Pseudomonas spp.*

Статистичний аналіз показав, що пакування ковбасних виробів у модифікованій атмосфері сповільнює розмноження аеробних бактерій під час зберігання. Встановлено, що інкапсульований риб'ячий жир і ефірна олія часнику, додані до курячих нагетсів, значно сповільнили не тільки окислення ліпідів, але й мікробіологічне псування проб під час зберігання. Додавання капсул з риб'ячим жиром і ефірною олією часнику виявилося більш ефективним, ніж додавання лише риб'ячого жиру до складу ковбасних виробів [109].

Порівняння ефективності використання вакуумної упаковки і упаковки з різним газовим складом модифікованої атмосфери показало, що одразу після пакування ковбас (1-й день) кількість мезофільних молочнокислих бактерій у всіх пробах становила менше 10 КУО г^{-1} . Термін зберігання мав статистично значущий вплив на ріст чисельності молочнокислих бактерій у ковбасах. В останню добу зберігання (21-ша доба) кількість мезофільних молочнокислих бактерій зростає як у ковбасах упакованих з використанням модифікованої атмосфери, так і вакуумної упаковки. Збільшення коливалось від $2,45 \log \text{ КУО г}^{-1}$ до $3,48 \log \text{ КУО г}^{-1}$, залежно від типу ковбаси та способу пакування. Кількість молочнокислих бактерій у пробах ковбасних виробів, упакованих у модифікованій атмосфері, коливалась від $3,45$ до $3,72 \log \text{ КУО г}^{-1}$, тоді як у вакуумно упакованих пробах залежно від типу проби коливалась від $4,08$ до $4,48 \log \text{ КУО г}^{-1}$. Під час зберігання кількість молочнокислих бактерій у пробах індичих ковбас, упакованих в атмосфері з $50\% \text{ CO}_2$ і $50\% \text{ N}_2$, була більшою, ніж у пробах, упакованих в атмосфері з $70\% \text{ O}_2$ і $30\% \text{ CO}_2$. На 21-у добу зберігання ковбас із м'яса птиці у пробах вакуумної упаковки виявилось більше молочнокислих бактерій [85]. Найменша кількість молочнокислих бактерій виявлена у пробах ковбас, що містять мікрокапсули риб'ячого жиру, незалежно від способу пакування.

Молочнокислі бактерії можуть синтезувати кислоти, спирти, сполуки сірки та альдегіди. Тому, якщо ці бактерії розвиваються під час зберігання продуктів, вони можуть викликати несприятливі органолептичні зміни, такі як кислий смак і запах продукту, а також слиз на його поверхні.

Зниження вмісту кисню до $0,33\%$ в упаковці з модифікованою атмосферою після зберігання або видалення кисню з вакуумної упаковки створює сприятливі умови для росту молочнокислих бактерій. Домінуючу частку молочнокислих бактерій спостерігали також при зберіганні свіжих ковбас з індички та свинини, фасованих в упаковку з модифікованою атмосферою.

Активне пакування – це інноваційна технологія пакування, яка дозволяє взаємодіяти з продуктом та його навколишнім середовищем, щоб подовжити термін придатності та забезпечити його мікробну безпеку, зберігаючи оригінальні властивості упакованої їжі [54]. Відповідно до Директиви Європейського Союзу до Регламенту Комісії (EUGCR), активна упаковка є типом харчової упаковки з додатковою корисною функцією, одночасно забезпечуючи захисний бар'єр від зовнішнього впливу [116]. У м'ясній промисловості антимікробну активну упаковку можна застосовувати декількома способами, а саме: додавання натуральних консервантів у саше всередині упаковки, композиція пакувальних плівок із натуральними консервантами, упаковка, покрита природними консервантами на поверхні харчових продуктів, і використання антимікробних полімерів як пакувальних матеріалів.

Значна кількість досліджень щодо подовження термінів зберігання сосисок пов'язана з комплексним використанням високобар'єрних пакувальних матеріалів та активних пакувальних елементів, які спрямовані на підвищення захисту продукції від зовнішніх факторів [92, 135], а також різними поглиначами кисню на основі наносполук заліза, які направлені на зниження інтенсивності окислювальних процесів у харчових продуктах з метою збереження їх привабливого товарного вигляду та збільшення терміну придатності [59, 71].

1.3. Використання культур молочнокислих мікроорганізмів для ферментації та консервації м'ясних продуктів

Патогенні мікроорганізми харчового походження, зокрема *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, патогенна *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter* spp. і *Vibrio* spp. здатні спричиняти значну кількість захворювань людини, що збільшує ризик непрацездатності, витрат на

лікування та реабілітацію і завдає значних збитків економіці усього світу [80, 152, 155].

Харчова промисловість ефективно розвивається в усьому світі, що призвело до збільшення небезпеки контамінації значної кількості харчових продуктів і сировини патогенними мікроорганізмами, залишками хімічних сполук, небезпечними харчовими добавками, а також токсинами різного походження. Слід контролювати розмноження і поширення мікроорганізмів, здатних викликати псування та патогенних мікроорганізмів для гарантії безпечності харчових продуктів. Виходячи з цього, способи зберігання харчових продуктів включають захист від потрапляння і розмноження патогенних бактерій, а також продовження терміну зберігання. До таких способів відносяться:

- хімічні, які передбачають використання консервантів;
- фізичні, які включають термічну обробку (варіння, заморожування), копчення, сушіння та пакування;
- біологічні з застосуванням спеціалізованих штамів мікроорганізмів, які володіють антагоністичними властивостями по відношенню до патогенних бактерій і утворюють бактеріоцини [90].

Серед перерахованих способів введення харчових консервантів, які пригнічують ріст небажаних видів мікроорганізмів, є відомою і поширеною практикою направленою на захист харчових продуктів від псування.

Кожна країна встановлює свої правила щодо використання харчових консервантів. У випадку Кореї хімічні консерванти, включаючи нітрати (нижче 0,07 г/кг), нітроти (нижче 0,07 г/кг) і сорбати (нижче 2,0 г/кг), дозволені для використання у м'ясній промисловості [66]. Синтетичні консерванти мають перевагу для переробки м'яса завдяки низькій вартості, гарантованому антибактеріальному ефекту або подовженню терміну придатності, а також незначному впливу на смак, запах, колір і консистенцію готових продуктів. Однак споживачі харчових продуктів критично відносяться до харчових

продуктів з синтетичними консервантами через ряд проблем зі здоров'ям, пов'язаних з їх побічними ефектами. Споживачі харчових продуктів, що мешкають у Сеулі (Корея), в більшості випадків під час опитування обрали консерванти як харчову добавку, яка найбільше стурбувала їх через негативний вплив на здоров'я [19, 27, 131,]. М'ясо та м'ясні продукти, що містять синтетичні добавки, є серйозною проблемою і створюють ризик для здоров'я людини [154].

Серед хімічних консервантів досить поширені сорбінова кислота, бензойна кислота та їх солі, які сприяють утворенню мутагенних і канцерогенних сполук [108]. Нітрити та нітрати, які використовуються як консерванти та барвники в м'ясі, можуть провокувати розвиток лейкемії, рак товстої кишки, рак сечового міхура та інші важкі і невиліковні захворювання [44].

Натуральні консерванти з'явилися як альтернатива більшості синтетичним консервантам [86]. Вони продемонстрували потенціал для забезпечення ефективної протимікробної дії, одночасно зменшуючи негативний вплив на здоров'я споживачів. Тому виробники м'яса та дослідники почали розглядати можливість використання натуральних консервантів замість синтетичних. Харчові тенденції «чистої етикетки», тобто відсутність шкідливих і небажаних компонентів включаючи м'ясо та м'ясні продукти, вперше почалися у Великобританії в 1990-х роках і стали важливим маркетинговим кроком для технології харчових продуктів. Він включає зручні для споживача характеристики, такі як відсутність синтетичних хімічних добавок, мінімальна обробка і незначний перелік харчових інгредієнтів. Зокрема станом на 2023 рік ринок харчових продуктів з чистими етикетками, включно з натуральними консервантами, становив близько 47,50 мільярдів доларів США. Це відбулося в основному через зростання запитів споживачів на здорові і повністю натуральні харчові продукти. Заміна синтетичних натуральними консервантами має значний позитивний маркетинговий ефект, оскільки сприймається споживачами як корисна і здорова їжа. Проте

виробники харчових продуктів, зокрема м'ясних виробів, також стикаються з проблемами, які пов'язані зі зниженням цінової конкурентоспроможності через достатньо високу вартість натуральних консервантів та зниженням антибактеріального ефекту за рахунок харчових компонентів, таких як вуглеводи, білки, ліпіди та їх похідні [38].

Враховуючи небажані ефекти хімічних консервантів для споживачів, зокрема токсичність та канцерогенність [96], а також зміну органолептичних властивостей харчових продуктів [1] перспективними консервантам для м'ясних продуктів, є використання натуральних консервантів рослинного та мікробного походження.

Натуральні консерванти виробляються в різноманітних формах, включаючи порошок, отриманий методами сушіння, і рідкі форми, такі як ефірні олії. Натуральні консерванти безпосередньо додаються до м'ясних продуктів і подовжують термін придатності, пригнічуючи ріст бактерій. Крім того, можна посилити антибактеріальну дію натуральних консервантів шляхом поєднання інших методів обробки харчових продуктів.

До натуральних консервантів відносяться культури молочнокислих бактерій, які виконують також роль заквасок під час виготовлення ферментованих ковбас. Що стосується безпеки, мікроорганізми, які використовуються як закваски, не повинні володіти токсичною і патогенною властивостями, а їх препарати повинні бути вільними від забруднень хімічного, фізичного і біологічного походження. Що стосується технологічних характеристик, то введені стартові мікроорганізми повинні чисельно переважати спонтанну мікробіоту м'яса чи сировини для м'ясних виробів та розвивати свою метаболічну активність у процесі дозрівання чи зберігання продуктів. Нарешті, з точки зору економічних аспектів, використання стартових культур має бути економічно виправданим, легким і простим у використанні. Крім того, умови зберігання заморожених або ліофілізованих культур не повинні впливати на фізіолого-біохімічні

властивості спеціалізованих штамів мікроорганізмів або спричиняти втрату їх активності.

Одними з найбільш поширених молочнокислих бактерій, що використовується в харчовій промисловості є бактерії роду *Lactobacillus*, зокрема *Lactobacillus curvatus* метаболіти яких володіють антимікробними властивостями [110, 111]. Використання заквасок, які, як правило, складаються з молочнокислих бактерій (переважно штаму *Lactobacillus* і коагулазонегативних стафілококів), є поширеною та досить ефективною практикою у виробництві ферментованих ковбас. Такі закваскові культури використовуються з метою покращення кольору та розвитку смаку, яке гарантує безпеку і продовжує термін зберігання готового продукту [65].

Одним із способів зниження мікробної контамінації м'яса [148] та м'ясних продуктів є використання мікробних культур молочнокислих мікроорганізмів, які здатні утворювати бактеріюцини, що пригнічують ріст і розмноження бактерій, які викликають псування [22]. Бактеріюцини здатні взаємодіяти з поверхнею мікробної клітини, збільшуючи проникність її мембрани, пригнічуючи утворення компонентів клітинної стінки, синтез нуклеїнових кислот і білка [77, 134].

Lactobacillus curvatus є факультативним анаеробом, здатним синтезувати молочну кислоту з цукрів [128, 143]. Крім того, *L. curvatus* має різноманітні гени, які детермінують синтез бактеріюцинів [33] і її часто використовують як біологічний захисний агент у ферментованих м'ясних продуктах, який може пригнічувати ріст бактерій псування.

Не менш важливим фактором є можливість використання бактеріюцину, який виробляє цей мікроорганізм, способом розпилення на поліетиленову плівку для виготовлення активної харчової упаковки [91]. Окрім бактеріюцинів, органічні кислоти та перекис водню, що утворюються в результаті метаболізму *L. curvatus*, можуть знижувати рН середовища під час ферментації м'ясних продуктів і таким чином зменшувати в них вміст нітритів [61, 141].

Молочнокислі бактерії за рахунок синтезу бактеріоцинів або антибактеріальних білків здатні проявляти високу ефективність проти збудників харчових токсикоінфекцій, зокрема *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aeruginosa*, *Escherichia coli* O157:H7, *Shigella flexneri* і *Clostridium botulinum* [47]. До того ж отримані результати показують, що бактеріоцини можуть ефективно пригнічувати утворення біоплівки патогенних мікроорганізмів [102].

Бактеріоцини – це пептиди або білки з антибактеріальною та протигрибковою дією, які утворюють головним чином молочнокислі бактерії. Ці сполуки вважаються потенційними природними консервантами через їх інгібіторну дію на мікроорганізми, що викликають псування більшості харчових продуктів [81].

Бактеріоцини молочнокислих бактерій проявляють свою антибактеріальну активність різними способами: за рахунок утворення пор у клітинній мембрані, пригнічення біосинтезу компонентів клітинної стінки, впливаючи на активність автолітичних ферментів і пригнічуючи утворення бактеріальних спор [132]. Найважливіша роль бактеріоцинів полягає в тому, що їх можна використовувати як природні консерванти в харчових продуктах, як альтернативу шкідливим і потенційно канцерогенним синтетичним добавкам.

Встановлено, що *L. curvatus* здатний проявляти видоспецифічну антимікробну активність проти *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *C. jejuni* і *Bacillus subtilis* [160].

Молочнокислі бактерії досить детально вивчені, і було виявлено, що велика кількість їхніх метаболітів проявляють бактерицидні чи бактеріостатичні властивості [47], зокрема реутерини, органічні кислоти, амінокислоти, моногідроксигирні кислоти, екзополісахариди тощо [36].

Крім того, молочнокислі мікроорганізми проявляють багато інших корисних функцій в організмі споживачів, зокрема пробіотичну [150] та антимутагенну [74]. Велика їх кількість природно присутня в харчових

продуктах і впливає на їх реологічні та сенсорні характеристики. Різноманітні молочнокислі та інші корисні харчові мікроорганізми, такі як дріжджі, пропіоновокислі бактерії використовуються в харчовій промисловості для створення добре адаптованих композицій, які штучно додаються до харчових продуктів, зокрема м'ясних виробів для ферментації, покращення якості, надавання смаку та запаху або збільшення терміну їх зберігання.

При застосуванні природних консервантів, отриманих з мікроорганізмів, відомих як біоконсервація, в яких корисні мікроорганізми або їх антибактеріальні речовини мають антагоністичну дію на патогенні мікроорганізми або мікроорганізми псування, також використовується метод консервування м'яса. Цей метод в основному стосується молочнокислих бактерій *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp. і *Lactococcus* spp., які беруть участь у процесах бродіння та виробляють різні антибактеріальні метаболіти, такі як органічні кислоти, водень пероксид і бактеріоцини [12]. З точки зору застосування до м'ясних продуктів, методи біоконсервування включали пряму інокуляцію молочнокислими бактеріями, які мають пригнічувальну дію на псування або патогенні бактерії, включення штамів бактерій, що продукують антимікробні речовини, у закваску для бродіння та обробку очищеними бактеріоцинами. [84].

Бактеріоцини молочнокислих бактерій змінюються відповідно до розміру молекули, хімічної структури, модифікацій під час біосинтезу, наявності модифікованих амінокислотних залишків і антимікробних механізмів. Таким чином, бактеріоцини молочнокислих бактерій можна розділити на два основні класи: клас I (антибіотики, що містять лантіонін) з трьома підкласами (Ia, Ib і Ic) і клас II з чотирма підкласами (IIa, IIb, IIc і IId) [77]. Бактеріоцини класу I як правило включають від 19 до 50 амінокислотних залишків молекулярною масою < 5 кДа. Вони значною мірою модифіковані і до їх складу входять деякі нестандартні амінокислоти, зокрема лантіонін та β -метиллантіонін. Бактеріоцини класу I в подальшому діляться на 3 класи, зокрема Ia - лантибіотики, Ib - лабіринтопептини і Ic - санктибіотики. Бактеріоцини II

класу складаються з невеликих, термостабільних немодифікованих пептидів молекулярною масою < 10 кДа. Цей клас додатково розділяється на клас Па (педіоцин-подібні бактеріоцини), клас Пб (немодифіковані бактеріоцини з двома або більше пептидами), клас Пс (кільцеві бактеріоцини) і клас Пд (непедіоцин-подібні бактеріоцини). Педіоциноподібні бактеріоцини (клас Па) можна розглядати як основну підгрупу серед усіх класифікованих бактеріоцинів молочнокислих бактерій. Бактеріоцини III класу класифікуються як високомолекулярні і мають масу > 30 кДа, вони відносяться до термічно нестабільних пептидів. Бактеріоцини IV класу являються крупними пептидами, що здатні утворювати комплекси з окремими ліпідами або вуглеводами [93].

Суть механізму дії бактеріоцинів на мікробні клітини досить детально вивчена. Мембрана бактеріальної клітини володіє негативним зарядом, оскільки її аніонні характеристики визначаються наявністю фосфатидилгліцерину, фосфатидилетаноламіну, ліпополісахариду, кардіоліпіну та ліпотейхоевої кислоти. Такий заряд дозволяє захоплювати клітину позитивно зарядженими бактеріоцинами [77]. Катіонні заряджені групи бактеріоцинів електростатично взаємодіють з аніонною поверхнею мембрани бактеріальної клітини, тоді як гідрофобні поверхні прикріплені до мембрани та перетинають ліпідний бішар. Бактеріоцини самоасоціюються або полімеризуються з утворенням комплексів після проходження ліпідного подвійного шару. В подальшому, бактеріоцини викликають загибель мікробної клітин за механізмом підвищення проникності бактеріальної мембрани, що відбувається з утворенням пор, здатних спричиняти розсіювання протонів, виснаження запасу АТФ і як наслідок витікання внутрішньоклітинних компонентів назовні [77].

Ефективність використання бактеріоцинів для продовження терміну зберігання м'ясних варених виробів досліджували на сосисках і ковбасах. Антибактеріальну активність педіоцину РА-1 у сосисках і *P. acidilactici* МСН14, штаму, що продукує педіоцин РА-1, в іспанських ковбасах сухого

бродиння оцінювали проти *L. monocytogenes* і *C. perfringens* [100]. У сосисках, оброблених 5000 одиницями бактеріоцину (БО)/мл педіоцину РА-1, що синтезується *P. acidilactici* МСН14, кількість *L. monocytogenes* знизилась на 2 і 0,6 log КУО/г після зберігання при 4 °С протягом 60 днів і при 15 °С протягом 30 днів відповідно. Чисельність *C. perfringens* у сосисках знизилась при 5000 БО/мл педіоцину РА-1 на 2 і 0,8 log КУО/г після зберігання при 10 °С протягом 60 днів і при 15 °С протягом 30 днів відповідно. Розмноження і ріст *L. monocytogenes* пригнічувався штамом, що продукує педіоцин, *P. acidilactici* МСН14, в іспанських ковбасах сухого бродиння при 2 log КУО/г порівняно з контролем.

Антибактеріальну активність різних препаратів бактеріоцину з використанням сакацину Q, продукованого *L. curvatus* АСУ-1 на поверхні м'яса, оцінювали проти *L. innosua* [119]. Ліофілізований відновлений безклітинний супернатант в дозі 3200 АУ/мл був доволі ефективним для інгібування *L. innosua* на поверхні м'яса, зменшуючи кількість бактерій до межі виявлення (< 2 log КУО/г) через 2 тижні зберігання при 4–5 °С. Адсорбція сакацину Q м'ясними продуктами, основними інгредієнтами, білками м'яса та жировими тканинами не впливала на його антибактеріальну активність.

Культури молочнокислих бактерій як біоконсерванти мають переваги над будь-якими іншими консервантами, оскільки є перспективними мікроорганізмами також в якості пробіотика [35], мають виражену стійкість до кислого рН шлункового соку, лізоциму і компонентів жовчі. У 2012 році *Lactobacillus curvatus* був включений до «Каталогу мікроорганізмів з технічною необхідністю у ферментованих харчових продуктах» Бюлетеня Міжнародної молочної федерації [25] і введений як рекомендований біологічний агент до списку кваліфікаційної сертифікації Європейської адміністрації з безпеки харчових продуктів у 2013 році [51].

Особливе значення має здатність окремих молочнокислих біактерій розмножуватися за анаеробних умов, зокрема *Lactococcus lactis* та

Lactobacillus curvatus, які мають переваги над будь-якими хімічними консервантами [35, 112]. При цьому поряд з антагоністичном впливом на мікроорганізми, які викликають псування варених м'ясних виробів, зокрема сосисок, вони здатні знижувати рН середовища, яке створює несприятливі умови для патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів [34].

Як резидентна мікрофлора в м'ясних продуктах, *Lactobacillus curvatus* також відіграє певну роль у дозріванні цих продуктів і формуванні бажаного смаку. Тому *Lactococcus lactis* і *L. curvatus* часто використовують у харчовій промисловості як стартові культури для ферментованих ковбас і як культури біологічного захисту для м'ясних продуктів [34, 35]. Крім того, бактерицини молочнокислих мікроорганізмів можна використовувати в різних формах, у тому числі у вигляді очищених або частково очищених фракцій, завантажених в активні плівки/покриття або встановлені в інкапсульовані системи, призначені для зберігання м'ясних продуктів [134].

Загалом споживачі віддають перевагу м'ясним продуктам з мінімальною обробкою та використанням натуральних харчових добавок [127], а також натуральних харчових консервантів таких як педіюцин, натаміцин, лактоферин, тимол [30, 69] та антиоксидантів [17, 97]. Тому виробництво безпечних [13-16] і високоякісних м'ясних продуктів з використанням натуральних харчових добавок і біоконсервантів викликає все більший інтерес у харчовій галузі [95, 97, 98] і потребує глибоких наукових досліджень та виробничої перевірки.

1.4. Заключення з огляду літератури

М'ясо та м'ясні продукти є чудовим джерелом поживних речовин для людини завдяки великому вмісту білка, ліпідів, незамінних амінокислот, вітамінів і мінералів.

Одними з найбільш поширених готових м'ясних виробів, які користуються значним попитом серед споживачів, є сосиски. Сосиски

відносяться до варених м'ясних виробів і представлені на ринку надзвичайно широким асортиментом, який приваблює і задовольняє уподобання різних верств споживачів у всьому світі. Однак як м'ясні варені продукти такі як сосиски сприйнятливі до контамінації як мікроорганізмами, що викликають псування, так і збудниками інфекційних захворювань, що передаються з харчовими продуктами. Це є ключовим критерієм обмеження терміну їх придатності та втрати харчової цінності у процесі зберігання.

Використання широкого арсеналу хімічних консервантів чи різного роду упаковки для попередження псування сосисок не завжди дозволяє вирішити проблему збільшення терміну їх придатності та знизити економічні втрати від псування. Крім того, промислові консерванти, які зазвичай складаються з синтетичних хімічних речовин, не користуються попитом у споживачів харчових продуктів, у тому числі і сосисок через негативні наслідки і проблеми зі здоров'ям.

Таким чином, застосування консервантів натурального походження є перспективним і незамінним елементом харчової промисловості для запобігання харчовим отруєнням, сповільнення процесів псування та подовження терміну зберігання м'ясних варених виробів, зокрема сосисок.

Природні консерванти, отримані з рослин (розмарину, шавлії, каштана та куркуми), тварин (лізоцим, лактоферин, лактофероксидаза, овотрансферин та інші) дозволяють вирішити частину проблеми продовження терміну придатності м'ясних варених виробів, однак вони не являються універсальними консервантами, не завжди проявляють належний ефект і важко піддаються стандартизації виробництва.

Вважають, що використання спеціалізованих штамів молочнокислих мікроорганізмів є найбільш оптимальним способом біоконсервації м'ясних виробів, оскільки забезпечує наступні вимоги:

- нешкідливість для продукту і для організму споживача;

- здатність культури мікроорганізмів самостійно підтримувати чисельність популяції в харчовому продукті протягом періоду зберігання;
- здатність синтезувати комплекс біологічно активних компонентів (органічні кислоти, бактеріюцини, пептиди, амінокислоти), які комплексно впливають на патогенні мікроорганізми та мікроорганізми, які викликають псування;
- здатність утворювати домінуючі колонії в харчових продуктах не впливаючи чи поліпшуючи їх органолептичні характеристики;
- проявляти пробіотичну активність в організмі споживача.

Однак універсальність натуральних консервантів порівняно з синтетичними обмежена через вартість виробництва, стандартизацію, недостатні дослідження щодо ефективності застосування для різних м'ясних виробів враховуючи їх технологію виробництва, характеристики оболонки, упаковки і умов зберігання.

