

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

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ВОВКОТРУБ ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ

УДК 614.31:637.5.055:636.4

ДИСЕРТАЦІЯ

**Санітарно-гігієнічна оцінка свинини за обробки молочнокислими
мікроорганізмами під час охолодження півтуш**

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 _____ В. Г. Вовкотруб

Науковий керівник:
Якубчак Ольга Миколаївна,
доктор ветеринарних наук, професор

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Вовкотруб В.Г. Санітарно-гігієнічна оцінка свинини за обробки молочнокислими мікроорганізмами під час охолодження півтуш – 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.

У більшості розвинених країн світу зростає попит споживачів на безпечне та корисне м'ясо свинини, що здатне зберігатися тривалий час в охолодженому стані за рахунок використання натуральних інгредієнтів. До таких інгредієнтів відносяться харчові консерванти, зокрема, органічні кислоти, продукти їх метаболізму та антимікробні агенти, безпечні для здоров'я споживача.

Попри значні досягнення вітчизняної та зарубіжної науки щодо розробки способів охолодження свинини досі особливої уваги потребує більш детальне дослідження та поглиблене вивчення впливу первинної переробки свинини на якість м'яса, поліпшення його товарного вигляду та подовження терміну придатності.

Одним з факторів, що впливає на якість та товарний вигляд м'яса свинини, є спосіб його охолодження та інгредієнти, що використовуються для попередження мікробного обсіменіння туш.

В результаті проведених досліджень встановлено, що охолодження в холодильних камерах з додатковим душуванням півтуш свинини питною водою за температури $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ суттєво не вплинуло на температуру поверхні м'яса через 1 годину після охолодження, але сприяло зниженню температури в товщі півтуш у середньому на $3,46\text{--}4,3^{\circ}\text{C}$. Величина рН м'яса всіх півтуш свинини, які піддавались охолодженню методом душування через 1 годину, а також під час зберігання м'яса в охолодженному стані на 4-ту добу знаходились в межах, характерних для якісного м'яса.

Органолептичні показники м'яса свинини на 4-ту добу зберігання в охолодженому стані: колір, консистенція, запах, прозорість та аромат м'ясного бульйону, отриманого з півтуш свинини, охолоджених без та з використанням душування, а також у поєднанні душування із заключною обробкою суспензіями молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 та SafePro® B-2 у дозі $10^6/\text{см}^2$ на 4 добу зберігання не відрізнялися між собою. При цьому м'ясо всіх півтуш свинини мало початкові ознаки псування (липкість), що свідчить про сумнівну свіжість. На розрубі туш свинини по хребту кістки мали світлий наліт, який також був злегка липким.

Під час проведення мікроскопічного аналізу свіжості м'яса встановлено, що кількість мікроорганізмів у полі зору мікроскопа без та з використанням душування півтуш свинини була майже в 3 рази нижчою, ніж під час поєднання душування із заключною обробкою поверхні суспензіями молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 та SafePro® B-2.

Зберігання свинини в охолодженому стані протягом 1 доби сприяло зниженню загальної маси півтуш за охолодження без душування на 2,27%, за охолодження з використанням душування – на 1,65%, за використання душування із заключною обробкою поверхні суспензією молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-SF-43 – на 1,61% і за використання душування з заключною обробкою поверхні суспензією молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 – на 1,25%, порівняно з виходом парної туші цих же груп.

На 4 добу зберігання в охолодженому стані усушка півтуш свинини за охолодження без душування складала 2,93%, за охолодження з використанням душування – 2,50%, за душування із заключною обробкою поверхні суспензією молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-SF-43 – 2,22% і за використання душування з заключною обробкою поверхні суспензією молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 – 1,87%, порівняно з аналогічними показниками парної туші.

Чисельність МАФАМ на 4 добу зберігання в охолодженому стані в ділянках як ошийка, так і хребта у півтушах свинини, які піддавались душуванню із заключною обробкою суспензіями молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 і SafePro[®] B-2, була на порядок нижча, порівняно з контрольними групами. Основними мікроорганізмами у пробах м'яса свинини дослідних груп були молочнокислі бактерії, якими були оброблені дані півтуші. У той же час у півтушах свинини без душування і з душуванням, які не піддавались заключній обробці молочнокислими мікроорганізмами, чисельність молочнокислих бактерій була $<1 \lg \text{ КУО/см}^2$.

Свинина у півтушах за охолодження без душування і з душуванням підлягає зберігання в охолодженому стані в гігієнічних умовах, які забезпечувалися в умовах Антонівського м'ясокомбінату, впродовж не більше 4 діб. Заключна обробка поверхні півтуш свинини мікробними заквасками молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 і SafePro[®] B-2 у дозі $10^6/\text{см}^2$ показала, що на четверту добу зберігання органолептичні показники: зовнішній вигляд, колір, консистенція та запах м'яса відповідали свіжому м'ясу, однак свинина у півтушах, які піддавались охолодженню без та з використанням душування, в ділянці хребта характеризувалась наявністю білуватого нальоту.

За збільшення дозування заквасок молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 та SafePro[®] B-2 до $10^7/\text{см}^2$ під час заключної обробки півтуш свинини встановлено, що м'ясо свинини дослідних груп на 4 добу зберігання відповідало свіжому м'ясу, однак свинина у півтушах, які піддавались лише душуванню, в ділянці хребта характеризувалась наявністю білуватого нальоту. Органолептичні показники м'яса на 4-ту добу зберігання півтуш у цих групах поліпшилися, порівняно з вихідними даними відразу після душування півтуш і обробки їх мікробними заквасками. Півтуші були блідими, мокрими, без кірочки підсихання, а на 4-ту добу зберігання вони мали привабливий рожевий колір, зовнішній вигляд і консистенцію, характерні для якісної свинини.

В цілому півтуші свинини, які піддавались охолодженню в холодильних камерах методом душування із заключною обробкою мікробними заквасками молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2 у дозі $10^7/\text{см}^2$ мали кращі органолептичні та хімічні показники, порівняно з контролем.

Встановлено, що м'ясо півтуш свинини, яке піддавалось охолодженню методом душування без заключної обробки мікробними заквасками молочнокислих мікроорганізмів, за основними органолептичними показниками на 7 добу зберігання в охолодженому стані було несвіжим.

Кількість мікроорганізмів на 7 добу зберігання у мазках-відбитках м'яса півтуш, які піддавались охолодженню методом душування із заключною обробкою мікробною закваскою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-SF-43 в дозі $10^7/\text{см}^2$ була майже в 2 рази вищою, ніж аналогічний показник у м'ясі свинини, півтуші якої піддавались охолодженню методом душування із заключною обробкою мікробною закваскою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 в дозі $10^7/\text{см}^2$. Це свідчить про сумнівну свіжість дослідного м'яса, однак причиною такої великої кількості бактерій у полі зору може бути обробка м'яса свинини у півтушах культурами молочнокислих бактерій, які пригнічують гнильну мікрофлору, і проникли в товщу протягом 7 діб його зберігання.

Таким чином, за показниками свіжості м'яса свинини у півтушах за застосування охолодження методом душування м'ясо підлягає зберігання не більше 4 діб в охолодженому стані, а у випадку обробки поверхні півтуш свинини бактеріальними заквасками в дозі $10^7/\text{см}^2$ воно підлягає зберігання не більше 7 діб.

Попри те, півтуші свинини піддавались охолодженню методом душування із заключною обробкою суспензіями молочнокислих мікроорганізмів, чисельність МАФАМ на поверхні м'яса була нижчою, ніж у півтуш свинини за охолодження методом душування. За даних умов колоній *P. aeruginosa* на поверхні м'яса півтуш свинини всіх піддослідних груп не

виявлено. Не виявлено також різниці між групами свинини стосовно обсіменіння півтуш пліснявими грибами і дріжджами. Проте частка молочнокислих бактерій, які були виявлені на поверхні м'яса півтуш свинини за використання охолодження методом душування з наступною обробкою суспензіями молочнокислих мікроорганізмів у дозі $10^7/\text{см}^2$, була у 1000 разів вища, порівняно з охолодженням, поєднаним з душуванням.

Отримані нами дані свідчать про те, що у м'ясі свинини за його охолодження в камерах охолодження в поєднанні з душуванням відбулося збільшення чисельності МАФАМ, тоді як у м'ясі свинини півтуш, які піддавались охолодженню в камерах охолодження в поєднанні з душуванням та заключною обробкою мікробними заквасками молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 і SafePro[®] B-2 у дозі $10^7/\text{см}^2$, спостерігали збільшення кількості молочнокислих бактерій майже в 10 разів.

Дослідження показали, що після нанесення культур молочнокислих мікроорганізмів на півтуші під час їх зберігання практично не відбувається збільшення їх чисельності поряд з тим, що вони стримують розвиток іншої мікрофлори, особливо пліснявих грибів і дріжджів.

Слід також відзначити, що півтуші свинини, які піддавались охолодженню з душуванням та заключною обробкою мікробними заквасками молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 і SafePro[®] B-2 у дозі $10^7/\text{см}^2$ на 7 добу зберігання мали стійкий дріжджовий запах, що свідчить про початок їх псування.

Отже, культури молочнокислих бактерій, які застосовувалися для обробки півтуш після їх душування, справили позитивний ефект на зберігання м'яса свинини, особливо культура штаму SafePro[®] B-2. Охолодження свинини у півтушах з використанням душування з наступною обробкою суспензією культури молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro[®] B-2 дозволяє зберігати м'ясо до 7 доби в охолодженому стані і забезпечує його біологічну цінність за вмістом замінних і незамінних амінокислот.

Мікроскопічна будова м'язової тканини ошийка півтуш свиней, необроблених молочнокислими бактеріями, після їх зберігання впродовж 4-х діб характеризувалась незначною деформацією м'язових волокон, ослабленням їх поперечної та поздовжньої посмугованості. В ній часто виявляли поперечні тріщини та розриви м'язових волокон. Саркоплазма м'язових волокон, нерівномірно сприймала забарвлення, що свідчило про початок процесу автолізу. Ядра окремих м'язових волокон ошийка були у стані лізису.

Мікроскопічна будова м'язової тканини ошийка, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 в дозі $10^7/\text{см}^2$, на 4-ту добу зберігання характеризувалась більш позитивними характеристиками мікроскопічної будови (рівномірне сприйняття забарвлення саркоплазми, незначні тріщини саркоплазми, збереження поперечної та поздовжньої посмугованості м'язових волокон тощо) щодо такої у необроблених півтуш свиней культурами молочнокислих мікроорганізмів.

Мікроскопічна будова м'язової тканини півтуш свиней, оброблених культурами молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 в дозі $10^7/\text{см}^2$ на 7 добу, порівняно із такою з необробленими півтушами, мала виразнішу гістоархітектоніку, що свідчить про позитивний вплив культур молочнокислих мікроорганізмів на структуру м'язової тканини за тривалого зберігання м'яса.

Слід відзначити, що мікроскопічна будова м'язової тканини півтуш свиней, необроблених молочнокислими бактеріями, після їх зберігання впродовж 7-и діб зазнавала деформації м'язових волокон, що проявлялось у вигляді збільшення кількості поперечних тріщин та розривів м'язових волокон, характерними ознаками процесу автолізу м'язової тканини тощо.

Аналіз гістоархітектоніки (незначні ділянки м'язових волокон з поперечними тріщинами, призупинення терміну розвитку процесів автолізу, часткова збереженість поперечної та поздовжньої посмугованості м'язових

волокон) м'язової тканини за обробки півтуш свиней культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 у дозі $10^7/\text{см}^2$ вказував на позитивний вплив молочнокислих бактерій на якість м'яса, що сприяє подовженню терміну його зберігання в охолоджені стані.

Ключові слова: безпечність, якість, свіжість, м'ясо свинини, натуральні культури молочнокислих бактерій.

ABSTRACT

Vovkotrub V.G. Sanitary and hygienic assessment of pork processing by lactic acid microorganisms during the half-carcasses cooling – Qualifying scientific paper with the manuscript rights.

Thesis for obtaining the educational and scientific degree of Philosophy Doctor in the specialty 212 "Veterinary hygiene, sanitation and expertise". National University of Life and Environmental of Ukraine. Kyiv, 2025.

In most developed countries of the world, consumer demand for safe and healthy pork, which can be stored for a long time in a cooled state due to the use of natural ingredients, is growing. Such ingredients include food preservatives, in particular organic acids, and products of their metabolism and antimicrobial agents, which are safe for the consumer's health.

Despite the significant achievements of national and foreign science in the development of pork cooling methods a more detailed investigation and in-depth study of the pork primary processing impact on the meat quality, improving its marketable appearance and increasing its expiration date still requires special attention.

One of the factors that affects the quality and appearance of pork meat is the method it is cooled and the ingredients used to prevent microbial contamination of carcasses.

As a result of the conducted research, it was found that cooling in refrigerating chambers with additional showering of pork carcasses with potable water at a temperature of $3 \pm 1^\circ\text{C}$ did not significantly affect the surface meat temperature in 1 hour after cooling, but contributed to the temperature decrease in the carcasses thickness by an average of $3.46\text{--}4.3^\circ\text{C}$. The pH level of the meat of all pork half-carcasses that were subjected to cooling by the showering method in 1 hour and also during the meat storage in a cooled state on the 4th day, were within the limits characteristic of high-quality meat.

Organoleptic parameters of pork on the 4th day of refrigerated storage: color, consistency, smell, clarity and flavor of meat broth obtained from pork half-

carcasses, cooled without and with the use of showering, as well as in a combination of showering with the final processing by suspensions of lactic acid microorganisms SafePro® B-SF-43 and SafePro® B-2 strains at a dose of $10^6/\text{cm}^2$ for 4 days of storage did not differ from each other. At the same time, the meat of all pork half-carcasses had initial signs of spoilage (stickiness), which indicates the precarious freshness. On the cut of the pork carcass, there was a light coating along the spine of the bone, which was also slightly sticky.

During the microscopic analysis of meat freshness, it was found that the number of microorganisms in the field of microscope view without and with the use of showering of pork half-carcasses was almost 3 times lower than during the combination of showering with final surface processing with suspensions of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-SF-43 and SafePro® B-2 strains.

Storing pork in a cooled state for 1 day contributed to a decrease in the total half-carcasses weight under the cooling without showering by 2.27%, for cooling with showering - by 1.65%, for using showering with final surface processing with a suspension of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-SF-43 strain - by 1.61% and under the using showering with final surface processing with a suspension of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-2 strain - by 1.25% compared to the output of the same groups of steamed carcasses.

On the 4th day of refrigerated storage, the shrinkage of pork half-carcasses for cooling without showering was 2.93%, for cooling with showering – 2.50%, for showering with final surface processing with a suspension of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-SF-43 strain – 2.22% and for the use of showering with the final processing of the surface with a suspension of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-2 strain – 1.87% compared to similar indicators of a steam carcass.

The number of MAFAnM on the 4th day of refrigerated storage in the areas of both the neck and the spine in pork half-carcasses after the showering with final processing of lactic acid microorganisms suspensions of the SafePro® B-SF-43 and SafePro® B-2 strains was an order of magnitude lower, compared to control

groups. The main microorganisms in the pork samples of the experimental groups were lactic acid bacteria, which were used to process these half-carcasses. At the same time, the number of lactic acid bacteria was $<1 \lg \text{ CFU/cm}^2$ in pork half-carcasses without showering and with showering, which were not subjected to final processing with lactic acid microorganisms.

Pork half-carcasses under the cooling without showering and with showering must be stored in a chilled state in hygienic conditions, which were ensured in the conditions of the Antoniv meat processing plant, for no more than 4 days. The final processing of the pork half-carcasses surface with microbial starters of lactic acid microorganisms of SafePro® B-SF-43 and SafePro® B-2 strains at a dose of $10^6/\text{cm}^2$ showed that on the fourth day of storage such organoleptic indicators as appearance, color, consistency and smell of the meat corresponded fresh meat, however, pork in half-carcasses, which were subjected to cooling without and with the use of showering, was characterized by the presence of a light coating in the spine area.

For increasing the dosage of lactic acid microorganisms starters of SafePro® B-SF-43 and SafePro® B-2 strains up to $10^7/\text{cm}^2$ during the final processing of pork half-carcasses, it was found that the pork of the experimental groups on the 4th day of storage corresponded to fresh meat, but the pork in half-carcasses, which were exposed only to showering, in the spine area was characterized by the presence of a light coating. The meat organoleptic parameters on the 4th day of half-carcasses storage in these groups improved compared to the initial data immediately after the half-carcasses were showered and processed with microbial leavens. The half-carcasses were pale, wet, without a drying crust, and on the 4th day of storage they had an attractive pink color, appearance and consistency characteristic of quality pork.

In general, half-carcasses of pork that were cooled in refrigerating chambers using the showering method with final processing of microbial leavens of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-SF-43 and SafePro® B-2 strains at a dose of $10^7/\text{cm}^2$ had better organoleptic and chemical indexes compared to the control.

It was found that the meat of pork half-carcasses, which was subjected to cooling by the method of showering without final processing of microbial leavens of lactic acid microorganisms, according to the main organoleptic indicators, was not fresh for 7 days of storage in a cooled state.

The number of microorganisms on the 7th day of storage in smears-imprints of half-carcasses that were subjected to cooling by the showering method with final processing of microbial fermentation of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-SF-43 strain at a dose of $10^7/\text{cm}^2$ was almost 2 times higher than a similar index in pork, the half-carcasses of which were subjected to cooling by the showering method with final processing of lactic acid microorganisms microbial fermentation of the SafePro® B-2 strain at a dose of $10^7/\text{cm}^2$. This indicates the risky freshness of the experimental meat, but the reason for such a large number of bacteria in the field of view may be the processing of pork half-carcasses with cultures of lactic acid bacteria, which suppress putrefactive microflora, and penetrated into the fat during 7 days of its storage.

Thus, according to the freshness indicators of the pork half-carcasses under the using cooling by showering, the meat is subject to storage for no more than 4 days in a cooled state, and in the case of processing the surface of pork half-carcasses with bacterial leavens in a dose of $10^7/\text{cm}^2$, it is subject to storage for no more than 7 days.

Despite this, pork half-carcasses were subjected to cooling by showering with final processing with suspensions of lactic acid microorganisms, the number of MAFAnM on the meat surface was lower than in pork half-carcasses cooled by showering. Under these conditions, colonies of *P. aeruginosa* were not detected on the surface of pork half-carcasses of all experimental groups. There was also no difference between the groups of pork regarding the insemination of half-carcasses by molds and yeasts. However, the proportion of lactic acid bacteria that was detected on the surface of pork half-carcasses under the using of cooling by showering followed by processing with suspensions of lactic acid microorganisms at a dose of $10^7/\text{cm}^2$ was in 1000 times higher compared to cooling combined with showering.

The data obtained by us indicate that the number of MAFAnM increased in pork after it was cooled in cooling chambers in combination with showering, while in half-carcasses of pork that were subjected to cooling in chambers cooling combined with showering and final processing with microbial leavens of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-SF-43 and SafePro® B-2 strains at a dose of $10^7/\text{cm}^2$, an increase in the number of lactic acid bacteria by almost 10 times was observed.

Studies have shown that after applying cultures of lactic acid microorganisms to half-carcasses during their storage, there is practically no increase in their number, along with the fact that they restrain the development of other microflora, especially molds and yeasts.

It should also be noted that pork half-carcasses that were subjected to cooling with showering and final processing with microbial leavens of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-SF-43 and SafePro® B-2 strains at a dose of $10^7/\text{cm}^2$ for 7 days of storage had a persistent yeast odour, which indicates about the beginning of their deterioration.

Therefore, the cultures of lactic acid bacteria, which were used to process half-carcasses after their showering, had a positive effect on the meat storage, especially the culture of the SafePro® B-2 strain. The cooling of pork in half-carcasses using showering followed by processing with a suspension of culture of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-2 strain allows the meat to be stored for up to 7 days in a chilled state and ensures its biological value by replaceable and essential amino acids content.

The microscopic neck muscle tissue structure of pork half-carcasses untreated with lactic acid bacteria, after their storage for 4 days, was characterized by slight deformation of muscle fibers, weakening of their transverse and longitudinal striations. Transverse cracks and ruptures of muscle fibers were often found in it. The muscle fibers sarcoplasm unevenly perceived the color, which indicated the beginning of the autolysis. The nuclei of individual muscle fibers of the neck were in a state of lysis.

The microscopic structure of the muscle tissue of the neck, selected from pork half-carcasses processed with the culture of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-2 strain at a dose of $10^7/\text{cm}^2$, on the 4th day of storage was characterized by more positive characteristics of the microscopic structure (equable perception of the sarcoplasmcolor, mild sarcoplasm cracks, preservation of transverse and longitudinal striation of muscle fibers, etc.) compared to untreated with cultures of lactic acid microorganisms pork half-carcasses.

The microscopic structure of the pork half-carcasses muscle tissue processed with cultures of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-2 strain at a dose of $10^7/\text{cm}^2$ for 7 days, compared to untreated half-carcasses, had a more pronounced histoarchitectonics, which indicates a positive effect of lactic acid microorganisms cultures on the structure of muscle tissue during long-term meat storage.

It should be noted that the microscopic muscle tissue structure of pork half-carcasses untreated with lactic acid bacteria, after their storage for 7 days, underwent deformation of muscle fibers, which manifested as increase of the number of transverse cracks and ruptures of muscle fibers, characteristic signs of the autolysis process of muscle tissue, etc.

The analysis of histoarchitectonics (mild areas of muscle fibers with transverse cracks, suspension of the development of autolysis processes, partial preservation of transverse and longitudinal striations of muscle fibers) of muscle tissue after processing of pork half-carcasses with a culture of lactic acid microorganisms of the SafePro® B-2 strain in a dose of $10^7/\text{cm}^2$ indicated the positive effect of lactic acid bacteria on the meat quality, which contributes to the extension of its storage in a cooled state.

Key words: safety, quality, freshness, pork meat, natural lactic acid bacteria cultures

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях інших держав,

включених до міжнародної наукометричної бази даних Scopus

1. **Vovkotrub V., Iakubchak O., Horalskyi L., Vovkotrub N., Shevchenko L., Shynkaruk N., Rozbytska T., Slyva Y., Tupitska O., Shtonda O.** The microscopic structure of pork neck after cooling with showering stiving and processing by culture *Lactobacillus sakei*. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023. Vol. 17. P. 759–776. *(Vovkotrub V. проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Iakubchak O. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів. Horalskyi L. виконано гістологічні дослідження, зроблено їх інтерпретацію. Vovkotrub N. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Shevchenko L. підготовлено обговорення та висновки до статті. Shynkaruk N. підготовлено публікацію до друку, здійснено редагування і оформлення ілюстрацій. Rozbytska T. виконано статистичну обробку результатів дослідження, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. Slyva Y. зроблено відбір проб м'яса свинини, їх консервацію та підготовку для аналізів. Tupitska O. виконано аналіз показників душування півтуш свинини. Shtonda O. визначено практичне значення та перспективи використання отриманих результатів).*

2. **Vovkotrub V., Iakubchak O., Vovkotrub N., Shevchenko L., Lebedenko T., Holembovska N., Pylypchuk O., Omelian A.** Quality and safety of pork meat after cooling and treatment with lactic starters. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2024. Vol. 18. P. 439–452. *(Vovkotrub V. проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Iakubchak O. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів. Vovkotrub N. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Shevchenko L. визначено практичне значення та перспективи використання отриманих результатів).*

отриманих результатів, підготовлено обговорення та висновки до статті. Lebedenko T. зроблено мікробіологічний аналіз свинини за охолодження методом душування. Holeybovska N. здійснено редагування і оформлення ілюстрацій до статті. Rylyrchuk O. виконано статистичну обробку результатів дослідження, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. Otelian A. виконано аналіз показників душування півтуш свинини).

Статті у наукових фахових видань України,

включених до міжнародної наукометричної бази даних Scopus

3. **Vovkotrub V.,** Kołacz R., Iakubchak O., Vovkotrub N., Shevchenko L. Effect of lactic acid bacteria ferment cultures on pork freshness. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*. 2024. Vol. 15 (1). P. 48–65. (Vovkotrub V. проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Kołacz R. зроблено пошук наукової літератури, її аналіз та порівняння з отриманими результатами. Iakubchak O. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів. Vovkotrub N. визначено мікробіологічні та органолептичні показники свинини та статистичну обробку результатів дослідження. Shevchenko L. підготовлено обговорення та висновки до статті, узгоджено вимоги з видавництвом журналу).

4. **Vovkotrub V.,** Kowalewska I., Czerniawska-Piątkowska E., Iakubchak O., Hryb J. Modern methods of raw meat processing to reduce microbial contamination. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*. 2024. Vol. 15 (3). P. 55–75. (Vovkotrub V. проведено аналіз літературних джерел, визначено їх новизну і актуальність. Iakubchak O. сформульовано наукову концепцію. Kowalewska I. підготовлено літературний огляд до статті. Czerniawska-Piątkowska E. зроблено порівняння методів обробки свинини консервантами. Hryb J. здійснено редагування і оформлення статті, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу).

Тези наукових доповідей

5. Вовкотруб В. Г., Якубчак О. М. Використання біологічних технологій для обробки м'яса та м'ясних продуктів. Ветеринарна медицина: сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та продовольчої безпеки: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Житомир, 9–10 червня 2022 року: тези доповіді. Житомир, 2022. С. 34–37. *(Вовкотрубом В. Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Якубчак О. М. визначено новизну і актуальність використання біоконсервантів для свинини).*

6. Вовкотруб В. Г., Якубчак О. М. Аналіз основних причин зниження терміну зберігання свинини у півтушах в охолодженому стані в умовах м'ясокомбінату. Єдине здоров'я – 2022: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 22–24 вересня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 175–176. *(Вовкотрубом В. Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Якубчак О. М. визначено причини псування свинини за зберігання в охолодженому вигляді).*

7. Вовкотруб В. Г., Якубчак О. М. Порівняльний аналіз сучасних технологій для поліпшення безпечності м'яса та м'ясних продуктів. Безпечність та якість харчових продуктів у концепції «Єдине здоров'я»: науково-практична онлайн конференція, м. Львів, 1–2 червня 2023 року: тези доповіді. Львів, 2023. С. 11–13. *(Вовкотрубом В. Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Якубчак О. М. визначено перспективи використання біотехнологій для поліпшення якості і безпечності свинини).*

8. Вовкотруб В. Г., Якубчак О. М. Фізичні методи знезараження туш на етапі їх первинної переробки. Актуальні аспекти розвитку ветеринарної медицини в умовах євроінтеграції: Міжнародна науково-практична конференція науково-педагогічних працівників та молодих науковців, присвячена 85-річчю заснування факультету ветеринарної медицини ОДАУ, м. Одеса, 14–15 вересня 2023 року: тези доповіді. Одеса, 2023. С. 360–362.

(Вовкотрубом В. Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Якубчак О. М. зроблено порівняння ефективності фізичних методів знезараження туш свинини).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	21
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	28
1.1. Способи охолодження свинини після забою.....	28
1.2. Фактори, що впливають на мікробну контамінацію туш свиней після забою.....	34
1.3. Хімічні технології обробки м'яса та м'ясних продуктів.....	41
1.4. Використання біологічних технологій для обробки м'яса та м'ясних продуктів.....	47
1.5. Заключення з огляду літератури.....	54
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	56
2.1. Схема і умови проведення дослідів.....	59
2.2. Методи досліджень.....	61
2.2.1. Визначення органолептичних, хімічних і мікроскопічних показників м'яса.....	61
2.2.2. Визначення вмісту амінокислот у м'ясі.....	64
2.2.3. Бактеріологічні дослідження м'яса забійних тварин.....	65
2.2.4. Гістологічні дослідження м'яса.....	65
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	67
3.1. Вплив режиму охолодження півтуш свинини на показники свіжості м'яса.....	67
3.1.1. Показники свіжості свинини за охолодження методом душування та обробки заквасками молочнокислих бактерій...	67
3.1.2. Мікробіологічні показники м'яса півтуш свинини за обробки бактеріальними заквасками.....	76
3.2. Вплив заквасок молочнокислих бактерій на свіжість м'яса свинини у півтушах.....	79

	20
3.2.1. Показники свіжості м'яса свинини у півтушах за застосування бактеріальних заквасок.....	79
3.2.2. Мікробіологічні показники м'яса свинини у півтушах за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів.....	84
3.2.3. Амінокислотний склад охолодженого м'яса свинини у півтушах за обробки культурами молочнокислих бактерій штаму SafePro® В-2.....	87
3.3. Мікроструктура охолодженого ошийка свинини після душування та обробки культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2.....	90
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	107
ВИСНОВКИ.....	118
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	121
ДОДАТКИ.....	143

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

НАССР – система аналізу небезпек і критичних контрольних точок

ЄС – Європейський Союз

ККТ – критична контрольна точка

FDA – Управління з продовольства і медикаментів (США)

FSIS – Служба безпеки та контролю харчових продуктів

КУО – колонієутворюючі одиниці

ДСТУ – національний стандарт України

ГОСТ – міждержавний стандарт

МАФАМ – мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми

ВСТУП

Актуальність теми. Виробництво безпечних харчових продуктів належної якості, що є складовою якості життя населення – одне з основних і пріоритетних завдань агропромислового комплексу України і в світі загалом [153]. М'ясо являє собою складну біологічно активний продукт, в якому в процесі зберігання та приготування відбуваються численні фізико-хімічні процеси, які визначають його сенсорні характеристики і привабливість для споживача [161].

В розвинених країнах все більше зростає споживчий попит на безпечне та корисне м'ясо, що містить натуральні інгредієнти, які забезпечують збільшення терміну його зберігання [2]. Продукти мають містити натуральні харчові консерванти, зокрема, органічні кислоти та інші антимікробні агенти, що не завдають негативного впливу на організм споживача [80, 116].

Одним із способів, що дозволяє забезпечити дозрівання та продовжити термін зберігання м'ясних виробів, є використання культур молочнокислих мікроорганізмів, зокрема, бактерій штамів SafePro[®] B-SF-43 (*Leuconostoc carnosum*) і SafePro[®] B-2 (*Lactobacillus sakei*), які за рахунок продукції бактеріоцинів та органічних кислот здатні пригнічувати ріст споріднених видів бактерій псування [4, 26, 82].

Попри значні досягнення вітчизняної та зарубіжної науки щодо використання цих молочнокислих мікроорганізмів у технології м'ясних виробів у виробництво м'яса свинини вони не впроваджені, оскільки потребують детального дослідження та поглибленого вивчення впливу на первинну переробку туш свинини та якість і безпечність м'яса, зокрема, на його товарний вигляд та термін придатності.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертаційна робота є складовою частиною науково-дослідної теми, яка виконується на кафедрі ветеринарної гігієни імені професора А.К. Скороходька: «Санітарно-гігієнічні заходи забезпечення здоров'я тварин у господарствах України різних форм

власності», № держреєстрації 0116U001299 (2016–2024 pp.).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – визначити вплив молочнокислих культур мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2 на якість і безпечність свинини у півтушах у процесі охолодження в холодильній камері з використанням душування.

Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення таких завдань:

- визначити вплив охолодження в холодильній камері з використанням душування півтуш свинини із заключною обробкою культурами молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2 на втрату маси під час зберігання в охолодженому стані;
- дослідити вплив молочнокислих культур мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2 на мікробне обсіменіння м'яса свинячих півтуш за охолодження способом душування;
- визначити хімічний склад та вологоутримуючу здатність охолодженого м'яса півтуш свинини за обробки молочнокислими мікроорганізмами штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2;
- визначити амінокислотний склад охолодженого м'яса свинини за обробки молочнокислими культурами мікроорганізмів штаму SafePro® B-2;
- з'ясувати вплив охолодження в холодильній камері з використанням душування на мікроскопічні зміни шийних м'язів півтуш свиней під час зберігання в охолодженому стані;
- з'ясувати мікроскопічні зміни шийних м'язів півтуш свиней, охолоджених в холодильній камері з використанням душування та заключною обробкою культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2;
- розробити пропозиції щодо застосування молочнокислих культур мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2 під час охолодження півтуш свинини.

Об'єкт дослідження – охолоджена свинина у півтушах.

Предмет дослідження – вплив душування та обробки суспензіями молочнокислих культур мікроорганізмів на якість та безпечність свинини у півтушах під час охолодження та зберігання.

Методи досліджень: органолептичні (запах, колір, консистенція свинини), хімічні (показники свіжості), хроматографічні (вміст амінокислот), гістологічні (мікропрепарати м'яса свинини), мікробіологічні (мікробне обсіменіння м'яса свинини), статистичні (статистична обробка результатів досліджень).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше проведено санітарно-гігієнічну оцінку застосування методу душування питною водою за температури $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ впродовж 1 години для охолодження півтуш свинини в холодильних камерах у поєднанні із заключною обробкою суспензіями культур молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 та SafePro[®] B-2.

Встановлено, що охолодження півтуш свинини у холодильних камерах із застосуванням методу душування вже через 1 годину сприяє зниженню температури в товщі м'яса в середньому на $3,46\text{--}4,3^{\circ}\text{C}$, порівняно з повітряним режимом охолодження.

Вперше доведено, що м'ясо свинини за охолодження півтуш в холодильній камері з використанням методу душування та заключною обробкою суспензіями заквасок молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 і SafePro[®] B-2 у дозі $10^7/\text{cm}^2$ переважає на 4-ту добу зберігання за органолептичними, хімічними та мікробіологічними показниками півтуші за охолодження в холодильній камері без та з використанням методу душування.

Встановлено, що за показниками свіжості м'ясо свинини у півтушах за охолодження в холодильній камері із застосуванням душування підлягає зберігання в умовах Антонівського м'ясокомбінату не більше 4 діб в охолодженому стані, у випадку обробки поверхні півтуш свинини

бактеріальною закваскою штаму SafePro[®] B-2 в дозі $10^7/\text{см}^2$ його термін зберігання подовжується до 7 діб.

Виявлено позитивний вплив закваски молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro[®] B-2 на мікроструктуру м'язової тканини півтуш свиней, яка характеризувалась виразнішою гістоархітектонікою за зберігання в охолодженному стані до 7 доби, порівняно із такими півтушами, які піддавалися охолодженню в холодильній камері з використанням методу душування.

Доведено, що гістоструктура м'яса свинини за охолодження з використанням душування півтуш та наступною їх обробкою суспензією культури молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro[®] B-2 в дозі $10^7/\text{см}^2$ дозволяє забезпечувати дозрівання м'яса та привабливі органолептичні показники до 7-ї доби зберігання в охолодженному стані.

Практичне значення отриманих результатів. Доведено, що охолодження півтуш свинини в холодильній камері з використанням душування питною водою за температури 3 ± 1 °C із заключною обробкою суспензією культур молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 і SafePro[®] B-2 дозволяє знизити втрати маси за рахунок усушки під час зберігання.

Охолодження півтуш свинини із застосуванням душування та заключною обробкою суспензіями молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 і SafePro[®] B-2, знижувало майже в 10 разів чисельність МАФАМ на 4 добу зберігання в охолодженному стані в ділянках як ошийка, так і хребта, порівняно з охолодженням півтуш свинини в холодильній камері з використанням душування. Основними мікроорганізмами у пробах м'яса свинини, оброблених суспензіями молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro[®] B-SF-43 і SafePro[®] B-2 були молочнокислі бактерії.

Охолодження півтуш свинини в холодильній камері з використанням душування на 4-ту добу зберігання дозволяє зменшити усушку в середньому на 0,46 %, використання молочнокислої закваски мікроорганізмів штаму

SafePro® B-SF-43 для обробки поверхні туш знижує цей показник на 0,71 %, а штаму SafePro® B-2 – на 1,06 % порівняно з парними півтушами.

Особистий внесок здобувача. Здобувач організував виконання експериментів, визначив ефективність застосування душування в поєднанні з обробкою молочнокислими культурами мікроорганізмів півтуш свинини, зробив статистичну обробку отриманих даних. Аналіз та узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків і пропозицій виробництву, а також підготовка матеріалів до публікації у наукових виданнях зроблені спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дослідження дисертації. Результати досліджень дисертаційної роботи були представлені на Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Ветеринарна медицина: сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та продовольчої безпеки», 9–10 червня 2022 р., ПНУ, м. Житомир; Міжнародній науковій конференції «Єдине здоров'я-2022», 22–24 вересня 2022 р., НУБІП, м. Київ; Науково-практичній онлайн конференції «Безпечність та якість харчових продуктів у концепції «Єдине здоров'я», 1-2 червня 2023 р., Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, м. Львів; Міжнародній науково-практичній конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців «Актуальні аспекти розвитку ветеринарної медицини в умовах євроінтеграції», присвяченій 85-річчю заснування факультету ветеринарної медицини ОДАУ, 14–15 вересня 2023 р., м. Одеса.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 8 наукових праць з яких 2 статті у фахових виданнях України включених до міжнародних наукометричних баз даних, 2 статті у зарубіжних виданнях включених до міжнародних наукометричних баз даних, 4 тези 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 147 сторінках, робота ілюстрована 27 таблицями і 20 рисунками. Список використаної літератури нараховує 162 джерела, з них 134 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Способи охолодження свинини після забою

Якість та безпечність свинини визначається низкою факторів, до яких відносяться генетичний потенціал, умови годівлі, утримання свиней, а також умов оглушення, забою та післязабійної переробки туш [67, 106, 107, 109, 132, 134].

Нині на підприємствах, що спеціалізуються на переробці м'яса, використовується значна кількість технологій, які спрямовані на поліпшення якості кінцевого продукту, що зумовлено швидкістю і способом забою тварин, охолодження та подальшого зберігання туш. При цьому важливим критерієм є органолептичні властивості м'яса і м'ясних продуктів, яким надають перевагу споживачі [16, 135].

Останніми роками дослідження охолодження свинячих півтуш були зосереджені на прискореному охолодженні, щоб мінімізувати втрату маси внаслідок випаровування і частоту мікробного обсіменіння. Крім того, прискорене охолодження туш також може покращити хімічні властивості м'яса через зниження швидкості метаболізму після забою. В свою чергу знижена швидкість гліколізу призводить до меншої втрати крапель вологи в м'язах і меншої кількості м'яса з ознаками PSE [цит. за 108].

Післязабійні зміни, які відбуваються під час процесу перетворення м'язів забійних тварин на м'ясо, відіграють вирішальну роль у розвитку якісних ознак і загальному сприйнятті свіжого продукту. Після того, як тварину забивають, м'язовий глікоген разом із високоенергетичними фосфатними сполуками анаеробно мобілізується для підтримки гомеостазу за рахунок синтезу аденозинтрифосфату (АТФ). Як наслідок післязабійного гліколізу лактат і H^+ накопичуються в м'язах і викликають зниження величини рН. Зрештою післязабійний метаболізм припиняється внаслідок виснаження

субстрату або інактивації гліколітичного ферменту фосфофруктокінази-1, що призводить до виснаження АТФ і розвитку задубіння м'яса. Згодом м'язи піддаються протеолітичному руйнуванню структурних білків, що призводить до покращення м'якості та смаку м'яса, зокрема, свинини [81].

Швидке зниження температури м'язів до того, як вони досягнуть належного рівня підкислення, може призвести до зморщування туші (втрати маси). Усушка під час швидкого охолодження може особливо вплинути на високопродуктивні туші через нижчий підшкірний вміст жиру та швидше виділення тепла. Шокове охолодження також сприяє заморожуванню шкіри та м'язів, розташованих безпосередньо під шкірою. Під час розморожування це призводить до вимивання підлеглої тканини та небажаного кольору м'яса. В дослідженнях показано, що шокове охолодження несприятливо вплинуло на органолептичні характеристики, такі як ніжність та смак м'яса. Разом з тим не було виявлено суттєвих відмінностей між впливом систем шокового та звичайного охолодження на якість м'яса між класами екстер'єру свиней [цит. за 108].

Відома технологія Rinse & Chill® (RCT), яка передбачає промивання судинної системи забитих свиней та інших видів тварин за допомогою охолодженого ізотонічного розчину за температури 3 °C, який містить 98,5 % води та суміші декстрози, мальтози і фосфатів натрію [30, 46, 58, 59, 84], а також ізотонічним розчином за 14 °C, до складу якого входить 98,5 % води та суміші глюкози, поліфосфатів і мальтози [34].

Визначення вмісту гемоглобіну в м'язових екстрактах як міри знекровлення показало, що метод RCT видаляв з м'язів на 40 % більше крові, порівняно зі звичайним методом, залишаючи близько 60 % крові в м'язах свиней, яким вводили RCT [30].

Основними цілями промивання судин туші є:

- ефективне видалення залишків крові з туші;
- швидке зниження внутрішньої температури м'язів;

- оптимізація зниження величини рН шляхом ефективної доставки гліколітичних субстратів у розчин для промивання.

Попередні дослідження показали, що раннє післязабійне промивання судин яловичої туші позитивно впливає на якість м'яса, термін придатності та безпечність харчових продуктів [49, 50]. Це дозволяє здійснювати промивання залишкової крові з туші як яловичини, так і свинини. Така процедура з використанням попередньо охолоджених ізотонічних розчинів для неущкоджених туш тварин дозволяє швидко знижувати внутрішню температуру м'язів та прискорювати охолодження всієї туші. Ця технологія, зокрема, сприяє зниженню величини рН та ефективного охолодження туші, які покращують якість м'яса та його безпечність. Ізотонічний розчин RCT містить субстрати, що проходять через м'язи, які все ще є фізіологічно активними на момент раннього післязабійного та судинного промивання. Таким чином, вони повністю метаболізуються м'язами, не залишаючи своїх залишків. Ця технологія була комерційно затверджена та постійно використовується з 2000 року в США та з 1997 року – в Австралії. Станом на січень 2022 року 23 м'ясопереробні підприємства реалізували технологію RCT серед 5 країн (Австралія, США, Канада, Нова Зеландія та Японія), які оцінили та затвердили RCT. Усі підприємства працюють за стандартними процедурами операційної санітарії (SSOP) та програмою критичної контрольної точки обґрунтованої небезпеки (НАССР) [49].

В одному з досліджень здійснювали випробування технології раннього охолодження туш після забою шляхом обливання холодною водою. Туші охолоджували протягом 30 хвилин після забою, обмиваючи водою за температури 10–12 °C протягом 12 хвилин. Встановлено, що початкове зниження величини рН у м'ясі не залежало від гліколітичного потенціалу тканин тварин, але від 5 до 6 та 24 годин після забою туші свиней з найнижчим гліколітичним потенціалом мали найвищу величину рН. Маса півтуші та вміст нежирного м'яса не вплинули на криву охолодження, тобто зниження температури. Результати показали, що можна знизити температуру шляхом

охолодження під час забою тварин. Максимальна різниця в температурі між контрольною та охолодженою тушами через 2 години після забою становила 2 та 1 °C відповідно. Зниження м'язової температури відразу після забою призвело до зниження швидкості падіння величини рН і підвищення рН від 2 до 6 годин в охолоджених тушах [79].

Виявлено також, що швидкість охолодження туш свинини впливає на ніжність окремих частин м'яса, зокрема, за досягнення температури 10 °C в середині *M. longissimus dorsi* протягом 3,5 год у швидко охолоджених тушах і протягом 8 год – у повільних охолоджених тушах. У глибокому м'язі *M. semimembranosus* температури 10 °C досягали протягом 11,5 год у швидко охолоджених тушах і протягом 14 год – у повільних охолоджених тушах. У *M. longissimus dorsi* за повільного охолодження виявляли найбільшу ніжність, тоді як за швидкого охолодження виявляли найнижчу ніжність. Загальна ніжність *M. longissimus dorsi* була, в основному, пов'язана з процесом зниження величини рН під час охолодження. Значення величини рН між 3 та 7 год після забою тварин сприяють більшій ніжності м'яса. Доведено також, що повільне охолодження туш забитих тварин сприяло більш високим втратам маси шляхом випаровування [56].

Одним із критеріїв, що визначають якість свинини під час зберігання, є спосіб оглушення у поєднанні з охолодженням туші. Було здійснено порівняння трьох способів, зокрема, оглушення свиней вуглекислим газом і охолодження туш методом розпилення охолодженої води, оглушення свиней вуглекислим газом і шокове охолодження туш та електрооглушення і шокове охолодження туш. Як показали результати досліджень, глибина та внутрішньом'язовий відсоток жиру у м'ясі не відрізнялися між варіантами забою та охолодження туш. Через 1,67 години після забою середня глибока температура м'язів була вищою на 10 °C у випадку оглушення свиней вуглекислим газом і охолодженні туш методом розпилення води, ніж у обох інших випадках і становила 32,1 °C. Глибока температура м'язів за першого способу забою продовжувала бути вищою на 10 °C і через 4,17 год та 6,33 год

після забою. Незалежно від методу охолодження, оглушення свиней вуглекислим газом призводило до більш темного пісного кольору м'язів і їх більшої вологоутримуючої здатності, ніж за електричного оглушення. Це дослідження показує, що відмінності в системах охолодження серед свинини можуть мати сильний вплив на ніжність м'яса та інші важливі технологічні показники [112].

Нинішній процес забою свиней, в першу чергу, оптимізований для зменшення синдрому PSE. Усунення гена галотану та поліпшення післязабійної обробки туш зменшило частоту свинини з ознаками PSE та покращило вологоутримуючу здатність м'язів. Була висунута гіпотеза про те, що поетапне охолодження туш свинини може покращити ніжність без втрати вологоутримуючої здатності м'язів. Поетапні охолоджуючі обробки склалися з швидкого охолодження до 10 або 15 °C (в холодному тунелі) та 6-годинного періоду утримування за 10 або 15 °C, а потім – швидким охолодженням до 4 °C. Поетапні охолоджуючі обробки призвели до значно покращеної ніжності м'яса без порушення показників якості, величини рН, м'яза не залежала температурних відмінностей в цих м'язах. Поліпшення ніжності може бути пов'язане виключно з посиленням післязабійним протеолізом. При цьому вищі температури сприяють активізації протеолітичних ферментів, що беруть участь у деградації м'язових білків. Крім того, результати дослідження метаболізму глікогену показали, що як про-, так і макроглікоген сприяли виробленню енергії в м'язах свиней після забою [107].

Останнім часом доведено, що парні туші свиней, які отримують на підприємствах з переробки м'яса, збільшуються в середньому на 0,6 кг на рік, і якщо вони продовжуватимуть зростати з цією швидкістю, то як прогнозують, досягнуть середньої маси до 205 кг до 2050 року. Однак в раніше опублікованих роботах продемонстровано, що свинячі котлети з більш важких туш були ніжнішими, ніж ті, що виготовлені з легших туш. Охолодження туш було оцінено як швидке, середнє або повільне, виходячи з їх швидкості охолодження протягом перших 17 год після забою. Туші, які піддавались

повільному та середньому терміну охолодження були важчими на 12 кг ніж швидко охолоджені. Ці результати свідчать про те, що туші, як правило, охолоджуються повільніше у міру збільшення маси, що призводить до незначних поліпшень сенсорних ознак свинячих відбивних без кісток незалежно від кінцевого ступеня температури їх приготування [101].

В дослідженні доведено, що душування свиней перед забоєм має також значення для післязабійного охолодження туш. Прийняття душу викликало зниження температури глибокої частини попереку через 40 хв після забою. Швидке охолодження викликало подальше зниження температури туші, а швидкість зниження величини рН м'яса була нижчою у швидко охолоджених бокових частинах туші. Існували переконливі докази того, що душування свиней перед забоєм у зимовий час знижувало втрату вологи в зрізах довгого м'яза спини, тоді як душ у літній час не був ефективним. Душування свиней перед забоєм не зменшило втрати вологи в свинячих інтактних ніжках. Швидке охолодження не було ефективним у зниженні втрати вологи ні в скибочках довгого м'яза спини, ні в свинячих ніжках. Швидке охолодження за температури -20°C протягом 3 годин без продування повітрям знизило втрати від охолодження за випаровування в півтушах свинини на 27–29 %, порівняно зі звичайним охолодженням [73].

Належне охолодження туш потрібне для оптимізації якості свинини та безпечності харчових продуктів, виготовлених з неї. Швидкість охолодження туш залежить від їхньої маси. Маса парних туш з роками неухильно зростала, що, безумовно, вплинуло на швидкість охолодження середньої туші на сучасних скотобійнях. Туші масою близько 85, 90, 95, 100 та 105 кг (± 1 кг) були відібрані та поділені на відповідні вагові категорії. Для порівняння, поперек 95-кілограмових туш досягає температури 2°C за 17 годин, тоді як поперек 105-кілограмових туш не досягає 2°C до 27 годин. Передбачалося, що стегно туші масою 95 кг охолodиться до температури 2°C за 21 годину, тоді як для туш масою 105 кг потрібно 28 годин [95].

Отже для ефективного охолодження туш свинини на м'ясопереробних підприємствах використовуються різні способи, які поєднуються з вибором способу передзабійної підготовки та оглушення тварин. Однак це питання залишається до кінця не вирішеним, оскільки вони мають низку недоліків, які впливають на якість м'яса свинини.

1.2. Фактори, що впливають на мікробну контамінацію туш свиней після забою

Під впливом навколишнього середовища і технологічних факторів у м'ясі відбуваються численні біохімічні та пов'язані з ними фізико-хімічні процеси, які безпосередньо впливають на показники якості та безпечності як сирого м'яса, так і виготовлених із нього готових до споживання м'ясних продуктів [68, 162].

М'ясо та м'ясні продукти схильні до мікробного обсіменіння під час забою тварин, первинної переробки та зберігання, оскільки вони є гарним поживним середовищем для розмноження мікроорганізмів, зокрема, і для патогенних. Активність води в свіжому м'ясі знаходиться в діапазоні 0,85–0,98 і вона також забезпечує оптимальну величину рН для росту мікроорганізмів [21].

З урахуванням умов, які викладені, важливо знезаражувати м'ясо за допомогою певних хімічних речовин або використовувати спеціальні технології для захисту м'яса від мікробного обсіменіння [35].

Під час забою тварин та наступних операціях первинної переробки туш відбувається екзогенна та ендогенна контамінація бактеріями, джерелами якої можуть бути шкірний покрив, вміст травного каналу, повітря, обладнання, транспортні засоби, інструменти, руки, одяг і взуття працівників, що мають контакт із м'ясом, вода, що використовується для обробки туш тощо. Розрізняють прижиттєве і післязабійне обсіменіння органів і тканин тварин мікроорганізмами. Мікрофлора повітря в приміщеннях цехів забою та первинної переробки туш представлена, як правило, різними споровими

аеробними і анаеробними гнильними бактеріями, грам-негативними неспоровими паличками, пліснявими грибами, актиноміцетами, дріжджами, різними видами кокових бактерій. На поверхню м'яса вони потрапляють із зовнішнього середовища під час зняття шкури та наступній переробці туші [88, 118].

Встановлено, що на послідовних етапах первинної переробки (шпарка, видалення щетини, обсмалювання, полірування, нутрування, розбирання туш на півтуші, туалет туш) та охолодження змінюється контамінація мікроорганізмами різних ділянок туші свинини і залежить від санітарних умов скотобійні. Причому наявність ентеробактерій та коагулазо-позитивних стафілококів, виявлених в мазках на шії, животі, спині та стегнах туш тварин суттєво варіюється. На одній скотобійні перед ошпарюванням середнє значення коливалось від 5,0 до 6,0 log/КУО см². При цьому частка туш з позитивним результатом на *Enterobacteriaceae* була знижена після ошпарювання на 12 %, після обсмалювання – на 66 % і шокового охолодження – на 17 %, але чисельність колоній мікроорганізмів збільшилася на поверхні туш тварин після обсмалювання до 3,4 log КУО/см² і після полірування – до 2,9 log КУО/см². Частка коагулазо-позитивних проб зменшилася до < або = 10 % після ошпарювання та залишилася на цьому рівні. На іншій скотобійні наявність ентеробактерій та коагулазо-позитивних стафілококів на поверхні туш свинини були знижені після ошпарювання до 29 % і 20 % відповідно, полірування і охолодження – до 55 і 77 % відповідно і підвищувалися після комбінованого ошпарювання і обсмалювання до 4,7 log КУО/см² та 97 і 100 % відповідно. Серед ділянок туші шия, як правило, давала вищі рівні контамінації від первинної переробки до охолодження на обох скотобійнях. Отже, ошпарювання, обсмалювання та охолодження можуть бути інтегровані в систему аналізу критичних контрольних точок (НАССР) для забою свиней [118].

В основному саме мікроорганізми відповідальні за погіршення безпечності та якості м'яса і м'ясних продуктів. Зміни в м'ясі, які спричинені

мікроорганізмами, призводять до захворювань і є однією із основних причин харчових отруєнь у людей. Патогенні мікроорганізми володіють значним соціально-економічним впливом через їх здатність заражати м'ясо [158]. Основні патогени для людини, з точки зору мікробних небезпечних факторів, включають *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum/perfringens*, *Staphylococcus aureus* і *Bacillus cereus*. Ряд вчених надають особливого значення перехресній контамінації м'ясних виробів патогенними мікроорганізмами, зокрема, *Listeria monocytogenes* [89, 105, 128].

Згідно даних Ю.М. Тирсіної [159], продукти забою некатегорійного молодняку великої рогатої худоби значно контаміновані зсередини різноманітними мікроорганізмами. Основним осередком локалізації сальмонел були печінка (17,6 %) та м'язи (14,7 %), ешерихій – печінка (11,7 %), стафілококів – печінка (16,1 %) та м'язи (5,8 %). Обсіменіння глибоких шарів м'язів бактеріями групи кишкової палички було незначним (1,4 % випадків).

Сальмонела є однією із провідних причин бактеріальних спалахів хвороб харчового походження [6, 24]. J.A. Carpenter на підставі аналізу впливу на контаміновану *Salmonella enteritidis* поверхню шкіри свиней кислотами і гострим паром рекомендував для контролю чисельності бактерій та скорочення кількості життєздатних сальмонел на поверхні туш миття розчином оцтової кислоти за величини рН на рівні 2 [13].

Безпечність м'ясних продуктів можна поліпшити за рахунок збору достовірної інформації про інгредієнти, які використовуються під час розробки продуктів, що нині є основною проблемою, з якою стикається м'ясна промисловість. На ринку є безліч продуктів, що містять різні інгредієнти, тому їх безпечність може викликати занепокоєння у споживачів [19].