Таким чином, натуральні консерванти, зокрема спеціальні штами молочнокислих бактерій, будуть користуватися високим попитом через споживчі та промислові запити. Тому необхідно досліджувати ефективність застосування і поєднання біоконсервантів мікробного походження з різними видами оболонки та упаковки під час виробництва варених м'ясних виробів для отримання найбільш оптимального результату щодо збереження органолептичних характеристик специфічних для кожного виду ковбасних виробів, зокрема сосисок, і продовження терміну їх зберігання в охолоджену вигляді з урахуванням гарантування якості та безпечності.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися впродовж 2022–2025 року в умовах кафедри гігієни тварин і харчових продуктів імені професора А.К. Скороходька факультету ветеринарної медицини Національного університету біоресурсів і природокористування України та ФОП «Гнепа В'ячеслав Михайлович» Хустський район, Закарпатська область. Мікробіологічні дослідження проведені в Закарпатській регіональній державній лабораторії Держпродспоживслужби, м. Ужгород та ТОВ "Експертний Центр "Біолайтс", м. Тернопіль.

Матеріалом для досліджень слугували сосиски «Віденські з філе курки» та «Соковиті», виготовлені у ФОП «Гнепа В'ячеслав Михайлович» Хустський район, Закарпатська область. Сосиски були виготовленні згідно ТУ У 15.1-00419880-049-2003 [175].

Таблиця 2.1

Рецептура сосисок

Сировина	Основна сировина, кг/100 кг	
	«Віденські з філе курки» 1 гатунку	«Соковиті» 1 гатунку
1	2	3
Свинина жирна	20	20
Свинина напівжирна	32	34
Філе курки-бройлера	45	-
М'ясо птиці	-	30
Емульсія шкірки свинячої	-	10
Молоко сухе	-	3
Крохмаль картопляний	3	3

Продовження табл. 2.1

1	2	3
Всього	100,0	100,0
Вода (лід)	25	25
Допоміжна сировина, кг/100 кг		
Сіль кухонна	2,30	2,30
Натрій азотнокислий	0,0075	0,0075
Харчова добавка Емулін (згущувач гуаронова камідь, E412, суміш молочних білків, стабілізатор триполіфосфат натрію E451, сіль кухонна)	2	2
Харчова добавка Паровка комбі (спеції: білий перець, гірчиця, селера), екстракти спецій (кардамон, паприка), декстроза, E 450, E 621, E 300, E 316, дріжджовий екстракт	-	1
Харчова добавка Аромат Шинки (екстракти чорного перцю, часнику, духмяного перцю і любистку, мальтодекстрин, гідролізат білка соєвого не ГМО, гідролізат дріжджевий, E 621)	0,2	0,2
Харчова добавка Молочна підсилена (спеції та екстракти спецій: кардамон, мускатний горіх, часник, смак та аромат м'яса, гемоглобін крові (фіксатор кольору) E 120, молочні білки E 451, E 621, E 316, E 301, носії (декстроза, рисове борошно, сіль кухонна)	1	-

З метою збільшення терміну зберігання сосисок було використано молочнокислі культури (закваски) виробництва Chr. Hansen (ТОВ «Хр. Хансен Україна»).

Характеристика стартових культур молочнокислих бактерій

SafePro® B-LC-48 – це м'ясна одноштамова культура молочнокислих бактерій, призначена для консервації варених або в'ялених м'ясних продуктів. Штам культури *Lactobacillus curvatus* характеризується здатністю пригнічувати ріст гнильних та патогенних бактерій, зокрема активний щодо польових штамів молочнокислих бактерій та *Listeria monocytogenes*. Штам культури росте в широкому температурному діапазоні до 4°C та виживає під час замороження. Характеристика культури – порошок від білого до коричневого відтінку.

Застосування

B-LC-48 – культура рекомендована для харчових продуктів готових до вживання та запакованих в вакуумній упаковці або в модифіковану газову атмосферу та зберігаються при низькій температурі. Вона особливо ефективно діє в готових та нарізаних м'ясних продуктах і сосисках.

Культура B-LC-48 не ферментує лактозу, що у разі використання лактози як наповнювача, кислотоутворення буде обмеженим. Переваги для виробника полягають у досягненні стабільної безпечності та органолептичної якості продукту протягом всього терміну придатності.

Дозування культури проводиться шляхом розчинення 50 г порошку стартової культури у 450 мл питної води, що розраховано на обробку 200 кг продукції шляхом розпилення по поверхні продукту.

Vactoferm® Rubis – культура з високим споживанням кисню та дуже низьким кислотоутворенням. Культура *Lactococcus lactis subsp. lactis* застосовується в готових/варених м'ясних продуктах під час процесу нарізки

для усунення залишкового кисню при пакуванні м'ясних продуктів в упаковку з модифікованою газовою атмосферою.

Таблиця 2.1

Фізіологічні характеристики *Lactobacillus curvatus*

Показник	Значення
Температура для росту культури Оптимальна/максимальна/мінімальна	37°C/ 40°C / 4°C
Максимальна концентрація кухонної солі у розчині	10%
Характеристика	Факультативно-анаеробний L (+) – продуцент молочної кислоти
Ферментовані цукри:	
Глюкоза (декстроза)	+
Фруктоза	+
Мальтоза	+
Лактоза	-
Сахароза	+
Крохмаль	-

Культура також може додаватися в розсіл для сирих оброблених м'ясних продуктів для зниження рівня кисню під час перемішування.

Характеристика культури – порошок від білого до коричневого відтінку.

Застосування

Культура *Lactococcus lactis subsp. lactis* рекомендована для виробництва м'ясних продуктів з подальшим процесом визрівання, готових/варених м'ясних продуктів і сирих ферментованих ковбас, які виробляються з сировини з нормальним контрольованим рівнем рН і які потім запаковуються в модифіковану газову атмосферу.

Дозування культури проводиться шляхом розчинення 50 г порошку стартової культури у 450 мл питної води, що розраховано на обробку 200 кг продукції шляхом розпилення по поверхні продукту.

Таблиця 2.2

Фізіологічні характеристики *Lactococcus lactis subsp. lactis*

Показник	Значення
Температура для росту культури Оптимальна/максимальна/мінімальна	30°C/ 42°C / 10 °C
Максимальна концентрація кухонної солі у розчині	5%
Характеристика	Аероб
Ферментовані цукри:	
Глюкоза (декстроза)	+
Фруктоза	+
Мальтоза	+
Лактоза	+
Сахароза	-
Крохмаль	-

Культури Chr. Hansen відповідають загальним вимогам харчової безпеки згідно з Постановою 178/2002/ЄС [115].

2.1. Схема і умови проведення дослідів

Для досягнення мети було проведено два етапи досліджень, які включали 4 досліді.

Метою **першого етапу** досліджень було встановити мікробіологічні причини псування сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» у вакуумній упаковці та визначити ефективність застосування стартових молочнокислих культур мікроорганізмів для збільшення терміну їх зберігання в охолоджену вигляді. Для цього було проведено два досліді (рис. 2.1).

В **першому досліді** визначали причини псування сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» у вакуумній упаковці за зберігання в охолоджену стані.

Для цього було виготовлено партію сосисок «Віденські з філе курки», які було розфасовано по 200 г у вакуумну упаковку. Всього для досліді використано 60 упаковок, які були досліджено на видовий склад домінуючої мікрофлори на першу добу зберігання і за появи ознак псування сосисок (поява соку та його помутніння) на 21 добу.

Було також зроблено мікробіологічний аналіз свіжовиготовленого та готового фаршу, а також оболонки для сосисок і вакуумних пакетів.

В **другому досліді** визначали причини псування сосисок «Соковиті» у вакуумній упаковці за зберігання в охолоджену стані.

Для цього було виготовлено партію сосисок «Соковиті», які було розфасовано по 200 г у вакуумну упаковку. Всього для досліді використано 60 упаковок, які були досліджено на видовий склад домінуючої мікрофлори на першу добу зберігання і за появи ознак псування сосисок (поява соку та його помутніння) на 21 добу.

Було також зроблено мікробіологічний аналіз свіжовиготовленого та готового фаршу, а також оболонки для сосисок і вакуумних пакетів.

Метою другого етапу досліджень було визначити ефективність застосування стартових молочнокислих культур мікроорганізмів для збільшення терміну зберігання сосисок.

Для цього було проведено два досліді (рис. 2.1). В першому досліді визначали ефективність застосування стартових молочнокислих культур мікроорганізмів для збільшення терміну зберігання сосисок «Віденські з філе курки» у вакуумній упаковці в охолодженому стані (табл. 2.3).

Сосиски дослідних варіантів обробляли стартовими культурами в розрахунку 5×10^6 КУО/см² молочнокислих мікроорганізмів, які наносили на поверхню сосисок після охолодження. Після обробки сосисок здійснювали їх упаковку у вакуумні пакети. Маса вакуумної упаковки складала 200 г.

Всі варіанти сосисок зберігали в холодильнику за температури 4 ± 1 °С до появи ознак псування.

Таблиця 2.3

Схема досліді з визначення впливу стартових культур молочнокислих мікроорганізмів на термін зберігання сосисок «Віденські з філе курки» у вакуумній упаковці в охолодженому стані, n=20

Варіант	Умови досліді
Контрольний	Сосиски «Віденські з філе курки» першого гатунку у вакуумній упаковці
Дослідний 1	Сосиски «Віденські з філе курки» першого гатунку оброблені перед вакуумною упаковкою суспензією молочнокислих мікроорганізмів SafePro BLC-48 з розрахунку 5×10^6 КУО/см ²
Дослідний 2	Сосиски «Віденські з філе курки» першого гатунку оброблені перед вакуумною упаковкою суспензією суміші молочнокислих мікроорганізмів SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis з розрахунку 5×10^6 КУО/см ² .

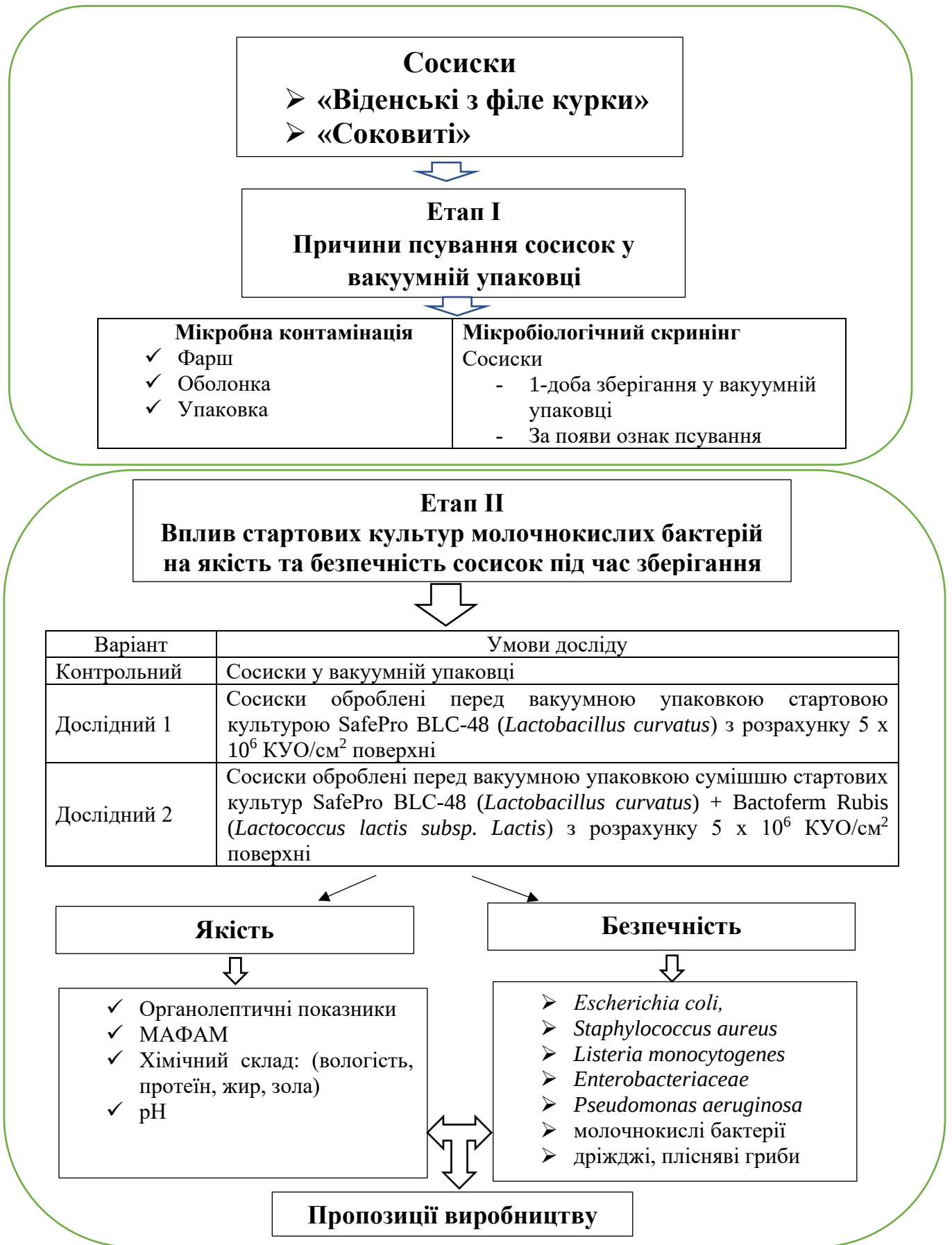


Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

Облік результатів дослідження здійснювали на 1, 18, 21, 25, 30 та 36 добу зберігання сосисок у холодильній камері.

В **другому досліді** визначали ефективність застосування стартових молочнокислих культур мікроорганізмів для збільшення терміну зберігання сосисок «Соковиті» у вакуумній упаковці в охолодженому стані (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Схема досліду з визначення впливу стартових культур молочнокислих мікроорганізмів на термін зберігання сосисок «Соковиті» у вакуумній упаковці в охолодженому стані, n=20

Варіант	Умови досліду
Контрольний	Сосиски «Соковиті» першого гатунку у вакуумній упаковці
Дослідний 1	Сосиски «Соковиті» першого гатунку оброблені перед вакуумною упаковкою суспензією молочнокислих мікроорганізмів SafePro BLC-48 з розрахунку 5×10^6 КУО/см ² .
Дослідний 2	Сосиски «Соковиті» першого гатунку оброблені перед вакуумною упаковкою суспензією сумішшю молочнокислих мікроорганізмів SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis з розрахунку 5×10^6 КУО/см ² .

Сосиски дослідних варіантів обробляли стартовими молочнокислих мікроорганізмів, які наносили на поверхню сосисок у вигляді спрею після охолодження. Після обробки сосисок здійснювали їх упаковку у вакуумні пакети. Маса вакуумної упаковки складала 200 г.

Всі варіанти сосисок зберігали в холодильнику за температури 4 ± 1 °C до появи ознак псування.

Облік результатів дослідження здійснювали на 1, 18, 21, 25, 30 та 36 добу зберігання сосисок у холодильній камері.

2.2. Методи досліджень

2.2.1. Органолептичні та хімічні методи досліджень сосисок.

Органолептична оцінка сосисок. Для органолептичної оцінки сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» під час їх зберігання відбирали проби та здійснювали їх підготовку до аналізу згідно нормативних вимог ДСТУ 4823.2:2007 [165].

Оцінювання якості сосисок здійснювали за показниками характерними, для варених ковбасних виробів, зокрема за кольором, ароматом, смаком, зовнішнім виглядом і виглядів на розрізі. Враховували також стан і зовнішній вигляд сосисочної оболонки і вакуумної упаковки.

На підставі результатів органолептичної оцінки робили якість сосисок на кожному етапі зберігання, в залежності від виду оболонки та використаного методу пакування.

Визначення вмісту води і сухої речовини у сосисках. Вміст загальної води в сосисках визначали з використанням методу висушування у сушильній шафі за температури 103 ± 2 °C, суть якого полягає у випаровуванні води до досягнення постійного маси наважки згідно ДСТУ ISO 1442:2005 [173]. Для цього використовували сушильну лабораторну шафу TermoLab.

При цьому вміст води визначався за формулою 2.1:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де W – вміст води, %;

m_0 – маса бюкси сухої, г;

m_1 – маса бюкси з наважкою, г;

m_2 – маса бюкси з наважкою після висушування, г.

Вміст сухої речовини у сосисках розраховували за наступною формулою 2.2:

$$X = 100 - W, \%, (2.2)$$

де X – вміст сухої речовини, %;

W – вміст вологи, %.

Визначення вмісту протеїну в сосисках. Визначення вмісту протеїну у пробах сосисок проводили за методом К'ельдаля згідно ГОСТ 25011-2017 [162]. Метод ґрунтується на мінералізації проби біологічного матеріалу у концентрованій сірчаній кислоті з відгонкою аміаку та титриметричним визначенням вмісту азоту.

Масову частку протеїну обчислювали за формулою 2.3:

$$X = 0,0028 \frac{V \cdot 6,25}{M} 100, (2.3)$$

де X – масова частка протеїну в пробі, %;

0,0028 – маса азоту, яка відповідає 1 см³ розчину соляної кислоти 0,2 моль/дм³, г;

V – об'єм 0,2 моль/дм³ розчину соляної кислоти, витраченої на титрування, см³;

m – маса наважки продукту, г;

6,25 – коефіцієнт для перерахунку азоту на білкові сполуки;

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки.

Визначення вмісту жиру в сосисках

Визначення вмісту жиру в сосисках проводили методом Сокслета за ДСТУ 8380:2015 [168]. Метод ґрунтується на вивільненні жиру, що міститься в пробі сумішшю хлороформу і етилового спирту. Кількість жиру розраховано за формулою 2.4:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \cdot 100, (2.4)$$

де, m_0 – маса наважки до висушування, г.

m_1 – маса гільзи з сировиною до екстрагування, г;

m_2 – маса гільзи з сировиною після екстрагування, г.

Визначення вмісту золи в сосисках

Визначення вмісту золи у пробах сосисок ґрунтується на спалюванні органічної частини досліджуваної наважки ДСТУ ISO 936:2008 [174]. Озолення проб сосисок проводили у фарфорових тиглях в муфельній печі за температури 500-800°C.

Вміст мінеральних речовин (золи) в пробах, розраховували за формулою 2.5:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100, \quad (2.5)$$

де X – масова частка золи, %;

де m_0 – маса порожнього тигля, г;

m_1 – маса тигля з наважкою сировини, г;

m_2 – маса тигля з золою, г.

Визначення величини рН сосисок

Для визначення величини рН відбирали по 5 г сосисок, з яких попередньо було знято оболонку, гомогенізували з 20 мл дистильованої води. Визначали рН цих гомогенатів за допомогою рН метра Ezodo PP-203 (Gondo Electronic, Тайвань).

2.2.2. Мікробіологічні дослідження сосисок, сировини і пакувальних матеріалів. Виготовлені партії сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» зберігались в умовах холодильника за температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$. Дослідження сосисок проводили за мікробіологічними показниками згідно вимог ДСТУ 4436:2005 [164].

Мікробіологічний скринінг MALDI-TOF виконано з використанням MALDI-TOF (Matrix Assisted Laser Desorption Ionization Time Of Flight) – це матрично-активована лазерна десорбційна/іонізаційна масс-спектрометрія, що аналізує унікальний для кожного виду мікроорганізму набір білків, дозволяє з високою чутливістю, вибірковістю і точністю на рівні 99% ідентифікувати бактерії, дріжджі та міцеліальні гриби. База даних приладу MALDI-TOF, Bruker щорічно оновлюється та включає в себе близько 8000 штамів бактерій та 2000 штамів грибів.

Суть технології MALDI-TOF полягає в тому, що детектор визначає час прольоту іонізованих рибосомальних білків мікроорганізмів, перетворює цю інформацію в спектр молекулярних мас (мас-спектр), який порівнюється із спектрами з унікальної бази даних, де відбувається ідентифікація мікроорганізмів до виду [133]. Для мікробіологічних досліджень використовували мас-спектрометр Bruker Daltonics, Maldi Tof microflex (Bruker Daltonics, Німеччина).

Для визначення чисельності мікроорганізмів, грибів і плісняви відбирали середні проби сосисок, а також робили змиви з оболонок сосисок з 5 вакуумних упаковок кожного варіанту. Для цього готували послідовні десятиразові розведення в стерильному фізіологічному розчині. Кількість мікроорганізмів визначали в колонієутворюючих одиницях (КУО), результати виражали в lg КУО/г для фаршу і в lg КУО/см² поверхні оболонок для сосисок. Родову і видову ідентифікацію виділених мікроорганізмів проводили відповідно до ДСТУ 7963:2015 [166].

Для мікробіологічних досліджень використовували середовища та діагностичні тести виробництва компанії HiMedia (India).

Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФAM) визначали згідно ДСТУ 8720:2017 [169] шляхом кількісного підрахунку колоній мікроорганізмів, які виростають на поверхні і в глибині щільного агару при використанні глибинного методу посіву і інкубації, що здійснюється в аеробних умовах при температурі $30 \pm 1^\circ\text{C}$

протягом 72 ± 3 год. Для визначення кількості МАФАМ використовували середовище Plate count agar M091.

Для виявлення бактерії роду *Salmonella* відбирали 25 г проби сосисок, зважували і висівали на поживні середовища Bismuth Sulphite Agar M027 та Xylose Lysine Deoxycholate Agar M031, посіви переносили у термостат, де бактерії вирощували протягом 16 - 20 годин за температури $+ 37^{\circ}\text{C}$ відповідно до вимог ДСТУ EN 12824:2004 [170].

Для виявлення бактерій *L. monocytogenes* відбирали 25 г проби сосисок для посіву використовували поживні середовища Agar Palcam, Agar Oxford, проби термостатували протягом 24 годин за температури $+ 30^{\circ}\text{C}$ ДСТУ ISO 112901:2003 [171], ДСТУ ISO 112902:2003 [172].

Для виділення патогенних і непатогенних стафілококів відбирали 1 г проби сосисок і для посіву використовували Baird Parker, Agar M043. Проби термостатували 48 годин за температури $+37^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 10444.2-94 [161].

Для виділення та кількісного підрахунку бактерій родів *Lactobacillus* – *Lactobacillus* використовували MRS Agar M641 відповідно до вимог ДСТУ 7999:2015 [167], для *Bacillus cereus* – *Bacillus cereus* (Селективний агар) M833, для ентеробактерій – Endo Agar, для *E. coli* і бактерій групи кишкової палички (БГКП) використовували середовища Gissa's, Kessler, Endo Agar, Simmons Agar, XLD, проби термостатували 24 години за температури 37°C відповідно до ГОСТ 30518-97 [163]. Для виділення дріжджів, плісняви з сосисок використовували Sabouraud Agar.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою програми ANOVA, дані в таблицях подано у вигляді $\bar{x} \pm \text{SD}$ (середнє $\pm$ стандартне відхилення). Різницю між групами вважали вірогідною з використанням тесту Тьюкі при $p \leq 0,05$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Мікробіологічні показники сировини і пакувальних матеріалів для виготовлення сосисок

Оболонки, а також упаковка, які використовуються для виробництва сосисок, що піддаються термічній обробці, повинні мати стійкість до мікроорганізмів, дії високих температур, мати достатню міцність, газо- і вологопроникність, а також бути нешкідливими для споживача. В експерименті для виготовлення сосисок «Віденські з філе курки» було використано поліамідну оболонку Mini Ralen, а для сосисок «Соковиті» – поліамідну одношарову оболонку Euro-Бар.

Таблиця 3.1

**Мікробіологічні показники оболонок і упаковки для сосисок,
 $\bar{x} \pm SD$, $n=5$, lg КУО/см²**

Оболонка	Мікробіологічні показники		
	МАФАМ	Молочнокислі мікроорганізми	Дріжджі, плісняві гриби
Поліамідна одношарова оболонка Euro-Бар	1,2±0,14	<1	<1
Поліамідна оболонка Mini Ralen	2,1±0,12	<1	<1
Вакуумні багатошарові пакети Amilen PA/PE	<1	<1	<1

В якості упаковки для обох найменувань сосисок використано вакуумні багатошарові пакети Amilen PA/PE.

Мікробіологічні показники поліамідної одношарової оболонки Euro-Бар, поліамідної оболонки Mini Ralen, а також вакуумної багатошарової упаковки Amilen PA/PE для сосисок за чисельністю МАФАМ, молочнокислих мікроорганізмів, дріжджів і пліснявих грибів відповідали чинним вимогам (табл. 3.1).

Рівень контамінації мікробіотою свіжого фаршу для сосисок «Віденські з філе курки» за чисельністю МАФАМ перевищував аналогічне значення для сосисок «Соковиті» (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Мікробіологічні показники фаршу для сосисок, $\bar{x} \pm SD$, $n=5$, lg КУО/г

Найменування	МАФАМ	
	свіжий фарш	готовий продукт
Сосиски «Віденські з філе курки»	5,64±0,39	1,89±0,14*
Сосиски «Соковиті»	3,23±0,16	1,21±0,14*

Примітка: * – $p \leq 0,05$ порівняно зі свіжим фаршем

В результаті термічної обробки під час варіння сосисок відмічали зниження кількості МАФАМ як у сосисках «Віденські з філе курки», так і в сосисках «Соковиті» порівняно з свіжим фаршем на 3,75 КУО/г та 2,02 lg КУО/г відповідно.