У Законі України „Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів” визначено правові засади забезпечення безпечності та якості харчових продуктів для здоров'я населення,

регулюються відносини між органами виконавчої влади, виробниками, постачальниками і споживачами під час розробки, виробництва, ввезення на митну територію України, закупівлі, постачання, зберігання, транспортування, реалізації, використання, споживання та утилізації харчових продуктів [154]. Нині питання безпечності та якості продуктів тваринного походження є вищим пріоритетом для органів управління продуктами харчування та охорони здоров'я в Україні та у всьому світі.

Одним із найбільш поширених видів м'яса, що споживається в Європейському Союзі (ЄС) є свинина. М'ясо є цінним, широко споживаним харчовим продуктом, який володіє ідеальним середовищем для росту мікроорганізмів. Цілі безпечності харчових продуктів (FSO) і системи аналізу небезпечних факторів і критичних контрольних точок (НАССР) впроваджуються в усьому світі для забезпечення безпечності продуктів на основі м'яса. Європейський Союз спонукає владу застосовувати гігієнічне законодавство, а також встановлені мікробіологічні критерії [54], для контролю захворювань, які викликають небезпечні харчові продукти.

Найбільш поширеними мікроорганізмами, що викликають псування м'яса, є бактерії, дріжджі і цвіль. Через значне поширення мікроорганізмів вони, в основному, потрапляють у м'ясо із навколишнього середовища. Ці організми можуть викликати псування м'яса та м'ясних продуктів, зокрема, неприємний запах та роблять даний продукт непридатним до споживання. Бактеріальне псування м'яса більш помітне, порівняно з іншими мікроорганізмами, такими як дріжджі і цвіль.

Патогенні бактерії – найважливіша група мікроорганізмів, які відповідальні за погіршення безпечності м'яса. В основному вони виявляються у товстому кишечнику тварин і можуть інфікувати м'ясо після забою, якщо воно не оброблене або оброблене не належним чином. Бактеріальне обсіменіння може бути викликане одягом, незадовільним гігієнічним станом співробітників і забрудненими ножами або робочими зонами, що може призвести до погіршення безпечності продуктів [93].

Найбільш часто на поверхні м'яса реєструються бактерії, що включають *E. coli*, *B. proteus*, *Salmonella spp.*, *S. epidermidis*, *S. aureus* і *B. cereus* [66].

Щодо видового складу мікрофлори, на поверхні охолодженого м'яса, то від 15 до 45% – це бактерії *Pseudomonas* і *Achromobacter*; від 2 до 40 % – мікрококи, стрептококи, молочнокислі бактерії та спорові аероби. Найчастіше на поверхні м'яса виявляли мікроорганізми, що належать до наступних родів: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Lactobacterium*, *Proteus*, *Salmonella*, *Microbacterium*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Clostridium* та різні види дріжджів [160]. Усі вони мають оптимальну температуру для їх росту, що також важливо враховувати під час зберігання та обігу м'яса.

Мікроорганізми *Clostridium spp.* можуть погіршити якість м'яса через появу неприємного запаху навіть в солоних і охолоджених м'ясних продуктах. *Pseudomonas spp.* може зіпсувати сире м'ясо під час зберігання в аеробних умовах. Молочнокислі бактерії також є одними з основних джерел псування м'ясних продуктів, вони викликають неприємний запах і слиз в результаті ферментації.

Розмноження і ріст молочнокислих бактерій залежить від декількох факторів, таких як величина рН, активність води в м'ясі, наявність кисню і CO₂, а також температура приготування і зберігання продукту [23]. Межі низьких температур, за яких активно ростуть патогенні мікроорганізми, наведені в табл. 1.1.

Дріжджі мають повільну швидкість росту, порівняно з бактеріями і не можуть конкурувати з бактеріями за поживні речовини в охолодженому середовищі. Величина популяції дріжджів становить менше 5 % від загальної кількості мікрофлори, яка може істотно вплинути на псування м'яса, а саме включно з *Candida mesenterica*, *Candida saitoana*, *Cryptococcus albidus*, *Cryptococcus Laurentii*, *Cryptococcus luteolus*, *Rhodotorula glutinous*, та *Rhodotorula mucilaginosa* [72].

Таблиця 1.1

Межі мінімальних температур для росту деяких токсигенних мікроорганізмів, що викликають псування харчових продуктів

Мікроорганізми	Найнижча температура для росту
<i>Campylobacter species</i>	32
<i>Clostridium botulinum</i> (proteolytic strains)	12
<i>Clostridium perfringens</i>	12
<i>Bacillus cereus</i> (mesophilic strains)	10
<i>Escherichia coli</i>	7
<i>Staphylococcus aureus</i>	7
<i>Bacillus cereus</i> (psychrotrophic strains)	5
<i>Salmonellae</i>	5
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	5
Most lactic acid bacteria	5
<i>Clostridium botulinum</i> (nonproteolytic strains)	3
<i>Listeria monocytogenes</i>	0
Some <i>Micrococcus species</i>	0
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-1
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	-2
Some yeasts and molds (деякі дріжджі та цвіль)	-7

*Adapted from N.J. Russell and G.W. Gould, *Factors affecting growth and survival*, in *Food Preservatives*, N.J. Russell and G.W. Gould, eds., p. 16 © 1991, Blackie Academic & Professional, and R.A. Herbert and J.P. Sutherland, *Chill storage*, in *The Microbiological Safety and Quality of Food*, B.M. Lund, A.C. Baird-Parker, and G.W. Gould, eds., p. 109. © 2000, Aspen Publishers, Inc.

Псування через зараження дріжджами відбувається, коли їх чисельність сягає 1×10^6 мікроорганізмів/см² [44].

Цвіль, як і дріжджі, також присутні в невеликій кількості на поверхні м'яса та м'ясних продуктів. Найбільш поширені види грибів, що викликають псування м'яса, включають *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Epicoccum* і *Penicillium* [45]. Середовища, які можуть сприяти зростанню цвілі, включають діапазон температур від -10 до -2 °C, активність води – 0,80 і діапазон величини рН – від <1,0 до 11,0. Чорна цвіль, яка проявляється характерними чорними плямами на поверхні продукту, найчастіше викликається розвитком *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium herbarum* і *Penicillium hirsutum* [52].

Фактори, які слід враховувати під час знезараження туш:

- хімічний склад туш різних видів тварин;
- аспекти безпеки різних хімічних речовин, що використовуються: особливо стосовно статусу GRAS (*Generally Regarded As Safe*) антимікробних сполук;
- вплив доданої хімічної речовини на сенсорні властивості м'ясних продуктів;
- оцінка ризику утворення токсичних сполук для різних м'ясних продуктів у процесі зберігання;
- вологоутримуючі властивості м'яса;
- вплив антимікробних засобів на інтенсивність процесів псування та термін придатності м'ясних продуктів;
- спосіб застосування та концентрація, яку слід використовувати;
- цільове призначення хімічного компонента: харчова добавка чи допоміжний засіб для переробки м'яса.

Таким чином, сучасні технології для знезараження туш, в основному, включають використання антимікробних добавок та фізичні методи (температура, опромінення тощо). Контроль якості та безпечності м'яса і м'ясних продуктів стосується усіх етапів виробництва, проте саме первинна

переробка тварин займає виняткову позицію й потребує глибокого вивчення та аналізу.

1.3. Хімічні технології обробки м'яса та м'ясних продуктів

Зменшення мікробної контамінації м'яса, зокрема, туш тварин після забою передбачає використання хімічних засобів обробки. EFSA випустило керівний документ, який вказує на основні компоненти та передумови, які має містити дослідження (досє), щоб довести, що речовина, призначена для використання для видалення мікробного поверхневого забруднення харчових продуктів тваринного походження, не буде створювати жодних значних ризиків для здоров'я населення та сприятиме значному зниженню поширеності та кількості патогенних бактерій і, таким чином, зниження мікробіологічного ризику. Ці та інші положення викладено в низці документів, які мають законодавчий рівень для багатьох європейських країн та США [48, 87].

З метою зниження контамінації м'яса забійних тварин та подовження терміну його зберігання розроблено та використовується значна кількість хімічних компонентів, до яких належать органічні кислоти [20, 27, 28, 57, 77, 125]. Спреї з розчинами органічних кислот, таких як молочна і оцтова в концентрації 1–2 %, також ефективні для зниження бактеріальної контамінації, але більш висока концентрація цих кислот спричиняє відбілювання туш [92].

Як спосіб контролю бактеріальне перехресне забруднення яловичих туш використовували оцтову та молочну кислоти (3 % об./об.). Для знезараження поверхні шкіри обприскували розчином кислот у двох варіантах: живих тварин та поверхню туш одразу після забою. Виявлені мікроорганізми ідентифікували за допомогою секвенування гена 16SrPHK. Різноманітність видів бактерій, таких як *Staphylococcus*, *Shigella*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Salmonella* було виявлено як на зовнішній поверхні шкіри живих тварин, так і на поверхні їх туш. Знезаражувальні спреї значно знижували кількість (до 2–5

логарифмічних одиниць) всіх вищезгаданих видів бактерій на поверхні шкіри туш, порівняно з контролем без обприскування. Таким чином, дворазове обприскування кислотою може бути ефективним засобом зниження перехресного бактеріального забруднення яловичої туші без негативного впливу на якість м'яса [122].

Аналогічне дослідження було проведено для виявлення та ідентифікації мікробних популяцій на тушах свиней на різних стадіях забою та на відрубках свинини через 24 години після забою, а також для оцінки ефективності впливу спреїв, що містять різні концентрації (2 % та 4 %) молочної кислоти. Спрей наносили на поверхню туш наприкінці забійної лінії. Аналіз родової належності бактерій, зокрема, *Staphylococcus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Enterococcus*, *Escherichia*, *Acinetobacter* та *Corynebacterium* spp. показав, що їх кількість знаходилася в межах від 2,70 до 4,91 log₁₀ КУО/100 см² на тушах під час забою. Більшість представників цих родів також було виявлено на тушах після 24-годинного охолодження. Три види (*Staphylococcus hyicus*, *Acinetobacter albensis* та *Corynebacterium xerosis*) також були виявлені на розрубках необроблених туш, але на оброблених тушах їх не виявляли. Значно інтенсивніше знижувалась кількість всіх видів бактерій на тушах та розрубках, оброблених розчином молочної кислоти, особливо за концентрації 4 %. Таким чином, обприскування розчином 4 %-ної молочної кислоти може бути ефективним методом контролю бактеріального обсіменіння свинячих туш з метою підвищення мікробіологічної безпеки свинини [123].

У дослідженні також встановлено вплив шокowego заморожування на чисельність *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter* spp., а також на кількість аеробних мікроорганізмів, колиформних бактерій, термотолерантних колиформних бактерій і ешерихії на тушах свиней. *Y. enterocolitica* O:3/біовар 4 був виділений у 5 (8,3 %) із 60 туш перед шокowym охолодженням, а також з 5 з них через 1 годину після шокowego охолодження. Отже, ця процедура, ймовірно, не істотно впливає на чисельність патогенних *Y. enterocolitica* на тушах свиней. *Y. enterocolitica* O:9/біовар 2 був вперше виділений зі свинини

в Норвегії, коли цей серо/біоваріант був виділений з однієї з туш перед шоковим охолодженням. *Campylobacter spp.* був виділений у 34 (56,7 %) із 60 проб м'яса, відібраних з туш свинини перед шоковим охолодженням. Після шокowego охолодження *Campylobacter spp.* був виділений лише з однієї (1,7%) із 60 туш свинини. Відзначено значне зниження чисельності коліформних бактерій, термотолерантних коліформних бактерій та ешерихії після шокowego охолодження туш свинини. Після цього етапу кількість аеробних мікроорганізмів не зменшилась на поверхні туш. На відміну від різкого зниження кількості туш, позитивних на кампілобактерії, та значного зменшення кількості коліформних бактерій, термотолерантних коліформних бактерій та ешерихії, шокове охолодження не впливало на чисельність патогенних для людини *Y. enterocolitica* на тушах свиней [90].

Розпилення або додавання в холодну воду таких хімічних речовин як тринатрійфосфат у концентрації 8–12 % [11], хлорид цетилпіридинію (0,5 %), озонована вода в концентрації 0,03 мг/л [31], пероксид водню (5 % для спрею і 0,5–1,5 % для води), бактеріоцини і активований лактоферин також дозволені для знезараження тушок птиці [75]. Зниження температури туші до $< 4^{\circ}\text{C}$ в холодній воді відразу після забою є основним засобом запобігання поширенню патогенів серед свійської птиці.

У Бразилії програма аналізу небезпечних факторів і критичних контрольних точок (НАССР) була заснована циркуляром № 369 від 2 червня 2003 року, DCI/DIPOA (Відділ контролю міжнародної торгівлі / Департамент інспекції продуктів тваринного походження, Бразилія). Поширені критичні контрольні точки (ККТ) для забою – це забруднення туші фекаліями, кишковим вмістом і молоком, а також відсутність межі толерантності до їхньої наявності. Ця ж програма рекомендує коригувальні дії з видалення фекального забруднення шляхом вирізання забрудненої частини туші і візуального огляду. У відповідних умовах забою, попри те, що туші свиней мають відповідні візуальні характеристики, вони можуть бути сильно забруднені, оскільки їх шкіра є основним джерелом зараження [115]. Під час дослідження

встановлено, що миття туш свиней з тиском води 8 бар може замінити метод вирізання забруднених частин з туш без значного впливу на мікробне обсіменіння та знижує ризик перехресного зараження. Спостерігалось зниження чисельності психрофільних і мезофільних мікроорганізмів на поверхні туш свиней, які були оброблені паром і потім зрошені 2 % розчином молочної кислоти [8].

Досліджувалась ефективність обробки і миття туш яловичини для покращення їх мікробіологічних характеристик. Порівнювався вплив без обробки і миття, обробки без миття, обробки і миття та миття без обробки. Спостерігалися значні відмінності у кількості аеробних бактерій на поверхні туш. Хоча миття туш і сприяло поширенню забруднення на сусідні ділянки, відзначено, що вологий туалет туш найбільш ефективний для зниження їх мікробної контамінації [100].

Під час проведення вологого туалету туш тварин слід враховувати, що хоч він і знижує кількість мікроорганізмів на поверхні туші, але зволоження поверхні м'яса створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, поширення їх по всій поверхні і проникнення в товщу м'язів. На митих тушах після вологого туалету мікрофлора розмножується удвічі швидше, ніж на сухих [162].

В Канаді проводили дослідження із знезараження свинячих туш гарячою водою, температура якої становила від 60 до 90 °C, час обробки коливався від 20 до 90 с. В результаті дослідження встановлено, що обробка туш свиней водою з температурою 85 °C впродовж 20 с зменшила загальну кількість бактерій у 2 рази, в той же час кількість бактерій, що викликають псування, знизилась з 50 % до 10 %. Підвищення температури води понад 85 °C або часу обробки більше 20 с не впливало на кількість та склад мікрофлори туш [38]. Отже, ефективність знезараження визначається тиском води, її температурою, концентрацією хімічних речовин та часом обробки туш – зазвичай 10–20 с.

Серед хімічних речовин, що володіють антимікробними властивостями, органічні кислоти вважаються безпечними та можуть використовуватись для

обробки м'яса та м'ясних продуктів. Під час проведення досліджень прийшли до висновку, що застосування органічних кислот призводить до накопичення вільних аніонів кислот до токсичного рівня, який знищує або ж уповільнює ріст патогенних мікроорганізмів. Також припускають, що кислоти накопичуються в цитоплазмі мікроорганізмів, що швидко знижує величину рН, порушує оптимальну ферментативну активність та негативно впливає на синтез білка, ДНК та РНК [39, 85]. Нині вже використовуються молочна та оцтова кислоти в концентрації 1–3 %. Інші кислоти, такі як аскорбінова, лимонна, пропіонова, мурашина також використовуються, вони найбільш ефективні за температури 50–55 °C [120].

Молочна кислота може використовуватися в якості протимікробного агента для поверхневої дезінфекції туш. Так, обприскування 2–4 % розчином молочної кислоти значно знижує на поверхні туш тварин кількість *E. coli* та *Salmonellae*. Розпилення 1–1,25 % розчину молочної кислоти на туші телятини значно знижує кількість бактерій під час їх зберігання в охолодженому стані за температури 4 °C [41]. Проте більш високі концентрації молочної кислоти, що перевищували 2 %, призводили до знебарвлення поверхні м'яса. Розчини органічних кислот, таких як оцтова або лимонна з концентрацією 1,5 – 2,5%, також використовували для оброблення туш великої рогатої худоби. Ефективність обробки головним чином залежить від тиску води, її температури і тривалості проведення обробки. Використовують обмивання або занурення в гарячу воду за низького тиску, а також зрошення під високим тиском, час дії від 10 до 20 с [97].

Для обробки свинячих туш проводилися дослідження з використанням 2–5 % розчину молочної кислоти у вигляді аерозолю за температури до 80 °C. Для цього попередньо охолоджені душуванням холодною водою шматки м'яса занурювали в розчини за температури до 40 °C, оптимальна експозиція становила до 30 с. Зазначалось, що перевищення встановленої концентрації може, принаймні, тимчасово змінити зовнішній вигляд м'ясних відрубів. Використовувати обробку туш розчинами органічних кислот допускається на

будь-якому етапі: як після знекровлення туш, так і безпосередньо перед пакуванням. Щодо кількості розчину – достатня кількість для покриття всієї поверхні туші. Додаткове змивання після обробки молочною кислотою непередбачено, навпаки, залишок органічної кислоти допомагає пригнічувати ріст мікроорганізмів за повторного бактеріального обсіменіння [25].

Винна та яблучна кислоти також дозволені для використання в харчовій промисловості, проте володіють менш вираженою протимікробною дією та менш ефективні під час обробки поверхні туш [119].

Надоцтову кислоту також використовують в якості очисного засобу для туш. Розчин 0,02 % надоцтової кислоти застосовують для зниження мікробного обсіменіння в м'ясі телятини. Під час дослідження розчин наносили на охолоджене м'ясо та на парні туші. В останньому варіанті результати виявилися кращими, значно знизилася контамінація м'яса *E. coli* та *Salmonella typhimurium* [64]. Служба безпеки та контролю харчових продуктів (FSIS – Food Safety Information System) в США дозволила використовувати надоцтову кислоту для знезараження туш великої рогатої худоби.

Озон являє собою водорозчинний газ природного походження, який є сильним окисником. Цей газ може атакувати клітинну мембрану бактеріальної клітини, а також чинить протівірусну дію. Проте озон також посилює окисне псування жирів, тому, в основному, озонують порожні камери для зберігання м'яса. Хлор (гіпохлорит, ClO_2) є популярним та широко використовуваним протимікробним засобом під час переробки птиці у США, але не дозволений до використання у Європейському союзі (ЄС). Додавання 18–25 мг/л в холодну воду може значно знизити чисельність сальмонел. Ефективність хлору лінійно збільшується з концентрацією, проте більш висока концентрація може сприяти зміні забарвлення, появі неприємного запаху, а також специфічного запаху в тушах [18].

Дезінфекція туш тварин хлором також має свої переваги та недоліки. Хлор досить широко використовується для знезараження продуктів тваринного походження, зокрема птиці. Це відносно дешева хімічна сполука,

яку легко наносити на туші. Він має високу протимікробну активність як щодо грампозитивних, так і грамнегативних мікроорганізмів. Механізм дії хлору полягає в руйнуванні стінок бактеріальної клітини за рахунок високого окисного потенціалу. Розчини хлору ефективні навіть за низьких концентрацій [114]. Щодо обмежень за використання хлору, то він нейтралізується органічними речовинами і його рекомендовано використовувати тільки після зняття шкіри тварин, щоб уникнути нейтралізації органічними речовинами, що знаходяться на поверхні туш. Крім того, хлор – токсична речовина, його концентрацію необхідно ретельно контролювати, а у разі реакції з органічними речовинами можуть утворюватися канцерогенні сполуки – тригалометани, які несуть серйозну загрозу для здоров'я людини [104].

Країни члени ЄС та Австралія дотримуються рекомендацій з безпечного застосування хлору в харчовій промисловості, зокрема, м'ясній, де не допускається перевищення концентрації даної сполуки більше 10 мг/л (ppm). У США нормативні акти допускають більш високу концентрацію – до 20 мг/л для миття або обробки спреєм для тушок птиці, а в охолоджувальних резервуарах – до 50 мг/л [9].

Таким чином, наведені санітарно-гігієнічні характеристики значної кількості антимікробних агентів, призначених для зниження контамінації туш тварин після забою свідчать про те, більшість з них мають ряд недоліків, які пов'язані з погіршенням товарного вигляду м'яса, а також токсичності для людини, що передбачає пошук безпечних для споживача та ефективних засобів, здатних забезпечувати тривале зберігання м'яса та м'ясних продуктів.

1.4. Використання біологічних технологій для обробки м'яса та м'ясних продуктів

Біологічні технології, що контролюють мікробне обсіменіння м'яса, в основному, включають в себе бактеріофаги та бактеріоцини, які себе добре зарекомендували та використовуються у харчовій промисловості. Харчова

безпе́чність м'я́сних проду́ктів тако́ж може забезпе́чуватися шля́хом засто́сування та́ких нату́ральних ко́мпонентів як е́кстракти дея́ких росли́н та їх ефі́рних олі́й. Ефі́рні олі́ї з та́ких росли́н як *Picea excels*, *Camellia japonica* і *Thymus eugii*, е́кстракти та́ких росли́н як ча́сник, і́мбир, пере́ць, гво́здика, ро́змарин то́що ши́роко ви́користо́вуються в я́кості антиба́ктеріальних речови́н. Доси́ть ча́сто під ча́с до́слідже́нь їх поє́днують з і́ншими речови́нами та те́хнологі́ями для си́нергі́чної ді́ї, о́скільки ефі́рні олі́ї бі́льш акти́вні проти гра́мпозити́вних мі́крооргані́змів [3]. Для при́кладу, я́кість ку́рячого м'я́са мо́жна покращи́ти, оброби́вши його че́брецем та карва́кролом.

Для обробки м'яса свинини з метою зниження мікробного обсіменіння використовували активований лактоферин та екстракт розмарину, що знижувало чисельність *E. coli*, *Salmonella* та *Listeria* [117]. Проте дані дослідження потребують додаткового опрацювання та уточнення, щоб пояснити механізм впливу екстрактів рослин та ефірних олій, які містять велику кількість сполук, які уповільнюють бактеріальний ріст на патогенні мікроорганізми та підібрати оптимальні умови обробок м'яса різних видів тварин.

Молочнокислі бактерії (LAB), визнані безпечними для харчових продуктів. Вони використовуються для збільшення терміну придатності ферментованих продуктів, а їх антимікробна дія базується на наявності метаболітів таких як молочна кислота, пероксид водню, бактеріоцини, бактеріоциноподібні речовини. Доведено, що LAB здатні пригнічувати патогенні бактерії сирого м'яса, але неправильне поводження з живими культурами може призвести і до псування м'яса [136].

Бактеріофаги – це віруси мікробної групи, які можуть атакувати мікроорганізм господаря та знищувати його. Бактеріофаги – це натуральні продукти, які не чинять негативного впливу на навколишнє середовище. Завдяки високому ступеню специфічності до господаря, вони також не впливають на пробіотики в травному каналі людини. Слід проявляти особливу обережність під час відбору певних штамів проти конкретного агента

(господаря). Крім того, надмірне використання певного штаму для пригнічення конкретної групи бактерій може призвести до розвитку стійкості у мікроорганізмів, що є природнім еволюційним процесом [75].

Бактеріюцини – це антимікробні пептиди, які продукуються різними бактеріальними штамами. Їх можливо додавати в сире або приготовлене м'ясо, під час обробки або перед пакуванням для пригнічення росту патогенних мікроорганізмів [5]. Так, нізин володіє антимікробною дією в м'ясі та м'ясних продуктах. Бактеріюцини зменшують кількість бактерій, що викликають псування продукту, а також пригнічують патогенні бактерії, такі як *E. coli*, *Salmonella*, *Listeria* тощо. Тому в харчовій промисловості пошук нових бактеріюцинів, що продукуються LAB є актуальним. Найбільш поширені бактеріюцини молочнокислих бактерій наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Перелік найбільш поширених бактеріюцинів молочнокислих бактерій

Бактеріюцини	Штами-продуценти
Nisin	<i>Lactococcus lactis</i>
Lacticin 3147	<i>Lactococcus lactis</i>
Lacticin S	<i>Lactobacillus sake</i>
Lacticin 705	<i>Lactobacillus casei</i>
Curvacin A	<i>Lactobacillus curvatus</i>

У 1958 році нізин був офіційно маркований як харчова добавка (*E 234*) і дозволений до використання в технології харчових продуктів як консервант. Нині його використовують у харчовому виробництві 48 країн світу. Завдяки додаванню нізину можна зменшити час витримки або температуру термічної обробки харчового продукту, що дозволяє зберегти його корисні властивості. Харчову добавку *E 234* використовують для консервування м'ясних і

молочних продуктів, овочів та грибів. Однак нізін малоактивний в нейтральному й лужному середовищі, чутливий до високої концентрації фосфоліпідів, які містяться переважно в м'ясних продуктах, і не впливає на більшість грамнегативних мікроорганізмів, серед яких є багато патогенних видів. Інше застосування бактеріоцинів – біопакування харчових продуктів. Відомо, що псування продукту супроводжується ростом і розмноженням на його поверхні мікроорганізмів, які спричиняють руйнування поверхні продукту, і, таким чином, потрапляють всередину. Запобігти цьому можна ізолювавши продукт від довкілля. Тому бактеріоцини вводять до складу природних і штучних полімерів. Такими насиченими бактеріоцинами плівками обгортають сировину й готові харчові продукти і вони слугують природним бар'єром для технічно шкідливих і сторонніх мікроорганізмів. За їх нанесення на внутрішню сторону пакувального матеріалу значно знизилась кількість *Listeria monocytogenes* в м'ясі індички та телятини під час зберігання в холодильних умовах [37].

Інноваційні підходи до обробки м'яса. Дані процеси включають – інтелектуальне пакування, іонізуюче випромінювання, гідростатичний тиск, електричні поля, обробка ультразвуком, мікрохвилі тощо. Так, інтелектуальне пакування допускає додавання в пакувальний матеріал різних антимікробних речовин (наприклад, органічні кислоти). Ці речовини захищають присутні в ньому продукти харчування. Вакуумне пакування – зберігає природній колір та м'яку консистенцію під час зберігання [53].

Технологія обробки під високим тиском також використовується за пакування харчових продуктів за рахунок тиску від 400 до 600 МПа. При цьому знижується активність більшості вегетативних патогенних мікроорганізмів за кімнатної температури [14].

Ультразвукова технологія – використання ультразвукових хвиль з частотою від 20 до 100 кГц, які пошкоджують клітинну оболонку та руйнують ДНК мікроорганізмів [86]. Дана технологія підходить для знезараження тушок птиці, оскільки вона передбачає занурення харчового продукту в

ультразвукову ванну для оброблення. Ультразвукові хвилі безпечні і нетоксичні для організму людини. Згідно даних проведеного дослідження, в якому поєднували дію ультразвуку з молочною кислотою, було виявлено зниження чисельності грамнегативних мікроорганізмів у м'ясі птиці.