Термічна обробка сосисок обох видів найменування сприяла досягненню мікробної контамінації фаршу до нормативної величини, яка не повинна перевищувати 3 lg КУО/г.

3.2. Якість та безпечність сосисок «Віденські з філе курки» за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій

3.2.1. Мікробіологічні фактори псування сосисок «Віденські з філе курки» за зберігання у вакуумній упаковці. Встановлено, що у сосисках «Віденські з філе курки» на першу добу зберігання у вакуумній упаковці чисельність МАФАМ не перевищувала 3 lg КУО/г, що відповідало вимогам ТУ У 15.1-00419880-049-2003 [175] (табл. 3.3), а серед домінуючих мікроорганізмів було виявлено *Macrococcus caseolyticus*, які є грампозитивними коками і відносяться до родини Staphylococcaceae.

Таблиця 3.3

Мікробіологічні показники сосисок «Віденські з філе курки» за зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $\bar{x} \pm SD$, n = 5, lg КУО/г

Період дослідження	МАФАМ	Мікробіологічний скринінг на MALDI-TOF
Зберігання в межах терміну придатності		
1 доба	2,78 $\pm$ 0,55	<i>Macrococcus caseolyticus</i> , <i>Raoultella planticola</i> , <i>Raoultella ornithinolytica</i> , <i>Morganella morganii</i> , <i>Citrobacter freundii</i>
Зберігання до ознак псування (поява соку та його помутніння)		
21 доба	8,12 $\pm$ 1,05*	<i>Proteus mirabilis</i> , <i>Moellerella wisconsensis</i> , <i>Serratia liquefaciens</i>

Примітка: * – $p \leq 0,05$ порівняно з 1 добою зберігання

У сосисках за терміну зберігання одна доба виявлено також *Raoultella planticola* та *Raoultella ornithinolytica*, які належать до родини Enterobacteriaceae – це грамнегативні, нерухомі, анаеробні бактерії роду *Raoultella*, які найчастіше зустрічаються у воді, ґрунті та водному середовищі.

Виявлені на першу добу зберігання в сосисках також бактерії *Citrobacter freundii* у сосисках, які належать до роду *Citrobacter*, родини Enterobacteriaceae.

Серед мікроорганізмів, які домінували у сосисках «Віденські з філе курки» на першу добу зберігання, виявлена *Morganella morganii*, яка є факультативно анаеробною грамнегативною бактерією родини Enterobacteriaceae. Таким чином, на першу добу зберігання у сосисках «Віденські з філе курки» виявлено п'ять видів мікроорганізмів, які належать до факультативних анаеробів і можуть продовжувати свою життєдіяльність, викликаючи псування цього продукту.

Зберігання сосисок «Віденські з філе курки» у вакуумній упаковці в охолоджену вигляді показало, що на 21 добу в них з'явилися ознаки псування, зокрема поява та помутніння соку і розшарування вакуумної упаковки.

В цей період чисельність МАФAM у сосисках перевищувала допустиме значення 3 lg КУО/г згідно ТУ У 15.1-00419880-049-2003 [175] (табл. 3.3). Серед домінуючих мікроорганізмів, які викликали псування сосисок на 21 добу зберігання, не виявлено бактерій, які були основними на першу добу зберігання.

Основними бактеріями, які спричиняли псування сосисок, були представники родини Enterobacteriaceae, зокрема *Proteus mirabilis*, *Moellerella wisconsensis* та *Serratia liquefaciens*.

Таким чином, видовий склад мікроорганізмів, здатних викликати псування сосисок на початку терміну їх зберігання є бактерії родин Enterobacteriaceae і Staphylococcaceae, а в кінці терміну зберігання – лише

бактерії родини Enterobacteriaceae, які відносяться до факультативних анаеробів. Тому збільшення терміну зберігання, а отже придатності сосисок «Віденські з філе курки», можливе за пригнічення розмноження бактерій, які здатні викликати їх псування. Серед таких біоконсервантів перспективними є стартові культури молочнокислих мікроорганізмів.

3.2.2. Мікробіологічні показники сосисок «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих бактерій і зберігання у вакуумній упаковці. Обробка сосисок «Віденські з філе курки» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою молочнокислих мікроорганізмів SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) сприяла збільшенню чисельності МАФАМ у сосисках на першу добу зберігання на 1,09 lg та 1,53 lg відповідно порівняно з контролем (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Чисельність МАФАМ у сосисках «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів і зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $\bar{x} \pm SD$, n = 5, lg КУО/г

Період дослідження, доба	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
1	2,36 $\pm$ 0,32 ^a	3,45 $\pm$ 0,35 ^b	3,89 $\pm$ 0,49 ^b
12	2,51 $\pm$ 0,35 ^a	3,69 $\pm$ 0,15 ^b	4,05 $\pm$ 0,28 ^c
18	3,01 $\pm$ 0,27 ^a	3,93 $\pm$ 0,22 ^b	4,97 $\pm$ 0,65 ^c
25	-	4,56 $\pm$ 0,34 ^b	5,93 $\pm$ 0,24 ^c
30	-	7,78 $\pm$ 0,41 ^b	8,29 $\pm$ 0,60 ^c

Примітка: - на 21 добу сосиски зіпсувалися і не підлягали дослідженню; різні літери верхніх індексів ^{a, b, c} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($p \leq 0,05$) з використанням тесту Тьюкі

За обробки стартовою культурою SafePro BLC-48 у сосисках «Віденські з філе курки» на 12 добу зберігання в охолоджену стані чисельність МАФАМ збільшилась на 1,18 lg КУО/г, а за обробки сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis – на 1,54 lg КУО/г порівняно з контролем. При цьому в дослідному варіанті, де використовували суміш стартових культур, чисельність МАФАМ перевищувала на 0,36 lg КУО/г аналогічний показник у варіанті з використанням однієї стартової культури. Аналогічна закономірність щодо кількості МАФАМ у сосисках обох дослідних варіантів спостерігалась і на 18 добу зберігання.

Сосиски контрольного варіанту на 21 добу зберігання були з ознаками псування, які проявлялись появою та помутнінням соку і розшаруванням вакуумної упаковки, що не передбачало їх подальше зберігання та дослідження.

Зберігання сосисок «Віденські з філе курки» обох дослідних варіантів до 25 доби показало, що за органолептичними показниками вони відповідали вимогам чинних нормативних вимог, хоча чисельність МАФАМ в них продовжувала зростати. При цьому за обробки сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis кількість МАФАМ у сосисках була вищою на 1,37 lg КУО/г, ніж за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48 (табл. 3.4).

На 30 добу зберігання за обох варіантів обробки стартовими культурами органолептичні показники сосисок «Віденські з філе курки» відповідали вимогам чинних нормативів, а кількість МАФАМ у них продовжувала зростати, причому у випадку використання суміші стартових культур вона переважала на 0,51 lg КУО/г аналогічний варіант, де застосовували одну культуру. Таке збільшення кількості МАФАМ свідчить про те, що стартові молочнокислі культури мікроорганізмів продовжують свою життєдіяльність і розмножуються у сосисках.

Чисельність молочнокислих мікроорганізмів у сосисках «Віденські з філе курки» на першу і 12 добу зберігання за обробки стартовою культурою SafePro

BLC-48 не відрізнялась від контролю, тоді як обробка сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis сприяла збільшенню чисельності молочнокислих мікроорганізмів на $0,3 \lg \text{ КУО/г}$ та на $0,35 \lg \text{ КУО/г}$ відповідно порівняно з контролем (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Чисельність молочнокислих мікроорганізмів у сосисках «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів і зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $x \pm SD$, $n = 5$, $\lg \text{ КУО/г}$

Період дослідження, доба	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
1	$1,75 \pm 0,13^a$	$1,88 \pm 0,33^{ab}$	$2,05 \pm 0,29^b$
12	$1,80 \pm 0,16^a$	$2,01 \pm 0,25^{ab}$	$2,15 \pm 0,22^b$
18	$2,03 \pm 0,27^a$	$2,13 \pm 0,41^a$	$2,37 \pm 0,68^a$
25	-	$2,56 \pm 0,33^a$	$3,19 \pm 0,33^b$
30	-	$2,73 \pm 0,45^a$	$3,26 \pm 0,31^b$

Примітка: - на 21 добу сосиски зіпсувалися і не підлягали дослідженню; різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($p \leq 0,05$) з використанням тесту Тьюкі

На 18 добу зберігання сосисок загальна кількість молочнокислих мікроорганізмів вірогідно не відрізнялась між контролем та обома варіантами їх обробки стартовими культурами.

Подальше зберігання сосисок «Віденські з філе курки» в умовах холодильника на 25 та 30 добу сприяло збільшенню чисельності молочнокислих мікроорганізмів за обробки сумішшю стартових культур

SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis на 0,63 lg КУО/г та 0,53 lg КУО/г відповідно порівняно з обробкою стартовою культурою SafePro BLC-48. При цьому в сосисках за обох варіантів обробки спостерігався ріст чисельності молочнокислих мікроорганізмів протягом всього періоду зберігання (табл. 3.5).

Ознаки псування сосисок такі як поява мутного соку, слизу на оболонці і розшарування вакуумної упаковки відмічали на 36 добу їх зберігання як за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48, так і сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis порівняно з їх органолептичними показниками на першу добу зберігання.

В нашому експерименті збільшення загальної чисельності молочнокислих мікроорганізмів у сосисках дослідного варіанту 1, яке ми спостерігали протягом всього періоду зберігання, ймовірно, відбулося за рахунок стартової культури штаму SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*), а в сосисках другого дослідного варіанту – за рахунок суміші стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) і Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*), що сприяло збільшенню їх терміну придатності, на відміну від сосисок контрольного варіанту.

Протягом всього періоду зберігання у сосисках як контрольного варіанту, так і за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48, чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis не було виявлено патогенних та умовно патогенних бактерій, зокрема *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *E. coli*, бактерій групи кишкової палички, а також дріжджів і плісняви (табл. 3.6).

Отримані дані свідчать, що поєднання використання стартової культури Bactoferm Rubis з SafePro BLC-48 є малоефективним для зберігання сосисок у вакуумній упаковці, оскільки не забезпечує збільшення терміну їх придатності. Ймовірно, використання стартової культури Bactoferm Rubis як аеробного мікроорганізму, яке базувалось на поглинанні залишків кисню, виявилось не ефективним у даному випадку, оскільки вакуумна упаковка для

сосисок могла забезпечити достатню ступінь видалення кисню, а основними патогенами, які викликали псування сосисок були ентеробактерії, які належать до факультативних анаеробів.

Таблиця 3.6

Чисельність патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів у сосисках «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів і зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $x \pm SD$, $n = 5$, lg КУО/г

Показник	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
	1, 18 доба	1, 18, 25 та 30 доба	
<i>S. aureus</i>	не виявлено	не виявлено	не виявлено
<i>L. monocytogenes</i>	не виявлено	не виявлено	не виявлено
<i>Salmonella spp.</i>	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Бактерії групи кишкової палички	не виявлено	не виявлено	не виявлено
<i>E. coli</i>	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Дріжджі, пліснява	не виявлено	не виявлено	не виявлено

Основний ефект щодо збільшення терміну придатності сосисок забезпечила стартова культура SafePro BLC-48 (*L. curvatus*), яка також є факультативним анаеробом, що у вакуумній упаковці могло забезпечити її ріст і розмноження в умовах холодильника.

В нашому експерименті спрей суспензії стартових молочнокислих культур наносився на поліамідну оболонку сосисок, яка контактує з одного боку з сосисочним фаршем, а з другого – з вакуумною упаковкою, що створює

додаткову перешкоду для проникнення мікроорганізмів, які викликають псування сосисок.

Чисельність МАФAM на поверхні оболонки сосисок за обробки суспензією стартової культури SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis протягом всього періоду зберігання зростала. За даних умов обробка сосисок сумішшю стартових культур сприяла збільшенню на їх поверхні кількості МАФAM на 18 і на 30 добу зберігання на 0,8 lg КУО/г та на 1,24 lg КУО/г відповідно порівняно з обробкою суспензією стартової культури SafePro BLC-48 (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Чисельність МАФAM в оболонці Mini Ralen сосисок «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів і зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, lg КУО/см²

Період дослідження, доба	Варіант	
	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
1	6,78 $\pm$ 1,32	7,35 $\pm$ 1,21
18	7,12 $\pm$ 0,59	7,92 $\pm$ 0,84*
30	7,73 $\pm$ 0,47	8,97 $\pm$ 1,03*

Примітка: * – $p \leq 0,05$ порівняно з дослідним варіантом 1

Це дозволяє вважати, що основними видами бактерій, які колонізували поліамідну оболонку сосисок за обробки їх спреєм стартових культур, були молочнокислі мікроорганізми, у дослідному варіанті 1 – *Lactobacillus curvatus*, а в дослідному варіанті 2 – суміш *Lactobacillus curvatus* та *Lactococcus lactis subsp. Lactis*.

Отже, отримані результати досліджень свідчать, що використання стартової культури SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи суміші стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) для обробки сосисок дозволяє збільшити термін їх зберігання у вакуумній упаковці в охолоджену вигляді на 12 діб за рахунок складного і багатокomпонентного механізму пригнічення мікроорганізмів, які викликають їх псування.

Використання суміші стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) для обробки сосисок може бути перспективним за підтвердження розвитку аеробних бактерій, що викликають їх псування.

3.2.3. Фізико-хімічні показники сосисок «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих бактерій і зберігання у вакуумній упаковці. Визначення органолептичних показників сосисок «Віденські з філе курки» показало, що на першу, 12 та 18 добу дослідження всі варіанти сосисок, які зберігалися у вакуумній упаковці в холодильнику не відрізнялися між собою і мали показники, характерні для свіжого продукту (рис. 3.1).

Оболонка міцна, еластична, щільно прилягає до фаршу, злегка волога. На розрізі сосиски однорідної структури, фарш щільний однорідного рожевого забарвлення. Смак і запах приємний, характерний для даного продукту з ароматом прянощів, в міру солоний.

На 21 добу зберігання в сосисках контрольного варіанту було виявлено ознаки псування.

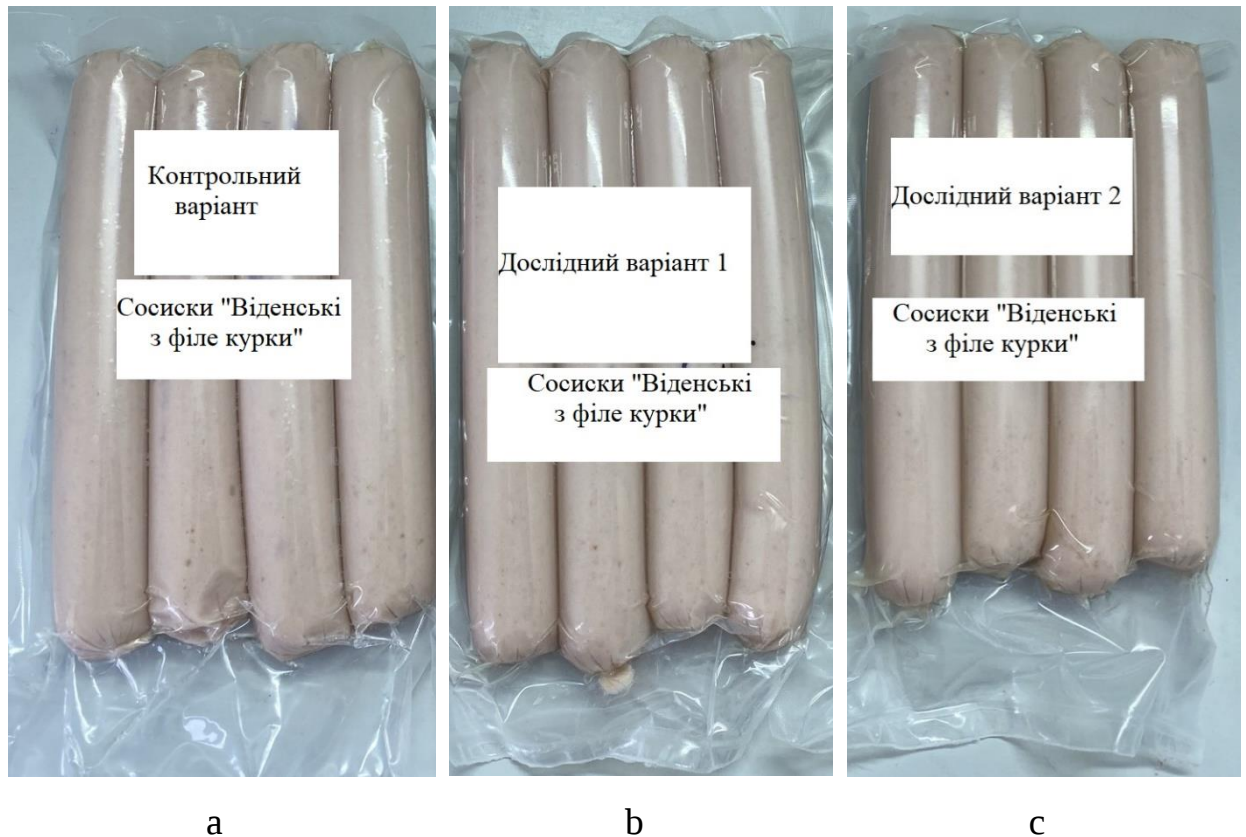


Рис. 3.1. Сосиски за терміну зберігання одна доба: а – контрольний варіант, б – дослідний варіант 1 (обробка стартовою культурою SafePro BLC-48), с – дослідний варіант 2 (обробка сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis)

Основними ознаками псування вважали появу мутного соку, кислуватий запах з ознаками ослизнення, розшарування вакуумної упаковки, оболонка сосисок волога, міцна, легко відділяється від фаршу. Таким чином сосиски контрольного варіанту не підлягали подальшому зберігання і були вилучені з дослідження.

Сосиска обох дослідних варіантів, які оброблялися стартовими культурами молочнокислих бактерій, на 25 та 30 добу зберігання в умовах холодильника були без ознак псування. Оболонка обох варіантів сосисок міцна, еластична, щільно прилягає до фаршу, злегка волога (рис. 3.2 а, б). На розрізі сосиски однорідної структури, фарш щільний, однорідного рожевого

забарвлення. Смак і запах сосисок приємний, характерний для даного продукту з ароматом прянощів, в міру солоний.



а

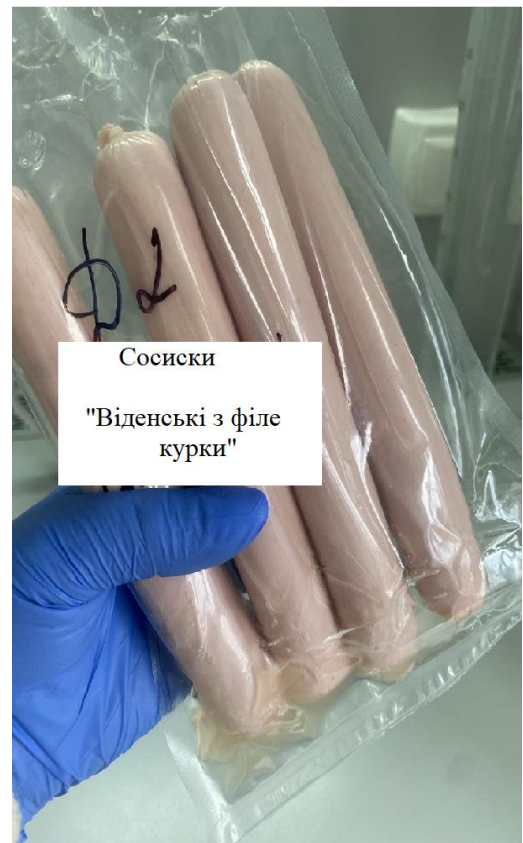


б

Рис. 3.2. Сосиски дослідних варіантів за терміну зберігання 30 діб: а – на розрізі, б – без оболонки



а



б

Рис. 3.3. Сосиски за терміну зберігання 36 діб: а – дослідний варіант 1 за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48, б – дослідний варіант 2 за обробки сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis

Зберігання сосисок дослідних варіантів до 36 доби спричиняло появу в них ознак псування, зокрема мутного соку, кислого запаху, слабкого ослизнення сосисок і розшарування вакуумної упаковки (рис. 3.3). При цьому оболонка сосисок була міцна, легко відділялася від фаршу.

Аналіз хімічного складу сосисок «Віденські з філе курки» показав, що на першу добу їх зберігання у вакуумній упаковці вміст вологи, білку, жиру і золи не відрізнявся між контрольним і дослідними варіантами (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Хімічний склад сосисок «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів на першу добу зберігання у вакуумній упаковці, $x \pm SD$, $n=5$, %

Показник	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
Волога	64,22 $\pm$ 0,29	63,91 $\pm$ 0,62	63,35 $\pm$ 0,61
Білок	11,17 $\pm$ 0,23	11,32 $\pm$ 0,14	11,26 $\pm$ 0,19
Жир	20,21 $\pm$ 0,54	20,33 $\pm$ 0,71	19,91 $\pm$ 0,53
Зола	2,52 $\pm$ 0,14	2,55 $\pm$ 0,12	2,58 $\pm$ 0,09

Примітка: за результатами порівняння з використанням тесту Тьюкі вірогідної різниці між варіантами дослідів не виявлено

Всі сосиски за хімічним складом відповідали вимогам чинних нормативних документів, що підтверджувало їх належну якість.

Хімічний аналіз сосисок контрольного і дослідних варіантів на 18 добу зберігання у вакуумній упаковці в умовах холодильника показав, що суттєвих відмінностей за вмістом вологи, білку, жиру і золи між ними не виявлено.

Відхилень від нормативних значень за цими показниками у сосисках контрольного і обох дослідних варіантів також не було встановлено (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Хімічний склад сосисок «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів на 18 добу зберігання у вакуумній упаковці, $\bar{x} \pm SD$, $n=5$, %

Показник	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
Волога	63,88 $\pm$ 0,34	63,91 $\pm$ 1,12	64,01 $\pm$ 1,04
Білок	11,19 $\pm$ 0,22	11,49 $\pm$ 0,25	11,47 $\pm$ 0,29
Жир	20,42 $\pm$ 0,19	20,17 $\pm$ 0,58	20,31 $\pm$ 0,43
Зола	2,61 $\pm$ 0,11	2,58 $\pm$ 0,15	2,48 $\pm$ 0,32

Примітка: за результатами порівняння з використанням тесту Тьюкі вірогідної різниці між варіантами дослідів не виявлено

У зв'язку з вилученням партії сосисок контрольного варіанту на 21 добу зберігання, вони не використовувалися для досліджень. На 30 добу зберігання сосисок дослідних варіантів було встановлено, що показники їх хімічного складу за вмістом води, білку, жиру і золи відповідали нормативним документам і були характерні для продукту належної якості (табл. 3.11).

Таким чином вакуумна упаковка сосисок, оброблених стартовими культурами молочнокислих бактерій в умовах зберігання їх в холодильнику забезпечувала надійну перешкоду для потрапляння з навколишнього середовища і розмноження мікроорганізмів, здатних викликати псування. Виходячи з цього, можна вважати, що псування сосисок обох дослідних

варіантів, яке ми спостерігали на 36 добу зберігання, виникло за рахунок сумарної кількості мікроорганізмів, якими були контаміновані основна та допоміжна сировина, оболонки і упаковка для сосисок у процесі їх виготовлення, але не в процесі зберігання.

Таблиця 3.11

Хімічний склад сосисок «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів на 30 добу зберігання у вакуумній упаковці, $\bar{x} \pm SD$, n=5, %

Показник	Варіант	
	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
Волога	64,07 $\pm$ 1,15	63,87 $\pm$ 1,29
Білок	11,35 $\pm$ 0,51	11,26 $\pm$ 0,44
Жир	19,89 $\pm$ 0,74	20,16 $\pm$ 0,66
Зола	2,63 $\pm$ 0,28	2,52 $\pm$ 0,37

Примітка: за результатами порівняння вірогідної різниці між варіантами дослідів не виявлено

Одним з важливих критеріїв, що характеризує направленість процесів псування сосисок під час їх зберігання, є величина рН сосисок. Як показали результати дослідження сосиски «Віденські з філе курки» контрольного і обох дослідних варіантів на першу добу зберігання у вакуумній упаковці в умовах холодильника вірогідно не відрізнялися за величиною рН (табл. 3.12).

Впродовж 18 діб зберігання величина рН сосисок контрольного варіанту суттєвих змін не зазнавала, тоді як сосиски, оброблені стартовою культурою молочнокислих бактерій SafePro BLC-48 та сумішшю стартових культур

SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis характеризувались зниження величини рН порівняно з контролем на 0,28 од. та 0,41 од. відповідно.