Холодна плазма – це нова технологія нетермічної обробки харчових продуктів, в якій використовуються енергійні хімічно активні гази для інактивації забруднюючих мікробів на м'ясі, птиці, фруктах та овочах. Цей гнучкий метод дезінфекції ґрунтується на використанні електроенергії та газів-носіїв таких як повітря, кисень, азот або гелій і не передбачає використання антимікробних хімічних речовин. Основний механізм дії пов'язаний з ультрафіолетовим випромінюванням та реактивними хімічними продуктами процесу іонізації в холодній плазмі. Розробляється широкий спектр систем холодної плазми, які працюють за атмосферного тиску або в камерах обробки низького тиску. Бактерицидна активність холодної плазми дозволяє знизити чисельність колоній більш ніж на 5 логарифмічних одиниць для таких патогенів як *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* та *Staphylococcus aureus*. Ефективний час обробки харчових продуктів холодною плазмою може становити від 120 до 3 с залежно від виду харчового продукту та умов обробки [91].

Встановлено також, що досягти зниження бактеріального навантаження *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus* і *Pseudomonas aeruginosa* у свинині та курячому м'ясі зі шкірою можливо шляхом застосування холодної плазми в рідкому стані. Результати досліджень показали зниження чисельності *S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *E. coli* та *C. jejuni* на поверхні свинини та курячого м'яса після 15-хвилинної обробки рідкою плазмою на 0, 3, 7 та 10 добу. Однак ефективність зниження м'яса колоніями *S. aureus* була нижчою після 3 добового експерименту. Більше того, *P. aeruginosa* не могла бути інактивована в тих же експериментальних умовах. Мікробна деконтамінація рідкою плазмою не призвела до значного зниження мікробного навантаження м'яса, за винятком

C. jejuni, порівняно з зануренням у воду. За порівняння з контрольною групою величина рН та водна активність проб свинини та курятини, оброблених рідкою плазмою, достовірно відрізнялися з низхідною тенденцією, аналогічною показникам контрольної групи. Крім того, інтенсивність почервоніння та жовтизни м'яса зменшилися. Хоча обробка м'яса рідкою плазмою призвела до збільшення посвітлішання проб свинини, ці значення суттєво не змінилися у пробах курятини. Це дослідження продемонструвало ефективність рідкої плазми у зниженні контамінації *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, *E. coli*, *C. jejuni* та *S. aureus* поверхні свинини та курячого м'яса протягом трьох діб зберігання за 4–6 °C з мінімальними небажаними характеристиками м'яса [110].

Опромінення. Опромінення – достатньо ефективна технологія для контролю патогенів харчового походження і може застосовуватися для м'ясних продуктів з метою поліпшення їх безпечності та подовження терміну придатності за рахунок покращення якості та підтримання стабільного вмісту поживних речовин під час зберігання. Також опромінення вважається ефективним методом контролю росту мікроорганізмів і підвищення мікробної безпечності м'яса. У 1999 році Міністерство сільського господарства США (FSIS) дозволило використання рентгенівських променів, гама-променів і електронних променів для зменшення кількості патогенних бактерій в сирому і переробленому м'ясі. Проте необхідно чітко дотримуватись дози опромінення (електронних та гамма-променів), оскільки їх висока доза має негативний вплив на якість м'яса – викликає неприємний, затхлий, смалений запах [7]. Бактерицидна дія іонізуючого випромінювання пов'язана із пошкодженням бактеріальної ДНК вільними радикалами, що утворюються в процесі опромінення, а ступінь пошкодження залежить від дози.

Відомі дослідження, які передбачають, що опромінення можна застосовувати в поєднанні з іншими хімічними речовинами та технологіями, які поліпшують ефективність знезараження м'яса. Було виявлено, що комбінації органічних кислот та опромінення були більш ефективними, ніж

окрема дія кожного фактора, для зниження кількості бактеріального обсіменіння в свинині під час зберігання [62].

Імпульсне електричне поле. Імпульсне електричне поле включає використання короткого імпульсу високої електричної напруги для різних харчових продуктів, які зберігаються за кімнатної або температури охолодження [133]. За даного методу клітинна оболонка мікроорганізмів пошкоджується внаслідок високої напруги, що призводить до їх загибелі [42]. Також за високої напруги виділяється тепло, проте воно не чинить негативного впливу на якість м'яса із-за надто короткого часу експозиції. У деяких дослідженнях повідомлялося про суперечливі висновки стосовно використання імпульсного електричного поля для знезараження м'яса та м'ясних продуктів, тому потрібні додаткові дослідження для перевірки потенціалу даного методу перед тим, як почати широке застосування у м'ясній промисловості.

Відомі дані дослідження, де вивчався індивідуальний і комбінований вплив органічних кислот, бактеріофагів і ультрафіолетового світла на популяції сальмонел в яловичому фарші, який був контамінований чотирма штамми *Salmonella*, що призвело до рівня забруднення 3,5 log КУО/г після подрібнення. Застосування окремо молочної та пероксиоцтової кислот або їх комбінації не призвело до суттєвого зниження чисельності сальмонел в яловичому фарші. Індивідуальне застосування бактеріофагів та УФ-світла зменшувало її чисельність на 1 log КУО/г фаршу. Комбіноване застосування бактеріофагів та УФ-світла забезпечило зниження кількості сальмонел у фарші на 2 log КУО/г [131].

Таким чином, нині розроблено та використовується значна кількість різноманітних методів деконтамінації м'яса і м'ясних продуктів, однак вони мають ряд недоліків, які стосуються зміни органолептичних характеристик, складної технології використання, а також недостатнього наукового обґрунтування, що стримує їх широке впровадження у виробництво.

1.5. Заключення з огляду літератури

Безпечність та якість м'яса залежить значною мірою від умов утримання, годівлі та догляду за тваринами, зокрема, за молодняком свиней на відгодівлі. Крім цих факторів важливу роль відіграють умови транспортування, передзабійної витримки, оглушення, забою та післязабійного туалету і охолодження м'яса.

Основним фактором обсіменіння туш мікроорганізмами у процесі охолодження і зберігання є незадовільний стан відповідних приміщень, а також порушення технологічного режиму, що створює сприятливі умови для росту і розмноження мікроорганізмів.

Проведено умовну класифікацію основних сучасних методів оброблення м'яса для зниження мікробного обсіменіння та збільшення терміну його зберігання. До них відносяться фізичні методи, використання різних хімічних речовин та біологічні технології.

У кожній технології є свої переваги та недоліки. Для вибору оптимального методу необхідно враховувати хімічний склад м'яса, вид тварини, технологічні можливості підприємства, пору року тощо. Крім того, з урахуванням сучасного екологічного стану та поширення тенденції до вживання органічної продукції, варто зосередити увагу на безпечних методах (без використання токсичних хімічних речовин), на речовинах природного походження для первинної обробки свинини з метою покращення якості та подовження термінів зберігання продукту.

Відомо, що більшість м'ясопереробних підприємств використовує органічні кислоти для обробки поверхні туш з метою зниження їх мікробного обсіменіння, однак вони мають ряд недоліків, зокрема, впливають на органолептичні показники, що потребує розробки нових способів пролонгації терміну зберігання м'яса в охолодженому стані.

До таких способів відносяться мікробіологічні препарати, зокрема, спеціальні штами молочнокислих бактерій, які володіють вибірковою ферментацією до моно- і полісахаридів, не впливають на органолептичні показники м'яса і володіють антагонізмом до умовно патогенної та патогенної мікрофлори.

Проаналізувавши результати досліджень з використання молочнокислих бактерій та бактеріоцинів, їх згубної дії на основні патогенні мікроорганізми для людини, з точки зору мікробної небезпеки, які включають *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* тощо, необхідно поєднувати класичні методи фізичної обробки – дія температури, тиску, механічне очищення тощо з біологічними технологіями для виробництва екологічних і безпечних продуктів.

Таким чином, використання суспензій заквасок молочнокислих бактерій для заключної обробки під час охолодження туш (півтуш) свинини в холодильних камерах потребує детального вивчення їх впливу на якість та безпечність свинини з урахуванням товарного вигляду м'яса.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися впродовж 2021–2025 року в умовах кафедри гігієни тварин і харчових продуктів імені професора А.К. Скороходька факультету ветеринарної медицини Національного університету біоресурсів і природокористування України та ТОВ «Антонівський м'ясокомбінат». Мікробіологічні дослідження проведені в акредитованій Білоцерківській міській державній лабораторії Держпродспоживслужби України.

Матеріалом для проведення досліджень слугували півтуші свинини, які отримували після первинної переробки в умовах ТОВ «Антонівський м'ясокомбінат».

Забій тварин в умовах ТОВ «Антонівський м'ясокомбінат», що знаходиться в Київській області, проводився з дотриманням «Правил передзабійного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса та м'ясних продуктів», після чого півтуші свиней транспортували до спеціалізованих холодильних камер.

З метою безпечного подовження терміну зберігання півтуш нами використовувалися натуральні молочнокислі культури (закваски), виробництва *Chr. Hansen* (ТОВ «Хр. Хансен Україна»).

Характеристика культур

SafePro® B-2 – це одноштамова м'ясна культура для виробництва варених або в'ялених м'ясних продуктів. Штам культури *Lactobacillus sakei* пригнічує ріст гнильних та патогенних бактерій таких як природні молочнокислі бактерії та *Listeria monocytogenes*. Штам культури росте в широкому температурному діапазоні до 4 °C та витримує заморожування. Культура не ферментує лактозу, дозволяє досягти стабільну безпечність та органолептичну якість продукту протягом всього періоду зберігання. Дозування культури проводиться з розрахунку 25 г на 200 кг продукту.

Призначення культури: нарізана шинка та сосиски, сиров'ялені та варені ковбаси.

Характеристика культури *Lactobacillus sakei*: порошок від білого до коричневого відтінку, у воді розводиться у вигляді суспензії. До складу входить сахароза.

Таблиця 2.1

Фізіологічні характеристики *Lactobacillus sakei*

Показник	Значення
Температура для росту культури Оптимальна/максимальна/мінімальна	25 °C/ 40°C / 2 °C
Максимальна концентрація кухонної солі у розчині	6 %
Характеристика	Факультативно-анаеробний L (+) – продуцент молочної кислоти
Ферментовані цукри:	
Глюкоза (декстроза)	+
Фруктоза	+
Мальтоза	-
Лактоза	-
Сахароза	+
Крохмаль	-

SafePro® B-SF-43 – це культура для застосування в широкому спектрі готових до вживання харчових продуктів. Штам культури *Leuconostoc carnosum* пригнічує ріст гнильних та патогенних бактерій таких як природні молочнокислі бактерії та *Listeria monocytogenes*. Дозування культури проводиться з розрахунку 25 г на 100 кг продукту.

Призначення культури: м'ясні вироби у вакуумній упаковці або в упаковці з модифікованою газовою атмосферою з дотриманням низької температури зберігання.

Характеристика культури *Leuconostoc carnosum*: порошок від білого до коричневого відтінку, у воді розводиться у вигляді суспензії. До складу входить сахароза.

Таблиця 2.2

Фізіологічні характеристики *Leuconostoc carnosum*

Показник	Значення
Температура для росту культури Оптимальна/максимальна/мінімальна	20 °C/ 30°C / 2 °C
Максимальна концентрація кухонної солі у розчині	5 %
Характеристика	Факультативно-анаеробний D (-) – продуцент молочної кислоти, гетероферментативний
Ферментовані цукри:	
Глюкоза (декстроза)	+
Фруктоза	+
Мальтоза	-
Лактоза	-
Сахароза	+
Крохмаль	-

Обидві культури молочнокислих мікроорганізмів відповідають загальним вимогам харчової безпеки згідно з Регламентом [103].

2.1. Схема і умови проведення дослідів

Метою першого етапу досліджень було встановити ефективність охолодження півтуш свинини в холодильній камері з використанням душування та фінальної обробки мікробними заквасками за зберігання в умовах охолодженого стану.

Для цього сформували контрольні та дослідні групи по 10 півтуш свинини у кожній групі (табл. 2.3, рис. 2.1).

Таблиця 2.3

Схема дослідів з визначення впливу охолодження півтуш свинини методом душування та обробкою суспензією молочнокислих культур в традиційній дозі

Група	Умови дослідів
Контрольна 1 (К 1)	Мокрий туалет без душування
Контрольна 2 (К 2)	Мокрий туалет з душуванням
Дослідна 1 (Д1)	Мокрий туалет з душуванням та обробкою закваскою культури SafePro [®] B-SF-43 в дозі 10 ⁶ /см ²
Дослідна 2 (Д2)	Мокрий туалет з душуванням та обробкою закваскою культури SafePro [®] B-2 в дозі 10 ⁶ /см ²

Дослідні групи Д1 і Д2 оброблялися мікробними заквасками з розрахунку 10⁶/см² молочнокислих мікроорганізмів, які наносили на поверхню півтуші після закінчення процесу душування. Всі півтуші свинини зберігали в холодильнику за температури 1–4 °С до появи ознак псування м'яса. Облік результатів дослідження проводили через 1 годину після охолодження, через 1 добу та на 4 добу зберігання півтуш у холодильних камерах.

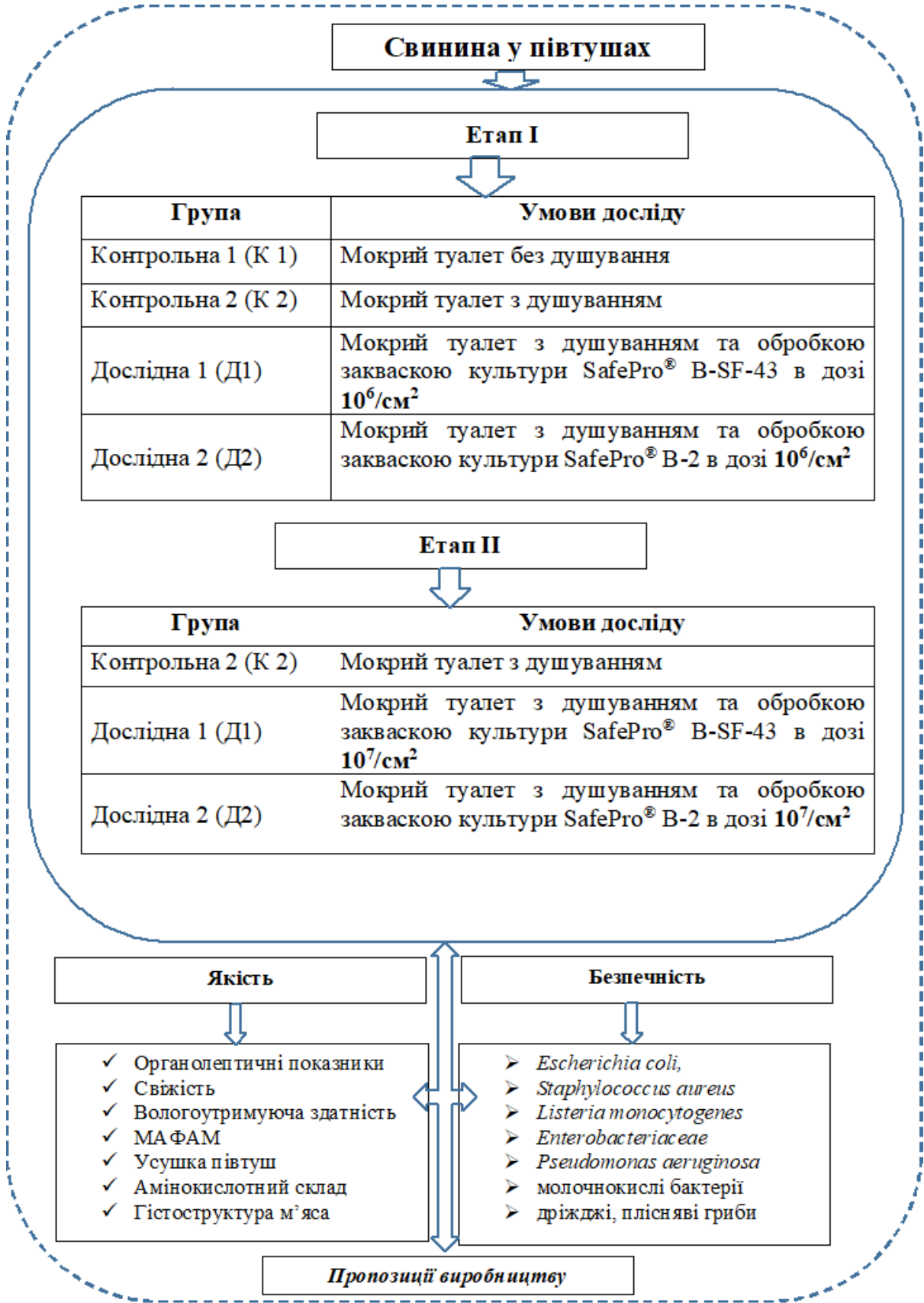


Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

Метою другого етапу досліджень було визначити ефективну дозу мікробних заквасок для подовження терміну зберігання свинини у півтушах за охолодження в холодильній камері та застосуванням душування.

Для цього сформували контрольну та дві дослідні групи по 10 півтуш свинини у кожній (табл. 2.4, рис. 2.1).

Таблиця 2.4

Схема досліду з визначення впливу охолодження півтуш свинини методом душування у поєднанні з обробкою заквасками молочнокислих бактерій в оптимізованій дозі

Група	Умови досліду
Контрольна 2 (К 2)	Мокрий туалет з душуванням
Дослідна 1 (Д1)	Мокрий туалет з душуванням та обробкою закваскою культури SafePro® B-SF-43 в дозі $10^7/\text{см}^2$
Дослідна 2 (Д2)	Мокрий туалет з душуванням та обробкою закваскою культури SafePro® B-2 в дозі $10^7/\text{см}^2$

Дослідні групи Д1 і Д2 оброблялися так само, як і в першому етапі досліджень, але з розрахунку щодо кількості молочнокислих мікроорганізмів, які наносили на півтушу – $10^7/\text{см}^2$. Всі півтуші свинини зберігали в холодильнику за температури 1–4 °С до появи ознак псування м'яса. Визначення показників безпечності та якості проводились після охолодження через 1 годину та на 4-у та 7-у добу зберігання півтуш свинини у холодильних камерах.

2.2. Методи досліджень

2.2.1. Визначення органолептичних, хімічних і мікроскопічних показників м'яса. Відбір досліджуваних проб м'яса півтуш свинини, масою не менше 200 г цілим шматком і підготовку їх до аналізування для оцінювання показників якості та безпечності проводили відповідно до вимог нормативно-

правових актів: ДСТУ 7992:2015 [143], Правил передзабійного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса і м'ясних продуктів, 2002 [155], ДСТУ 7158:2010 [142]. Кожну пробу запаковували окремо, підписували – зазначали дату відбору, номер проби, назву тканини, після чого транспортували у термобоксі до лабораторії для проведення подальших досліджень.

Органолептичні дослідження м'яса. Органолептичну оцінку м'яса забійних тварин (колір, запах, консистенція, проба варіння) визначали згідно з ДСТУ 7992:2015 [143]. Кожну пробу аналізували окремо, дослідження проводились за денного світла, в добре освітленому приміщенні за кімнатної температури. За допомогою органів чуття визначали: зовнішній вигляд, колір, консистенцію, запах м'яса, аромат та прозорість бульйону. Зовнішній вигляд та колір визначали на свіжому розрізі м'яса, наявність липкості встановлювали обмацуванням, вологість поверхні м'яса на розрізі досліджували за допомогою прикладання фільтрувального паперу. Консистенцію визначали на свіжому зрізі дослідної проби м'яса легким натисканням пальця до утворення ямки і спостерігаючи за швидкістю її виповнення. Запах досліджували на поверхні проби, потім ножом робили розріз для оцінки запаху в глибоких шарах м'яса. Для приготування бульйону м'ясо подрібнювали до консистенції фаршу, брали наважку м'яса, додавали дистильовану воду та ставили у киплячу водяну баню. Аромат бульйону визначали в момент утворення пари за 80–85 °С. Для визначення прозорості м'ясного бульйону його наливали в мірний циліндр і проглядали у прохідному світлі.

Визначення величини рН м'яса здійснювали згідно ДСТУ ISO 2917-2001 [149], під час дослідження м'яса у півтушах. Метод базується на вимірюванні різниці потенціалів між скляним електродом і електродом порівняння, які вміщені у підготовлену пробу м'яса з використанням рН-метра з дисплеєм, мінімальна чутливість якого 0,01 одиниць величини рН.

Дослідження ступеня свіжості м'яса визначали за якісною реакцією з міді сульфатом та наявністю ферменту пероксидази (бензидинова проба)

[155]. Реакція з міді сульфатом у бульйоні – це метод визначення первинних продуктів розпаду білків у бульйоні дослідного зразка (ГОСТ 23392-78) [139]. Під час варіння білки м'яса переходять у воду та під дією високої температури коагулюють, під час фільтрування дані білки осідають на фільтр. В бульйоні з несвіжого м'яса залишаються первинні продукти розпаду білків м'яса (пептони, поліпептиди), які можна виявити шляхом осадження міді сульфатом. Для цього після фільтрування гарячого бульйону в пробірку до фільтрату додають розчин міді сульфату, через 5 хв. проводять облік реакції. Фільтрат зі свіжого м'яса не змінюється або злегка темніє, бульйон із м'яса сумнівної свіжості стає каламутним. М'ясо вважається несвіжим за переходу бульйону в желеподібний стан. Суть реакції на пероксидазу полягає в тому, що вона розкладає пероксид водню з вивільненням кисню, який окиснює бензидин. При цьому утворюється парахінондиїмід, який з недоокисненим бензидином дає сполуку синьо-зеленого кольору, що переходить у бурий. Облік реакції проводять за визначенням часу, впродовж якого відбувається зміна забарвлення, при цьому важливе значення має активність пероксидази. У свіжому м'ясі здорових тварин пероксидаза активна, у несвіжому та м'ясі хворих тварин її активність значно знижується.

Проведення мікроскопічного аналізу свіжості м'яса здійснювалось згідно ГОСТ 23392-2016 [139]. Метод базується на визначенні кількості бактерій та ступені розпаду м'язової тканини шляхом мікроскопії мазків-відбитків. Для дослідження готували мазки-відбитки із глибоко розташованих м'язів. Попередньо поверхню досліджуваних м'язів стерилізували розпеченим шпателем та стерильними ножицями вирізали шматочки, поверхнями зрізів прикладали до предметних скелець, після чого препарат підсушували, фарбували та проводили мікроскопію. Мазки спочатку досліджували за малого збільшення, а потім переводили на імерсійну систему, підраховували кількість мікроорганізмів та визначали якісний склад флори (коки або палички). Для кожного мазка-відбитка на одному предметному скельці досліджували 25 полів зору.

Вологоутримуючу здатність м'яса визначали методом пресування [156]. Важлива властивість м'яса – його вологоємність, яка визначається кількістю зв'язаної води, що міститься в ньому. Чим більше в м'ясі зв'язаної води, тим кращі його технологічні властивості. Розрахунки проводились із застосуванням програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

Визначення маси півтуш свинини під час зберігання здійснювали за допомогою промислових вагів ТВ4-1500 в умовах м'ясокомбінату з точністю до 0,1 кг.

2.2.2. Визначення вмісту амінокислот у м'ясі. Визначення загального вмісту амінокислот. Відбирали наважку подрібнених м'язів 0,20 г, додавали 20 мл 6 М HCl. В подальшому проводили гідроліз білків упродовж 4 год. за температури 132°C. Після цього відбирали 20 мкл гідролізату, висушували, перерозчиняли у 200 мкл 0,1 М розчину HCl і виконували аналіз.

Визначення вмісту вільних амінокислот. Відбирали наважку 0,2 г подрібненого м'яса і суспендували у 400 мкл ультрачистої води. До отриманої суспензії додавали 1,2 мл 10 % розчину трихлороцтової кислоти, перемішували та центрифугували 10 хв за 1000 об/хв. 100 мкл супенатанту, висушували, перерозчиняли у 100 мкл 0,1 М розчину HCl і проводили аналіз.

Проби м'яса аналізували на хроматографі Agilent Technologies 1260 Infinity II з флуоресцентним детектором. Поділ проводили на хроматографічній колонці з оберненою фазою C-18 довжиною 150 мм. Під час хроматографічного аналізу в автоматизованому режимі, наданому виробником обладнання, проводилася передколонкова дериватизація ортофталевим альдегідом та 3-меркантопропіоновою кислотою (з концентрацією 10 мг/мл кожного реагенту) у 0,4 М розчині боратного буферу (Agilent Technologies, Lot BCC 06916).

Параметри хроматографічного аналізу: довжина хвилі збудження 340 нм, довжина хвилі емісії – 450 нм. В якості елюентів використовували ультрачисту воду, ацетонітрил і метанол для ВЕРХ (Sigma-Aldrich), а також фосфатний буфер з величиною рН 8,0 у градієнтному режимі згідно рекомендацій

постачальника. Швидкість потоку складала 1 мл/хв, а температура колонки – 33 °С.

Розрахунок вмісту амінокислот у пробах проводили за часом утримання з використанням стандарту амінокислот виробництва Agilent Technologies (концентрація 25 пмоль/мл у 1 М розчині HCl, Lot BCBW 7956) [141]

2.2.3. Бактеріологічні дослідження м'яса забійних тварин. Відбір проб м'яса забійних тварин та їх підготовка до мікробіологічних випробувань здійснювали згідно вимог ДСТУ 8381:2015 [144]. Відбір змивів з поверхні м'яса забійних тварин, що зберігалося у холодильних камерах м'ясокомбінату, проводили стерильним тампоном згідно з вимогами національного стандарту ДСТУ ISO 17604:2014 [147].

Визначення чисельності МАФМ у м'ясі здійснювали шляхом підрахунку кількості мікроорганізмів в 1 г м'яса за посіву на агар для підрахунку колоній, який містить у своєму складі сухий ферментний гідролізат казеїну, сухий дріжджовий екстракт, безводну глюкозу, агар і воду, в чашки у термостаті за температури (30 ± 1) °С упродовж (72 ± 3) годин, і послідовним підрахунком колоній згідно з ДСТУ ISO 4833:2006 [150].

Визначення бактерій *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* і *Listeria monocytogenes* та *Enterobacteriaceae* проводили за загальноприйнятими методиками згідно чинних стандартів ДСТУ ГОСТ 30726-2002 [152], ГОСТ 10444.2-94 [138], ДСТУ ISO 11290-1:2003 [145,148], бактерій групи кишкової палички – згідно ГОСТ 30518-97 [140], молочнокислі бактерії – ДСТУ ISO 15214:2007 [146], дріжджі, плісняві гриби – ДСТУ ISO 7954:2006 [151], *Pseudomonas aeruginosa* – ISO 16266-2:2018 [51].

2.2.4. Гістологічні дослідження м'яса. Матеріалом для гістологічних досліджень були шматочки матеріалу шийних м'язів свиней, відібрані від контрольної та дослідних груп, які фіксували у 10–12 % водному розчині нейтрального формаліну з наступною заливкою його в парафін. Гістологічні зрізи товщиною до 10 мкм виготовляли на санному мікротомі MC-2. Для дослідження морфології клітин та тканин зрізи після їх депарафінації

фарбували гематоксиліном та еозином [137].