Таблиця 3.12

рН сосисок «Віденські з філе курки» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів за зберігання у вакуумній упаковці, $\bar{x} \pm SD$, n=5, %

Період дослідження, доба	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
1	6,69 $\pm$ 0,17 ^a	6,70 $\pm$ 0,23 ^a	6,71 $\pm$ 0,27 ^a
18	6,63 $\pm$ 0,18 ^a	6,35 $\pm$ 0,17 ^b	6,22 $\pm$ 0,10 ^b
30	-	6,15 $\pm$ 0,12 ^b	6,01 $\pm$ 0,17 ^b

Примітка: - на 21 добу сосиски зіпсувалися і не підлягали дослідженню; різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку і стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) з використанням тесту Тьюкі

На 30 добу дослідженню величини рН підлягали лише сосиски обох дослідних варіантів, які між собою за даним показником не відрізнялись. При цьому слід відмітити, що на відміну від контрольного варіанту, сосиски обох дослідних варіантів у процесі зберігання характеризувались вірогідним зниженням величини рН як на 18, так і на 30 добу порівняно з вихідними значеннями.

Таким чином, обробка сосисок стартовими культурами молочнокислих бактерій SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis дозволяє сповільнити процеси псування сосисок «Віденські з філе курки» на 12 діб, забезпечуючи зберігання їх органолептичних

показників, хімічного складу з урахуванням зниження величини рН і комплексного впливу молочнокислих бактерій на мікроорганізми псування.

Використання суміші двох стартових культур SafePro BLC-48 + Vactoferm Rubis для обробки сосисок «Віденські з філе курки» за зберігання їх у вакуумній упаковці не має переваги над використанням однієї стартової культури молочнокислих бактерій SafePro BLC-48.

3.3. Якість та безпечність сосисок «Соковиті» за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій

3.3.1. Мікробіологічні фактори псування сосисок «Соковиті» за зберігання у вакуумній упаковці. Відомо, що основна та допоміжна сировина, яка використовується для виготовлення сосисок, контамінована різними видами мікроорганізмів, які складають основу мікробіому і можуть бути причиною їх псування.

Таблиця 3.13

Мікробіологічні показники сосисок «Соковиті» за зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $\bar{x} \pm SD$, n=5, lg КУО/г

Період дослідження	МАФAM	Мікробіологічний скринінг на MALDI-TOF
Зберігання в межах терміну придатності		
1 доба	2,34±0,28	<i>Klebsiella variicola</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens plantarum</i> Ssp.
Зберігання до ознак псування (поява соку та його помутніння)		
21 доба	7,23±0,98*	<i>Moellerella wisconsensis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Proteus mirabilis</i>

Примітка: * – $p \leq 0,05$ порівняно з даними на 1 добу зберігання

На першу добу зберігання основними мікроорганізмами, які складали основу МАФАМ, у сосисках за зберігання у вакуумній упаковці в охолоджену вигляді були *Klebsiella variicola* та *Bacillus amyloliquefaciens plantarum* Ssp. (табл. 3.13).

Зберігання сосисок у вакуумній упаковці в умовах холодильника викликало на 21 добу ознаки їх псування таких як поява соку та його помутніння і розшарування вакуумної упаковки. Це супроводжувалось збільшенням чисельності МАФАМ у сосисках на 4,89 lg КУО/г порівняно з аналогічними даними на першу добу зберігання. При цьому основними мікроорганізмами, які виявляли у сосисках, були *Moellerella wisconsensis*, *Bacillus cereus* та *Proteus mirabilis*.

Всі перераховані вище мікроорганізми належать до факультативних анаеробів, що передбачає їх розмноження та розвиток в умовах дефіциту кисню, що характерно для продуктів, які зберігаються у вакуумній упаковці.

3.3.2. Мікробіологічні показники сосисок «Соковиті» за обробки культурами молочнокислих бактерій і зберігання у вакуумній упаковці. Обробка сосисок «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) на першу добу зберігання сприяла збільшенню чисельності МАФАМ на 1,19 lg КУО/г, а сумішшю SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*) – на 1,46 lg КУО/г порівняно з контролем. Зберігання сосисок до 12 доби сприяло подальшому збільшенню чисельності МАФАМ у випадку обробки однією стартовою культурою молочнокислих мікроорганізмів на 0,98 lg КУО/г, тоді як за використання суміші стартових культур – на 1,24 lg КУО/г порівняно з контролем (табл. 3.14).

Сосиски «Соковиті» контрольного варіанту на 18 добу за чисельністю МАФАМ наближались до гранично допустимого значення, яке не повинно перевищувати 3 lg КУО/г, що робить їх подальше зберігання не доцільним. Обробка сосисок «Соковиті» стартовою культурою SafePro BLC-48

забезпечила збільшення чисельності МАФАМ на 18 добу на 0,72 lg КУО/г, а у випадку використання суміші стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis – на 1,67 lg КУО/г порівняно з контрольним варіантом. При цьому сосиски оброблені сумішшю стартових молочнокислих культур за чисельністю МАФАМ переважали на 0,95 lg КУО/г аналогічний варіант обробки однією стартовою культурою.

Таблиця 3.14

Чисельність МАФАМ у сосисках «Соковиті» за обробки стартовими культурами молочнокислих мікроорганізмів і зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $\bar{x} \pm SD$, n = 5, lg КУО/г

Період дослідження, доба	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
1	2,02 ± 0,12 ^a	3,21 ± 0,23 ^b	3,48 ± 0,25 ^b
12	2,31 ± 0,20 ^a	3,29 ± 0,19 ^b	3,55 ± 0,32 ^b
18	2,92 ± 0,24 ^a	3,64 ± 0,27 ^b	4,59 ± 0,21 ^c
25	-	4,09 ± 0,30 ^b	5,03 ± 0,37 ^c
30	-	5,98 ± 0,23 ^b	7,09 ± 0,56 ^c

Примітка: - на 21 добу сосиски зіпсувалися і не підлягали дослідженню; різні літери верхніх індексів ^{a, b, c} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($p \leq 0,05$) з використанням тесту Тьюкі

Зберігання до 30-ї доби сосисок обох варіантів обробки стартовими молочнокислими культурами характеризувалось ростом кількості МАФАМ. При цьому на 25-ту добу зберігання відмічали вищу інтенсивність збільшення кількості МАФАМ у сосисках оброблених сумішшю стартових культур

SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis ніж за обробки культурою SafePro BLC-48 на 0,94 lg КУО/г, а на 30 добу – на 1,11 lg КУО/г (табл. 3.14).

На 36-ту добу зберігання у сосисках обох варіантів обробки стартовими молочнокислими культурами виявили ознаки псування, зокрема появу і помутніння соку та розшарування вакуумної упаковки.

За чисельністю молочнокислих мікроорганізмів на першу добу зберігання сосиски контрольного варіанту не відрізнялись від сосисок, оброблених стартовою культурою SafePro BLC-48. За обробки сумішшю стартових молочнокислих культур у сосисках «Соковиті» виявлено збільшення кількості молочнокислих мікроорганізмів на 0,76 lg КУО/г порівняно з контрольним варіантом (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Чисельність молочнокислих мікроорганізмів у сосисках «Соковиті» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів і зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $\bar{x} \pm SD$, n = 5, lg КУО/г

Період дослідження, доба	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
1	$1,19 \pm 0,25^a$	$1,28 \pm 0,13^{ab}$	$1,95 \pm 0,33^b$
12	$1,26 \pm 0,16^a$	$1,62 \pm 0,17^b$	$2,29 \pm 0,28^b$
18	$1,69 \pm 0,27^a$	$2,12 \pm 0,25^b$	$3,08 \pm 0,19^b$
25	-	$2,26 \pm 0,18^b$	$3,77 \pm 0,12^c$
30	-	$3,34 \pm 0,32^b$	$4,56 \pm 0,27^c$

Примітка: - на 21 добу сосиски зіпсувалися і не підлягали дослідженню; різні літери верхніх індексів ^{a, b, c} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($p \leq 0,05$) з використанням тесту Тьюкі

На 12-ту добу зберігання у сосисках, оброблених стартовою культурою SafePro BLC-48 кількість молочнокислих мікроорганізмів перевищувала аналогічний показник у контрольному варіанті на 0,36 lg КУО/г, а в сосисках, оброблених сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis – на 1,03 lg КУО/г. На 18-ту добу зберігання кількість молочнокислих мікроорганізмів у сосисках, оброблених однією стартовою культурою, переважала аналогічний показник у контролі на 0,43 lg КУО/г, а в сосисках, оброблених сумішшю стартових культур – на 1,39 lg КУО/г. У подальшому зберігання сосисок обох варіантів обробки стартовими молочнокислими культурами сприяло збільшенню в них чисельності молочнокислих мікроорганізмів.

Таблиця 3.16

Чисельність патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів у сосисках «Соковиті» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів і зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $x \pm SD$, $n=5$, lg КУО/г

Показник	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
	1, 18 доба	1, 18, 25 та 30 доба	
<i>S. aureus</i>	не виявлено	не виявлено	не виявлено
<i>L. monocytogenes</i>	не виявлено	не виявлено	не виявлено
<i>Salmonella spp.</i>	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Бактерії групи кишкової палички	не виявлено	не виявлено	не виявлено
<i>E. coli</i>	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Дріжджі, пліснява	не виявлено	не виявлено	не виявлено

При цьому на 25-ту та 30-ту добу зберігання у сосисках, оброблених сумішшю стартових культур мікроорганізмів, виявлено вищу чисельність молочнокислих бактерій на 1,51 lg КУО/г та 1,22 lg КУО/г відповідно порівняно з аналогічними показниками сосисок, оброблених однією стартовою культурою.

За період зберігання сосисок контрольного варіанту на першу та 18-ту добу, а також сосисок обох варіантів обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій на першу, 18-ту, 25-ту та 30-ту добу не було виявлено умовно патогенних та патогенних мікроорганізмів, зокрема *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *E. coli*, бактерій групи кишкової палички, а також дріжджів і плісняви (табл. 3.16).

Чисельність МАФАМ на поверхні поліамідної оболонки Евго-Бар на першу добу після обробки стартовими культурами молочнокислих мікроорганізмів не відрізнялась між дослідними варіантами сосисок (табл. 3.17)

Таблиця 3.17

Чисельність МАФАМ в оболонці Евго-Бар сосисок «Соковиті» за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів і зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому стані, $\bar{x} \pm SD$, n = 5, lg КУО/см²

Період дослідження, доба	Варіант	
	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
1	6,29 ± 0,45	6,93 ± 1,11
18	6,47 ± 0,32	7,09 ± 0,37
30	6,53 ± 0,19	7,44 ± 0,45

Примітка: за результатами порівняння вірогідної різниці між варіантами дослідів не виявлено

Зберігання сосисок до 18-ї та 30-ї доби показало, що обробка їх сумішшю стартових молочнокислих культур сприяла тенденції до збільшення чисельності МАФАМ на поверхні поліамідної оболонки Енго-Бар порівняно з аналогічними показниками за обробки лише однією стартовою культурою.

Таким чином, обробку сосисок перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 можна вважати ефективною щодо пригнічення розмноження мікроорганізмів, які викликають їх псування і дозволяють продовжити термін зберігання в охолоджену вигляді на 12 діб. Використання для обробки сосисок перед вакуумною упаковкою суміші стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis може бути перспективним у випадку виявлення аеробної мікробіоти, що спричиняє їх псування, і потребує додаткових досліджень.

3.3.3. Фізико-хімічні показники сосисок «Соковиті» за обробки культурами молочнокислих бактерій і зберігання у вакуумній упаковці. Зберігання сосисок «Соковиті» контрольного варіанту у вакуумній упаковці на першу та 18-ту добу показало, що за зовнішнім виглядом і консистенцією фаршу на розрізі, а також запахом і смаком вони відповідали вимогам до якісного продукту (рис. 3.4 а).

Оболонка сосисок контрольного варіанту міцна, еластична, щільно прилягає до фаршу, злегка волога. На розрізі сосиски однорідної структури, фарш щільний, однорідного рожевого забарвлення. Смак і запах сосисок приємний, характерний для даного продукту з ароматом прянощів, в міру солоний. На 21-шу добу зберігання в умовах холодильника в сосисках з'явилися ознаки псування, зокрема ослизнення, поява соку і його помутніння, а також розшарування вакуумної упаковки (рис. 3.5 а). Після відкриття вакуумної упаковки виявлено кислуватий запах сосисок, що свідчить про їх псування і непридатність для споживання та подальшого зберігання.

Обробка сосисок «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових

культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) під час зберігання в умовах холодильника на першу, 18-ту та 30-ту добу забезпечувала зовнішній вигляд, консистенцію, забарвлення фаршу на розрізі, запах і смак сосисок характерні для продукту належної якості (рис. 3.4 b, c).

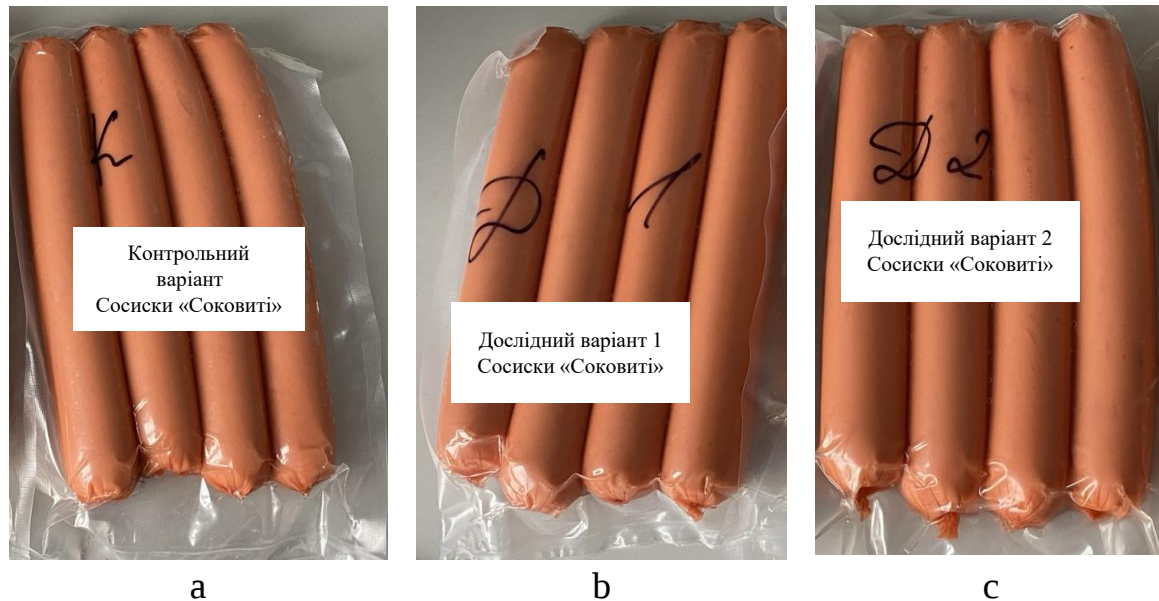


Рис. 3.4. Сосиски у вакуумній упаковці за терміну зберігання одна доба: а – контрольний варіант, б – дослідний варіант 1 (обробка стартовою культурою SafePro BLC-48), с – дослідний варіант 2 (обробка сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis)

Після відкриття вакуумної упаковки сосисок дослідних варіантів виявлено, що оболонка сосисок міцна, еластична, щільно прилягаюча до фаршу, легко знімається без прилипання фаршу (рис. 3.5 а, б). Фарш на розрізі однорідної структури і рівномірного рожевого забарвлення (рис. 3.5 с, d). Смак і запах сосисок за обох варіантів обробки приємний, характерний для даного продукту з ароматом прянощів, в міру солоний.

На 36-ту добу зберігання сосисок за обох варіантів обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій виявлено появу мутного соку, розшарування вакуумної упаковки, слабе ослизнення, а після її відкриття –

кислий запах, що свідчило про псування продукту і непридатність для подальшого зберігання (рис. 3.6 а, b).

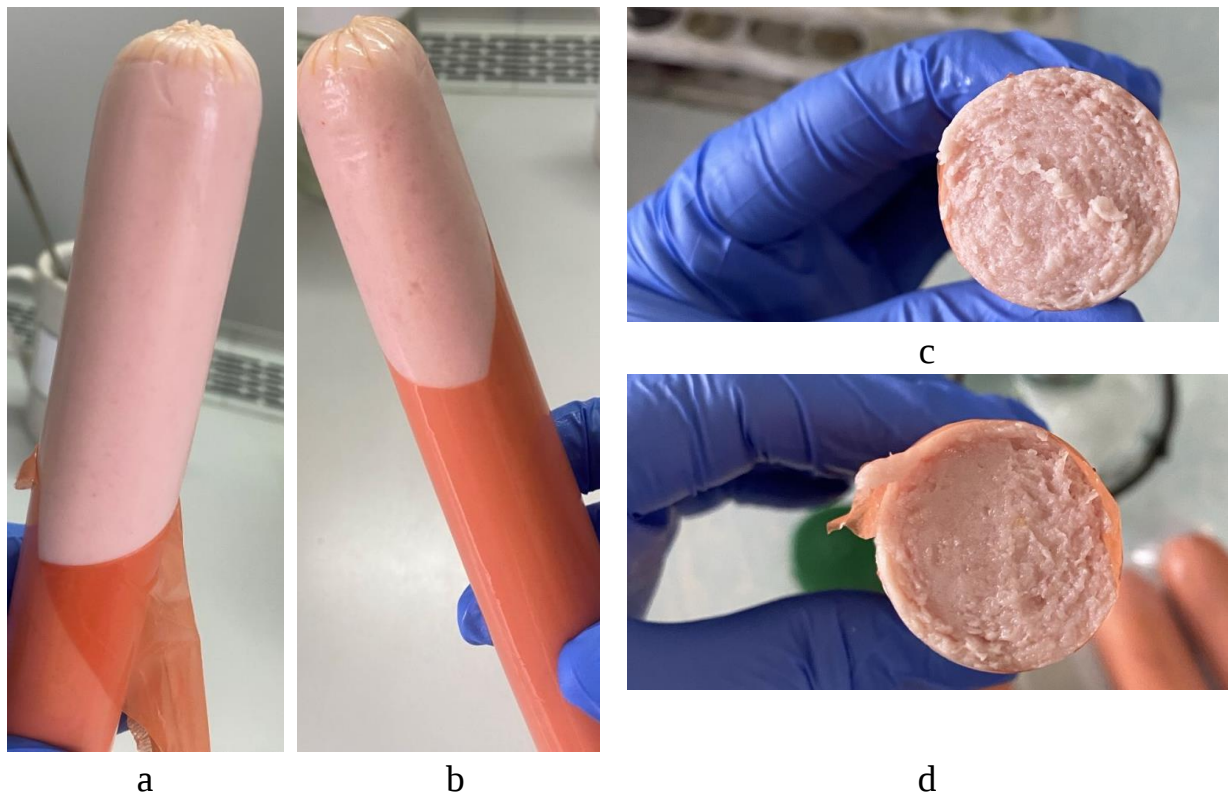


Рис. 3.5. Сосиски без оболонки за терміну зберігання 30 діб: а – обробка стартовою культурою SafePro BLC-48, б – обробка сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis; сосиски на розрізі за терміну зберігання 30 діб: с – обробка стартовою культурою SafePro BLC-48, d – обробка сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis

Слід відмітити, що за тривалістю зберігання і органолептичними характеристиками сосиски «Соковиті» оброблені перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 не відрізнялись від сосисок, оброблених сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis.

Вміст води, жиру, білку і золи в сосисках контрольного і обох варіантів їх обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій на першу добу зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому вигляді відповідали технічним умовам і не відрізнялись між собою (табл. 3.18).

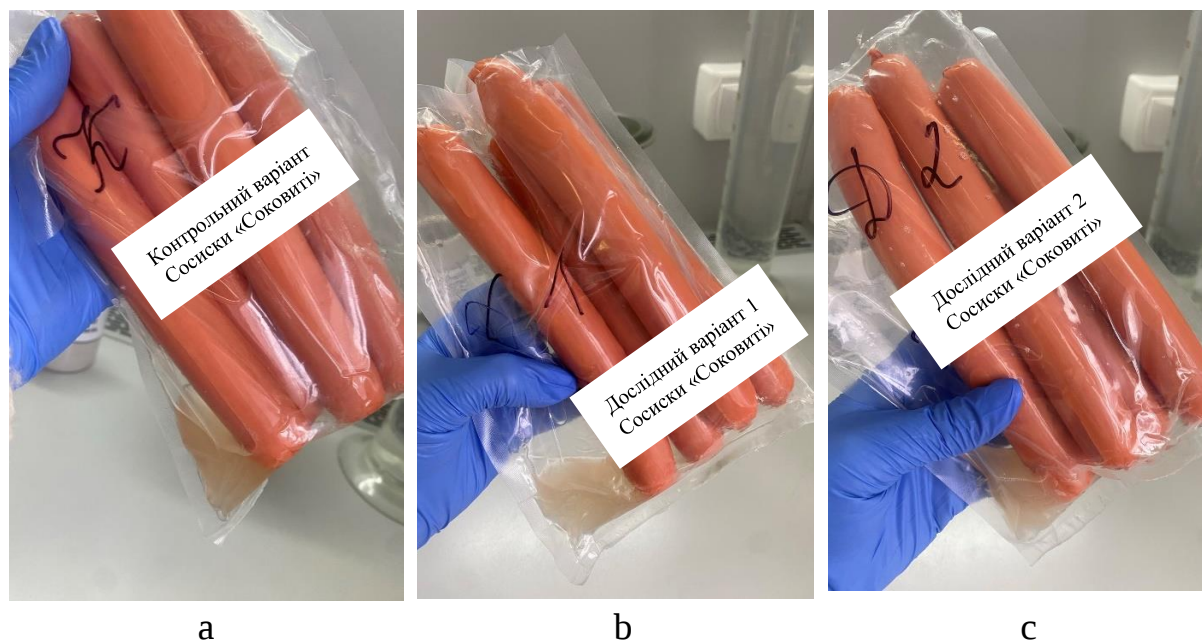


Рис. 3.6. Сосиски в кінці терміну зберігання: а – контрольний варіант (21-ша доба), б – обробка стартовою культурою SafePro BLC-48 (36-та доба), с – обробка сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis (36-та доба).

Таблиця 3.18

Хімічний склад сосисок «Соковиті» за обробки заквасками молочнокислих мікроорганізмів на першу добу зберігання у вакуумній упаковці, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, %

Показник	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
Волога	$60,21 \pm 1,24$	$59,93 \pm 1,02$	$59,25 \pm 1,14$
Білок	$11,21 \pm 0,56$	$11,89 \pm 0,45$	$11,77 \pm 0,96$
Жир	$24,51 \pm 1,34$	$23,29 \pm 1,78$	$24,01 \pm 1,32$
Зола	$2,61 \pm 0,19$	$2,65 \pm 0,21$	$2,59 \pm 0,13$

Примітка: за результатами порівняння з використанням тесту Тьюкі вірогідної різниці між варіантами дослідів не виявлено

Зберігання сосисок у вакуумній упаковці до 18-ї доби не змінювало хімічний склад сосисок як контрольного, так і обох варіантів обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій (табл. 3.19). На 21-шу добу зберігання сосиски контрольного варіанту з ознаками псування хімічному аналізу не піддавались і в подальших дослідженнях не використовувались.

Таблиця 3.19

Хімічний склад сосисок «Соковиті» за обробки заквасками молочнокислих мікроорганізмів на 18-ту добу зберігання у вакуумній упаковці, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, %

Показник	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
Волога	60,11 $\pm$ 1,18	59,78 $\pm$ 0,62	60,15 $\pm$ 1,10
Білок	11,16 $\pm$ 0,23	11,49 $\pm$ 0,25	11,47 $\pm$ 0,29
Жир	24,32 $\pm$ 0,94	24,02 $\pm$ 0,48	24,15 $\pm$ 1,18
Зола	2,62 $\pm$ 0,11	2,60 $\pm$ 0,12	2,48 $\pm$ 0,32

Примітка: за результатами порівняння з використанням тесту Тьюкі вірогідної різниці між варіантами дослідів не виявлено

Сосиски, оброблені стартовими культурами молочнокислих бактерій, зберігались без ознак псування до 30-ї доби. При цьому вміст води, жиру, білку та золи в пробах сосисок за обох варіантів обробки молочнокислими культурами бактерій знаходився на одному рівні (табл. 3.20). На 36-ту добу зберігання у вакуумній упаковці сосиски, оброблені стартовими культурами молочнокислих бактерій, були з ознаками псування і для хімічного аналізу не використовувались.