Якісні характеристики тканинних компонентів визначали за допомогою світлового мікроскопа Біолам-Ломо (ок. 10, об. 8; ок. 10, об. 40).

Мікрофотографування гістологічних препаратів здійснювали відеокамерою САМ V200, вмонтованою в мікроскоп Micros MC-50.

Результати досліджень обробляли статистично із застосуванням однофакторного дисперсійного аналізу з використанням критерію Тьюкі, різницю між показниками вважали вірогідною $p \leq 0,05$. Дані в таблицях подано як $\bar{x} \pm SD$ [157].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив режиму охолодження півтуш свинини на показники свіжості м'яса

3.1.1. Показники свіжості свинини за охолодження методом душування та обробки заквасками молочнокислих бактерій. Використання душування півтуш свинини суттєво не вплинуло на температуру поверхні м'яса через 1 годину після охолодження. Як видно з даних табл. 3.1 поверхня м'яса півтуш свинини контрольної групи (К1), яка душуванню не піддавалась, вірогідно не відрізнялась від аналогічних показників півтуш свинини, які були охолоджені методом душування.

При цьому температура в товщі півтуш свинини була вірогідно нижчою у випадку охолодження методом душування, порівняно з даними півтуш контрольної групи 1 (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Температура і рН м'яса свинини у півтушах через 1 год після охолодження, $\bar{x} \pm SD$, n = 5

Група	Температура поверхні півтуші, °C	Температура в товщі півтуші, °C	рН м'яса, од.
К 1	11,93±0,60 ^a	28,12±1,55 ^a	6,84±0,05 ^a
К 2	12,19±1,33 ^a	24,66±2,47 ^b	6,60±0,13 ^b
Д 1	11,68±0,75 ^a	24,60±2,12 ^b	6,70±0,13 ^{ab}
Д 2	11,85±1,24 ^a	23,82±1,15 ^b	6,80±0,11 ^a

Примітка: різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Так, через 1 годину після душування температура в товщі півтуш свинини контрольної групи 2 була нижчою в середньому на 3,46 °С, свинини дослідної групи 1 – на 3,52 °С, а свинини дослідної групи 2 – на 4,3 °С порівняно з аналогічними показниками півтуш свинини контрольної групи 1. При цьому температура в товщі півтуш свинини, які піддавались охолодженню методом душування: контрольна група 2, дослідні групи 1 та 2 між собою не відрізнялась.

Величина рН м'яса всіх півтуш свинини, які піддавались охолодженню методом душування, через 1 годину знаходилися в межах, характерних для якісного м'яса. Однак цей показник у м'ясі свинини контрольної групи 2 був нижчим, порівняно з контрольною групою 1 та дослідною групою 2.

Визначення температури поверхні півтуш свинини на 4 добу зберігання показало, що вона вірогідно не відрізнялась між групами (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Температура і рН м'яса свинини у півтушах на 4 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, n = 5

Група	Температура поверхні півтуші, °С	Температура в товщі півтуші, °С	рН м'яса, од.
К 1	3,40±0,32	3,30±0,89	6,37±0,17
К 2	3,48±0,15	3,24±0,09	6,43±0,29
Д 1	3,24±0,22	3,62±0,86	6,73±0,22
Д 2	3,52±0,31	3,80±0,50	6,41±0,29

Аналогічні результати отримані і на 4 добу зберігання під час визначення температури в товщі півтуш свинини контрольних та дослідних груп.

Величина рН м'яса свинини на 4 добу зберігання не залежала від способу охолодження півтуш, а також від обробки поверхні півтуш заквасками молочнокислих мікроорганізмів і знаходилася у всіх випадках у межах

параметрів якісного м'яса.

Органолептичні показники: колір, консистенція, запах, прозорість та аромат м'ясного бульйону, отриманого з півтуш свинини контрольних та дослідних груп на 4 добу зберігання не відрізнялися (табл. 3.3).

За результатами комплексних органолептичних досліджень м'ясо півтуш свинини як контрольних, так і дослідних груп мало початкові ознаки псування (липкість), що свідчить про сумнівну свіжість. На розрубі по хребту кістки мали світлий наліт, який також був злегка липким.

Таблиця 3.3

Органолептичні показники м'яса свинини на 4 добу зберігання, n=10

Група	Зовнішній вигляд, колір	Консистенція	Запах	Прозорість та аромат бульйону
К 1	м'ясо рожевого кольору, характерне для свинини, злегка відчувається липкість	на розрізі м'ясо досить щільне та пружне	специфічний, характерний для свіжого м'яса	прозорий, має специфічний аромат, жир на поверхні у вигляді досить великих краплин
К 2				
Д 1				
Д 2				

Методи хімічного аналізу свіжості м'яса включали якісні реакції на пероксидазу та реакцію з міді сульфатом, результати яких наведені в табл. 3.4.

Реакція на пероксидазу має бути позитивною для свіжого м'яса, проте тільки одна півтуша м'яса з контрольної групи 1 була свіжою, а решта – сумнівної свіжості. М'ясо півтуш контрольної групи 2 за цією реакцією усі були несвіжими. Такий же результат нами отримано під час дослідження м'яса

півтуш дослідної групи 1. У дослідній групі 2 м'ясо однієї півтуші було сумнівної свіжості, а чотири – несвіжими.

Таблиця 3.4

Показники свіжості м'яса свинини на 4 добу зберігання, n = 5

Група	Реакція на пероксидазу, кількість проб „+”, „±”, „-”	Реакція з міді сульфатом, кількість проб „+”, „±”, „-”
К 1	1 (+); 4 (±)	4 (±); 1 (-)
К 2	5 (-)	5 (±)
Д 1	5 (-)	2 (+); 3 (±)
Д 2	1 (±); 4 (-)	2 (+); 1 (±); 2 (-)

Примітка: (-) – негативна реакція, (+) – позитивна реакція, (±) – сумнівна реакція

На результат даної реакції може впливати багато факторів, зокрема, температурний режим зберігання, наявність солей важких металів, зрілість м'яса. Процес дозрівання включає дві фази, кожна з яких може тривати до кількох діб, на їх тривалість впливають різні чинники, зокрема, вік тварини. Відомо, що м'ясо більш молодих тварин дозріває швидше. Крім того, останні дослідження підтверджують, що дана реакція не є достовірною для визначення доброякісності м'яса [163].

Реакція з міді сульфатом також показала неоднозначний результат за свіжістю м'яса свинини. В першій контрольній групі – чотири проби м'яса сумнівної свіжості і одна – свіжа, що відповідає результатам дослідження на пероксидазу. В другій контрольній групі усі п'ять проб м'яса виявились сумнівної свіжості в той час, як в реакції на пероксидазу ці ж проби м'яса були несвіжими.

В дослідних групах також отримали суперечливі дані. В першій дослідній групі дві проби м'яса свинини мали позитивну реакцію (несвіже м'ясо) і три – сумнівну (сумнівної свіжості). В другій дослідній групі – дві проби м'яса

свинини були позитивні (несвіже м'ясо), одна мала сумнівний показник (сумнівної свіжості) і дві відповідали вимогам до свіжого м'яса.

Такий результат може бути пов'язаний зі специфічними властивостями молочнокислих заквасок, які мають протеолітичний вплив та одночасно можуть пригнічувати розвиток патогенної мікрофлори.

Реакцію з міді сульфатом, згідно останніх досліджень, рекомендовано як додатковий метод для комплексної оцінки доброякісності м'яса, що має низький відсоток розбіжності з фактичними даними.

Отже, висновок про доброякісність (свіжість) м'яса можна зробити тільки за допомогою комплексних досліджень: органолептичних, хімічних та бактеріоскопії мазків-відбитків.

Під час проведення мікроскопічного аналізу свіжості м'яса встановлено вірогідну відмінність між контрольними та дослідними групами (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Показники мікроскопії мазків-відбитків свинини на 4 добу зберігання півтуш, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$

Група	Кількість мікроорганізмів в полі зору
К 1	$0,14 \pm 0,04^a$
К 2	$0,20 \pm 0,09^a$
Д 1	$0,58 \pm 0,12^b$
Д 2	$0,51 \pm 0,11^b$

Примітка: різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Попри те, що у полі зору мікроскопу у пробах м'яса півтуш свинини дослідних груп було виявлено вищу кількість мікроорганізмів, ніж у контрольних, їх кількість була характерною для свіжого м'яса. Згідно вимог

до свіжого м'яса в мазках-відбитках мікрофлору не виявляють або спостерігають поодинокі коки та палички, чисельність яких не повинна перевищувати 10 клітин. Це підтверджено також відсутністю ознак розпаду м'язової тканини, а також вираженою посмугованістю м'язових волокон. Імовірно таке підвищення чисельності мікроорганізмів у полі зору проб м'яса півтуш свинини дослідних груп пов'язано з їх обробкою мікробними заквасками, оскільки бактерії мають властивість проникати в товщу м'яса. Варто відзначити, що під час проведення мікроскопічного аналізу, в переважній більшості проб м'яса виявляли клітини у вигляді коків. Зареєстровано лише кілька поодиноких клітин у формі паличок у полі зору мікроскопа.

Важливим показником якості м'яса є вологоємність. Відповідно, чим вона вища, тим вищий буде вихід готових м'ясних продуктів.

Результати досліджень, наведені в табл. 3.6 свідчать про низький рівень вологоємності як м'яса свинини у півтушах контрольних груп, так і дослідних групах.

Таблиця 3.6

Вологоємність м'яса свинини у півтушах на 4 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$

Група	Вологоємність
К 1	37,80±4,20
К 2	60,00±9,94
Д 1	33,42±7,32
Д 2	31,93±6,69

Обробка півтуш свинини мікробними заквасками практично не вплинула на цей показник. Згідно різних джерел нормальний рівень вологоємності м'яса коливається в межах 53–66 %. Такого рівня вологоємності досягало м'ясо свинини лише в другій контрольній групі, яка піддавалася душуванню, однак

велика варіабельність цих показників індивідуальних проб м'яса не дозволяє зробити висновок про фактор, який вплинув на цей показник.

Під час зберігання свинини у півтушах в холодильних камерах відбувається процес їх усушки, який пов'язаний з втратою вологи м'ясом.

Як видно з одержаних даних середня маса парної півтуші не відрізнялась між контрольними та дослідними групами (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Маса півтуш свинини під час зберігання в охолоджену стані, кг, $\bar{x} \pm SD$, n = 10

Група	Парна туша	Через 1 добу зберігання	Через 4 доби зберігання
К 1	44,01 $\pm$ 5,09	43,01 $\pm$ 4,98	42,72 $\pm$ 4,93
К 2	42,95 $\pm$ 6,20	42,26 $\pm$ 6,31	41,89 $\pm$ 6,16
Д 1	43,31 $\pm$ 3,89	42,71 $\pm$ 3,71	42,35 $\pm$ 3,68
Д 2	44,80 $\pm$ 4,20	44,24 $\pm$ 4,16	43,96 $\pm$ 4,12

Зберігання свинини в охолоджену стані протягом 1 доби сприяло зниженню загальної маси півтуш контрольної групи 1 на 2,27 %, контрольної групи 2 – на 1,65 %, дослідної групи 1 – на 1,61 % і дослідної групи 2 – на 1,25 %, порівняно з виходом парної туші цих же груп.

Як показали результати зважування на 4 добу зберігання в охолоджену стані усушка півтуш контрольної групи 1 складала 2,93 %, контрольної групи 2 – 2,50 %, дослідної групи 1 – 2,22 % і дослідної групи 2 – 1,87 %, порівняно з аналогічними показниками парної туші.

У період з 1 до 4 доби інтенсивність втрати маси півтушами свинини в усіх випадках була нижчою ($p \leq 0,05$), ніж у перші 24 години після забою (див. рис. 3.1–3.4), що пов'язано з досягненням стабільної температури в товщі охолоджених півтуш і зниженням інтенсивності процесу випаровування в холодильній камері.

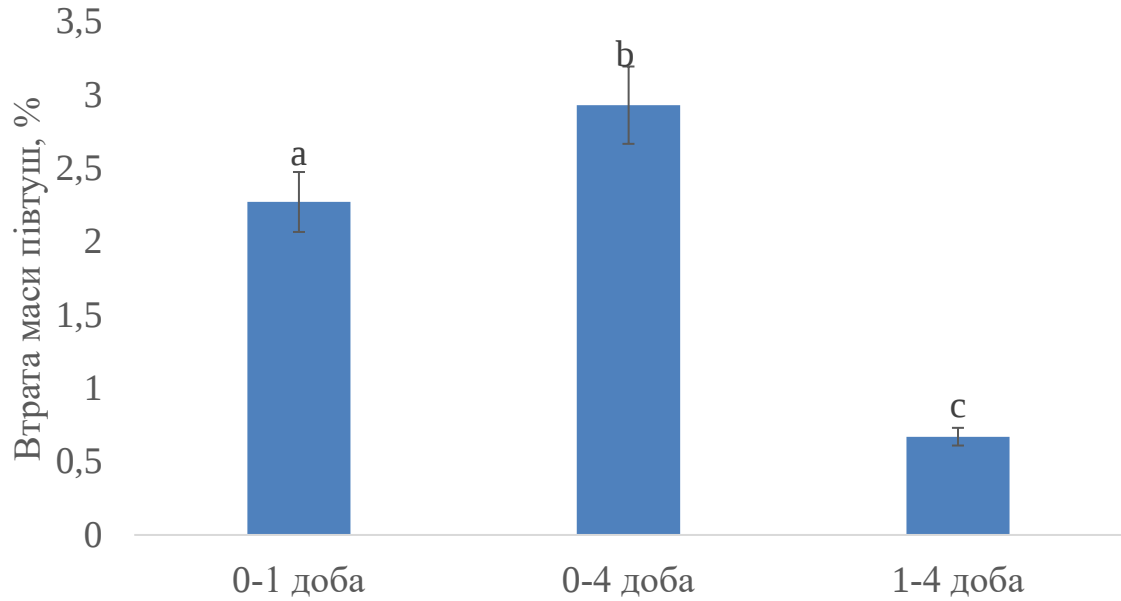


Рис. 3.1 Втрата маси півтуш свинини за традиційного охолодження, $x \pm SD$, $n = 10$; Примітка: тут і далі різні літери верхніх індексів ^{a, b, c} вказують значення, які вірогідно відрізнялися ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

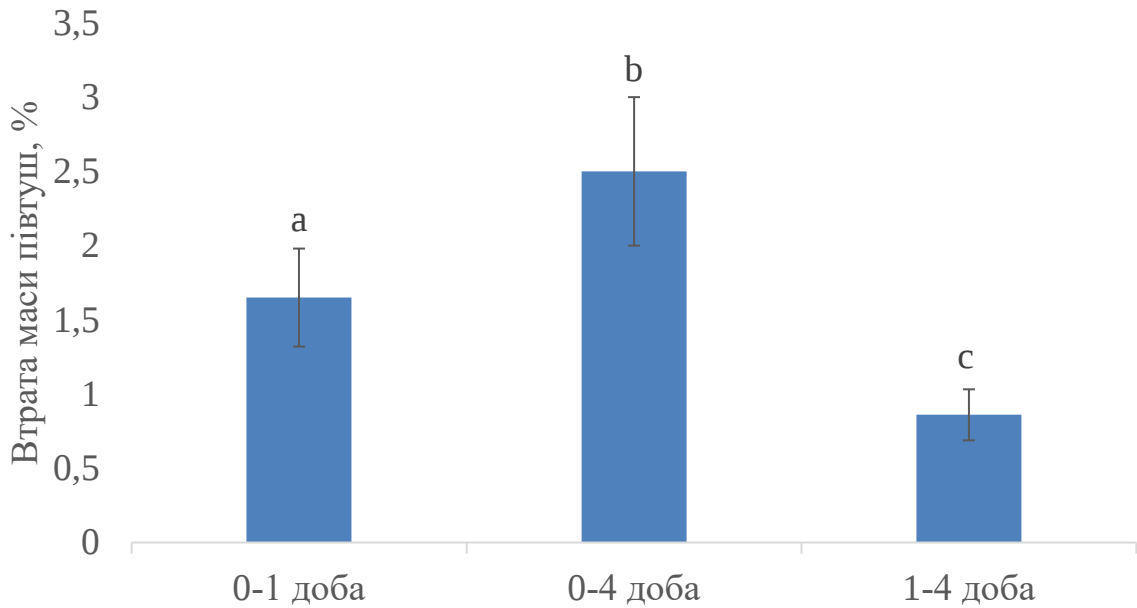


Рис. 3.2. Втрата маси півтуш свинини за охолодження з використанням душування, $x \pm SD$, $n = 10$, див. рис. 1

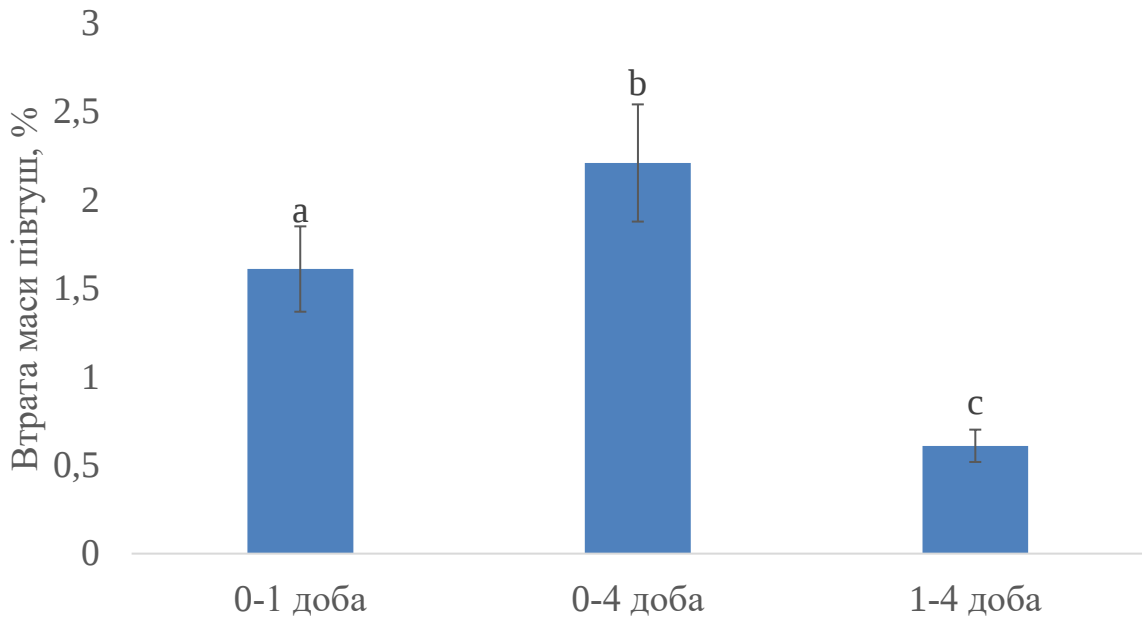


Рис. 3.3. Втрата маси півтуш свинини за охолодження з використанням душування та заключною обробкою суспензією культури *Leuconostoc carnosum* (SafePro® B-SF-43), $\bar{x} \pm SD$, $n = 10$, див. рис. 1

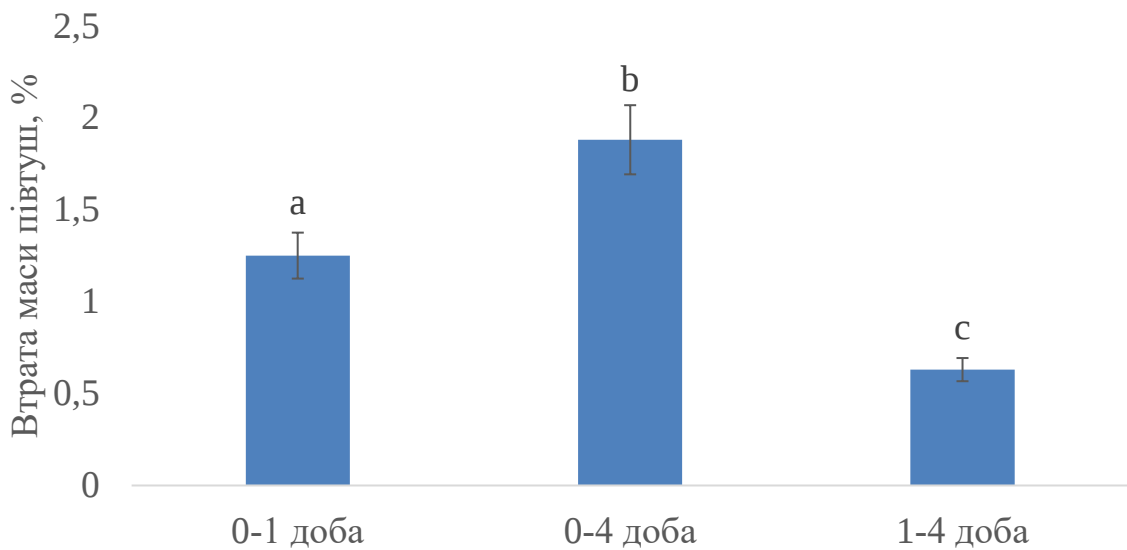


Рис. 3.4. Втрата маси півтуш свинини за охолодження з використанням душування та заключною обробкою суспензією культури *Lactobacillus sakei* (SafePro® B-2), $\bar{x} \pm SD$, $n = 10$

Таким чином доведено, що охолодження півтуш свинини з використанням душування вже через 1 годину сприяє зниженню температури

в товщі півтуш у середньому на 3,46–4,3 °С, на 4-ту добу зберігання дозволяє зменшити усушку в середньому на 0,43 %, а використання молочнокислих заквасок мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2 для обробки поверхні туш знижує цей показник на 0,71 % у дослідній групі 1 та на 1,06 % – у дослідній групі 2.

3.1.2. Мікробіологічні показники м'яса півтуш свинини за обробки бактеріальними заквасками. Мікробіологічні показники свинини у півтушах досліджували через 1 годину після охолодження та на 4-ту добу зберігання в охолодженому стані.

Проби для мікробіологічних досліджень відбирали з ділянок ошийка та вздовж хребта. Дані, наведені в табл. 3.8, свідчать про те, що за мікробіологічними показниками свинина як контрольних, так і дослідних груп відповідала вимогам чинних нормативно-правових актів.

Проте чисельність МАФАМ в ділянках як ошийка, так і хребта у півтушах свинини дослідних груп на порядок нижча, порівняно з контрольними групами.

При цьому слід зазначити, що основними мікроорганізмами у пробах м'яса свинини дослідних груп були молочнокислі бактерії, якими були оброблені дані півтуші. У той же час у півтушах свинини контрольних груп без душування і з душуванням чисельність молочнокислих бактерій була $<1 \lg$ КУО/см².

Вихідне обсіменіння півтуш пліснявими грибами і дріжджами практично знаходилося на одному рівні у пробах м'яса контрольних та дослідних груп свинини.

Таблиця 3.8

Мікробіологічні показники свинини у півтушах після первинної обробки, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, lg КУО/см²

Група	МАФАМ	<i>S. aureus</i>	Молочно-кислі бактерії	<i>L. monocytogenes</i>	Плісняві гриби і дріжджі
	Ошийок				
К 1	3,05±0,70 ^a	Не виявлено	<1	Не виявлено	0,58±0,11
К 2	2,85±0,34 ^{ab}	Не виявлено	<1	Не виявлено	0,68±0,07
Д 1	2,33±0,33 ^b	Не виявлено	5,67±0,96 ^a	Не виявлено	0,56±0,04
Д 2	2,39±0,07 ^b	Не виявлено	6,07±0,41 ^b	Не виявлено	0,54±0,09
Хребет					
К 1	3,11±0,22 ^a	Не виявлено	<1	Не виявлено	0,68±0,11
К 2	3,08±0,12 ^a	Не виявлено	<1	Не виявлено	0,73±0,13
Д 1	2,19±0,23 ^b	Не виявлено	5,54±0,14 ^a	Не виявлено	0,34±0,09
Д 2	2,39±0,21 ^b	Не виявлено	5,98±0,18 ^b	Не виявлено	0,34±0,08

Примітка: різні літери верхніх індексів ^a, ^b вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці в межах однієї ділянки відбору проб ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Результати мікробіологічних досліджень на 4 добу зберігання півтуш наведено в таблиці 3.9.

Суттєвої різниці щодо чисельності МАФАМ на 4 добу зберігання як у змивах з поверхні м'яса дослідних груп, які піддавались заключній обробці суспензією молочнокислих мікроорганізмів, так і контрольних груп півтуш свинини, які охолоджувались без та з використанням душування, нами не виявлено. Кількість молочнокислих бактерій на поверхні півтуш свинини суттєво не відрізнялася між контрольними групами, що вказує на відсутність впливу процесу душування на цей показник.

Таблиця 3.9

Мікробіологічні показники свинини у півтушах на 4 добу зберігання,
 $\bar{x} \pm SD, n = 5, \lg \text{ КУО/см}^2$

Група	МАФAM	<i>S. aureus</i>	Молочно-кислі бактерії	<i>L. monocytogenes</i>	Плісняві гриби і дріжджі
	Ошийок				
К 1	3,63±0,26 ^a	Не виявлено	2,50±0,29 ^a	Не виявлено	2,30±0,12 ^a
К 2	3,69±0,37 ^a	Не виявлено	2,80±0,38 ^a	Не виявлено	2,09±0,75 ^a
Д 1	3,75±0,56 ^a	Не виявлено	5,17±0,35 ^b	Не виявлено	1,84±0,75 ^a
Д 2	3,80±0,56 ^a	Не виявлено	5,73±0,34 ^b	Не виявлено	1,89±0,70 ^a
	Хребет				
К 1	3,75±0,48 ^a	Не виявлено	2,40±0,27 ^a	Не виявлено	1,84±0,21 ^a
К 2	3,66±0,52 ^a	Не виявлено	2,39±0,27 ^a	Не виявлено	1,79±0,17 ^a
Д 1	3,40±0,23 ^a	Не виявлено	5,43±0,37 ^b	Не виявлено	1,20±0,11 ^b
Д 2	3,62±0,60 ^a	Не виявлено	5,82±0,54 ^b	Не виявлено	1,24±0,08 ^b

Примітка: різні літери верхніх індексів ^a, ^b вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

При цьому слід відзначити, що кількість молочнокислих бактерій у змивах з ошийка і хребта півтуш дослідних груп свинини, які підлягали заключній обробці суспензіями молочнокислих бактерій штамів SafePro[®] В-SF-43 і SafePro[®] В-2 була вірогідно вищою майже на 3 порядки, порівняно з обома контрольними групами. Це, ймовірно, відбулося за рахунок обробки півтуш мікробними заквасками, мікроорганізми яких колонізували поверхню м'яса.

Відбулося також зростання кількості пліснявих грибів і дріжджів у м'ясі півтуш свинини всіх досліджуваних груп, але кількість їх була значно нижчою

у змивах з поверхні лише хребта півтуш дослідних груп. Ця відмінність пояснюється деякою антагоністичною дією тих культур, які були нанесені на півтуші після первинної переробки свиней.

Таким чином, можна зробити висновок, що досліджувані нами культури мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 та SafePro® B-2 за дози нанесення на поверхню півтуші $10^6/\text{см}^2$ мають позитивний вплив на показники якості та безпечності свинини. Разом з тим, необхідно збільшити дозування заквасок молочнокислих культур мікроорганізмів для обробки м'яса свинини у півтушах для отримання надійного способу їх зберігання в охолодженому стані після душування.

3.2. Вплив заквасок молочнокислих бактерій на свіжість м'яса свинини у півтушах

3.2.1. Показники свіжості м'яса свинини у півтушах за застосування бактеріальних заквасок. Проаналізувавши результати, отримані під час першого етапу досліджень, було встановлено, що свинина у півтушах без душування і з душуванням підлягає зберігання в охолодженому стані впродовж не більше 4 діб.

Таблиця 3.10

Органолептичні показники м'яса свинини у півтушах на 4 доби зберігання, n = 10

Група	Зовнішній вигляд, колір	Консистенція	Запах
К 2	м'ясо рожевого кольору, характерне для свинини	на розрізі м'ясо досить щільне та пружне	специфічний, характерний для свіжого м'яса
Д 1			
Д 2			

Обробка поверхні півтуш свинини мікробними заквасками штамів SafePro® B-SF-43 та SafePro® B-2 в дозах, збільшених у 10 разів ($10^7/\text{см}^2$) показала, що на четверту добу зберігання органолептичні показники: зовнішній вигляд, колір, консистенція та запах м'яса контрольної та дослідних груп практично не відрізнялися (табл. 3.10).

За результатами комплексних органолептичних досліджень проби свинини дослідних груп на 4 добу зберігання відповідали свіжому м'ясу, однак свинина у півтушах групи K2 в ділянці хребта характеризувалась наявністю білуватого нальоту.

Під час проведення мікроскопічного аналізу мазків-відбитків проб м'яса свинини як контрольної, так і обох дослідних груп на 4 добу зберігання виявлена незначна кількість мікроорганізмів у полі зору, що свідчить про те, що м'ясо свіже, яке підтверджується органолептичними показниками (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Показники мікроскопічного аналізу мазків-відбитків м'яса свинини у півтушах на 4 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$

Група	Кількість мікроорганізмів в полі зору
К 2	24,60±4,15
Д 1	9,20±4,21
Д 2	17,75±3,69

Органолептичні показники м'яса на 4-ту добу зберігання півтуш у цих групах поліпилися, порівняно з вихідними даними відразу після душення півтуш і обробки їх заквасками. Півтуші були блідими, мокрими, без кірочки підсихання, а на 4-ту добу зберігання вони мали привабливий рожевий колір, зовнішній вигляд і консистенцію, характерні для свіжої свинини.

Таблиця 3.12**Вологоємність свинини у півтушах на 4 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, n = 5**

Група	Вологоємність, мг
К 2	32,44±5,31
Д 1	32,44±3,87
Д 2	52,28±9,67

Вологоємність м'яса на 4-ту добу зберігання не мала вірогідної різниці між другою контрольною та дослідними групами. В контрольній та першій дослідній групі вологоємність була на одному, низькому рівні. У другій дослідній групі вологоємність становила 52,28 %, що вказує на дещо кращі технологічні властивості м'яса (табл. 3.12).

Отже, в цілому півтуші свинини дослідних груп мали кращі органолептичні та хімічні показники, порівняно з контролем.

Таблиця 3.13**Температура і рН свинини у півтушах на 7 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, n = 5**

Група	Температура в товщі півтуші, °C	рН м'яса, од.
К 2	4,41±0,17	6,71±0,16 ^a
Д 1	4,39±0,23	5,90±0,12 ^b
Д 2	4,30±0,10	5,86±0,14 ^b

Примітка: різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Як видно з одержаних даних, температура в товщі півтуш свинини як контрольної групи 2, так і обох дослідних груп знаходилася на одному рівні, що пов'язано зі зберіганням їх в одному холодильнику (табл. 3.13).

Разом з тим величина рН м'яса свинини на 7 добу зберігання у обох дослідних групах був у межах, характерних для свіжого м'яса, а в контрольній групі 2 він був вищим і свідчив про псування м'яса.

Отримані дані узгоджуються з показниками органолептичного дослідження (табл. 3.14). Так, встановлено, що м'ясо півтуш свинини контрольної групи 2 за основними органолептичними показниками було несвіжим. М'ясо свинини у півтушах першої та другої дослідних груп мало ознаки сумнівної свіжості.

З урахуванням даних органолептичних досліджень для подальшого аналізування відбирали проби м'яса свинини з півтуш першої та другої дослідної груп.

Таблиця 3.14

**Органолептичні показники м'яса свинини на 7 добу зберігання,
n = 10**

Група	Зовнішній вигляд, колір	Консистенція	Запах
К 2	поверхня вкрита слизом, сіро- коричневого кольору	м'ясо недостатньо щільне, ямка під час натискання не виповнюється	виражений кислий, дріжджовий
Д 1	м'ясо рожевого кольору, поверхня місцями злегка липка	на розрізі м'ясо щільне, ямка під час натискання виповнюється протягом 1 хв.	специфічний, з
Д 2			ледь помітним кислуватим і дріжджовим ароматом

Результати мікроскопічного аналізу мазків-відбитків із свинини на 7 добу зберігання півтуш наведені в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15

Результати мікроскопії мазків-відбитків свинини на 7 добу зберігання півтуш, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$

Група	Кількість мікроорганізмів в полі зору
Д 1	505,67±25,00 ^b
Д 2	251,67±16,42 ^a

Примітка: різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Кількість мікроорганізмів у мазках-відбитках м'яса першої дослідної групи була майже в 2 рази вищою, ніж аналогічний показник у м'ясі свинини другої дослідної групи. Це свідчить про сумнівну свіжість дослідного м'яса, однак причиною такої великої кількості бактерій у полі зору може бути обробка м'яса свинини у півтушах культурами молочнокислих бактерій, які пригнічують гнильну мікрофлору, і проникли в товщу протягом 7 діб його зберігання.

Таблиця 3.16

Вологоємність свинини у півтушах на 7 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$

Група	Вологоємність, мг
Д 1	40,63±9,94
Д 2	46,53±4,25

Разом з тим відсутність розпаду тканин, наявність окресленості м'язових волокон та дані органолептичного дослідження свідчать про сумнівну свіжість даного м'яса.

Вологоємність м'яса не мала вірогідної різниці між свининою у півтушах першої та другої дослідних груп (табл. 3.16).

В м'ясі свинини першої дослідної групи вологоємність становила 40%, другої дослідної групи – 46%. Проте літературні данні вказують, що рівень вологоємності м'яса, отриманого від молодняка свиней коливається в межах від 38 до 48% [160]. На даний показник може впливати цілий ряд факторів: умови вирощування, відгодівля, порода, первинна переробка, зберігання тощо.

Таким чином, за показниками свіжості м'яса свинини у півтушах за застосування душування м'ясо підлягає зберіганню не більше 4 діб в охолодженому стані, а у випадку обробки поверхні півтуш свинини бактеріальними заквасками воно підлягає зберіганню не більше 7 діб.

3.2.2. Мікробіологічні показники м'яса свинини у півтушах за обробки культурами молочнокислих мікроорганізмів. Мікробіологічні показники свинини у півтушах досліджували на 0, 4 та 7 добу зберігання. Дані мікробіологічного дослідження півтуш свинини відразу після первинної переробки, душування і нанесення бактеріальних заквасок у дозі $10^7/\text{см}^2$ наведені в табл. 3.17, свідчать про те, що кількість МАФМ у м'ясі дослідних груп була у 10 разів нижча, ніж у контрольній.

Таблиця 3.17

Мікробіологічні показники свинини у півтушах на 0 добу зберігання, $\bar{x} \pm \text{SD}$, n = 5, lg КУО/см²

Група	МАФМ	<i>P. aeruginosa</i>	Плісняві гриби і дріжджі	Молочнокислі бактерії
К 2	$5,29 \pm 0,91^a$	Не виявлено	$0,23 \pm 0,09$	$2,51 \pm 0,94^a$
Д 1	$4,04 \pm 0,67^b$	Не виявлено	$0,28 \pm 0,08$	$5,98 \pm 0,32^b$
Д 2	$4,64 \pm 0,23^c$	Не виявлено	$0,20 \pm 0,06$	$5,94 \pm 0,51^b$

Примітка: різні літери верхніх індексів ^{a, b, c} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Попри те, що поверхня півтуш свинини дослідних груп 1 та 2 була оброблена суспензією молочнокислих бактерій у дозі $10^7/\text{см}^2$, чисельність МАФАМ на поверхні м'яса була нижчою, ніж у контролі. При цьому чисельність МАФАМ на поверхні м'яса півтуш свинини дослідної групи 2 була вірогідно вищою на $0,6 \lg \text{ КУО}/\text{см}^2$, порівняно з аналогічним показником дослідної групи 1.

Колоній *P. aeruginosa* на поверхні м'яса півтуш як свинини контрольної групи, так і обох дослідних груп не виявлено.

Не виявлено також різниці між групами свинини стосовно обсіменіння туш пліснявими грибами і дріжджами. Це достатньо високе мікробне обсіменіння м'яса, що свідчить про проблеми з дотриманням гігієнічних вимог на м'ясокомбінаті. Проте частка молочнокислих бактерій, які були виявлені на поверхні м'яса півтуш свинини дослідних груп, у 1000 разів вища, порівняно з контрольною (К2).

Результати мікробіологічних досліджень свинини на 4-ту добу зберігання наведено в табл. 3.18.

Таблиця 3.18

Мікробіологічні показники свинини у півтушах на 4 добу зберігання, $\bar{x} \pm \text{SD}$, $n = 5$, $\lg \text{ КУО}/\text{см}^2$

Група	МАФАМ	<i>P. aeruginosa</i>	Плісняві гриби і дріжджі	Молочнокислі бактерії
К 2	$5,34 \pm 0,87^a$	Не виявлено	$2,41 \pm 0,14^a$	$4,08 \pm 0,16^a$
Д 1	$4,52 \pm 0,36^b$	Не виявлено	$1,67 \pm 0,19^b$	$5,73 \pm 0,23^b$
Д 2	$4,51 \pm 0,07^b$	Не виявлено	$1,41 \pm 0,11^b$	$5,25 \pm 0,18^b$

Примітка: різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Отримані нами дані свідчать про те, що у м'ясі свинини контрольної групи відбулося зростання чисельності як МАФАМ, так і пліснявих грибів і

дріжджів, тоді як у м'ясі свинини дослідних груп виявили збільшення кількості молочнокислих бактерій майже в 10 разів, порівняно з контролем.

Дослідження показали, що після нанесення культур молочнокислих мікроорганізмів на півтуші під час їх зберігання практично не відбувається збільшення їх чисельності.

Це є позитивним моментом і, крім того, в деякій мірі вони стримують розвиток іншої мікрофлори, особливо пліснявих грибів і дріжджів.

Таблиця 3.19

Мікробіологічні показники свинини у півтушах на 7 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, lg КУО/см²

Група	МАФАМ	<i>P. aeruginosa</i>	Плісняві гриби	Молочнокислі бактерії
Д 1	5,62±0,35 ^b	Не виявлено	2,60±0,12 ^b	4,80±0,88 ^b
Д 2	4,82±0,51 ^a	Не виявлено	2,23±0,19 ^a	5,47±0,08 ^a

Примітка: різні літери верхніх індексів ^{a, b} вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

З урахуванням того, що м'ясо свинини контрольної групи 2, яке піддавали охолодженню методом душення, не було придатне для подальшого зберігання, то мікробіологічні дослідження свинини на 7-му добу зберігання проводили лише у півтушах дослідних груп (див. табл. 3.19).

Дані, наведені в табл. 3.19 свідчать про те, що кількість МАФАМ на 7 добу зберігання у м'ясі свинини дослідної групи 1 незначно зросла, кількість пліснявих грибів і дріжджів у групі Д2 дещо зменшилася, порівняно з аналогічними показниками дослідної групи 1.

Слід також відзначити, що півтуші свинини обох дослідних груп мали стійкий дріжджовий запах, що свідчить про початок їх псування.

Отже, культури молочнокислих бактерій, які нами застосовувалися для обробки півтуш після їх душування, справили позитивний ефект на зберігання півтуш, особливо культура штаму SafePro[®] В-2, яку застосовували в групі Д2, проте необхідно удосконалити систему контролю і дотримання гігієнічних вимог в умовах м'ясокомбінату, що дасть можливість досягти збільшення терміну зберігання охолодженого м'яса свинини за умови обробки молочнокислими культурами бактерій.

3.2.3. Амінокислотний склад охолодженого м'яса свинини у півтушах за обробки культурами молочнокислих бактерій штаму SafePro[®] В-2. Амінокислотний склад охолодженого м'яса свинини дослідної групи 2 за обробки молочнокислими бактеріями на 7 добу зберігання наведено в табл. 3.20.

Серед замінних амінокислот у м'ясі свинини всіх чотирьох півтуш основною була глютамінова кислота, частка якої становила 31 % від їх загального вмісту в м'ясі. Дещо менший загальний вміст аспарагінової кислоти, аланіну і аргініну був виявлений у охолоджену м'ясі свинини.

Загальний вміст гліцину, серину і тирозину у м'ясі охолодженої свинини у півтушах, які піддавались обробці культури молочнокислих бактерій штаму SafePro[®] В-2, був майже на одному рівні.

Серед незамінних амінокислот в м'ясі свинини найбільший вміст було виявлено лізину та лейцину, а валін та ізолейцин були практично на одному рівні. Вміст треоніну і фенілаланіну у м'ясі свинини у охолоджених півтушах коливався на одному рівні, а найменший рівень було виявлено метіоніну.

Як видно з отриманих результатів дослідження, основними вільними замінними амінокислотами у м'ясі свинини у охолоджених півтушах, оброблених культурою молочнокислих бактерій штаму SafePro[®] В-2, на сьому добу зберігання були аланін та аргінін, які фактично складали від 85,5 до 88,5 % від загального вмісту всіх вільних амінокислот (табл. 3.21).

Таблиця 3.20

Загальний вміст амінокислот у м'ясі свинини у півтушах на 7 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, г/кг

Амінокислота	№ півтуші			
	1	2	3	4
Аланін	14,07±0,46	14,68±0,19	14,28±0,21	13,77±0,44
Аргінін	13,85±0,25	13,49±0,21	12,95±0,28	12,46±0,32
Аспарагінова кислота	19,57±0,56	18,24±0,19	17,91±0,26	16,71±0,55
Валін	10,35±0,23	9,90±0,18	9,24±0,03	8,86±0,06
Гістидин	6,47±0,12	4,86±0,14	4,34±0,20	4,07±0,20
Гліцин	8,98±0,23	10,20±0,44	10,70±0,62	10,51±0,58
Глутамінова кислота	34,93±0,99	34,28±0,42	33,16±0,44	31,72±0,59
Ізолейцин	10,42±0,20	9,85±0,20	9,41±0,11	8,87±0,09
Лейцин	16,66±0,35	15,73±0,29	14,91±0,08	14,38±0,14
Лізин	17,60±0,36	16,58±0,37	16,67±0,36	16,01±0,70
Метіонін	2,34±0,14	2,34±0,13	2,08±0,09	2,27±0,12
Серин	8,25±0,11	8,08±0,31	7,70±0,38	6,92±0,13
Тирозин	7,44±0,23	6,94±0,05	6,50±0,15	6,17±0,15
Треонін	9,06±0,20	8,17±0,33	7,79±0,18	7,44±0,16
Фенілаланін	8,68±0,21	8,30±0,17	7,82±0,04	7,49±0,07
Замінні	113,60	110,80	107,50	102,30
Незамінні	75,11	70,87	67,92	65,32

Третє місце серед вільних замінних амінокислот у м'ясі свинини в охолоджених півтушах займав гліцин. Решта амінокислот, зокрема аспарагінова, глутамінова, гістидин, серин і тирозин були в незначних кількостях.

Таблиця 3.21

Вміст вільних амінокислот у м'ясі свинини на 7 добу зберігання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, мг/кг

Амінокислота	№ півтуші			
	1	2	3	4
Аланін	1983,50±46,76	1732,45±41,30	1466,43±6,60	1398,11±65,02
Аргінін	1330,54±75,59	1207,70±11,83	1020,39±17,39	1097,12±18,28
Аспарагінова кислота	41,71±2,54	45,78±2,67	36,53±2,62	33,08±1,40
Глутамінова кислота	67,70±3,26	105,68±4,54	122,54±0,63	124,29±2,36
Гліцин	169,48±9,20	141,98±7,82	107,58±0,62	121,32±3,45
Гістидин	22,28±1,09	28,48±1,48	26,58±0,15	22,09±0,53
Ізолейцин	50,75±3,24	43,34±2,74	33,08±0,68	36,76±1,59
Лейцин	74,20±2,36	60,71±2,35	56,16±0,59	53,16±0,66
Лізин	82,26±3,89	87,42±2,11	71,09±0,73	77,88±0,85
Метіонін	56,81±2,04	44,01±1,42	42,10±2,15	46,43±2,36
Фенілаланін	69,19±4,02	57,98±2,73	42,31±0,74	45,63±1,34
Серин	83,53±2,95	93,89±4,00	70,07±1,47	88,07±2,41
Треонін	79,59±3,22	75,58±4,60	52,67±0,73	50,43±2,41
Тирозин	44,57±0,96	41,89±1,81	33,86±0,77	33,20±0,70
Валін	58,47±2,27	50,50±2,37	42,18±0,56	43,00±0,55
Триптофан	80,75±0,36	101,10±2,83	87,96±3,33	84,68±4,05
Замінні	3743,30	3397,90	2884,00	2917,30
Незамінні	552,02	520,64	427,55	437,97

Серед вільних незамінних амінокислот у м'ясі свинини в охолоджених півтушах, що піддавали обробці культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2, на сьому добу зберігання найвищий вміст виявлено лізину і триптофану, рівень валіну, лейцину, ізолейцину, метіоніну, треоніну і фенілаланіну був дещо менший і відрізнявся між окремими півтушами.

Таким чином, можна зробити висновок, що охолодження свинини у півтушах методом душування з наступною обробкою культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 дозволяє зберігати м'ясо до 7 доби в охолодженому стані і забезпечує його біологічну цінність за вмістом замінних і незамінних амінокислот.

3.3. Мікроструктура охолодженого ошийка свинини після душування та обробки культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2

За результатами гістологічних досліджень м'язова тканина шийних м'язів свиней через 1 годину після охолодження методом душування сформована м'язовими волокнами та міжм'язовими прошарками, утвореними наявністю пухкої сполучної тканини. У міжм'язовій сполучній тканині, виявляється жирова тканина, кровоносні та лімфатичні судини (рис. 3.5).

М'язові волокна були виразно контуровані, їх саркоплазма однорідно забарвлена, а під сарколемою знаходились темно-синього кольору, видовжено-овальної форми ядра.

М'язові волокна мали різну товщину (малу, середню та велику), проте частіше виявлялись волокна середньої товщини (рис. 3.6). За забарвлення гістопрепаратів гематоксиліном та еозином великі за діаметром м'язові волокна слабше сприймають забарвлення, ніж середні та малі волокна. Це, можливо, пов'язано з тим, що у м'язових волокнах середнього та малого діаметру, які забарвлюються більш інтенсивно, міофібрили розташовані більш щільно, ніж такі у волокнах великого діаметру, що особливо помітно на поперечних зрізах м'язової тканини.

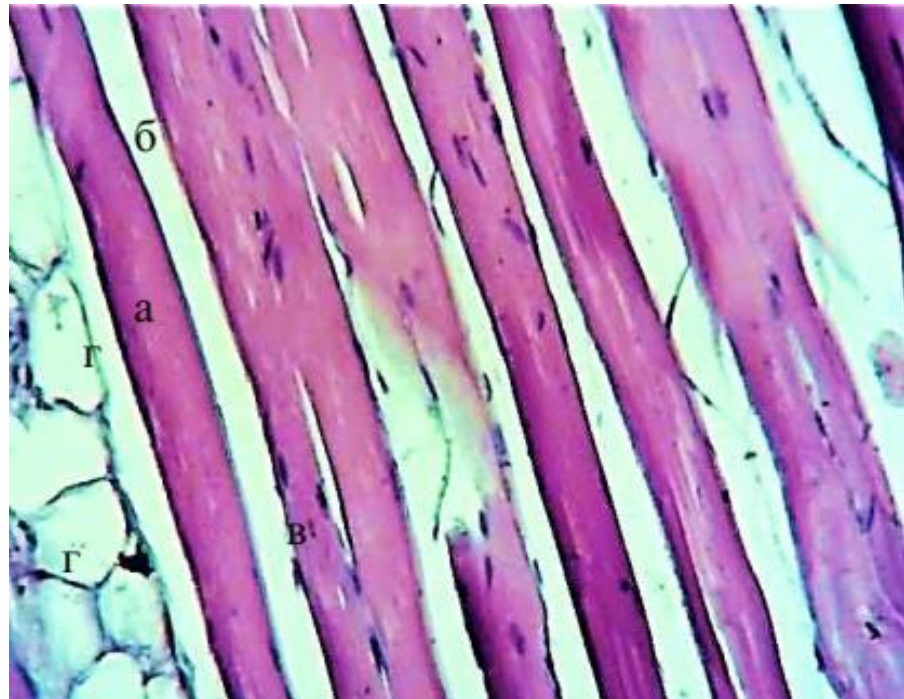


Рис. 3.5. Мікрокопічна будова м'язової тканини шийних м'язів свиней через 1 годину після душення: а – м'язові волокна; б – ендомізій; в – ядра м'язових волокон; г – жирові клітини в перемізії. Гематоксилін та еозин. Х 120.

Прошарки пухкої сполучної тканини (ендомізій), яка оточує скелетні м'язові волокна, були слабо виражені (рис. 3.6). В окремих місцях м'язові волокна набували хвилястого вигляду.

За великого збільшення мікроскопа (ок.10; об. 40) у м'язових волокнах чітко виявляється поперечна посмугованість, що сформована унаслідок наявності білків актину та міозину (див. рис. 3.7).

При цьому вираженість повздовжньої посмугованості волокон, унаслідок наявності міофібрил, дещо згладжена, проте достатньо контурується на гістопрепараті (рис. 3.8).

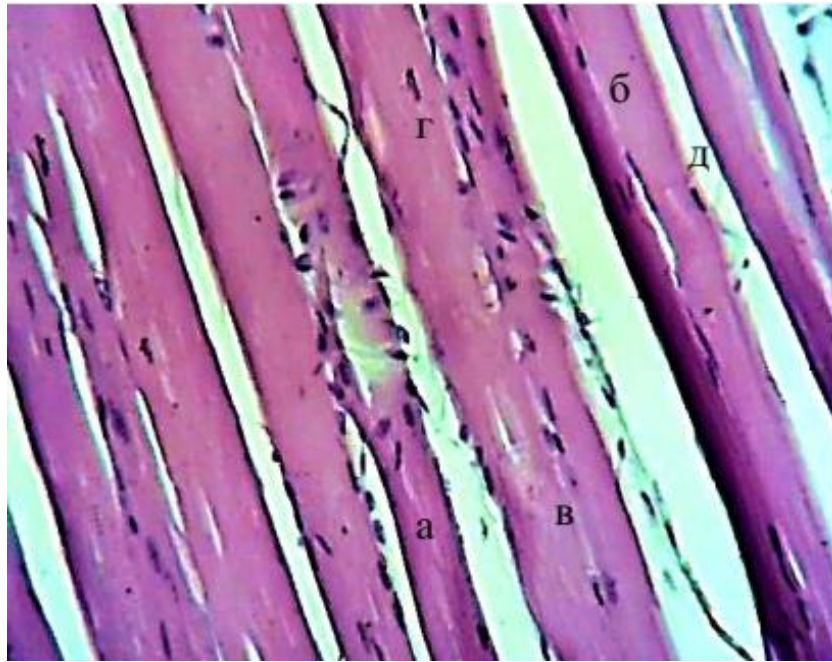


Рис. 3.6. Мікроскопічна будова м'язової тканини шийних м'язів свиней через 1 годину після душування: а – м'язове волокно малої товщини; б – м'язове волокно середньої товщини; в – м'язове волокно великої товщини; г – ядра м'язових волокон; д – ендомізій. Гематоксилін та еозин. X 120.

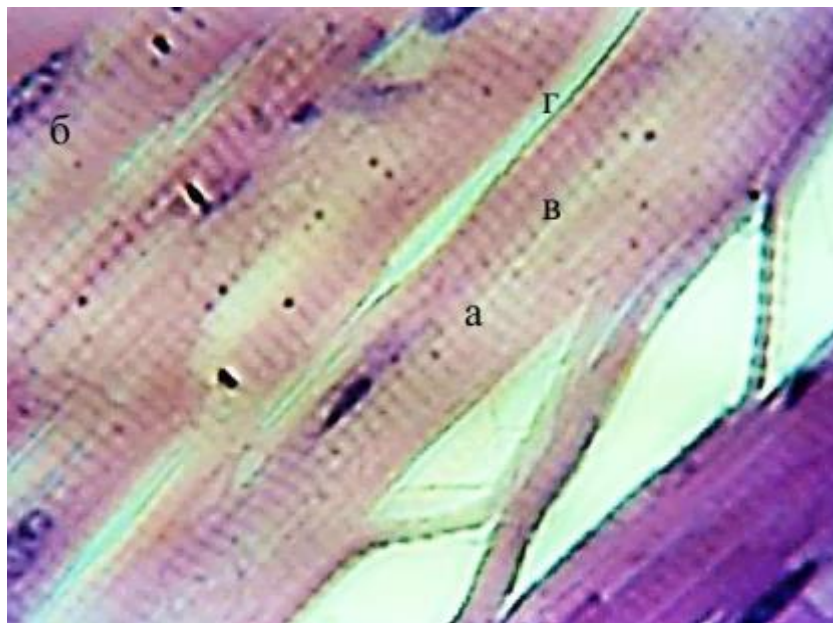


Рис. 3.7. Мікроскопічна будова м'язової тканини шийних м'язів свиней через 1 годину після душування: а – м'язові волокна; б – ядра м'язових волокон; в – поперечна посмугованість; г – ендомізій. Гематоксилін та еозин. X 400.



Рис. 3.8. Мікроскопічна будова м'язової тканини шийних м'язів свиней через 1 годину після душування: а – м'язові волокна; б – поперечна посмугованість; в – поздовжня посмугованість; г – жирові клітини. Гематоксилін та еозин. X 400.