Таблиця 3.20

Хімічний склад сосисок «Соковиті» за обробки заквасками молочнокислих мікроорганізмів на 30-ту добу зберігання у вакуумній упаковці, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, %

Показник	Варіант	
	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
Волога	61,01 $\pm$ 1,12	60,18 $\pm$ 1,22
Білок	11,39 $\pm$ 0,62	11,25 $\pm$ 0,59
Жир	23,41 $\pm$ 1,44	23,65 $\pm$ 1,21
Зола	2,62 $\pm$ 0,18	2,53 $\pm$ 0,23

Примітка: за результатами порівняння вірогідної різниці між варіантами досліду не виявлено

Величина рН сосисок контрольного варіанту і сосисок оброблених культурами молочнокислих бактерій на першу добу зберігання не відрізнялась між собою (табл. 3.21).

На 18-ту добу зберігання величина рН сосисок, оброблених стартовою культурою SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis була нижчою ніж у контрольному варіанті на 0,48 од. та 0,61 од. відповідно. При цьому за величиною рН не виявлено вірогідної різниці між сосисками обох варіантів обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій.

В подальшому сосиски контрольного варіанту аналізу не підлягали. Зберігання сосисок, оброблених стартовою культурою SafePro BLC-48 та сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis, сприяло подальшому зниженню величини рН відповідно на 0,63 од. та 0,68 од. порівняно з вихідними показниками на першу добу зберігання.

Таблиця 3.21

Величина рН сосисок «Соковиті» за обробки заквасками молочнокислих мікроорганізмів за зберігання у вакуумній упаковці, $\bar{x} \pm SD$, n = 5, од.

Період дослідження, доба	Варіант		
	контрольний	дослідний 1 SafePro BLC-48	дослідний 2 SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis
1	6,71 $\pm$ 0,12 ^a	6,68 $\pm$ 0,14 ^a	6,59 $\pm$ 0,17 ^a
18	6,63 $\pm$ 0,13 ^a	6,15 $\pm$ 0,14 ^b	6,02 $\pm$ 0,11 ^b
30	-	6,05 $\pm$ 0,10 ^b	5,91 $\pm$ 0,07 ^b

Примітка: - на 21 добу сосиски зіпсувалися і не підлягали дослідженню; різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку і стовпці таблиці (p $\leq$ 0,05) з використанням тесту Тьюкі

Таким чином, зберігання сосисок «Соковиті» у вакуумній упаковці без обробки молочнокислими культурами бактерій забезпечує стабільність їх хімічного складу до 18-ї доби зберігання в охолоджену вигляді, а на 21-шу добу викликає ознаки псування: появу мутного соку, ослизнення, кислий запах і розшарування вакуумної упаковки.

Обробка сосисок «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) не впливає на хімічний склад сосисок за вмістом вологи, протеїну, жиру та золи до 30-ї доби зберігання в охолоджену стані. До 30-ї доби зберігання сосиски мають органолептичні показники характерні за смаком, запахом і зовнішнім виглядом для продукту належної якості. Псування сосисок за обох варіантів обробки стартовими культурами виникає на 36-ту добу зберігання в

умовах холодильника і характеризується появою мутного соку та кислим запахом і розшаруванням вакуумної упаковки.

Величина рН сосисок за обох варіантів обробки культурами молочнокислих бактерій знижується протягом всього періоду зберігання і досягає значення 6,05 од. та 5,91 од. на 30-ту добу зберігання.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Одним з найбільш важливих факторів, що визначає термін зберігання варених ковбасних виробів, до яких відносяться сосиски «Віденські з філе курки», є рівень мікробної контамінації вихідної сировини з якої вони виготовлені. Свинина жирна і напівжирна, філе курки-бройлера, а також суміш спецій і харчових добавок визначають мікробну контамінацію фаршу для сосисок. Як видно з одержаних нами даних, чисельність МАФАМ у свіжому фарші для сосисок суттєво перевищувала цей показник у готовому продукті, що свідчить про знешкодження значної частини мікроорганізмів під впливом термічної обробки та забезпечення відповідності вимогам чинного ДСТУ 4436:2005 [164]

Тривалість зберігання сосисок в охолодженому вигляді також визначається використанням оболонки і пакувальних матеріалів, які здатні забезпечувати їх повну ізоляцію від впливу факторів навколишнього середовища і гарантію відсутності мікробного обсіменіння [37].

Оболонки, які використовуються для виробництва сосисок, що піддаються варінню, повинні бути стійкими не лише до дії високих температур, а й до дії мікроорганізмів [146]. Аналіз мікробного забруднення поверхні поліамідної оболонки Mini Ralen показав, що чисельність МАФАМ, а також молочнокислих мікроорганізмів, дріжджів і плісняви на її поверхні не перевищувала встановлених вимог. Аналогічні результати були отримані і при мікробіологічному аналізі вакуумних багатошарових пакетів Amilen PA/PE.

У сосисках «Віденські з філе курки» на першу добу зберігання у вакуумній упаковці чисельність МАФАМ не перевищувала $3 \lg$ КУО/г, що відповідало вимогам ТУ У 15.1-00419880-049-2003 [175], а серед домінуючих мікроорганізмів було виявлено *Macroccoccus caseolyticus*, які є грампозитивними коками і відносяться до родини *Staphylococcaceae*. Ці мікроорганізми часто виділяють з молочних продуктів [157], яловичини,

свинини і ковбасних виробів, що узгоджується з отриманими нами результатами досліджень. *Macrococcus caseolyticus* належить до умовно патогенних мікроорганізмів, здатних викликати захворювання тварин [72]. Крім цього, він як найбільш вивчений вид роду *Macrococcus*, відомий своєю здатністю до ферментації з наданням аромату та смаку харчовим продуктам [113], а також властивістю синтезувати молочну кислоту [145]. Вважають, що жоден вид мікроорганізмів з роду *Macrococcus* не вважається патогенним для людини [43], тому він не представляє небезпеки для споживачів як інфекція.

У сосисках «Віденські з філе курки» за терміну зберігання одна доба виявлено також *Raoultella planticola* та *R. ornithinolytica*, які належать до родини Enterobacteriaceae – це грамнегативні, нерухомі, анаеробні бактерії роду *Raoultella*, які найчастіше зустрічаються у воді, ґрунті та водному середовищі [122]. Вони здатні викликати септичні процеси сечовивідних шляхів в організмі людей з ослабленим імунітетом, хоча доказів їх патогенності зареєстровано мало [53]. Їх походження у сосисках пов'язують з сировиною тваринного походження, зокрема з м'ясом птиці [52], яке згідно рецептури використовувалось для виготовлення сосисок «Віденські з філе курки».

Виявлені бактерії *Citrobacter freundii* у сосисках на першу добу зберігання належать до роду *Citrobacter*, родини Enterobacteriaceae – це грамнегативні рухливі факультативно анаеробні бактерії, які виділяються з курячого м'яса, фаршу холодильного зберігання та варено-тушкованих ковбас [58], що узгоджується з нашими дослідженнями.

Одним з мікроорганізмів, які домінували у пробах сосисок «Віденські з філе курки» на першу добу зберігання, була *Morganella morganii*, яка є факультативно анаеробною грамнегативною бактерією родини Enterobacteriaceae. Цей мікроорганізм виявлено в сири, конині [156], а також в рибних продуктах, де він утворює біогенні аміни, вміст яких свідчить про псування продукту [124]. Оскільки в склад сосисок входили харчові добавки,

які містили молочні білки, то, ймовірно, вони могли бути джерелом цієї бактерії, однак це потребує підтвердження.

Згідно ТУ У 15.1-00419880-049-2003 [175] термін зберігання сосисок «Віденські з філе курки» першого гатунку в поліамідній оболонці в холодильній камері за температури від 0 до +6°C становить 12 діб, однак використання вакуумної упаковки, як і очікувалось, продовжило цей термін і органолептичні ознаки псування продукту у вигляді появи мутного соку та розшарування упаковки було виявлено на 21 добу зберігання.

В цей період чисельність МАФAM у сосисках «Віденські з філе курки» перевищувала допустиме значення $3 \lg \text{ КУО/г}$ згідно ТУ У 15.1-00419880-049-2003 [175]. Серед домінуючих мікроорганізмів, які викликали псування сосисок, не виявлено бактерій, які були основними в сосисках «Віденські з філе курки» на першу добу зберігання, що свідчить про те, що вакуумна упаковка чи температурний режим створювали умови не придатні для росту і розмноження вище вказаної мікрофлори за зберігання в холодильнику. При цьому виявлено, що серед основних бактерій, які спричиняли псування сосисок, були представники родини Enterobacteriaceae, зокрема *Proteus mirabilis*, *Moellerella wisconsensis* та *Serratia liquefaciens*.

Proteus mirabilis є факультативно анаеробним умовно патогенним мікроорганізмом, що передається через їжу і є однією з найпоширеніших бактерій, що продукують гістамін у ферментованих м'ясних продуктах, зокрема в ковбасних виробках [149]. *Moellerella wisconsensis* виявлена у сосисках «Віденські з філе курки» з ознаками псування, представляє грамнегативні, факультативно анаеробні, нітратвідновлювальні та оксидазонегативні палички. Їх також часто виявляють у вареній шинці з ознаками псування [137]. *Serratia liquefaciens* відноситься до грамнегативних, факультативно анаеробних мікроорганізмів, що часто зустрічається в охолодженому м'ясі свинини [103]. Ймовірно, зберігання сосисок «Віденські з філе курки» у вакуумній упаковці в холодильній камері забезпечило умови, які сприяли розмноженню і росту цих мікроорганізмів.

Таким чином, основними мікроорганізмами, здатними викликати псування сосисок «Віденські з філе курки» на ранніх етапах є бактерії родин Enterobacteriaceae і Staphylococcaceae, а в кінці терміну зберігання – лише бактерії родини Enterobacteriaceae, які широко розповсюджені в сировині для виробництва сосисок і в навколишньому середовищі. Тому пригнічення розмноження бактерій, які здатні викликати їх псування, можливе за рахунок використання стартових культур молочнокислих мікроорганізмів.

Обробка сосисок «Віденські з філе курки» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою молочнокислих мікроорганізмів SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*) сприяла вірогідному збільшенню чисельності МАФАМ у сосисках на першу добу зберігання на порівняно з контролем.

За обробки стартовою культурою SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis у сосисках «Віденські з філе курки» на 12 добу зберігання в охолодженому стані чисельність МАФАМ також збільшилась порівняно з контролем. Аналогічна закономірність щодо кількості МАФАМ у сосисках обох дослідних варіантів спостерігалась і на 18 добу зберігання.

Сосиски «Віденські з філе курки» контрольного варіанту на 21 добу зберігання були з ознаками псування, які проявлялись появою та помутнінням соку і розшаруванням вакуумної упаковки, що не передбачало їх подальше зберігання та дослідження.

Зберігання сосисок «Віденські з філе курки» обох дослідних варіантів до 25 доби показало, що за органолептичними показниками вони відповідали вимогам чинних нормативних вимог, хоча чисельність МАФАМ в них продовжувала зростати. При цьому за обробки сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis кількість МАФАМ у сосисках була вищою, ніж за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48.

На 30 добу зберігання за обох варіантів обробки стартовими культурами органолептичні показники сосисок «Віденські з філе курки» відповідали вимогам чинних нормативів, а кількість МАФAM у них продовжувала зростати, причому у випадку використання суміші стартових культур вона переважала аналогічний варіант, де застосовували одну культуру. Таке збільшення кількості МАФAM свідчить про те, що стартові молочнокислі культури мікроорганізмів продовжують свою життєдіяльність і розмножуються у сосисках.

Чисельність молочнокислих мікроорганізмів у сосисках «Віденські з філе курки» на першу і 12 добу зберігання за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48 не відрізнялась від контролю, тоді як обробка сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Vactoferm Rubis сприяла збільшенню чисельності молочнокислих мікроорганізмів порівняно з контролем.

Подальше зберігання сосисок «Віденські з філе курки» в умовах холодильника на 25 та 30 добу сприяло збільшенню чисельності молочнокислих мікроорганізмів за обробки сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Vactoferm Rubis порівняно з обробкою стартовою культурою SafePro BLC-48. При цьому в сосисках за обох варіантів обробки спостерігався ріст чисельності молочнокислих мікроорганізмів протягом всього періоду зберігання.

Ознаки псування сосисок «Віденські з філе курки» такі як поява мутного соку, слизу на оболонці і розшарування вакуумної упаковки відмічали на 36 добу їх зберігання як за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48, так і сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Vactoferm Rubis порівняно з їх органолептичними показниками на першу добу зберігання.

Молочнокислі бактерії вважають основним представниками мікробної популяції, які виявляють у різних типах варених ковбас за зберігання у вакуумній упаковці. Відомо також, що різні штами *Lactobacillus sake* і *Lactobacillus curvatus* є частою причиною псування варених ковбасних виробів. Розмноження молочнокислих бактерій на поверхні варених ковбас

створює небажані сенсорні властивості, такі як кислий аромат і смак. Як правило під час варіння ковбасних виробів висока температура знищує молочнокислі бактерії на їх поверхні. Однак спостерігається вторинне зараження ковбас молочнокислими бактеріями, яке відбувається під час їх охолодження, фасування та упаковки, що є наслідком контакту з забрудненим повітрям, а також технологічним обладнанням та працівниками [76]. В нашому експерименті збільшення загальної чисельності молочнокислих мікроорганізмів у сосисках «Віденські з філе курки» дослідного варіанту 1, яке ми спостерігали протягом всього періоду зберігання, ймовірно, відбулося за рахунок стартової культури штаму SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*), а в сосисках другого дослідного варіанту – за рахунок суміші стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) і Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*), що сприяло збільшенню їх терміну придатності, на відміну від сосисок контрольного варіанту.

Згідно з даними [118] в основі механізму біоконсервації, запобігання росту патогенів і зменшення мікробного псування м'ясних варених виробів лежить здатність молочнокислих мікроорганізмів та/або продуктів їх метаболізму, зокрема бактеріоцинів знешкоджувати патогенні та умовно патогенні бактерії. В цьому дослідженні показано, що застосування сакацину G, виділеного з *Lactobacillus curvatus* ACU-1, для знешкодження *Listeria* та флори псування було ефективним за нанесення на оболонку як до, так і після набивання Віденської ковбаси. При цьому нанесення антимікробного засобу на готові ковбаси пригнічувало як молочнокислі бактерії, здатних псувати м'ясні вироби, так і мезофільні мікроорганізми з нульового часу відбору.

Протягом всього періоду зберігання у сосисках «Віденські з філе курки» як контрольного варіанту, так і за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48, чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis не було виявлено патогенних та умовно патогенних бактерій, зокрема *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E. coli*, бактерій групи кишкової палички, а також дріжджів і плісняви. Отримані нами результати досліджень

узгоджуються з даними [24], які довели повне знешкодження *L. monocytogenes* у ковбасі за рахунок використання стартових молочнокислих культур бактерій. Збільшення терміну зберігання сосисок за обох варіантів обробки в нашому експерименті пов'язано зі здатністю *L. curvatus* пригнічувати ріст бактерій, зокрема Enterobacteriaceae, *Pseudomonas fragi* та *Brochothrix thermosphacta*, які викликають псування м'ясних продуктів під час зберігання [158].

Отримані дані свідчать, що поєднання використання стартової культури Bactoferm Rubis з SafePro BLC-48 є малоефективним для зберігання сосисок у вакуумній упаковці, оскільки не забезпечує збільшення терміну їх придатності. Ймовірно, використання стартової культури Bactoferm Rubis як аеробного мікроорганізму, яке базувалось на поглинанні залишків кисню, виявилось не ефективним у даному випадку, оскільки вакуумна упаковка для сосисок могла забезпечити достатню ступінь видалення кисню, а основними патогенами, які викликали псування сосисок були ентеробактерії, які належать до факультативних анаеробів. Основний ефект щодо збільшення терміну придатності сосисок забезпечила стартова культура SafePro BLC-48 (*L. curvatus*), яка також є факультативним анаеробом, що у вакуумній упаковці могло забезпечити її ріст і розмноження в умовах холодильника. Це підтверджують дані наведені рядом вчених [35], які свідчать про здатність різних штамів *L. curvatus* синтезувати бактеріоцини, зокрема курвацин А, сакацин G, сакацин Р і сакацин Х, курватицин 13, лактоцин AL705 і курватицин 422, які переносять широкий діапазон рН середовища і температурних умов, володіють антибактеріальною дією проти широкого спектру патогенних бактерій і бактерій, що викликають псування м'ясних продуктів таких як *Bacillus cereus*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* і *Enterococcus faecium*.

Ідея щодо використання поглиначів кисню в даний час для продовження терміну придатності харчових продуктів, зокрема м'ясних виробів, в основному реалізується за рахунок використання плівок, саше, порошків або

компонентів пакувального матеріалу у поєднанні з хімічними речовинами такими як метали та оксиди металів, органічні кислоти, антимікробні пептиди та бактеріоцини, протимікробні агенти рослинного походження, ферменти, лактоферин, хітозан та бактеріофаги, зниження активність води, рН, використання багат шарових композитних матеріалів та/або вакууму, або модифікованої атмосфери. Сучасний попит збільшує їх додавання безпосередньо до пакувального матеріалу, а не до складу харчових продуктів [50, 59]. Серед цих консервантів найчастіше використовуються бактеріоцини молочнокислих бактерій, зокрема *L. curvatus* [32]. Доведено, що розпилення розчину бактеріоцину *L. curvatus* на поліетиленові плівки забезпечувало стабільну антилістеріозну активність, а термічна обробка при 70 °С не вплинула на антибактеріальну активність плівок. Порівняно з плівкою, обробленою нізином, плівка з активного поліетилену, оброблена лактоцином, ефективніше пригнічувала *Listeria*, і це не впливало на функціональні властивості плівки. При цьому встановлено, що температура і термін експозиції певною мірою впливають на адсорбцію бактеріоцину поліетиленовою плівкою, причому 60 хвилин і 30°С вважають оптимальними умовами для адсорбції [35].

В нашому експерименті спрей суспензії стартових молочнокислих культур наносився на поліамідну оболонку сосисок, яка контактує з одного боку з сосисочним фаршем, а з другого – з вакуумною упаковкою, що створює додаткову перешкоду для проникнення мікроорганізмів, які викликають псування сосисок. Чисельність МАФAM на поверхні оболонки сосисок «Віденські з філе курки» за обробки суспензією стартової культури SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis протягом всього періоду зберігання зростала. За даних умов обробка сосисок сумішшю стартових культур сприяла збільшенню на їх поверхні кількості МАФAM на 18 і на 30 добу зберігання порівняно з обробкою суспензією стартової культури SafePro BLC-48. Це дозволяє вважати, що основними видами бактерій, які колонізували поліамідну оболонку сосисок за обробки їх

спреєм стартових культур, були молочнокислі мікроорганізми, у дослідному варіанті 1 – *Lactobacillus curvatus*, а в дослідному варіанті 2 – суміш *Lactobacillus curvatus* та *Lactococcus lactis subsp. Lactis*.

Отже, отримані результати досліджень свідчать, що використання стартової культури SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи суміші стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) для обробки сосисок «Віденські з філе курки» дозволяє збільшити термін зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому вигляді на 12 діб за рахунок складного і багатокомпонентного механізму пригнічення мікроорганізмів, які викликають їх псування. Використання суміші стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) для обробки сосисок «Віденські з філе курки» може бути перспективним за підтвердження розвитку аеробних бактерій, що викликають їх псування.

У виробництві варених м'ясних виробів, зокрема сосисок, існує декілька етапів контамінації сировини мікроорганізмами, здатними викликати їх псування. Суттєвим фактором, що визначає мікробіологічні показники готових виробів, є гігієна обробки туш забійних тварин, рівень подрібнення основної сировини, а також санітарно-гігієнічні умови цеху з виробництва сосисок (технологічне обладнання, повітряне середовище, інструменти та руки робітників). Крім того, спеції і допоміжна сировина, а також сосисочні оболонки та упаковка також містять різні види як аеробів, так і анаеробів, які за належної температури і поживного середовища можуть рости і розмножуватися. Наявність багатьох патогенних бактерій у сировині для виготовлення сосисок, куди входить м'ясо тварин і птиці добре задокументовано. Серед бактерій можуть бути патогени: *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, а також сапрофіти *Pseudomonas*, які прискорюють псування м'яса [79]. Ризик підвищення кількості мікроорганізмів у готовому м'ясному продукті зростає разом із підвищенням

рівня подрібнення та посиленням деградації м'язових волокон, що має місце під час виготовлення фаршу для сосисок.

Як показали отримані нами дослідження рівень контамінації мікрофлорою свіжого фаршу для сосисок за чисельністю МАФАМ досягав $3,23 \lg$ КУО/г, що пов'язано з використанням значної кількості основної і допоміжної сировини, яка включає свинину жирну і напівжирну, м'ясо птиці, емульсію шкірки свинячої, молоко сухе, крохмаль картопляний, воду (лід), харчові добавки, які містять спеції і екстракти спецій, а також оболонки для сосисок, що значно збільшує ризик надходження мікрофлори різного походження у фарш. Термічна обробка сосисок під час їх варіння забезпечує температуру в середині батона на рівні 70°C , що дозволяє знищити значну частину мікрофлори, чисельність якої у готовому продукті суттєво знизилася і відповідала вимогам ДСТУ 4436:2005 [164].

На першу добу зберігання у сосисках «Соковиті» чисельність МАФАМ знаходилася на рівні вимог чинного ДСТУ 4436:2005 [164]. Домінуючими мікроорганізмами, які виявлені у сосисках на першу добу зберігання, були *Klebsiella variicola* та *Bacillus amyloliquefaciens plantarum* ssp.

Klebsiella variicola належить до родини Enterobacteriaceae і класифікуються як грамнегативні, факультативно анаеробні, нерухомі бактерії, поширені в рослинах, організмі людини і тварин [121]. Це порівняно не давно ідентифікований мікроорганізм, який довгий час вважали компонентом нормального мікробіому кишечника людини, рубця великої рогатої худоби, а останнім часом розглядають як патоген, здатний викликати інфекції сечовивідних шляхів як у людини, так і в тварин. Відомо також, що *Klebsiella variicola* може знаходитися у свинині [75], цей мікроорганізм здатний викликати мастит у великої рогатої худоби і виділятися з молоком та продуктами тваринництва [57]. Ймовірно, причиною контамінації фаршу для сосисок «Соковиті» могли бути як руки робітників, так і сировина та харчові добавки, які входили до складу фаршу для виготовлення сосисок, що потребує

додаткових досліджень ланцюга поширення *Klebsiella variicola* в умовах даного м'ясопереробного підприємства.

Bacillus amyloliquefaciens plantarum ssp. належать до грампозитивних факультативних анаеробів, які широко розповсюджені в навколишньому середовищі і відомі як колонізатори ризосфери рослин, що захищають і стимулюють їх ріст [99]. Ці види мікроорганізмів не представляють небезпеки для людини і тварин, а навпаки виконують важливу пробіотичну роль у системі травлення [21]. Вони також синтезують протеази, здатні гідролізувати нативні нерозчинні протеїни (еластин, фібрин, колаген). Окремі штами *Bacillus amyloliquefaciens* ssp. *plantarum* є основними компонентами пробіотичних препаратів, зокрема у ветеринарії на їх основі виготовляють Ендоспорин [126]. Це певною мірою пояснює потрапляння цих мікроорганізмів у сировину для виготовлення сосисок.

Зберігання сосисок у вакуумній упаковці в умовах холодильника супроводжувалось збільшенням чисельності МАФАМ, що на 21 добу досягало критичної величини і характеризувалось появою ознак псування – соку та його помутнінням і розшаруванням вакуумної упаковки. Серед домінуючих мікроорганізмів, які виявлено у сосисках на 21 добу зберігання, були представники родини Enterobacteriaceae: *Moellerella wisconsensis*, *Proteus mirabilis* та Bacillaceae: *Bacillus cereus*.

Proteus mirabilis належить до факультативно анаеробних умовно патогенних мікроорганізмів, який широко розповсюджений у ферментованих м'ясних продуктах, зокрема в ковбасних виробих і часто є причиною їх псування [149]. *Moellerella wisconsensis* представляє собою грамнегативні, факультативно анаеробні, нітратвідновлювальні і оксидазонегативні палички. Її також часто виявляють у варених м'ясних виробих з ознаками псування [137].

Грампозитивна факультативно анаеробна бактерія *Bacillus cereus* належить до родини Bacillaceae, яка повсюдно поширена в навколишньому середовищі і може бути виділена з їжі та харчових матеріалів. Вона також

утворює термостійкі спори, які, ймовірно, витримують м'яку термічну обробку м'ясних варених продуктів, яка передбачає досягнення температури 70°C в середині батона сосиски. Деякі штами *B. cereus* можуть розмножуватися за температури 8°C і нижче, що досягається в умовах побутового холодильника, де зберігаються сосиски [4, 151]. Отримані нами результати досліджень свідчать про перевагу різних видів мікроорганізмів у сосисках залежно від терміну їх зберігання у вакуумній упаковці. Це узгоджується з раніше отриманими даними [41], які підтверджують зміну видового складу популяцій мікроорганізмів у ковбасі під час зберігання в умовах холодильника. При цьому видовий склад угруповання мікрофлори, яка викликає псування м'ясних виробів, не змінюється різко протягом пізнього терміну зберігання, тоді як триваюча метаболічна діяльність призводить до розвитку помітного погіршення органолептичних характеристик [62], зокрема появу соку, неприємного запаху та ослизнення.

Збільшення терміну зберігання сосисок можливе за рахунок обробки стартовими культурами молочнокислих мікроорганізмів, які є антагоністами мікрофлори, що викликає їх псування. Обробка сосисок перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) сприяла збільшенню чисельності МАФМ практично протягом всього періоду їх зберігання порівняно з контролем (табл. 4). При цьому їх число досягало і перевищувало регламентовану чинним стандартом величину 3 lg КУО/г, однак можна вважати, що в даному випадку основу МАФМ у сосисках складали бажані молочнокислі мікроорганізми: у дослідному варіанті 1 – SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*), а в дослідному варіанті 2 – суміш SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*).

Зберігання сосисок контрольного варіанту до 18 доби в охолодженому вигляді показало, що чисельність МАФМ у них наближалась до гранично допустимого значення, що робить їх подальше зберігання не доцільним. Таким

чином, можна вважати, що зберігання сосисок у вакуумній упаковці в охолодженому вигляді можливе лише до 18 доби, коли чисельність МАФАМ не перевищує $3 \lg$ КУО/г і органолептичні показники відповідають чинному ДСТУ 4436:2005 [164].

Зберігання сосисок дослідних варіантів показало, що на 25 і на 30 добу інтенсивність збільшення кількості МАФАМ у сосисках оброблених сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis була вищою ніж за обробки культурою SafePro BLC-48. Не зважаючи на таке підвищення чисельності МАФАМ у сосисках обох дослідних варіантів змін органолептичних показників, які б свідчили про їх псування не відмічали до 36 доби. На 36 добу зберігання у сосисках обох дослідних варіантів виявили помутніння соку та розшарування вакуумної упаковки. Продовження терміну зберігання сосисок за обох варіантів обробки стартовими молочнокислими культурами пояснюється здатністю *L. curvatus* пригнічувати ріст бактерій псування, зокрема Enterobacteriaceae, *Pseudomonas fragi* та *Brochothrix thermosphacta*, які часто виявляють в м'ясних продуктах під час зберігання у вакуумній упаковці. Він також може пригнічувати ріст *Pseudomonas putida* на пізній стадії зберігання. *L. curvatus* значно зменшує мікробне різноманіття в м'ясних продуктах, що відбувається за рахунок синтезу бактеріоцину, який може контролювати процес бродіння, пригнічуючи ріст специфічних бактерій і конкурентних мікробних спільнот і, таким чином, підвищувати безпеку м'ясних варених продуктів, зокрема сосисок. Інгібіторні властивості *L. curvatus* тісно пов'язані з утворенням органічних кислот – молочної та оцтової і перекису водню, а також конкуренцією з іншими мікроорганізмами за обмежені поживні речовини [78, 158].

Чисельність молочнокислих мікроорганізмів у сосисках контрольного і дослідних варіантів протягом всього періоду зберігання зростала. При цьому у сосисках обох дослідних варіантів обробки стартовими культурами кількість молочнокислих мікроорганізмів перевищувала аналогічні показники в контролі тільки починаючи з 12 доби зберігання, що пов'язано з низькою

проникністю поліамідної оболонки Евго-Бар для мікроорганізмів. Слід відмітити, що у контрольному варіанті і обох дослідних варіантах обробки сосисок чисельність молочнокислих мікроорганізмів складала основу всієї кількості МАФАМ. Отже молочнокислі мікроорганізми, які були основною мікрофлорою у сосисках контрольного варіанту, також могли бути причиною їх псування поряд з іншими бактеріями, зокрема родини Enterobacteriaceae.

Доведено, що психротрофні молочнокислі бактерії складають основу мікроорганізмів псування м'яса за зберігання в умовах модифікованої атмосфери [62]. При цьому види мікроорганізмів, які належать до роду *Leuconostoc*, були найпоширенішими активними молочнокислими бактеріями протягом усього періоду дослідження, тоді як активність бактерій родини Streptococcaceae (головним чином роду *Lactococcus*) зростає після псування продукту. Це також підтверджують результати досліджень Кіпрських ковбасок в яких були виявлені грампозитивні бактерії, які належать до родів *Latilactobacillus* (раніше відомий як *Lactobacillus*), *Bacillus* і *Enterococcus* [68].

За чисельністю молочнокислих мікроорганізмів сосиски оброблені сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Vactoferm Rubis переважали аналогічні показники сосисок, оброблених однією стартовою культурою SafePro BLC-48 особливо на 25 і 30 добу зберігання, що пов'язано з більшою чисельністю молочнокислих мікроорганізмів, що потрапляли в сосиски на початку зберігання. Це узгоджується з кількістю МАФАМ на поверхні поліамідної оболонки Евго-Бар після обробки стартовими культурами молочнокислих мікроорганізмів. Таким чином за рахунок обробки поверхні сосисок спреєм стартових молочнокислих мікроорганізмів був створений додатковий бар'єр для мікрофлори, яка викликає псування. Це також підтверджують результати дослідження чисельності умовно патогенних та патогенних мікроорганізмів, зокрема *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E. coli*, бактерій групи кишкової палички, а також дріжджів і плісняви у сосисках протягом всього періоду зберігання.

Ідея створення біозахисної плівки для харчових продуктів була оцінена для варених ковбас [60] та м'яса [153]. Результати показали, що харчова плівка з активним плантарицином покращила бар'єрні властивості для кисню, зменшила кількість життєздатних *Listeria monocytogenes* на $3,6 \log_{10}$ КУО/мл у рідкому середовищі та приблизно на $1,4 \log_{10}$ КУО/г у м'ясі, яке зберігалось при 4°C протягом 8 днів, порівняно з контролем. Більше того, кількість життєздатних аеробів і анаеробів у м'ясі, упакованому в плівку з активним плантарицином, була знижена приблизно на $0,6 \log_{10}$ КУО/г і $1,1 \log_{10}$ КУО/г у порівнянні з м'ясом, упакованим із плівкою з поліпропілену при 4°C протягом 12 днів. В цьому дослідженні доведено, що активна плівка може подовжити термін придатності м'яса шляхом інгібування *L. monocytogenes* і фонових бактерій псування в охолоджену м'ясі, яке зберігається при 4°C.

Слід відмітити, що використання в нашому експерименті суміші SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) не поліпшило, але й не погіршило результат щодо збільшення тривалості зберігання сосисок «Соковиті» порівняно з використанням лише стартової культури SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*). Це не суперечить вимогам щодо використання змішаних стартових культур під час виробництва м'ясних виробів [63].

Як видно з наведених даних, основними мікроорганізмами, які викликали псування сосисок, особливо в кінці терміну зберігання, були факультативні анаероби, що вказує на дефіцит кисню у вакуумній упаковці та неможливість розвитку і розмноження аеробних бактерій. В такому випадку використання поглинача надлишку кисню в середовищі такого як Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) виявилось не достатньо ефективним. Аналогічні результати були отримані в дослідженні екстракту хмелю як поглинача кисню в модифікованій атмосфері для зберігання ковбас. Автори зазначають, що не зважаючи на поглинання кисню, досягти збільшення терміну зберігання ковбас понад 21 добу в умовах холодильника не вдалося [29].

Молочнокислі бактерії вважаються основним компонентом мікробної популяції, що виявляють у різних типах варених ковбасних виробів у вакуумній упаковці. Доведено, що *Lactobacillus sakei* і *Lactobacillus curvatus* є звичайними видами цих продуктів. *L. sakei* складає переважну частину мікробної популяції, яка викликає псування м'ясних виробів, зокрема сосисок. Розмноження молочнокислих бактерій на поверхні ковбас створює небажані сенсорні властивості, такі як кислий аромат і смак. Також виявлено специфічне явище псування, що має комерційне значення, яке характеризується довгими, розтягнутими полісахаридними нитками між сосисками або шматочками ковбаси. Варка сосисок знищує молочнокислі бактерії на їх поверхні, однак у процесі охолодження та пакування відбувається їх повторна контамінація [76]. Небажаний ріст польових штамів молочнокислих бактерій у м'ясних продуктах є однією з головних причин їх псування за зберігання у вакуумній упаковці. Ймовірно, це було однією з причин псування сосисок контрольного варіанту, яке ми спостерігали на 21-шу добу за зберігання їх в охолодженому вигляді. Зростання чисельності молочнокислих бактерій польових штамів викликає специфічне псування м'ясних виробів, яке проявляється появою кислого запаху, зниженням рН та утворенням слизу, що скорочує термін їх зберігання [8, 94].

Під час псування ковбас часто виявляють аміак, сполуки сірки, кетони, альдегіди, складні ефіри, органічні кислоти та біогенні аміни, які являють собою основні молекули, що виробляються мікроорганізмами псування [106]. Ентеробактерії, пліснява та лактобактерії польових штамів утворюють аміак та оцтову кислоту і обидва показники свідчать про псування ковбас. Молочнокислі бактерії можуть виробляти сполуки аміаку лише за низького рівня цукру у м'ясному фарші. Наявність оцтової кислоти, що надає ковбасам кислуватий запах, спричиняють ентеробактерії, пліснява та гетероферментативні бактерії. У ферментованих ковбасах ентерококи, *Enterobacteriaceae* і деякі лактобактерії зазвичай є основними продуцентами біогенних амінів, таких як тирамін, гістамін, кадаверин і путресцин, які також

визначають сенсорні характеристики цих продуктів, особливо в кінці терміну зберігання [64]. За зберігання сосисок, оброблених стартовими культурами молочнокислих бактерій, навіть за появи мутного соку на 36-ту добу ми не виявляли запаху аміаку, що обумовлено переважаючою чисельністю стартових молочнокислих культур у продукті.

Відомо, що сенсорні показники м'яса та м'ясних варених виробів, зокрема сосисок є важливим критерієм вибору для споживачів. При цьому вони не завжди відображають ступінь контамінації мікроорганізмами готового продукту на початку і під час зберігання [148]. Це ж стосується варених ковбасних виробів, які перед вакуумною упаковкою обробляються стартовими культурами молочнокислих бактерій. Необхідно зазначити, що у випадку обробки сосисок стартовими культурами молочнокислих мікроорганізмів вони збільшують загальне число мезофільних аеробних та факультативних анаеробних мікроорганізмів за рахунок корисних бактерій, які забезпечують консервацію продукту і гарантію його безпечності для споживачів. Це пояснює збільшення терміну зберігання сосисок у нашому експерименті за обох варіантів обробки. При цьому органолептичні показники сосисок протягом 30 діб зберігання у вакуумній упаковці відповідали якісному і безпечному продукту, що підтверджується їх хімічним складом.

Отримані нами результати аналізу хімічного складу сосисок, оброблених стартовими культурами молочнокислих бактерій узгоджуються з даними, отриманими [104], які свідчать, що зберігання сосисок до 30-ї доби у вакуумній упаковці не впливає на вміст вологи, білка, жиру та золи. Суттєві зміни хімічного складу сосисок можуть відбуватись в проміжку між 30-ю та 60-ю добою зберігання в охолодженому вигляді [104], а за використання бактеріоцину нізину та композиції природних антиоксидантів рослинного походження [6] – після 45 доби зберігання. Аналогічні зміни виявлено нами за обробки сосисок стартовими культурами SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis на 36-ту добу.

Як важливий параметр величина рН може значною мірою впливати на колір, водоутримувальну здатність, властивості білка, смак і термін зберігання м'ясних продуктів [39, 55]. Отримані нами результати дослідження не суперечать даним, отриманим у варених ковбасах, які зберігались у вакуумній упаковці з вихідними значенням рН від 5,83 од. до 5,96 од. [139]. В іншому дослідженні діапазон величини рН сосисок коливався від 6,19 од. до 5,39 од. і знижувався починаючи від 7-ї до 60-ї доби їх зберігання [104]. Зниження величини рН під час зберігання ковбасних виробів у вакуумній упаковці може бути пов'язане з внутрішніми властивостями м'яса та/або мікроорганізмами ферментації і, зокрема, з ростом чисельності стартових культур молочнокислих бактерій. Різниця величини рН сосисок, зареєстрована між варіантами обробки, може бути пов'язана з наявністю у сосисках польових штамів *Lactobacillus* [10].

Молочнокислі бактерії, які складають основу стартових культур, зокрема *Lactobacillus sakei*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus curvatus*, використовуються для збільшення терміну зберігання сирих і варених м'ясних продуктів [129]. Антимікробна активність молочнокислих бактерій пояснюється комплексною дією метаболітів, що ними виробляються. Окрім органічних кислот, перекису водню, діацетилю та CO₂, вони також утворюють велику групу білкових речовин зі значною антимікробною та/або бактеріостатичною активністю, так званих бактеріоцинів [79, 125], що в нашому експерименті дало можливість збільшити термін зберігання сосисок на 12 діб. Це певною мірою пояснює не достатньо високу ефективність обробки ковбасних виробів з м'яса індички чи свинини лише молочною кислотою в концентраціях 1%, 2% та 0,57% і 1,13%, за зберігання в упаковці з модифікованою атмосферою в охолоджену вигляді. Така обробка ковбасних виробів з метою пригнічення процесів псування не забезпечувала збільшення терміну їх придатності більше 22 днів [85]. Аналогічний факт було виявлено і щодо застосування лактату натрію як консерванта, який в

максимальній концентрації не забезпечив збільшення терміну придатності варених ковбас у вакуумній упаковці [48].

Використання вакуумної упаковки створює анаеробні умови, які впливають на видовий склад мікроорганізмів під час зберігання сосисок [136], що сприяє знищенню значної кількості аеробів у таких умовах. Однак враховуючи, що одними з основних мікроорганізмів, які викликають псування варених м'ясних виробів, зокрема сосисок, є представники родини *Enterobacteriaceae*, які є факультативними анаеробами, визнані як відповідальні за харчові захворювання, і стійкі до антибіотиків в таких умовах можуть продовжувати розмноження і свою життєдіяльність. В такому випадку використання спеціальних штамів стартових культур молочнокислих бактерій таких як SafePro BLC-48, які є також факультативними анаеробами, може бути ефективним за рахунок створення конкуренції та несприятливих умов для мікроорганізмів, які викликають псування сосисок [83]. До того ж використання спеціальних штамів молочнокислих бактерій розглядається як стратегія біоконтролю патогенів та мікроорганізмів псування м'ясних виробів з фаршу і як альтернатива хімічним консервантам [2].

Ще однією перевагою стартових культур молочнокислих бактерій є їх здатність поліпшувати фізико-хімічні та органолептичні характеристики м'ясних продуктів під час зберігання [3], що узгоджується з результатами наших досліджень.

Одночасно з цим вакуумна упаковка, яка видаляє повітря, не замінюючи його іншим газом, запобігає забрудненню продукту небажаною мікробіотою та втраті води [144], що узгоджується зі стабільними показниками хімічного складу, особливо вмістом вологи у сосисках протягом 30-ти діб зберігання за обох варіантів обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій. Використання суміші стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis для обробки сосисок перед вакуумною упаковкою виявилось недостатньо ефективним і не поліпшило термін зберігання сосисок, оскільки для розмноження бактерій штаму Bactoferm Rubis необхідні аеробні умови.

ВИСНОВКИ

Дисертаційну роботу присвячено санітарно-гігієнічній оцінці двох найменувань сосисок різного складу за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій штамів SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) та Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. lactis*). Проведеними дослідженнями встановлено, що обробка сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» перед вакуумною упаковкою суспензіями молочнокислих бактерій штаму SafePro BLC-48 чи сумішшю бактерій штамів SafePro BLC-48 і Bactoferm Rubis забезпечила збільшення терміну їх зберігання на 12 діб за гарантування безпечності та належної якості. Визначено видовий склад мікроорганізмів, які викликають псування сосисок у вакуумній упаковці, залежно від їх складу та терміну зберігання в охолоджену вигляді. З'ясовано вплив стартових культур молочнокислих мікроорганізмів на мікробіологічні, фізико-хімічні та органолептичні показники сосисок у вакуумній упаковці протягом періоду зберігання.

1. Мікробіологічні показники поліамідної одношарової оболонки Euro-Бар, для сосисок «Соковиті», та поліамідної оболонки Mini Ralen для сосисок «Віденські з філе курки», а також вакуумної багат шарової упаковки Amilen PA/PE для сосисок обох найменувань за чисельністю МАФАМ, молочнокислих мікроорганізмів, дріжджів і пліснявих грибів відповідали чинним нормативним вимогам.
2. Варіння знижувало кількість МАФАМ у сосисках «Віденські з філе курки» на 3,75 lg КУО/г, а в сосисках «Соковиті» – на 2,02 lg КУО/г порівняно з сирим фаршем, що відповідало максимальному значенню, регламентованому нормативними документами.
3. Основними мікроорганізмами, які викликають псування сосисок «Віденські з філе курки» у вакуумній упаковці на першу добу зберігання в охолоджену вигляді, є бактерії родин Enterobacteriaceae (*Raoultella*

planticola, *R. ornithinolytica*, *Morganella morganii*, *Citrobacter freundii*) і *Staphylococcaceae* (*Macrococcus caseolyticus*), а в кінці терміну зберігання (на 21 добу) – бактерії родини *Enterobacteriaceae* (*Proteus mirabilis*, *Moellerella wisconsensis*, *Serratia liquefaciens*).

4. Видовий склад мікроорганізмів псування сосисок «Соковиті» у вакуумній упаковці залежить від терміну їх зберігання в охолоджену вигляді. На першу добу у сосисках «Соковиті» домінуючими мікроорганізмами псування були представники родин *Enterobacteriaceae* – *Klebsiella variicola* та *Bacillaceae* – *Bacillus amyloliquefaciens plantarum ssp*, а в кінці терміну зберігання (на 21-шу добу) представники родин *Enterobacteriaceae* – *Moellerella wisconsensis*, *Proteus mirabilis* та *Bacillaceae* – *Bacillus cereus*.
5. Обробка сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою молочнокислих мікроорганізмів SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) + Bactoferm Rubis (*Lactococcus lactis subsp. Lactis*) у дозі 5×10^6 КУО/см² сприяла збільшенню чисельності МАФМ за рахунок молочнокислих бактерій протягом всього періоду зберігання порівняно з необробленими сосисками. Сосиски «Віденські з філе курки» та «Соковиті» починаючи з 25-ї доби зберігання за обробки сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis переважали за кількістю МАФМ сосиски оброблені стартовою культурою SafePro BLC-48.
6. Протягом всього періоду зберігання сосисок «Віденські з філе курки» і «Соковиті» як контрольного варіанту, так і за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48, чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis не було виявлено патогенних та умовно патогенних бактерій, зокрема *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *E. coli*, бактерій групи кишкової палички, а також дріжджів і плісняви.
7. Обробка сосисок перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 +

Bactoferm Rubis не впливала на вміст води, протеїну, жиру та золи на тлі зниження величини рН сосисок «Віденські з філе курки» до 6,15 од. та 6,01 од. і сосисок «Соковиті» до 6.05 од. та 5.91 од. відповідно на 30-у добу зберігання в охолоджену стані.

8. До 30-ї доби зберігання сосиски «Віденські з філе курки» і «Соковиті» за обробки стартовою культурою SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis мали органолептичні показники характерні за смаком, запахом і зовнішнім виглядом для продукту належної якості. Псування сосисок виникає на 36-ту добу зберігання в умовах холодильника і характеризується появою мутного соку та кислим запахом і розшаруванням вакуумної упаковки.
9. Зберігання сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» у вакуумній упаковці в охолоджену вигляді без обробки стартовими молочнокислими культурами доцільне лише до 18-ї доби, а на 21-шу добу зберігання виникають ознаки псування у вигляді появи і помутніння соку та розшарування вакуумної упаковки.
10. За обробки сосисок «Віденські з філе курки» та «Соковиті» перед вакуумною упаковкою стартовою культурою SafePro BLC-48 чи сумішшю стартових культур SafePro BLC-48 + Bactoferm Rubis термін зберігання збільшується на 12 діб і становить 30 діб.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для ефективного підбору біоконсерванту на основі спеціальних штамів молочнокислих бактерій необхідно проводити визначення видового складу домінуючих бактерій псування на початку і в кінці зберігання сосисок.
2. За виявлення в сосисках у поліамідній оболонці і вакуумній упаковці бактерій псування, які належать до родин *Enterobacteriaceae* та *Bacillaceae*, для збільшення терміну їх зберігання з належними показниками безпеки та якості рекомендовано перед вакуумною упаковкою проводити обробку спреєм суспензії культури молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro BLC-48 (*Lactobacillus curvatus*) у дозі 5×10^6 КУО/см².

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aaliya, B., Valiyapeediyekkal Sunooj, K., Navaf, M., Parambil Akhila, P., Sudheesh, C., Ahmad Mir, S., Sabu, S., Sasidharan, A., Theingi Hlaing, M., & George, J. (2021). Recent trends in bacterial decontamination of food products by hurdle technology: A synergistic approach using thermal and non-thermal processing techniques. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 147, 110514. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110514>
2. Abouloifa, H., Gaamouche, S., Idrissi Yahyaoui, M., Moumnassi, S., Hasnaoui, I., Bellaouchi, R., Rokni, Y., Ghabbour, N., Saalaoui, E., & Asehraou, A. (2023). The efficiency of *Lactiplantibacillus plantarum* S61 strain as protective cultures in ground beef against foodborne pathogen *Escherichia coli*. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 39(12), 327. <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03763-5>
3. Abouloifa, H., Hasnaoui, I., Ben Slima, S., Rokni, Y., Gaamouche, S., Trabelsi, I., Bellaouchi, R., Ghabbour, N., Ben Salah, R., Jaouadi, B., Saalaoui, E., & Asehraou, A. (2022). Bio-preservation effect of probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* S61 against *Rhodotorula glutinis* and *Listeria monocytogenes* in poultry meat. *Current Microbiology*, 79(8), 232. <https://doi.org/10.1007/s00284-022-02923-4>
4. Adamski, P., Byczkowska-Rostkowska, Z., Gajewska, J., Zakrzewski, A. J., & Kłębukowska, L. (2023). Prevalence and antibiotic resistance of *Bacillus* sp. isolated from raw milk. *Microorganisms*, 11(4), 1065. doi:10.3390/microorganisms11041065
5. Ajourloo, M., Khanjari, A., Misaghi, A., Akhondzadeh Basti, A., Kamkar, A., Yadegar, F., Gholami, F., Khansavar, F., & Fallah, F. (2021). Combined effects of *Ziziphora clinopodioides* essential oil and lysozyme to extend shelf life and control *Listeria monocytogenes* in Balkan-style fresh sausage. *Food Science & Nutrition*, 9(3), 1665–1675. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2141>

6. Alirezalu, K., Hesari, J., Nemati, Z., Munekeata, P. E. S., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2019). Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 120, 839–850. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.048>
7. Aminzare, M., Hashemi, M., Afshari, A., Mokhtari, M. H., & Noori, S. M. A. (2022). Impact of microencapsulated *Ziziphora tenuior* essential oil and orange fiber as natural-functional additives on chemical and microbial qualities of cooked beef sausage. *Food Science & Nutrition*, 10(10), 3424–3435. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2943>
8. Amna, T., Yang, J., Ryu, K. S., & Hwang, I. H. (2015). Electrospun antimicrobial hybrid mats: Innovative packaging material for meat and meat-products. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4600–4606. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1508-2>
9. Austrich-Comas, A., Jofré, A., Gou, P., & Bover-Cid, S. (2023). Assessing the Impact of different technological strategies on the fate of *Salmonella* in chicken dry-fermented sausages by means of challenge testing and predictive models. *Microorganisms*, 11(2), 432. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020432>
10. Badia, V., de Oliveira, M. S. R., Polmann, G., Milkiewicz, T., Galvão, A. C., & da Silva Robazza, W. (2020). Effect of the addition of antimicrobial oregano (*Origanum vulgare*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils on lactic acid bacteria growth in refrigerated vacuum-packed Tuscan sausage. *Brazilian Journal of Microbiology: [publication of the Brazilian Society for Microbiology]*, 51(1), 289–301. <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00146-7>
11. Barcenilla, C., Álvarez-Ordóñez, A., López, M., Alvseike, O., & Prieto, M. (2022). Microbiological safety and shelf-life of low-salt meat products – A review. *Foods* (Basel, Switzerland), 11(15), 2331. <https://doi.org/10.3390/foods11152331>