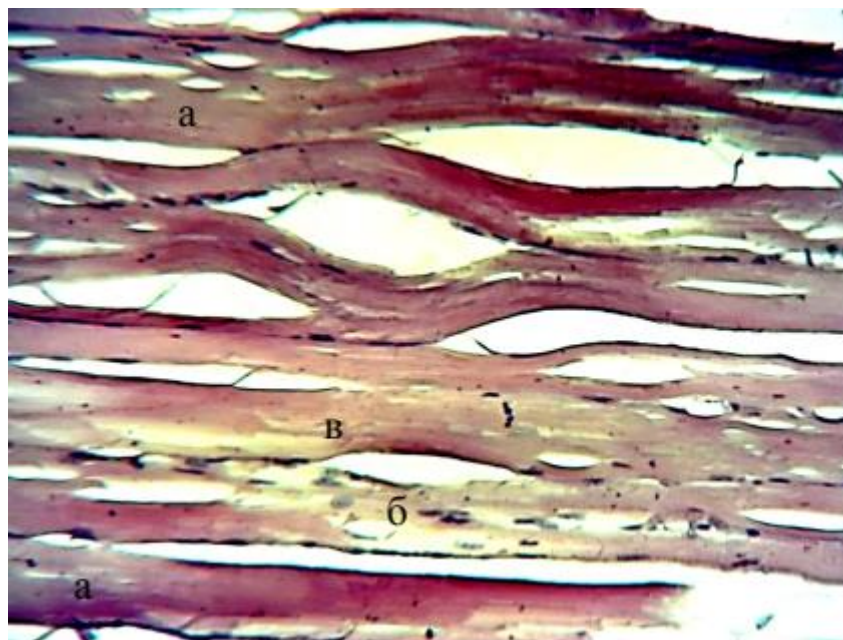


Рис. 3.9. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, підданих душуванню на 4-ту добу зберігання: а – м'язові волокна; б – ядра м'язових волокон; в – ділянки нерівномірного забарвлення саркоплазми. Гематоксилін та еозин. X 120.

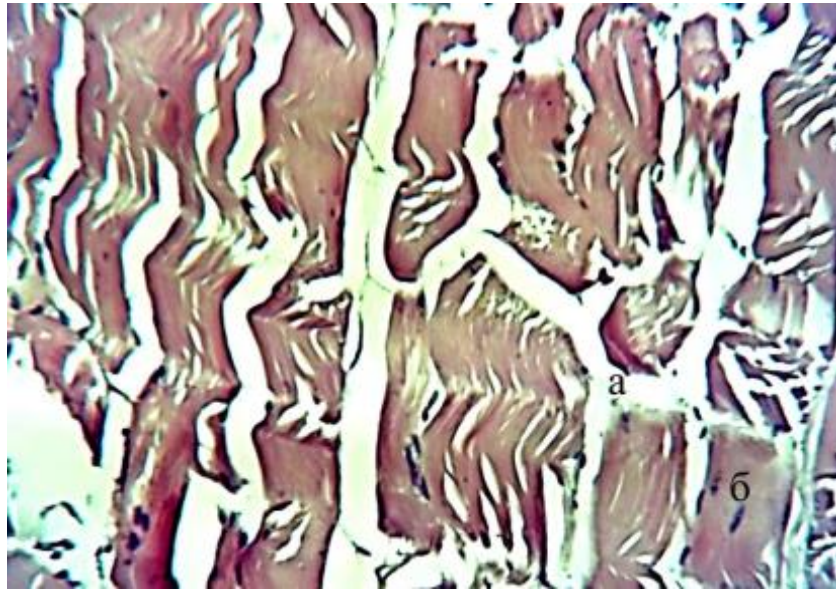


Рис. 3.10. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, підданих душуванню на 4-ту добу зберігання: а – розрив м'язових волокон; б – ділянки нерівномірного забарвлення саркоплазми. Гематоксилін та еозин. X 120.

Ядра м'язових волокон знаходяться на периферії волокон, відразу біля їх саркоплазми, вони були овальної форми та розміщувалися по всьому об'єму м'язового волокна. За фарбування гістопрепаратів гематоксиліном та еозином ядра забарвлювались базофільно у синьо-фіолетовий колір, їх ядерний хроматин був рівномірно розміщений по усьому периметру каріоплазми, контури каріолеми збережені (див. рис. 3.7).

За результатами гістологічних досліджень м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней на 4 добу зберігання, які піддавалися охолодженню методом душування, характерна структура тканини була збережена (див. рис. 3.9).

Проте часто виявляли поперечні тріщини та розрив м'язових волокон і, як наслідок, тріщини та руйнування саркоплазми (див. рис. 3.10). Саме в цих місцях, характерна гістоархітектоніка, властива м'язовій тканині, була зруйнована.

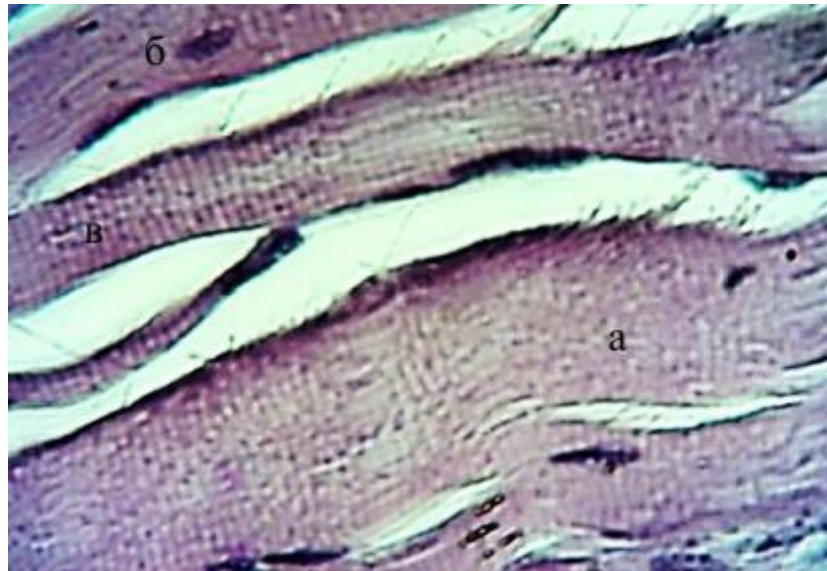


Рис. 3.11. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, які піддавалися душуванню на 4-та добу зберігання: а – м'язові волокна; б – ядра м'язових волокон; в – поперечна посмугованість. Гематоксилін та еозин. Х 400.

За забарвлення гістопрепаратів гематоксиліном та еозином саркоплазма м'язових волокон нерівномірно сприймала забарвлення, що свідчило про характерні ознаки початку процесу автолізу (рис. 3.9, 3.11).

Також виявляли деформацію м'язових волокон та ослаблення їх поперечної і поздовжньої посмугованості (рис. 3.11). Деформовані м'язові волокна при цьому мали звивисту (хвилясту) форму. Ядра в окремих м'язових волокнах були деформованими, а в окремих ділянках були у стані лізису. Ендомізій та перимізій м'язу місцями були розширеними, їх волокнисті структури набували розпушеного стану.

Згідно результатів гістологічних досліджень м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro[®] B-2, структура м'язової тканини, порівняно із такою у необроблених півтуш, мала подібну архітекtonіку (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2 на 4-ту добу зберігання: а – м'язові волокна; б – ядра м'язових волокон; в – жирові клітини; г – ендомізій; д – перимізій. Гематоксилін та еозин. Х 120.

Під час дослідження мікроструктури м'яса, яке зберігалось у холодильнику за температури $3,5 \pm 0,5$ °С впродовж 4-х діб, гістоархітектоніка м'язової тканини була сформована різної товщини м'язовими волокнами та прошарками сполучної тканини.

Проте м'язові волокна шийних м'язів за душування та обробки культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2, порівняно з гістоструктурою цієї тканини лише за душування, під час забарвлення гістопрепаратів гематоксиліном та еозином, в основному, рівномірно сприймали забарвлення (рис. 3.12). В окремих ділянках м'язові волокна мали звивистий вигляд. За душування півтуш свинини з обробкою культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2 виявляли лише незначні ділянки з поперечними тріщинами саркоплазми м'язових волокон. Поперечна та поздовжня посмугованість саркоплазми, в основному, була збережена (рис. 3.13).

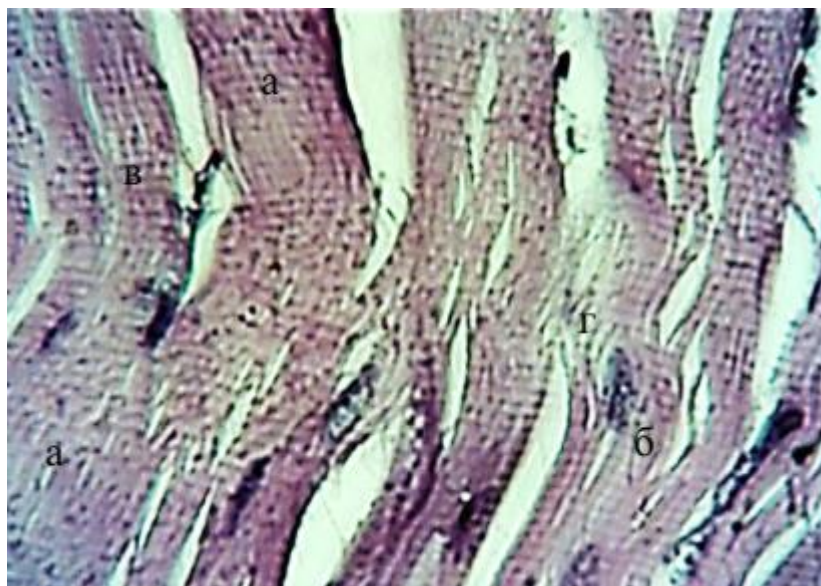


Рис. 3.13. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2 на 4-ту добу зберігання: а – м'язові волокна; б – ядра м'язових волокон; в – поперечна посмугованість; г – поздовжня посмугованість. Гематоксилін та еозин. Х 400.

Ядра м'язових волокон мали овально-видовжену форму та базofilьне забарвлення. Вони знаходились на периферії м'язових волокон (рис. 3.12).

Таким чином, мікроскопічна будова м'язової тканини ошийка півтуш свиней, які піддавались охолодженню з використанням душування, після їх зберігання впродовж 4-х діб характеризувалась незначною деформацією м'язових волокон, ослабленням їх поперечної та поздовжньої посмугованості. В ній часто виявляли поперечні тріщини та розриви м'язових волокон. Саркоплазма м'язових волокон нерівномірно сприймала забарвлення, що свідчило про початок процесу автолізу. Ядра окремих м'язових волокон ошийка були у стані лізису.

Мікроскопічна будова м'язової тканини ошийка, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2, на 4-ту добу зберігання характеризувалась більш позитивними

характеристиками мікроскопічної будови (рівномірне сприйняття забарвлення саркоплазми, незначні тріщини саркоплазми, збереження поперечної та поздовжньої посмугованості м'язових волокон тощо) щодо такої у необроблених півтуш свиней культурами молочнокислих мікроорганізмів, що свідчило про позитивний вплив молочнокислих бактерій на якість м'яса і, як наслідок – подовження терміну його зберігання в охолоджену вигляді.

Згідно гістологічних досліджень гістоархітектоніка м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, які піддавалися охолодженню з використанням душування, втрачала їх характерну будову. Тривале зберігання м'яса у холодильнику впродовж семи діб за температурного режиму $3,5 \pm 0,5$ °C, сприяло активнішому розвитку автолітичних процесів, які охоплювали значну кількість м'язових волокон. Так, за фарбування гістопрепаратів гематоксиліном та еозином, саркоплазма м'язових волокон, майже не сприймала забарвлення, що свідчило про характерні ознаки процесу автолізу (рис. 3.14).

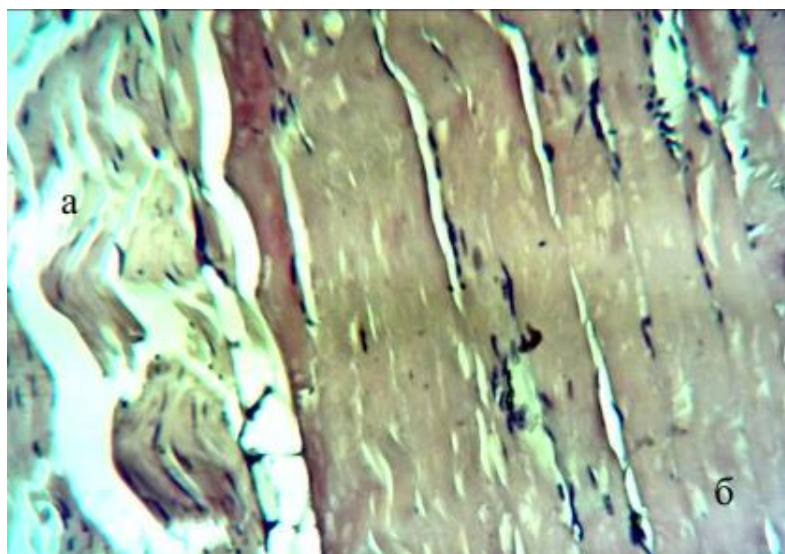


Рис. 3.14. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, які піддавались душуванню на 7-му добу зберігання: а – розрив м'язових волокон; б – автоліз м'язових волокон. Гематоксилін та еозин. X 120.

У багатьох ділянках гістопрепарату виявляли виражені поперечні тріщини м'язових волокон, їх розриви та фрагментацію, кількість яких значно збільшувалась (рис. 3.15).

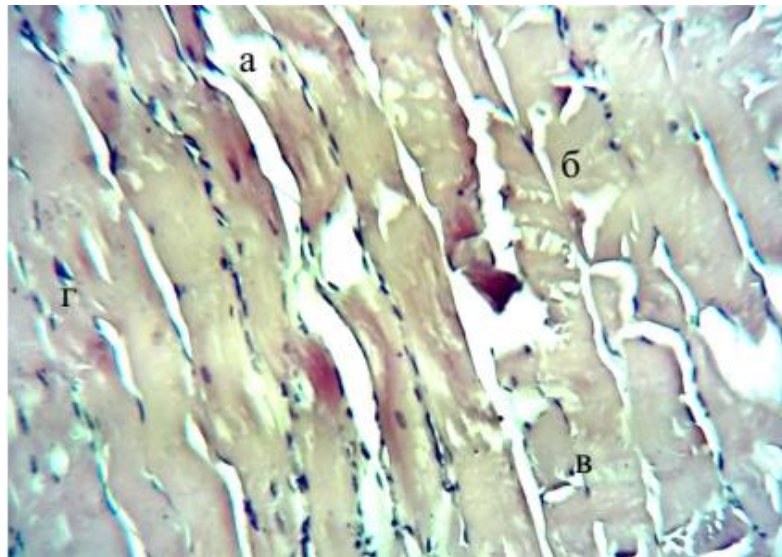


Рис. 3.15. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, які піддавались душуванню на 7-му добу зберігання: а – розрив м'язових волокон; б – фрагментація м'язових волокон; в – автоліз м'язових волокон; г – ядра м'язових волокон. Гематоксилін та еозин. X 120.

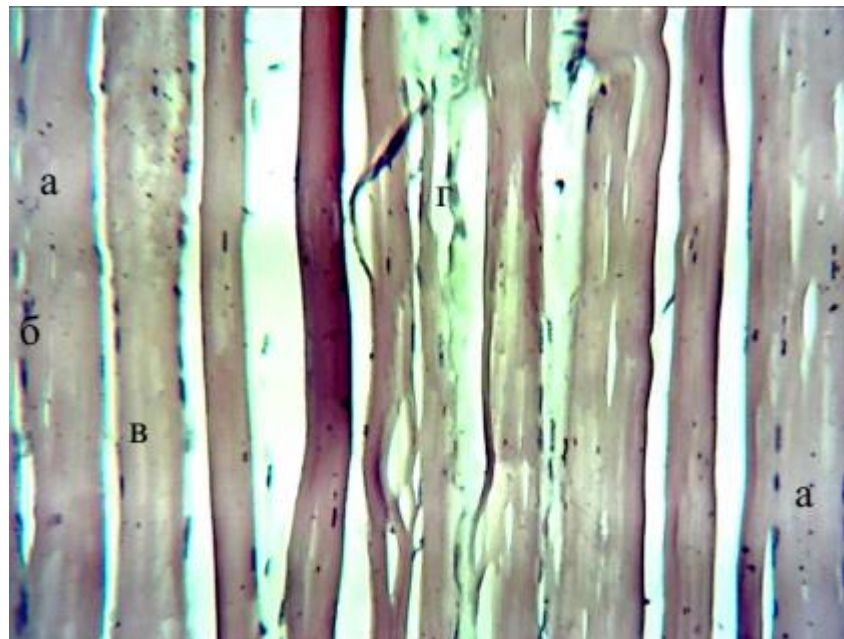


Рис. 3.16. Мікроскопічна будова м'язової тканини відібраної від півтуш свиней, які піддавались душуванню на 7-му добу зберігання: а – м'язові

волокна; б – ядра м'язових волокон; в – світле забарвлення саркоплазми; г – скупчення зернистої білкової маси. Гематоксилін та еозин. X 120.

Такі зміни мікроскопічної будови м'язової тканини, спричиняли вихід вмістимого клітин у міжклітинний простір. Під дією гідролітичних ферментів формувалися, видимі у світловий мікроскоп, зернисті маси (рис. 3.16).

Тривале зберігання м'яса (впродовж 7-ми діб), порівняно із гістоархітектонікою м'язової тканини за тривалості зберігання м'яса 4 доби, сприяло активнішому розвитку автолітичних процесів, які охоплювали значну кількість м'язових волокон (рис. 3.17).

Деформовані м'язові волокна мали звивисту форму, їх поперечна та поздовжня посмугованість була зруйнована (рис. 3.18). Ендомізій та перимізій м'язової тканини, місцями були розширеними, а їх волокнисті структури набували розпушеного стану.

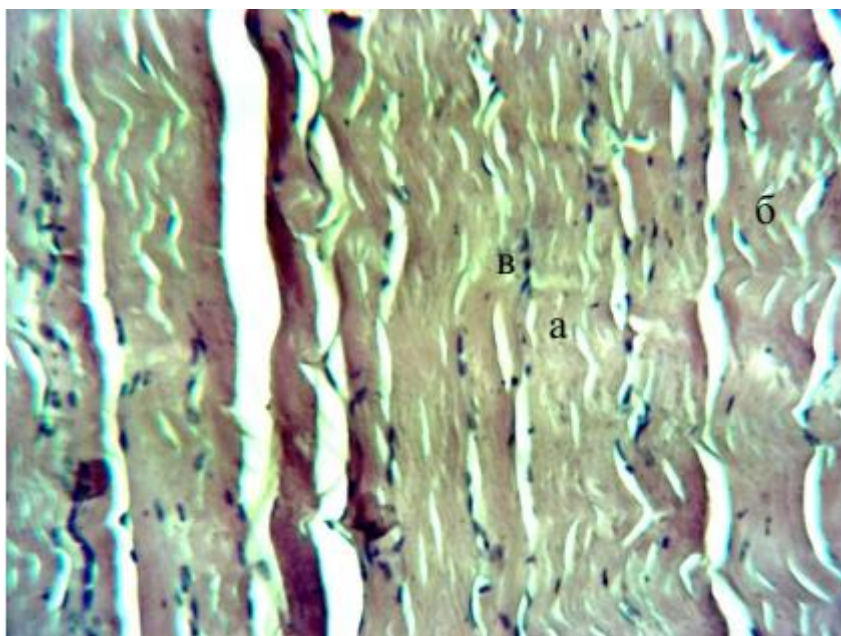


Рис. 3.17. Мікроскопічна будова м'язової тканини відібраної від півтуш свиней, які піддавались душуванню на 7-му добу зберігання: а – автоліз м'язових волокон; б – м'язові волокна звивистої форми; в – ядра м'язових волокон. Гематоксилін та еозин. X 120.

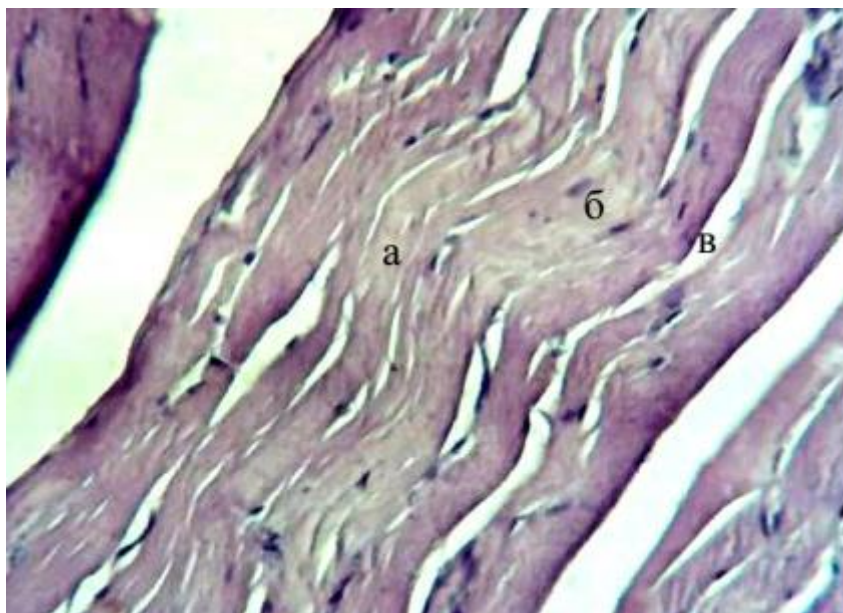


Рис. 3.18. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, які піддавались душуванню на 7-му добу зберігання: а – м'язові волокна звивистої форми; б – ядра м'язових волокон у вигляді тіней; в – ендомізій. Гематоксилін та еозин. X 120.

Ядра м'язових волокон на тлі світлого забарвлення саркоплазми, унаслідок процесів розвитку автолізу, втрачали характерну їм будову та, перебуваючи в стані лізису, виявлялись лише у вигляді тіней, або були оконтурованими на фоні зруйнованої саркоплазми (рис. 3.14 – 3.18).

За результатами гістологічних досліджень, мікроскопічна будова м'язової тканини, відібрана від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 (за терміну зберігання 7 діб), порівняно із такою з необробленими півтушами, мала виразнішу гістоархітектоніку.



Рис. 3.19. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 на 7-му добу зберігання: а – м'язові волокна; б – ядра м'язових волокон; в – ендомізій; г – піримізій; д – жирові клітини в перимізії. Гематоксилін та еозин. X 120.

Це свідчить про позитивні наслідки впливу культур молочнокислих мікроорганізмів на структуру м'язової тканини за тривалого зберігання м'яса (рис. 3.19).

Так, саркоплазма м'язових волокон м'язової тканини шийних м'язів, відібраних від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 за терміну зберігання 7 діб, за забарвлення гістопрепаратів гематоксиліном та еозином, в основному, рівномірно сприймали забарвлення. Проте насиченість сприйняття забарвлення була меншою, ніж така у м'язових волокнах м'язової тканини, відібраної від оброблених півтуш свиней культурами молочнокислих мікроорганізмів за терміну зберігання 4 доби (рис. 3.19).

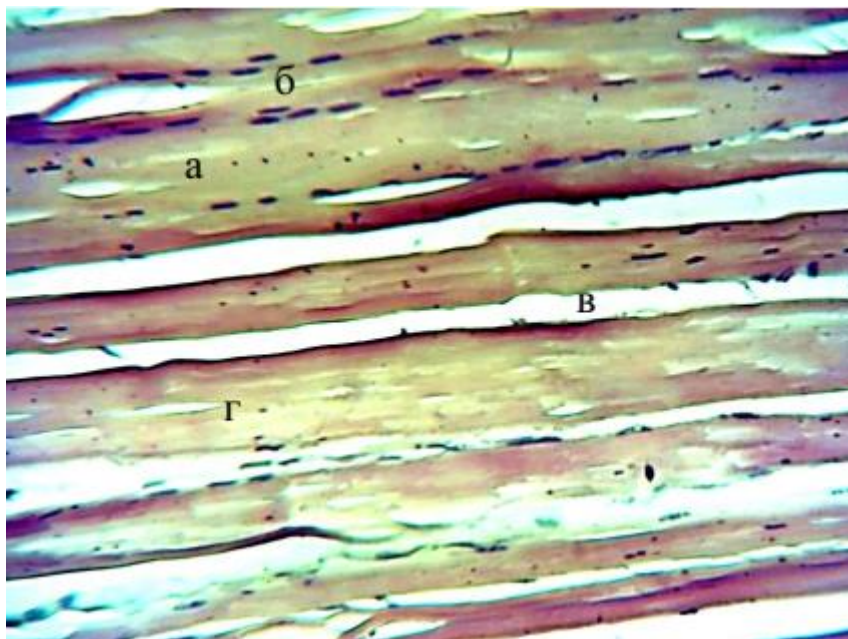


Рис. 3.20. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2 на 7-му добу зберігання: а – м'язові волокна; б – ядра м'язових волокон; в – ендомізій; г – світлі лізовані ділянки саркоплазми. Гематоксилін та еозин. X 120.

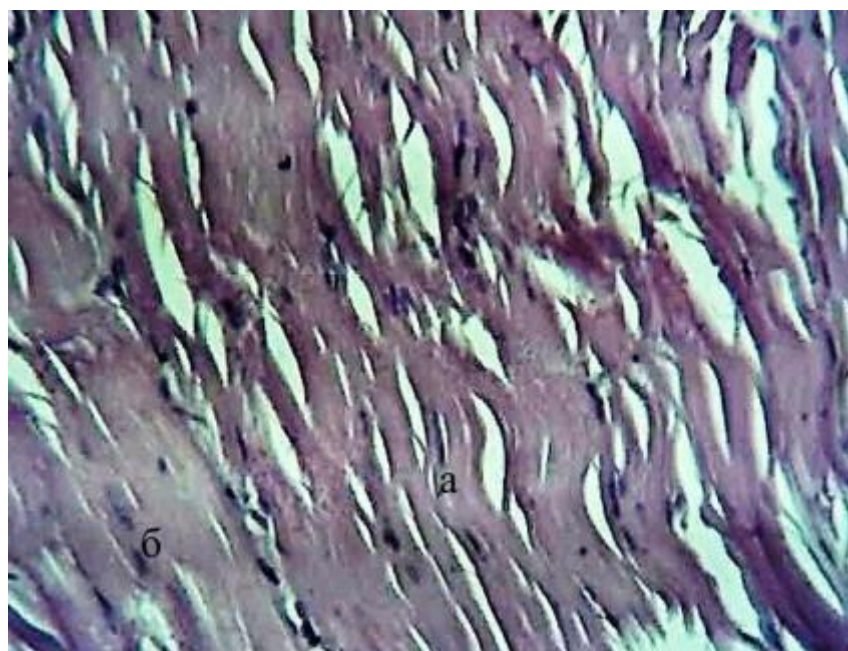


Рис. 3.21. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму

SafePro® В-2 на 7-му добу зберігання: а – м'язові волокна звивистої форми; б – ядра м'язових волокон. Гематоксилін та еозин. X 120.

Крім того, в окремих ділянках гістопрепарату, м'язові волокна нерівномірно сприймали забарвлення (виявлялись світлі лізовані ділянки саркоплазми), що свідчило про характерні ознаки початку процесу автолізу (рис. 3.20).

Частина м'язових волокон за формою, мали звивистий вигляд (рис. 3.21), їх гістоархітектоніка була зруйнована унаслідок незначних поперечних тріщин їх саркоплазми (рис. 3.22).

За аналізу гістопрепаратів за великого збільшення мікроскопа поперечна та поздовжня посмугованість саркоплазми окремих м'язових волокон частково була збережена (рис. 3.23).

Ядра м'язових волокон мали овально-видовжену форму та базофільне забарвлення.