12. Barcenilla, C., Ducic, M., López, M., Prieto, M., & Álvarez-Ordóñez, A. (2022). Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review. *Meat Science*, 183, 108661. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108661>
13. Bayer, E. V., Novozhitskaya, Yu. N., Shevchenko, L. V., & Mykhalska, V. M. (2017). Monitoring of residues of veterinary preparations in food products. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(3), 251–257. https://doi.org/10.15421/2017_76
14. Bayer, O. V., Kaminska, O. V., Bondarets, O. V., Yaremchuk, O. S., Skoromna, O. I., Midyk, S. V., Shevchenko, L. V., Mykhalska, V. M., Stupak, O. M., Liniichuk, N. V. (2019). Evaluation of ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry for determination of avermectin residues in milk. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 521–526. https://doi.org/10.15421/2019_784
15. Bayer, O. V., Yaremchuk, O. S., Shevchenko, L. V., & Mykhalska, V. M. (2017). The development and validation of a rapid method for the determination of antibiotics in milk by high-pressure liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), 569–575. https://doi.org/10.15421/2017_162
16. Bayer, O.V. Bondarets, O.V. Mykhalska V.M., Shevchenko, L.V., Stupak, O.M. Fesenko, J.V. Dovgopol, Y.V. Liniichuk, N.V. Kovalenko, V.L. Galka, I.V. Kryvenok, M. J., & Poliakovskiy V.M. (2021). Evaluation of QuEChERS sample preparation for determination of benzimidazoles residues in meat by UPLC-MS/MS. *Methods and Objects of Chemical Analysis*, 16(1), 32–40. <https://doi.org/10.17721/moca.2021.32-40>
17. Bellucci, E. R. B., Bis-Souza, C. V., Domínguez, R., Bermúdez, R., & Barretto, A. C. D. S. (2022). Addition of natural extracts with antioxidant function to preserve the quality of meat products. *Biomolecules*, 12(10), 1506. <https://doi.org/10.3390/biom12101506>

18. Benson, A. K., David, J. R., Gilbreth, S. E., Smith, G., Nietfeldt, J., Legge, R., Kim, J., Sinha, R., Duncan, C. E., Ma, J., & Singh, I. (2014). Microbial successions are associated with changes in chemical profiles of a model refrigerated fresh pork sausage during an 80-day shelf life study. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(17), 5178–5194. <https://doi.org/10.1128/AEM.00774-14>
19. Beya, M. M., Netzel, M. E., Sultanbawa, Y., Smyth, H., & Hoffman, L. C. (2021). Plant-based phenolic molecules as natural preservatives in comminuted meats: A review. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 10(2), 263. <https://doi.org/10.3390/antiox10020263>
20. Bhattacharya, D., Nanda, P. K., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., Dhar, P., & Das, A. K. (2022). Lactic acid bacteria and bacteriocins: novel biotechnological approach for biopreservation of meat and meat products. *Microorganisms*, 10(10), 2058. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10102058>
21. Bin Hafeez, A., Pełka, K., Worobo, R., & Szweda, P. (2024). In silico safety assessment of *Bacillus* isolated from Polish bee pollen and bee bread as novel probiotic candidates. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(1), 666. <https://doi.org/10.3390/ijms25010666>
22. Bodie, A. R., O'Bryan, C. A., Olson, E. G., & Ricke, S. C. (2023). Natural antimicrobials for *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meats: current challenges and future prospects. *Microorganisms*, 11(5), 1301. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051301>
23. Bogdanović, S., Stanković, S., Berić, T., Tomasevic, I., Heinz, V., Terjung, N., & Dimkić, I. (2023). Bacteriobiota and chemical changes during the ripening of traditional fermented “Pirot ‘ironed’ sausage”. *Foods*, 12(3), 664. <https://doi.org/10.3390/foods12030664>
24. Bošković, M., Tadić, V., Đorđević, J., Glišić, M., Lakićević, B., Dimitrijević M., & Baltić, M. Ž. (2017). Effect of starter cultures on survival of *Listeria monocytogenes* in Čajna sausage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 85, 59th International Meat Industry

- Conference MEATCON 2017 1–4 October 2017, Zlatibor, Serbia, 012074.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012074>
25. Bourdichon, F., Berger, B., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvad, J.C., Gerds, M.L., Hammes, W.P., Harnett, J., Huys, G., Laulund S., et al. (2012). Safety demonstration of microbial food cultures (MFC) in fermented food products. *Bulletin of the International Dairy Federation*. 455, 62.
 26. Bui, Q. M., Nguyen, Q. T., Nguyen, T. T., Nguyen, H. M., Phung, T. T., Le, V. A., Truong, N. M., Mac, T. V., Nguyen, T. D., Hoang, L. T. A., Tran, H. M. D., Le, V. N., & Nguyen, M. D. (2024). Multivariate statistical analysis for the classification of sausages based on physicochemical attributes, using attenuated total reflectance-fourier transform infrared (ATR-FTIR) and inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2024, 1329212.
<https://doi.org/10.1155/2024/1329212>
 27. Campêlo, M. C. S., Medeiros, J. M. S., & Silva, J. B. A. (2019). Natural products in food preservation. *International Food Research Journal*, 26(1), 41-46.
 28. Carballo J. (2021). Sausages: Nutrition, safety, processing and quality improvement. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(4), 890.
<https://doi.org/10.3390/foods10040890>
 29. Carballo, D. E., Andrés, S., Giráldez, F. J., Khanjari, A., Caro, I., Llamazares, D., Operta, S., & Mateo, J. (2020). The effects of storage and hop extract on aroma and flavour compounds in Balkan-style sausages packed under a CO₂-containing anaerobic atmosphere. *Heliyon*, 6(10), e05251.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05251>
 30. Carballo, D. E., Mateo, J., Andrés, S., Giráldez, F. J., Quinto, E. J., Khanjari, A., Operta, S., & Caro, I. (2019). Microbial growth and biogenic amine production in a Balkan-style fresh sausage during refrigerated storage under a CO₂-containing anaerobic atmosphere: effect of the addition of *Zataria*

- multiflora* essential oil and hops extract. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 8(4), 227. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8040227>
31. Carrión, M. G., Corripio, M. A. R., Contreras, J. V. H., Marrón, M. R., Olán, G. M., & Cázares, A. S. H. (2023). Optimization and characterization of taro starch, nisin, and sodium alginate-based biodegradable films: antimicrobial effect in chicken meat. *Poultry Science*, 102(12), 103100. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103100>
 32. Castellano, P., Pérez Ibarreche, M., Blanco Massani, M., Fontana, C., & Vignolo, G. M. (2017). Strategies for pathogen biocontrol using lactic acid bacteria and their metabolites: a focus on meat ecosystems and industrial environments. *Microorganisms*, 5(3), 38. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030038>
 33. Castilho, N. P. A., Colombo, M., Oliveira, L. L., Todorov, S. D., & Nero, L. A. (2019). *Lactobacillus curvatus* UFV-NPAC1 and other lactic acid bacteria isolated from calabresa, a fermented meat product, present high bacteriocinogenic activity against *Listeria monocytogenes*. *BMC Microbiology*, 19(1), 63. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1436-4>
 34. Chaillou, S., Ramaroson, M., Coeuret, G., Rossero, A., Anthoine, V., Champomier-Vergès, M., Moriceau, N., Rezé, S., Martin, J. L., Guillou, S., & Zagorec, M. (2022). Combination of high-pressure treatment at 500 MPa and biopreservation with a *Lactococcus lactis* strain for lowering the bacterial growth during storage of diced cooked ham with reduced nitrite salt. *Microorganisms*, 10(2), 456. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020456>
 35. Chen, Y., Yu, L., Qiao, N., Xiao, Y., Tian, F., Zhao, J., Zhang, H., Chen, W., & Zhai, Q. (2020). *Latilactobacillus curvatus*: a candidate probiotic with excellent fermentation properties and health benefits. *Foods* (Basel, Switzerland), 9(10), 1366. <https://doi.org/10.3390/foods9101366>
 36. Cheng, C., Jiang, L., Li, X., Song, H., Fang, W. (2024). Can natural preservatives serve as a new line of protective technology against bacterial

- pathogens in meat and meat products? Food Quality and Safety, 8(1-17), fyad049. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyad049>
- 37.Cheng, H., Xu, H., Julian McClements, D., Chen, L., Jiao, A., Tian, Y., Miao, M., & Jin, Z. (2022). Recent advances in intelligent food packaging materials: Principles, preparation and applications. Food Chemistry, 375, 131738. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131738>
 - 38.Choe E. (2020). Roles and action mechanisms of herbs added to the emulsion on its lipid oxidation. Food Science and Biotechnology, 29(9), 1165–1179. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00800-z>
 - 39.Choi, J. S., & Chin, K. B. (2020). Evaluation of physicochemical and textural properties of chicken breast sausages containing various combinations of salt and sodium tripolyphosphate. Journal of Animal Science and Technology, 62(4), 577–586. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.4.577>
 - 40.Cichello, S. A. (2015). Oxygen absorbers in food preservation: a review. Journal of Food Science and Technology, 52(4), 1889–1895. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1265-2>
 - 41.Cocolin, L., Rantsiou, K., Iacumin, L., Urso, R., Cantoni, C., & Comi, G. (2004). Study of the ecology of fresh sausages and characterization of populations of lactic acid bacteria by molecular methods. Applied and Environmental Microbiology, 70(4), 1883–1894. <https://doi.org/10.1128/AEM.70.4.1883-1894.2004>
 - 42.Comi, G., Muzzin, A., Corazzin, M., & Iacumin, L. (2020). Lactic acid bacteria: variability due to different pork breeds, breeding systems and fermented sausage production technology. Foods (Basel, Switzerland), 9(3), 338. <https://doi.org/10.3390/foods9030338>
 - 43.Cotting, K., Strauss, C., Rodriguez-Campos, S., Rostaher, A., Fischer, N. M., Roosje, P. J., Favrot, C., & Perreten, V. (2017). *Macrococcus canis* and *M. caseolyticus* in dogs: occurrence, genetic diversity and antibiotic resistance. Veterinary Dermatology, 28(6), 559–e133. <https://doi.org/10.1111/vde.12474>

- 44.Crowe, W., Elliott, C. T., & Green, B. D. (2019). A Review of the in vivo evidence investigating the role of nitrite exposure from processed meat consumption in the development of colorectal cancer. *Nutrients*, 11(11), 2673. <https://doi.org/10.3390/nu11112673>
- 45.Cullere, M., Novelli, E., & Dalle Zotte, A. (2020). Fat inclusion level, nacl content and LAB starter cultures in the manufacturing of Italian-type Ostrich Salami: weight loss and nutritional traits. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(4), 476. <https://doi.org/10.3390/foods9040476>
- 46.Czerwiński, K., Rydzkowski, T., Wróblewska-Krepsztul, J., & Thakur, V.K. (2021). Towards impact of modified atmosphere packaging (MAP) on shelf-life of polymer-film-packed food products: challenges and sustainable developments. *Coatings*, 11, 1504. <https://doi.org/10.3390/coatings11121504>
- 47.Darbandi, A., Asadi, A., Mahdizade Ari, M., Ohadi, E., Talebi, M., Halaj Zadeh, M., Darb Emamie, A., Ghanavati, R., & Kakanj, M. (2022). Bacteriocins: properties and potential use as antimicrobials. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36(1), e24093. <https://doi.org/10.1002/jcla.24093>
- 48.de Lima, A. L., Guerra, C. A., Costa, L. M., de Oliveira, V. S., Lemos Junior, W. J. F., Luchese, R. H., & Guerra, A. F. (2022). A natural technology for vacuum-packaged cooked sausage preservation with potentially postbiotic-containing preservative. *Fermentation*, 8(3), 106. <https://doi.org/10.3390/fermentation8030106>
- 49.Dohlen, S., Braun, C., Brodkorb, F., Fischer, B., Ilg, Y., Kalbfleisch, K., Lorenz, R., Kreyenschmidt, M., & Kreyenschmidt, J. (2017). Effect of different packaging materials containing poly-[2-(tert-butylamino) methylstyrene] on the growth of spoilage and pathogenic bacteria on fresh meat. *International Journal of Food Microbiology*, 257, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.007>

- 50.Duda-Chodak, A., Tarko, T., & Petka-Poniatowska, K. (2023). Antimicrobial compounds in food packaging. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2457. <https://doi.org/10.3390/ijms24032457>
- 51.EFSA Panel on Biological Hazards Scientific Opinion on the maintenance of the list of QPS biological agents intentionally added to food and feed (2013 update). *EFSA Journal*, 2013, 11, 3449. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3449>
- 52.El-Shannat, S. M., El-Tawab, A. A. A., & Hassan, W. M. M. (2020). Emergence of *Raoultella ornithinolytica* isolated from chicken products in Alexandria, Egypt. *Veterinary World*, 13(7), 1473–1479. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.1473-1479>
- 53.Fager, C., & Yurteri-Kaplan, L. (2018). Urinary tract infection with rare pathogen *Raoultella planticola*: A post-operative case and review. *Urology Case Reports*, 22, 76–79. <https://doi.org/10.1016/j.eucr.2018.11.004>
- 54.Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R. D., & Johnson, S. K. (2017). Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.002>
- 55.Feng, C.-H. (2022). Quality evaluation and mathematical modelling approach to estimate the growth parameters of total viable count in sausages with different casings. *Foods*, 11(5), 634. <https://doi.org/10.3390/foods11050634>
- 56.Fraqueza, M. J., Laranjo, M., Alves, S., Fernandes, M. H., Agulheiro-Santos, A. C., Fernandes, M. J., Potes, M. E., & Elias, M. (2020). Dry-cured meat products according to the smoking regime: process optimization to control polycyclic aromatic hydrocarbons. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(1), 91. <https://doi.org/10.3390/foods9010091>
- 57.Giannattasio-Ferraz, S., Ene, A., Johnson, G., Maskeri, L., Oliveira, A. P., Banerjee, S., Barbosa-Stancioli, E. F., & Putonti, C. (2022). Multidrug-resistant *Klebsiella variicola* isolated in the urine of healthy bovine heifers, a potential risk as an emerging human pathogen. *Applied and Environmental Microbiology*, 88(9), e0004422. <https://doi.org/10.1128/aem.00044-22>

58. Girova T. D. & Gochev V. K. (2009) Detection and enumeration of spoilage and pathogenic microorganisms in refrigeratory stored meat products. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23(1), 896-899, <https://doi.org/10.1080/13102818.2009.10818567>
59. Gupta, P. (2023). Role of oxygen absorbers in food as packaging material, their characterization and applications. *Journal of Food Science and Technology*, 61(2), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05681-8>
60. Hashemi, M., Aminzare, M., Hassanzadazar, H., Roohinejad, S., Tahergorabi, R., & Bekhit, A. E. A. (2023). Impact of sodium alginate-based film loaded with resveratrol and thymol on the shelf life of cooked sausage and the inoculated *Listeria monocytogenes*. *Food Science & Nutrition*, 11(12), 7855–7869. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3702>
61. Hernández-Aquino, S., Miranda-Romero, L. A., Fujikawa, H., Maldonado-Simán, E. J., & Alarcón-Zuñiga, B. (2019). Antibacterial activity of lactic acid bacteria to improve shelf life of raw meat. *Biocontrol Science*, 24(4), 185–192. <https://doi.org/10.4265/bio.24.185>
62. Hultman, J., Johansson, P., & Björkroth, J. (2020). Longitudinal metatranscriptomic analysis of a meat spoilage microbiome detects abundant continued fermentation and environmental stress responses during shelf life and beyond. *Applied and Environmental Microbiology*, 86(24), e01575-20. <https://doi.org/10.1128/AEM.01575-20>
63. Hwang, J., Kim, Y., Seo, Y., Sung, M., Oh, J., & Yoon, Y. (2023). Effect of starter cultures on quality of fermented sausages. *Food Science of Animal Resources*, 43(1), 1–9. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e75>
64. Iacumin, L., Manzano, M., Panseri, S., Chiesa, L., & Comi, G. (2016). A new cause of spoilage in goose sausages. *Food Microbiology*, 58, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.03.007>
65. Jessen, B. (1995). Starter cultures for meat fermentations. In *fermented meats* (pp. 130-159). Boston, MA: Springer US

66. Jin, H., Park, S.-K., Yun, Y.-G., Song, N.-E., & Baik, S.-H. (2023). Isolation of *Latilactobacillus curvatus* with enhanced nitric oxide synthesis from Korean traditional fermented food and investigation of its probiotic properties. *Microorganisms*, 11(9), 2285. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092285>
67. Julizan, N., Ishmayana, S., Zainuddin, A., Van Hung, P., & Kurnia, D. (2023). Potential of *Syzygnium polyanthum* as natural food preservative: A review. *Foods*, 12(12), 2275. <https://doi.org/10.3390/foods12122275>
68. Kamilari, E., Efthymiou, M., Anagnostopoulos, D. A., & Tsaltas, D. (2021). Cyprus sausages' bacterial community identification through metataxonomic sequencing: evaluation of the impact of different DNA extraction protocols on the sausages' microbial diversity representation. *Frontiers in Microbiology*, 12, 662957. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.662957>
69. Karam, L., Roustom, R., Abiad, M. G., El-Obeid, T., & Savvaidis, I. N. (2019). Combined effects of thymol, carvacrol and packaging on the shelf-life of marinated chicken. *International Journal of Food Microbiology*, 291, 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.11.008>
70. Karoki, W. H., Karanja, D. N., Bebola, L. C., & Njagi, L. W. (2018). Isolation, characterization, and quantification of bacteria from African sausages sold in Nairobi county, Kenya. *International Journal of Food Science*, 2018, 3861265. <https://doi.org/10.1155/2018/3861265>
71. Kawecki, K., Stangierski, J., & Cegielska-Radziejewska, R. (2021). The influence of packing methods and storage time of poultry sausages with liquid and microencapsulated fish oil additives on their physicochemical, microbial and sensory properties. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(8), 2653. <https://doi.org/10.3390/s21082653>
72. Keller, J. E., Schwendener, S., Neuenschwander, J., Overesch, G., & Perreten, V. (2022). Prevalence and characterization of methicillin-resistant *Macroccoccus* spp. in food producing animals and meat in Switzerland in 2019. *Prävalenz und Charakterisierung von Methicillin-resistenten Macroccoccus*

- spp. bei Nutztieren und Fleisch in der Schweiz im Jahr 2019. Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 164(2), 153–164. <https://doi.org/10.17236/sat00343>
73. Khodayari, M., Basti, A. A., Khanjari, A., Misaghi, A., Kamkar, A., Shotorbani, P. M., & Hamed, H. (2019). Effect of poly (lactic acid) films incorporated with different concentrations of *Tanacetum balsamita* essential oil, propolis ethanolic extract and cellulose nanocrystals on shelf life extension of vacuum-packed cooked sausages. Food Packaging and Shelf Life, 19, 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.11.009>
74. Kim, H. S., Lee, S. Y., Kang, H. J., Joo, S. T., & Hur, S. J. (2019). Effects of six different starter cultures on mutagenicity and biogenic amine concentrations in fermented sausages treated with vitamins C and E. Food Science of Animal Resources, 39(6), 877–887. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e66>
75. Klaper, K., Hammerl, J. A., Rau, J., Pfeifer, Y., & Werner, G. (2021). Genome-Based Analysis of *Klebsiella* spp. Isolates from animals and food products in Germany, 2013–2017. Pathogens, 10(5), 573. <https://doi.org/10.3390/pathogens10050573>
76. Korkeala, H. J., & Björkroth, K. J. (1997). Microbiological spoilage and contamination of vacuum-packaged cooked sausages. Journal of Food Protection, 60(6), 724–731. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-60.6.724>
77. Kumariya, R., Garsa, A., Rajput, Y., Sood, S., Akhtar, N., & Patel, S. (2019). Bacteriocins: classification, synthesis, mechanism of action and resistance development in food spoilage causing bacteria. Microbial Pathogenesis, 128, 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.002>
78. Laranjo, M., Potes, M. E., & Elias, M. (2019). Role of starter cultures on the safety of fermented meat products. Frontiers in Microbiology, 10, 853. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00853>
79. Łaszkiewicz, B., Szymański, P., Zielińska, D., & Kołożyn-Krajewska, D. (2021). Application of *Lactiplantibacillus plantarum* SCH1 for the

- bioconservation of cooked sausage made from mechanically separated poultry meat. *Applied Sciences*. 11, 1576. <https://doi.org/10.3390/app11041576>.
80. Lee, H., & Yoon, Y. (2021). Etiological agents implicated in foodborne illness World wide. *Food Science of Animal Resources*, 41(1), 1–7. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e75>
 81. Lee, N. K., & Paik, H. D. (2016). Status, antimicrobial mechanism, and regulation of natural preservatives in livestock food systems. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(4), 547–557. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.4.547>
 82. Lerasle, M., Federighi, M., Simonin, H., Anthoine, V., Rezé, S., Chéret, R., & Guillou, S. (2014). Combined use of modified atmosphere packaging and high pressure to extend the shelf-life of raw poultry sausage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 23, 54-60. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.02.009>
 83. Li, X., Xiong, Q., Zhou, H., Xu, B., & Sun, Y. (2021). Analysis of microbial diversity and dynamics during bacon storage inoculated with potential spoilage bacteria by high-throughput sequencing. *Frontiers in Microbiology*, 12, 713513. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.713513>
 84. Luong, N. M., Coroller, L., Zagorec, M., Membré, J. M., & Guillou, S. (2020). Spoilage of chilled fresh meat products during storage: a quantitative analysis of literature data. *Microorganisms*, 8(8), 1198. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081198>
 85. Luong, N. M., Jeuge, S., Coroller, L., Feurer, C., Desmonts, M. H., Moriceau, N., Anthoine, V., Gavignet, S., Rapin, A., Frémaux, B., Robieu, E., Zagorec, M., Membré, J. M., & Guillou, S. (2020). Spoilage of fresh turkey and pork sausages: Influence of potassium lactate and modified atmosphere packaging. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 137, 109501. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109501>
 86. Marrone, R., Smaldone, G., Ambrosio, R. L., Festa, R., Ceruso, M., Chianese, A., & Anastasio, A. (2021). Effect of beetroot (*Beta vulgaris*) extract on Black

- Angus burgers shelf life. *Italian Journal of Food Safety*, 10(1), 9031.
<https://doi.org/10.4081/ijfs.2021.9031>
87. Martínez, L., Djenane, D., Cilla, I., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (2005). Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Meat Science*, 71(3), 563–570.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.041>
88. Martins, W. F., Longhi, D. A., de Aragão, G. M. F., Melero, B., Rovira, J., & Diez, A. M. (2020). A mathematical modeling approach to the quantification of lactic acid bacteria in vacuum-packaged samples of cooked meat: Combining the TaqMan-based quantitative PCR method with the plate-count method. *International Journal of Food Microbiology*, 318, 108466.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108466>
89. Martuscelli, M., Serio, A., Capezio, O., & Mastrocola, D. (2020). Safety, quality and analytical authentication of ḥalāl meat products, with particular emphasis on salami: A review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(8), 1111.
<https://doi.org/10.3390/foods9081111>
90. Matthews, K. R., Kniel, K. E., & Montville, T. J. (2017). *Food Microbiology: An Introduction*. 4th ed. ASM Press, Washington, DC, USA.
91. Mauriello, G., Ercolini, D., La Stora, A., Casaburi, A., & Villani, F. (2004). Development of polythene films for food packaging activated with an antilisterial bacteriocin from *Lactobacillus curvatus* 32Y. *Journal of Applied Microbiology*, 97(2), 314–322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02299.x>
92. Mazzola, N., & I.G.L. Sarantopoulos, C. (2020). Packaging design alternatives for meat products. *IntechOpen*.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.88586>
93. Mei, J., Ma, X., & Xie, J. (2019). Review on natural preservatives for extending fish shelf life. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(10), 490.
<https://doi.org/10.3390/foods8100490>

94. Min, H., An, F., Wei, T., Wang, S., Ma, P., & Dai, Y. (2023). Microbial community structure and biogenic amines content variations in chilled chicken during storage. *Food Science & Nutrition*, 11(2), 627–638. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3122>
95. Mohammadpourfard, I., Khanjari, A., Akhonzadeh Basti, A., Herrero-Latorre, C., Shariatifar, N., & Hosseini, H. (2020). Evaluation of microbiological, chemical, and sensory properties of cooked probiotic sausages containing different concentrations of astaxanthin, thymol, and nitrite. *Food Science & Nutrition*, 9(1), 345–356. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2000>
96. Molognoni, L., Daguer, H., Motta, G. E., Merlo, T. C., & Lindner, J. D. (2019). Interactions of preservatives in meat processing: Formation of carcinogenic compounds, analytical methods, and inhibitory agents. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 125, 108608. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108608>
97. Munekata, P. E. S., Gullón, B., Pateiro, M., Tomasevic, I., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2020). Natural antioxidants from seeds and their application in meat products. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 9(9), 815. <https://doi.org/10.3390/antiox9090815>
98. Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Bellucci, E. R. B., Domínguez, R., da Silva Barretto, A. C., & Lorenzo, J. M. (2021). Strategies to increase the shelf life of meat and meat products with phenolic compounds. *Advances in Food and Nutrition Research*, 98, 171–205. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.02.008>
99. Niazi, A., Manzoor, S., Asari, S., Bejai, S., Meijer, J., & Bongcam-Rudloff, E. (2014). Genome analysis of *Bacillus amyloliquefaciens subsp. plantarum* UCMB5113: a rhizobacterium that improves plant growth and stress management. *PloS One*, 9(8), e104651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104651>
100. Nieto-Lozano, J. C., Reguera-Useros, J. I., Peláez-Martínez, M. D. C., Sacristán-Pérez-Minayo, G., Gutiérrez-Fernández, Á. J., & de la Torre, A. H.

- (2010). The effect of the pediocin PA-1 produced by *Pediococcus acidilactici* against *Listeria monocytogenes* and *Clostridium perfringens* in Spanish dry-fermented sausages and frankfurters. *Food Control*, 21(5), 679-685. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.10.007>
101. Odeyemi, O. A., Alegbeleye, O. O., Strateva, M., & Stratev, D. (2020). Understanding spoilage microbial community and spoilage mechanisms in foods of animal origin. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 311–331. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12526>
 102. Pang, X., Song, X., Chen, M., Tian, S., Lu, Z., Sun, J., Li, X., Lu, Y., & Yuk, H. G. (2022). Combating biofilms of foodborne pathogens with bacteriocins by lactic acid bacteria in the food industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 1657–1676. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12922>
 103. Papatsiros, V.G. Athanasiou, L.V. Spanou, V.M. Stylianaki, I. Papakonstantinou, G. Letsios, M. Villioti, C.S. Tsekouras, N. Maragkakis, G. Papaioannou, N. Christodouloupoulos, G. (2020). First case of *Serratia liquefaciens* isolated from urinary tract infection in sows and associated clinicopathological and pathological findings. *Letters in Applied Microbiology*, 70(4), 259–262. <https://doi.org/10.1111/lam.13267>
 104. Parrini, S., Sirtori, F., Acciaioli, A., Becciolini, V., Croveti, A., Franci, O., Romani, A., Scardigli, A., & Bozzi, R. (2019). Effect of replacement of synthetic vs. natural curing agents on quality characteristics of Cinta senese frankfurter-type sausage. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 10(1), 14. <https://doi.org/10.3390/ani10010014>
 105. Peck, M. W., Webb, M. D., & Goodburn, K. E. (2020). Assessment of the risk of botulism from chilled, vacuum/modified atmosphere packed fresh beef, lamb and pork held at 3 C-8°C. *Food Microbiology*, 91, 103544. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103544>
 106. Pellegrini, M., Barbieri, F., Montanari, C., Iacumin, L., Bernardi, C., Gardini, F., & Comi, G. (2023). Microbial spoilage of traditional goose

- sausages produced in a northern region of Italy. *Microorganisms*, 11(8), 1942. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11081942>
107. Pérez, L., Pincay, R., Salazar, D., Flores, N., & Escolastico, C. (2023). Evaluation of the quality and lipid content of artisan sausages produced in Tungurahua, Ecuador. *Foods* (Basel, Switzerland), 12(23), 4288. <https://doi.org/10.3390/foods12234288>
 108. Piper, J. D., & Piper, P. W. (2017). Benzoate and sorbate salts: a systematic review of the potential hazards of these invaluable preservatives and the expanding spectrum of clinical uses for sodium benzoate. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 868–880. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12284>
 109. Raeisi, S., Ojagh, S. M., Pourashouri, P., Salaün, F., & Quek, S. Y. (2021). Shelf-life and quality of chicken nuggets fortified with encapsulated fish oil and garlic essential oil during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 121–128. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04521-3>
 110. Rahman, M., Islam, R., Hasan, S., Zzaman, W., Rana, M. R., Ahmed, S., Roy, M., Sayem, A., Matin, A., Raposo, A., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B. A., & Sunny, A. R. (2022). A comprehensive review on bio-preservation of bread: an approach to adopt wholesome strategies. *Foods* (Basel, Switzerland), 11(3), 319. <https://doi.org/10.3390/foods11030319>
 111. Raimondi, S., Luciani, R., Sirangelo, T. M., Amaretti, A., Leonardi, A., Ulrici, A., et al. (2019). Microbiota of sliced cooked ham packaged in modified atmosphere throughout the shelf life: microbiota of sliced cooked ham in MAP. *International Journal of Food Microbiology*, 289, 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.017>
 112. Ramaroson, M., Guillou, S., Rossero, A., Rezé, S., Anthoine, V., Moriceau, N., Martin, J. L., Duranton, F., & Zagorec, M. (2018). Selection procedure of bioprotective cultures for their combined use with high pressure processing to control spore-forming bacteria in cooked ham. *International*

- Journal of Food Microbiology, 276, 28–38.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.010>
113. Ramos, G. L. P. A., Vigoder, H. C., & Nascimento, J. S. (2021). Technological applications of *Macrococcus caseolyticus* and its impact on food safety. *Current Microbiology*, 78(1), 11–16.
<https://doi.org/10.1007/s00284-020-02281-z>
 114. Ranucci, D., Roila, R., Andoni, E., Braconi, P., & Branciari, R. (2019). *Punica granatum* and *Citrus* spp. extract mix affects spoilage microorganisms growth rate in vacuum-packaged cooked sausages made from pork meat, emmer wheat (*Triticum dicoccum* Schübler), almond (*Prunus dulcis* Mill.) and hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Foods* (Basel, Switzerland), 8(12), 664.
<https://doi.org/10.3390/foods8120664>
 115. Regulation (EC) N 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety
 116. Regulation (EC) No 1935/2004 of the European Parliament and of the Council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC
 117. Remenant, B., Jaffrès, E., Dousset, X., Pilet, M. F., & Zagorec, M. (2015). Bacterial spoilers of food: behavior, fitness and functional properties. *Food Microbiology*, 45(Pt A), 45–53.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.03.009>
 118. Rivas, F. P., & Garro, O. A. (2023). Functionality of the bacteriocin Sakacin G produced by *Lactobacillus curvatus* ACU-1 on cooked sausages under industrial conditions. *Letters in Applied Microbiology*, 76(2), ovad015.
<https://doi.org/10.1093/lambio/ovad015>
 119. Rivas, F. P., Castro, M. P., Vallejo, M., Marguet, E., & Campos, C. A. (2014). Sakacin Q produced by *Lactobacillus curvatus* ACU-1: functionality

- characterization and antilisterial activity on cooked meat surface. *Meat Science*, 97(4), 475–479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.003>
120. Rocha, J. M., Kovacevik, B., Veličkovska, S. K., Tamame, M., & Teixeira, J. A. (2024). Diversity of microorganisms and their metabolites in food. *Microorganisms*, 12(1), 205. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12010205>
 121. Rodríguez-Medina, N., Barrios-Camacho, H., Duran-Bedolla, J., & Garza-Ramos, U. (2019). *Klebsiella variicola*: an emerging pathogen in humans. *Emerging Microbes & Infections*, 8(1), 973–988. <https://doi.org/10.1080/22221751.2019.1634981>
 122. Romero, P. P. (2021). Infecciones urinarias por el género *Raoultella*. Revisión de la literatura y aportación de 1 caso por *Raoultella ornithinolytica* [Tract infections by the genus *Raoultella*. Literature review and contribution of 1 case of *Raoultella ornithinolytica*.]. *Archivos Espanoles de Urologia*, 74(3), 276–286.
 123. Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. M. (2021). Novel strategies for the development of healthier meat and meat products and determination of their quality characteristics. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(11), 2578. <https://doi.org/10.3390/foods10112578>
 124. Ryser, L. T., Arias-Roth, E., Perreten, V., Irmeler, S., & Bruggmann, R. (2021). Genetic and phenotypic diversity of *Morganella morganii* isolated from cheese. *Frontiers in Microbiology*, 12, 738492. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.738492>
 125. Rzepkowska, A., Zielińska, D., Ołdak, A. and Kołożyn-Krajewska, D. (2017). Organic whey as a source of *Lactobacillus* strains with selected technological and antimicrobial properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 1983–1994. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13471>
 126. Safronova, L. S., Skorochod, I. A., & Ilyash, V. M. (2021). Antioxidant and antiradical properties of probiotic strains *Bacillus amyloliquefaciens* ssp.

- plantarum*. Probiotics and Antimicrobial Proteins, 13(6), 1585–1597.
<https://doi.org/10.1007/s12602-021-09827-y>
127. Schilling, M. W., Pham-Mondala, A. J., Dhowlaghar, N., Campbell, Y. L., Dinh, T. T., Tolentino, A. C., Williams, J. B. & Xiong, Y. L., (2019). Changes in the volatile composition of fresh pork sausage with natural antioxidants during long-term frozen storage. Meat and Muscle Biology, 3(1). 194–209. <https://doi.org/10.22175/mmb2019.03.0007>
 128. Segli, F., Melian, C., Muñoz, V., Vignolo, G., & Castellano, P. (2021). Bioprotective extracts from *Lactobacillus acidophilus* CRL641 and *Latilactobacillus curvatus* CRL705 inhibit a spoilage exopolysaccharide producer in a refrigerated meat system. Food Microbiology, 97, 103739. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103739>
 129. Sharma, H., Fidan, H., Özogul, F., & Rocha, J. M. (2022). Recent development in the preservation effect of lactic acid bacteria and essential oils on chicken and seafood products. Frontiers in Microbiology, 13, 1092248. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1092248>
 130. Shevchenko, L. V., Dobrozhan, Y. V., Mykhalska, V. M., Osipova, T. Y., & Solomon, V. V. (2019). Contamination of hen manure with nine antibiotics in poultry farms in Ukraine. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 10(4), 532–537. doi:10.15421/021978
 131. Shim, S. M., Seo, S. H., Lee, Y., Moon, G. I., Kim, M. S., & Park, J. H. (2011). Consumers' knowledge and safety perceptions of food additives: Evaluation on the effectiveness of transmitting information on preservatives. Food Control, 22(7), 1054-1060. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.01.001>
 132. Simons, A., Alhanout, K., & Duval, R. E. (2020). Bacteriocins, antimicrobial peptides from bacterial origin: overview of their biology and their impact against multidrug-resistant bacteria. Microorganisms, 8(5), 639. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050639>

133. Singhal, N., Kumar, M., Kanaujia, P. K., & Viridi, J. S. (2015). MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Frontiers in Microbiology*, 6, 791. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00791>
134. Smaoui, S., Echegaray, N., Kumar, M., Chaari, M., D'Amore, T., Shariati, M. A., Rebezov, M., & Lorenzo, J. M. (2023). Beyond conventional meat preservation: saddling the control of bacteriocin and lactic acid bacteria for clean label and functional meat products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 10.1007/s12010-023-04680-x. Advance Online Publication. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04680-x>
135. Song, D.-H., Hoa, V. B., Kim, H. W., Khang, S. M., Cho, S.-H., Ham, J.-S., & Seol, K.-H. (2021). Edible films on meat and meat products. *Coatings*, 11, 1344. <https://doi.org/10.3390/coatings11111344>
136. Spada, E., De Cianni, R., Di Vita, G., & Mancuso, T. (2024). Balancing Freshness and sustainability: charting a course for meat industry innovation and consumer acceptance. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(7), 1092. <https://doi.org/10.3390/foods13071092>
137. Spampinato, G., Candelieri, F., Amaretti, A., Licciardello, F., Rossi, M., & Raimondi, S. (2022). Microbiota survey of sliced cooked ham during the secondary shelf life. *Frontiers in Microbiology*, 13, 842390. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.842390>
138. Stangierski, J., Rezler, R., & Kawecki, K. (2023). An analysis of changes in the physicochemical and mechanical properties during the storage of smoked and mould salamis made in Poland. *Molecules*, 28(13), 5122. <https://doi.org/10.3390/molecules28135122>
139. Stangierski, J., Rezler, R., Kawecki, K., & Peplińska, B. (2020). Effect of microencapsulated fish oil powder on selected quality characteristics of chicken sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2043–2051. <https://doi.org/10.1002/jsfa.102265>

140. Summo, C., Caponio, F., Paradiso, V. M., Pasqualone, A., & Gomes, T. (2010). Vacuum-packed ripened sausages: evolution of oxidative and hydrolytic degradation of lipid fraction during long-term storage and influence on the sensory properties. *Meat Science*, 84(1), 147–151. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.041>
141. Sun, F., Kong, B., Chen, Q., Han, Q., & Diao, X. (2017). N-nitrosoamine inhibition and quality preservation of Harbin dry sausages by inoculated with *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus sakei*. *Food Control*. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.11.018>
142. Tang, Z. P., Chen, C. W., & Xie, J. (2018). Development of antimicrobial active films based on poly (vinyl alcohol) containing nano-TiO₂ and its application in macrobrachium rosenbergii packaging. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(8), e13702. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13702>
143. Teran, L.C., Coeuret, G., Raya, R., Zagorec, M., Champomier-Verges, M.C., & Chaillou, S. (2018). Phylogenomic analysis of *Lactobacillus curvatus* reveals two lineages distinguished by genes for fermenting plant-derived carbohydrates. *Genome Biology and Evolution*, 10, 1516–1525. <https://doi.org/10.1093/gbe/evy106>
144. Tørngren, M. A., Darré, M., Gunvig, A., & Bardenshtein, A. (2018). Case studies of packaging and processing solutions to improve meat quality and safety. *Meat Science*, 144, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.018>
145. Uwamahoro, H.P., Li, F., Timilsina, A., Liu, B., Wang, X., & Tian, Y. (2022). An assessment of the lactic acid-producing potential of bacterial strains isolated from food waste. *Microbiological Research*, 13, 278-291. <https://doi.org/10.3390/microbiolres13020022>
146. Vasile, C., & Baican, M. (2021). Progresses in food packaging, food quality, and safety-controlled-release antioxidant and/or antimicrobial

- packaging. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(5), 1263. <https://doi.org/10.3390/molecules26051263>
147. Vivar-Vera, M. L. A., Pérez-Silva, A., Ruiz-López, I. I., Hernández-Cázares, A. S., Solano-Barrera, S., Ruiz-Espinosa, H., Bernardino-Nicanor, A., & González-Cruz, L. (2018). Chemical, physical and sensory properties of Vienna sausages formulated with a starfruit dietary fiber concentrate. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 3303–3313. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3265-0>
 148. Vovkotrub, V., Iakubchak, O., Horalskyi, L., Vovkotrub, N., Shevchenko, L., Shynkaruk, N., Rozbytska, T., Slyva, Y., Tupitska, O., & Shtonda, O. (2023). The microscopic structure of pork neck after cooling with showering stiving and processing by culture *Lactobacillus sakei*. (Vol. 17, pp. 759-776). *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. <https://doi.org/10.5219/1905>
 149. Wang, Y., Pei, H., Liu, Y., Huang, X., Deng, L., Lan, Q., Chen, S., He, L., Liu, A., Ao, X., Liu, S., Zou, L., & Yang, Y. (2021). Inhibitory mechanism of cell-free supernatants of *Lactobacillus plantarum* on *Proteus mirabilis* and influence of the expression of histamine synthesis-related genes. *Food Control*, 125, 107982. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107982>.
 150. Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism characteristics of lactic acid bacteria and the expanding applications in food industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 612285. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>
 151. Webb, M. D., Barker, G. C., Goodburn, K. E., & Peck, M. W. (2019). Risk presented to minimally processed chilled foods by psychrotrophic *Bacillus cereus*. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.024>

152. World Health Organization. (2015). WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015. World Health Organization
153. Yang, W., Xie, Y., Jin, J., Liu, H., & Zhang, H. (2019). Development and application of an active plastic multilayer film by coating a plantaricin BM-1 for chilled meat preservation. *Journal of Food Science*, 84(7), 1864–1870. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14608>
154. Yong, H. I., Kim, T. K., Choi, H. D., Jang, H. W., Jung, S., & Choi, Y. S. (2021). Clean label meat technology: pre-converted nitrite as a natural curing. *Food Science of Animal Resources*, 41(2), 173–184. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e96>
155. Yu, H. H., Chin, Y. W., & Paik, H. D. (2021). Application of natural preservatives for meat and meat products against food-borne pathogens and spoilage bacteria: a review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(10), 2418. <https://doi.org/10.3390/foods10102418>
156. Yu, H., Huang, Y., Lu, L., Liu, Y., Tang, Z., & Lu, S. (2021). Impact of thyme microcapsules on histamine production by *Proteus* bacillus in Xinjiang smoked horsemeat sausage. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(10), 2491. <https://doi.org/10.3390/foods10102491>
157. Zhang, Y., Min, S., Sun, Y., Ye, J., Zhou, Z., & Li, H. (2022). Characteristics of population structure, antimicrobial resistance, virulence factors, and morphology of methicillin-resistant *Macrococcus caseolyticus* in global clades. *BMC Microbiology*, 22(1), 266. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02679-8>
158. Zhang, Y., Zhu, L., Dong, P., Liang, R., Mao, Y., Qiu, S., & Luo, X. (2018). Bio-protective potential of lactic acid bacteria: Effect of *Lactobacillus sakei* and *Lactobacillus curvatus* on changes of the microbial community in vacuum-packaged chilled beef. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(4), 585–594. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0540>

159. Zhu, Y., Wang, W., Li, M., Zhang, J., Ji, L., Zhao, Z., Zhang, R., Cai, D., & Chen, L. (2022). Microbial diversity of meat products under spoilage and its controlling approaches. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1078201. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1078201>
160. Zommiti, M., Connil, N., Hamida, J. B., & Ferchichi, M. (2017). Probiotic characteristics of *Lactobacillus curvatus* DN317, a strain isolated from chicken ceca. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 9(4), 415–424. <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9301-y>
161. ГОСТ 10444.2-94. Продукти харчові. Методи виявлення і визначення кількості *Staphylococcus aureus*. [Чинний від 1996-01-01]. М. ВНИИКОП, 1998, 11 с.
162. ГОСТ 25011-2017. М'ясо і м'ясні продукти. Методи визначення білка [Чинний від 2017-07-14]. М. Стандартиформ, 2018, 17 с.
163. ГОСТ 30518-97. Продукти харчові. Методи виявлення і визначення кількості бактерій групи кишкової палички (коліформних бактерій) [Чинний від 1998-04-16]. М.: ВНИИКОП, 1998, 7 с.
164. ДСТУ 4436:2005. Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Загальні технічні умови [Чинний: від 2006- 07 01]. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2006, 36 с.
165. ДСТУ 4823.2:2007 Продукти м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 2. Загальні вимоги. [Чинний від 2009-01-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2007, 15 с.
166. ДСТУ 7963:2015. Продукти харчові. Готування проб для мікробіологічних аналізів [Чинний від 2017–07–01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017, 9 с.
167. ДСТУ 7999:2015. Продукти харчові. Методи визначання молочнокислих бактерій. [Чинний від 2017-01-01]. К.: УкрНДНЦ, 2016, 45 с.

168. ДСТУ 8380:2015. М'ясо та м'ясні продукти. Метод вимірювання масової частки жиру. [Чинний від 2017-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017, 6 с.
169. ДСТУ 8720:2017. Вироби ковбасні та продукти з м'яса. Методи визначення мікробного забруднення. [Чинний від 2019-01-01]. К.: Держспоживстандарт, 2007, 8 с.
170. ДСТУ EN 12824:2004. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення *Salmonella* (EN 12824:1997, IDT). [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт, 2005, 24 с.
171. ДСТУ ISO 112901:2003. Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Частина 1. Метод виявлення (ISO 11290-1:1996, IDT) [Чинний від 2004-10-01]. К. : Держспоживстандарт, 2004, 23 с.
172. ДСТУ ISO 112902:2003. Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Частина 2. Метод підрахування (ISO 11290-2:1998, IDT) [Чинний від 2004-10-01]. К. : Держспоживстандарт, 2004, 21 с.
173. ДСТУ ISO 1442:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод) (ISO 1442:1997, IDT) [Чинний від 2007-04-01]. К.: Держспоживстандарт, 2007, 8 с.
174. ДСТУ ISO 936:2008. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки загальної золи (ISO 936:1998, IDT) [Чинний від 2008-09-01]. К.: Держспоживстандарт, 2007, 12 с.
175. ТУ У 15.1-00419880-049-2003. Вироби ковбасні варені. Від 6.11.2003 р.

ДОДАТКИ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях,

включених до міжнародних наукометричних баз даних

Scopus та/або Web of Science Core Collection

1. **Lokes, S. I.,** Shevchenko, L. V., Mykhalska, V. M., Poliakovskiy, V. M., & Zlamanyuk, L. M. (2024). Influence of *Lactobacillus curvatus* and *Lactococcus lactis subsp. lactis* on the shelf life of sausages in vacuum packaging. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(2), 321-326. <https://doi.org/10.15421/022446> (Lokes S. I. організовано та проведено дослідження мікробного складу сосисок, підготовлено статтю до друку. Shevchenko L. V. сформовано програму проведення експериментів, зроблено інтерпретацію отриманих даних. Mykhalska V. M. здійснила статистичну обробку отриманих результатів. Poliakovskiy V. M. провів літературний пошук за темою дослідження. Zlamanyuk L. M. оформила статтю і погодила вимоги з редколегією журналу).
2. **Lokes, S. I.,** Shevchenko, L. V., Mykhalska, V. M., Poliakovskiy, V. M., & Chepil, L. V. (2024). Chemical composition of sausages processed with starter cultures *Lactobacillus curvatus* and *Lactococcus lactis subsp. lactis* during storage in vacuum packaging. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(3), 405-409. <https://doi.org/10.15421/022456> (Lokes S. I. організовано та проведено дослідження хімічного складу сосисок, підготовлено статтю до друку. Shevchenko L. V. сформовано програму проведення експериментів, зроблено інтерпретацію отриманих даних. Mykhalska V. M. здійснила статистичну обробку отриманих результатів. Poliakovskiy V. M. провів літературний пошук за темою дослідження. Chepil L. V. оформила статтю і погодила вимоги з редколегією журналу).
3. **Lokes, S.,** Shevchenko, L., Doronin, K., Mykhalska, V., Israelian, V., Holembovska, N., Tverezovska, N., & Savchenko, O. (2024). Influence of starter cultures of lactic acid bacteria on microbiological parameters and shelf life of sausages. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 935–950. <https://doi.org/10.5219/2012> (Lokes S. I. організовано та проведено дослідження мікробіологічних показників сосисок, підготовлено статтю до друку. Shevchenko L. V.

сформовано програму проведення експериментів, зроблено інтерпретацію отриманих даних. Doronin K. підібрано культури молочнокислих мікроорганізмів для проведення експерименту. Mykhalska V. M. здійснила статистичну обробку отриманих результатів. Israelian V. провела пошук нормативних документів та зробила їх аналіз. Holembovska, N. зробила літературний пошук за темою дослідження, Tverezovska N. оформила статтю і погодила вимоги з редколегією журналу. Savchenko O. проаналізовано мікробіологічні показники, підготовлено ілюстрації до публікації).

Тези наукових доповідей:

4. **Локес, С. І., Шевченко, Л. В., Михальська, В. М., & Поляковський, В. М.** (2024). Причини псування сосисок «Соковиті» за зберігання у вакуумній упаковці в охолодженому вигляді. Збірник наукових праць 78-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми» 25 квітня 2024 року, м. Київ, 76-77. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/zbirnik_tez_2024_2.pdf (Локес С.І. проведено дослідження мікробного складу сосисок, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів. Михальська В.М. здійснила статистичну обробку отриманих результатів. Поляковський В.М. провів літературний пошук за темою дослідження).
5. **Локес, С., & Шевченко, Л.** (2024). Вплив стартових культур молочнокислих бактерій на безпечність сосисок «Соковиті» під час зберігання. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців «Актуальні питання судово-ветеринарної експертизи: реалії та перспективи» 23–24 травня 2024 р., м. Одеса, 100-103. (Локес С.І. проведено дослідження показників безпечності сосисок, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).
6. **Локес, С. І., & Шевченко, Л. В.** (2024). Хімічний склад сосисок «Віденські з філе курки» за обробки стартовими культурами молочнокислих бактерій під час зберігання у вакуумній упаковці. Актуальні питання ветеринарної

медицини: реалії та перспективи: збірник тез доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. науковців, викладачів та аспірантів, 22 травня 2024 р., м. Харків, 215-216. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/54336>

(Локес С.І. проведено дослідження хімічного складу сосисок, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).

7. **Локес, С. І., & Шевченко, Л. В.** (2024). Вплив стартових культур молочнокислих бактерій на хімічний склад сосисок «Соковиті» за зберігання у вакуумній упаковці. «Єдине здоров'я – 2024»: матеріали Міжнародної наукової конференції, 19-20 вересня 2024 р., м. Київ, 92–94. <https://nubip.edu.ua/node/152384> *(Локес С.І. проведено дослідження хімічного складу сосисок, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).*