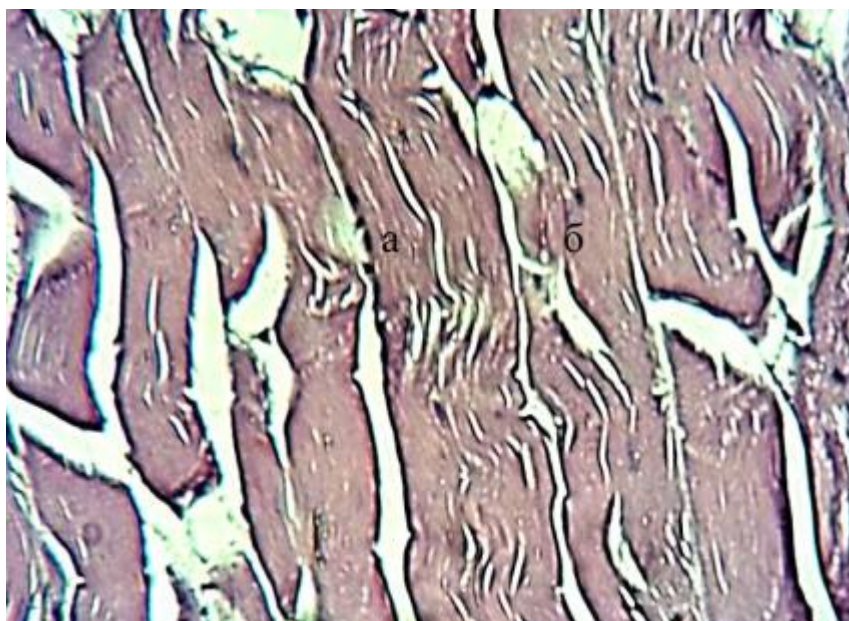


Рис. 3.22. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2 на 7-му добу зберігання: а – м'язові волокна звивистої форми; б – ядра м'язових волокон. Гематоксилін та еозин. X 120.

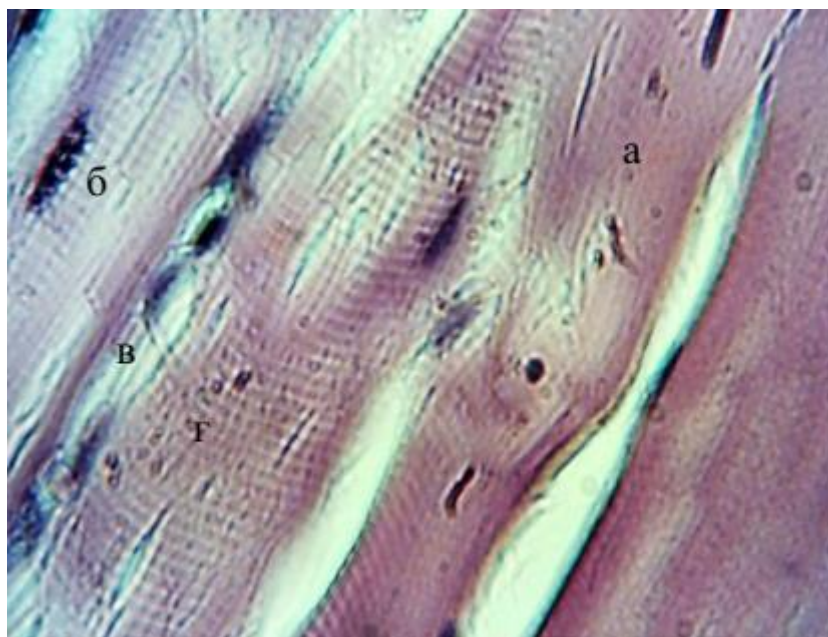


Рис. 3.23. Мікроскопічна будова м'язової тканини, відібраної від півтуш свиней, оброблених культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® В-2 на 7-му добу зберігання: а – м'язові волокна; б – ядра м'язових волокон; в – перимізій; г – поперечна посмугованість. Гематоксилін та еозин. Х 400.

Водночас каріоплазма ядер була не чітко оконтурована ядерною оболонкою, що вказувало на початкові процеси автолізу ядер м'язових волокон.

Отже, поаналізувавши результати гістологічних досліджень, слід відзначити, що мікроскопічна будова м'язової тканини півтуш свиней, необроблених молочнокислими бактеріями, після їх зберігання впродовж 7-и діб зазнавала деформації м'язових волокон, що проявлялось у вигляді зростання кількості поперечних тріщин та розривів м'язових волокон, характерними ознаками процесу автолізу м'язової тканини тощо.

Аналіз гістоархітекτονіки (незначні ділянки м'язових волокон з поперечними їх тріщинами, призупинення терміну розвитку процесів автолізу, часткова збереженість поперечної та поздовжньої посмугованості м'язових

волокон тощо) м'язової тканини за обробки півтуш свиней культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro[®] В-2 вказував про позитивний вплив молочнокислих бактерій на якість м'яса і що, як наслідок, сприяє подовженню терміну його зберігання за однакових умов температурного режиму.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

У Європі, де споживання свинини відносно значне, якість м'яса є важливим аспектом, яка пов'язана з уподобаннями споживачів свинини та їх наміром купувати продукт [43]. Крім того, споживачі, орієнтовані на якість, готові платити більше за якісну свинину [32]. Якість свіжої свинини – дуже складне питання, і його важко визначити [55, 127], оскільки в цілому воно охоплює значну кількість властивостей, які мають вирішальне значення щодо придатності м'яса для використання в їжу або для приготування різних страв. Якість також визначається як набір сигналів, які сприймаються споживачами під час купівлі та споживання м'яса [96, 121]. У момент покупки м'яса найбільш важливими ознаками є такі характеристики, як кількість жиру, колір і вологоутримуюча здатність, а ніжність визначає якість в момент споживання. Ці якісні характеристики варіюються, залежно від породи, системи виробництва, годівлі свиней та передзабійної витримки, проте процедура забою з оглушенням також може змінити якість свіжої свинини [78, 112]. Таким чином, застосування технологій, що дозволяють отримувати м'ясо зі стабільними характеристиками, як і раніше, є актуальним завданням м'ясної промисловості.

Післязабійні зміни, що відбуваються у процесі перетворення м'язів на м'ясо, відіграють вирішальну роль у розвитку якісних ознак та загальному сприйнятті свіжого продукту споживачем [1].

Біохімічні процеси та структурні зміни, що відбуваються у м'язах впродовж перших 24 годин після забою, відіграють велику роль у остаточній якості та смакових характеристиках м'яса і залежать від процесів охолодження, яким піддаються туші після забою. Для свинини через вплив високих температур м'язів і низької величини рН необхідний швидкий процес охолодження з рекомендованою внутрішньою температурою м'язів 10 °C

через 12 год і 2–4 °С – через 24 год. Розпилювальне охолодження (душуння) – система, за якої максимально холодна вода подається на півтуші на початковому етапі післязабійного охолодження, яке використовується для контролю усушки півтуш та підвищення швидкості охолодження за рахунок випарного охолодження [111].

Спосіб і швидкість охолодження півтуш свинини визначає інтенсивність перебігу біохімічних процесів у м'язах і, як наслідок – його дозрівання та органолептичні показники. Після забою тварини відбувається анаеробна мобілізація м'язового глікогену для підтримки гомеостазу. Внаслідок післязабійного гліколізу лактат та H^+ накопичуються у м'язах і викликають зниження величини рН. Після припинення післязабійного метаболізму у м'язах відбувається протеолітичне руйнування структурних білків, що призводить до поліпшення ніжності та смаку м'яса.

Як видно з одержаних нами результатів досліджень, охолодження свинини у півтушах у холодильній камері у поєднанні з душунням з температурою води 3 ± 1 °С вже через 1 годину дозволяє знизити температуру у товщі м'яса на 3,46–4,3 °С, порівняно з аналогічними показниками півтуш свинини, яка піддавалась повітряному охолодженню в холодильній камері (див. табл. 3.1). Ефект зниження температури поверхні м'язів півтуш свинини залежить від температури і швидкості руху повітря в охолоджуючій камері [124].

Важливим економічним показником є втрати маси туші під час охолодження і зберігання. Як видно з одержаних нами даних через 24 години найбільше зниження загальної маси півтуш свинини відбулося за повітряного охолодження у звичайних умовах, тоді як душуння півтуш водою за температури 3 ± 1 °С суттєво знижувало цей показник (див. рис. 3.1–3.4). Отримані нами дані узгоджуються з результатами досліджень [124], які за звичайних умов (4 °С, швидкість повітря 0,5 м/с) отримували втрати маси туші свинини через 24 години близько 2%.

На 4-ту добу зберігання м'ясо півтуш свинини, яке піддавалося охолодженню методом душування, за органолептичними показниками було аналогічне до контролю, де охолодження півтуш здійснювали у холодильній камері. Воно було рожевого кольору, характерне для свинини, злегка відчувалася липкість, на розрізі м'ясо досить щільне та пружне, мало специфічний, характерний для свіжого м'яса запах, а також прозорий зі специфічним ароматом бульйон, в якому на поверхні був жир у вигляді досить великих краплин (див. табл. 3.3). Попри це, за реакціями з міді сульфатом та на пероксидазу м'ясо свинини було неоднозначне, і в деяких пробах з півтуш, які піддавалися обробці суспензіями культур молочнокислих бактерій, було сумнівної свіжості (див. табл. 3.4), що свідчило про розвиток небажаної мікрофлори у м'ясі і необхідність збільшення дози заквасок до $10^7/\text{см}^2$ під час заключної обробки півтуш.

Панівними бактеріями, пов'язаними з псуванням м'яса, є *Brochothrix thermosphacta*, *Carnobacterium spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Lactococcus spp.*, *Leuconostoc spp.*, *Pediococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, *Kurthia zopfii* та *Weissella spp.* Основні дефекти, які ці бактерії викликають у харчових продуктах – це неприємний запах і присмак, зміна кольору, утворення газів, утворення слизу та зниження величини рН [102].

Збитки від псування м'яса, зокрема, економічні втрати, шкода репутації, захворювання людей включають багато складних механізмів, за яких сприйняття сенсорних ознак споживачами руйнується і вони відмовляються від такого продукту [74]. Наявність видимого росту у вигляді слизу та колоній на поверхні м'яса змінює його текстуру через деградацію білків/вуглеводів/ліпідів, а також сприйняття сторонніх запахів і присмаків може вказувати на псування мікроорганізмами (наприклад, бактеріями та цвіллю) [40].

Відомо, що під час знекровлення з туші видаляється близько 50 % загального обсягу крові, що становить 3,0–3,5 % живої маси тварини [94, 129], а кров, що залишилася в туші, є ідеальним середовищем для росту бактерій і

їх поширення. Оскільки залишкова кров дозволяє патогенним бактеріям, таким як ешерихія та сальмонела, виживати і рости, забезпечуючи необхідними поживними речовинами (наприклад, сполуками азоту, вологою, мінералами та вітамінами), поряд з ефективним видаленням крові необхідно застосовувати фактори стримування і пригнічення розмноження бактерій. До таких факторів відносяться суспензії молочнокислих бактерій штамів SafePro[®] B-SF-43 (одноштамова м'ясна культура *Leuconostoc carnosum*) і SafePro[®] B-2 (одноштамова м'ясна культура *Lactobacillus sakei*). *Lactobacillus sakei* здатні пригнічувати ріст споріднених видів бактерій шляхом секреції синтезованих рибосомами антимікробних пептидів, які називаються бактеріюцинами. Ці невеликі пептиди зазвичай містять від 20 до 60 залишків, вони мають сумарний позитивний заряд, а частини їх послідовностей мають тенденцію містити гідрофобні та/або амфіфільні ділянки амінокислот [26, 82].

Типовими бактеріюцинами, що продукуються *L. carnosum*, є лейкоцини, що складаються з невеликих пептидів із 30–50 залишків із відмінностями через довжину препептидної послідовності. Їхня генетична інформація, як правило, міститься в плазмідах, але може також траплятися в хромосомі. Більшість лейкоцинів активні проти *Listeria monocytogenes* і *Listeria innocua*, але також можуть інгібувати деякі молочнокислі бактерії, особливо за низької величини рН [10, 126].

Як видно з отриманих нами результатів досліджень заключна обробка півтуш свинини закваскою молочнокислих бактерій штамів SafePro[®] B-SF-43 (одноштамова м'ясна культура *Leuconostoc carnosum*) чи SafePro[®] B-2 (одноштамова м'ясна культура *Lactobacillus sakei*) під час охолодження, хоча й не вплинула на чисельність МАФАМ, але дозволила знизити кількість пліснявих грибів і дріжджів на 4 добу зберігання м'яса як в ділянці ошийка, так і в ділянці хребта, що пов'язано зі збільшенням кількості молочнокислих мікроорганізмів у ньому (див. табл. 3.9).

М'ясні продукти дуже чутливі до технологічного забруднення і порушення температури зберігання, а м'ясо є багатим на поживні речовини

середовищем, що ідеально підходить для колонізації багатьох патогенів і мікроорганізмів, що викликають псування. Звичайні методи обробки (наприклад, знекровлення, нутрування та зняття шкіри) можуть призвести до зараження м'яса небажаними мікроорганізмами. Забруднення мікроорганізмами, які викликають псування, та харчовими патогенами під час обробки, зберігання та розподілу м'яса нині є одним із найвищих ризиків для безпечності м'яса [22]. Патогени харчового походження, такі як *Campylobacter*, *Staphylococcus*, *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*), *Salmonella enterica* та *Escherichia coli* O157:H7, можуть переноситися з неправильно продезінфікованого тваринницького середовища в м'ясо. Цей процес також пов'язаний з наявністю місцевої бактеріальної популяції бійні, де обробляються туші [98].

Salmonella є одним із найпоширеніших харчових патогенів, а продукти зі свинини, заражені сальмонелою, є основним джерелом інфекцій людини у багатьох країнах [130]. *Escherichia coli* зазвичай використовується як індикатор фекального забруднення туш. Законодавство Європейського Союзу рекомендує *Enterobacteriaceae* як індикатор виробничої гігієни для проб, відібраних з «туш після обробки, але перед охолодженням» [15]. *L. monocytogenes* також належить до небезпечних мікроорганізмів, вона стійка до низьких температур, становить реальну небезпеку для м'яса та м'ясних продуктів, які зазвичай зберігаються за температури холодильника [29]. Золотистий стафілокок (*S. aureus*) був визнаний як індикатор харчової гігієни і є проблемою для здоров'я людини в усьому світі. Ця бактерія становить небезпеку для громадської охорони здоров'я через її здатність продукувати ентеротоксини та виживати в суворих умовах.

Як показали результати досліджень у м'ясі свинини, яка була охолоджена з використанням душування та заключною обробкою заквасками молочнокислих мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 чи SafePro® B-2 патогенних мікроорганізмів, зокрема, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Escherichia*

coli і *Pseudomonas aeruginosa* на 4 добу зберігання в охолодженому стані не було виявлено (див. табл. 3.8, 3.9).

Збільшення дози заквасок штамів SafePro® B-SF-43 та SafePro® B-2 до $10^7/\text{см}^2$ під час охолодження методом душування і заключної обробки поверхні півтуш свинини показало, що на четверту добу зберігання органолептичні показники: зовнішній вигляд, колір, консистенція та запах м'яса контрольної та дослідних груп практично не відрізнялися (табл. 3.10) і були характерні для свіжого м'яса.

Збільшення терміну зберігання півтуш свинини контрольної групи до 7 доби за використання душування сприяло зсуву величини рН м'яса в лужний бік, що характеризувало його як несвіже і узгоджувалося з його органолептичними показниками, тоді як використання заквасок штамів SafePro® B-SF-43 та SafePro® B-2 до $10^7/\text{см}^2$ під час заключної обробки поверхні півтуш свинини дозволило утримувати величину рН свинини обох дослідних груп в межах, характерних для свіжого м'яса (див. табл. 3.13, 3.14).

Кількість МАФМ та молочнокислих бактерій на 7 добу зберігання у м'ясі свинини, де застосовували після душування обробку півтуш суспензією закваски молочнокислої культури штаму SafePro® B-SF-43, незначно зросла, а кількість пліснявих грибів і дріжджів у цьому м'ясі дещо зменшилася, порівняно з аналогічними показниками дослідної групи, де використовували закваску штаму SafePro® B-SF-43 (див. табл. 3.19). Цей факт можна пояснити збільшенням продукції молочної кислоти бактеріями, які оптимально ростуть за $\text{pH} < 6$. В результаті росту цих мікроорганізмів органічні кислоти утворюються і накопичуються, що знижує величину рН м'яса [33].

М'ясо містить значну кількість білків, ліпідів та інших поживних речовин. Амінокислоти є не тільки основними компонентами білків, але й впливають на синтез інших компонентів у м'язах. Крім того, амінокислоти є важливими речовинами, які забезпечують специфічний смак м'яса [17, 60]. Компоненти смаку м'яса складаються як з летких речовин, так і з нелетких речовин, а також вільних амінокислот (таких як треонін, аланін, серин, лізин, пролін,

гідроксипролін, глютамінова кислота, аспарагінова кислота та аргінін), які знаходяться в ньому у значних кількостях [36, 69].

Вміст і склад амінокислот у м'ясі є важливим показником для оцінки поживної цінності свинини, а також впливає на якість м'яса [17]. Деградація пептидів і амінокислот у м'ясі покращує його сенсорні властивості, а також поліпшує смак [60].

Як показали результати наших досліджень на 7 добу зберігання основними замінними вільними амінокислотами у м'ясі свинини в охолоджених півтушах, оброблених культурою молочнокислих бактерій штаму SafePro® B-2, були аланін та аргінін, які фактично складали від 85,5 до 88,5% від загального вмісту всіх вільних амінокислот (див. табл. 3.21), решта амінокислот, зокрема гліцин, аспарагінова, глютамінова, гістидин, серин і тирозин були в незначних кількостях. Найбільший вміст серед вільних незамінних амінокислот у м'ясі свинини в охолоджених півтушах, за обробки суспензією молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2, у цей період виявлено лізину і триптофану, рівень валіну, лейцину, ізолейцину, метіоніну, треоніну і фенілаланіну був дещо менший, що впливало на сенсорні показники бульйону зі свинини. Відомо, що глютамінова кислота є важливим компонентом, що впливає на смак свинини [76, 113]. Гістидин, аргінін, метіонін, валін, триптофан, тирозин, ізолейцин, лейцин і фенілаланін є гіркими [69], тоді як аланін, серин, треонін, гліцин, лізин, пролін і гідроксипролін є солодкими [113]. Глутамат натрію та аспартат натрію є солоними, тоді як аспарагінова кислота, глютамінова кислота, гістидин та аспарагін є кислими [69].

Зміни величини рН і підвищення концентрації розчинених речовин (тобто Ca^{2+}) можуть впливати на активність протеаз, а фізичне руйнування м'язових клітин може змінювати локалізацію протеаз (тобто вивільнення лізосомальних катепсинів у цитозоль) і міофібрилярні клітини та порушення їх цілісності [47, 99].

Проаналізувавши мікробіологічні характеристики м'яса свинини на 7 добу зберігання в охолодженному стані, зокрема, чисельність МАФМ, молочнокислих мікроорганізмів та пліснявих грибів (див. табл. 3.19), можна зробити висновок, що культура молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 більш перспективна в плані використання для обробки півтуш свинини у поєднанні з охолодженням методом душування, ніж культура штаму SafePro® B-SF-43. Тому у наших подальших дослідженнях гістроструктури м'язів ошийка, як найбільш контамінованої мікроорганізмами частини півтуші, була використана група півтуш, де застосовували в якості заключної обробки культуру молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2.

Поживність і смак м'ясних продуктів тісно пов'язані з післязабійним дозріванням. Загальновідомо, що м'язи після забою тварини зазнають процесу задубіння і власне дозрівання (автолізу). На ранніх післязабійних термінах відбувається дисфункція (дезінтеграція) саркоплазматичного ретикулуму і внутрішні іони кальцію вивільняються назовні, які сприяють активації міозин-аденозинтрифосфатази (АТФ-ази) у товстих філаментах, прискорюють відновлення аденозинтрифосфату (АТФ) і викликають задубіння. Під час зберігання м'яса ендогенні ферменти, включно з кальпаїнами та катепсинами, можуть посилити розм'якшення м'яса шляхом послаблення та фрагментації Z-диска [70]. Очевидно, що перетворення м'язів на м'ясо та подальший процес розм'якшення є складними явищами, проте відомо, що протеоліз ключових міофібрилярних білків є основною причиною покращення м'якості м'яса під час післязабійного зберігання. Експериментальні дані свідчать про те, що протеолітична система кальпаїну відповідає за післязабійний протеоліз, що спричиняє поліпшення м'якості м'яса [65].

Однією з найбільш контамінованих мікроорганізмами ділянок туш свиней є шия [118]. Тому для аналізу гістроструктурних змін, які виникають у м'язах під час охолодження та зберігання півтуш, вона є найбільш показовою частиною туші.

Як показали наші дослідження через 1 годину після охолодження півтуш свинини з використанням душування мікроструктура ошийка була характерною для парного м'яса і за великого збільшення мікроскопа (ок.10; об. 40) у м'язових волокнах чітко виявлялася поперечна посмугованість, що сформована унаслідок наявності білків актину та міозину (див. рис. 3.5-3.8).

Післязабійна деградація білка є одним із факторів, який має значний вплив на розвиток м'якості м'яса та здатність м'яса утримувати воду [12, 83]. Відомо, що під час дозрівання м'яса відбуваються автолітичні процеси, вираженість яких залежить від умов, терміну зберігання і обробки півтуш антимікробними агентами. Так, дослідження мікроскопічної будови м'язової тканини ошийка півтуш свиней, які піддавалися охолодженню з використанням душування на 4 добу зберігання в охолоджену стані показало, що вона характеризувалась незначною деформацією м'язових волокон, ослабленням їх поперечної та поздовжньої посмугованості. В ній часто виявляли поперечні тріщини та розриви м'язових волокон. Саркоплазма м'язових волокон нерівномірно сприймала забарвлення, що свідчило про початок процесу автолізу. Ядра окремих м'язових волокон ошийка були у стані лізису.

Як показали результати гістологічних досліджень охолодження півтуш свинини з використанням методу душування на 4 добу зберігання спричиняло більшу кількість поперечних тріщин та розривів м'язових волокон ошийка, і як наслідок, появу тріщин та руйнування саркоплазми. В цих місцях гістоархітектоніка, властива м'язовій тканині, була зруйнована. Це також проявлялось у вигляді деформації м'язових волокон та ослаблення їх поперечної і поздовжньої посмугованості, деформації і лізису ядер (див. рис. 3.10, 3.11). На відміну від цього гістоструктура м'язової тканини ошийка, яка піддавалась охолодженню з використанням душування та заключною обробкою культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2, на 4-ту добу зберігання характеризувалась рівномірним сприйняттям забарвлення саркоплазми, незначними тріщинами саркоплазми, збереженням

поперечної та поздовжньої посмугованості м'язових волокон, що свідчило про нижчу інтенсивність процесів автолізу у тканинах і, як наслідок – подовження терміну його зберігання в охолоджену вигляді (див. рис. 3.12, 3.13).

Як видно з гістологічних досліджень мікроструктура м'язової тканини півтуш свиней, які піддавалися охолодженню з використанням душування, на 7 добу зберігання діб зазнавала деформації м'язових волокон, що проявлялось у вигляді зростання кількості поперечних тріщин та розривів м'язових волокон, характерними ознаками процесу автолізу м'язової тканини (див. рис. 3.14-3.18). У поєднанні з показниками, які характеризують фізико-хімічні та мікробіологічні характеристики м'ясо цих півтуш виявилось несвіжим і непридатним для подальшого зберігання. Ймовірно, процеси автолізу, які відбувалися у м'ясі і супроводжувалися підвищенням величини рН майже до нейтрального (див. табл. 3.13) сприяли подальшій активації кальпаз, які також можуть функціонувати як позаклітинні протеїнази за величини рН, ближчому до нейтрального, що призвело до збільшення протеолізу у м'язах [61, 63].

Застосування душування півтуш свинини у поєднанні з заключною обробкою культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro[®] B-2 було виявлено лише незначні ділянки м'язових волокон з поперечними їх тріщинами, призупинення терміну розвитку процесів автолізу, часткова збереженість поперечної та поздовжньої посмугованості м'язових волокон. Це свідчить у поєднанні з фізико-хімічними та мікробіологічними характеристиками, що м'ясо краще зберігається за рахунок пригнічення процесів автолізу (див. рис. 3.19-3.23).

Таким чином, охолодження з використання душування півтуш свинини у поєднанні з заключною обробкою культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro[®] B-2 дозволяє подовжити термін зберігання охолодженої свинини до 7 доби із забезпеченням привабливих органолептичних показників м'яса для споживача. Отримані нами дані узгоджуються з результатами досліджень інших вчених [71], які вказують, що

для м'яса свинини набуття сенсорних характеристик, які задовольняють вимоги споживача, достатньо 8 діб.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі зроблено санітарно-гігієнічне обґрунтування охолодження півтуш свинини у поєднанні з використанням методу душування питною водою за температури 3 ± 1 °C та заключною обробкою суспензією молочнокислих культур мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2. Проведеними дослідженнями встановлено, що охолодження півтуш свинини у поєднанні з методом душування із заключною обробкою суспензіями молочнокислих заквасок мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2 скорочує термін зниження температури в товщі м'яса, знижує втрату маси півтуш за рахунок випаровування вологи, сприяє подовженню терміну зберігання м'яса свинини у півтушах до 7 діб з урахуванням показників його якості та безпечності.

1. Охолодження півтуш свинини у холодильній камері з використанням душування вже через 1 годину сприяє зниженню температури в товщі півтуш у середньому на $3,46\text{--}4,3$ °C.
2. Використання душування півтуш свинини під час охолодження у холодильній камері дозволяє на 4-ту добу зберігання зменшити усушку в середньому на $0,46\%$, а використання молочнокислих заквасок мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 і SafePro® B-2 для обробки поверхні туш знижує цей показник на $0,71\%$ у дослідній групі 1 та на $1,06\%$ у дослідній групі 2.
3. За охолодження півтуш свинини в холодильній камері з використанням душування та заключної обробки суспензією мікроорганізмів штамів SafePro® B-SF-43 та SafePro® B-2 у дозі $10^6/\text{см}^2$ тривалість зберігання м'яса за показниками свіжості не перевищує 4 доби.
4. Охолодження свинини у півтушах в холодильній камері з використанням душування та наступною обробкою культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 у дозі $10^7/\text{см}^2$ дозволяє зберігати м'ясо

до 7 доби в охолодженому стані і забезпечує його біологічну цінність за вмістом замінних і незамінних амінокислот.

5. Мікроскопічна будова м'язової тканини шийних м'язів півтуш свиней за охолодження у холодильній камері у поєднанні з душуванням зазнає суттєвих змін, залежно від терміну зберігання: на четверту добу виникають зміни характерні для початкових ознак автолізу м'язових волокон, на сьому добу – зміни, характерні для виражених ознак процесу автолізу.
6. Охолодження півтуш свинини в холодильній камері з використанням душування з заключною обробкою суспензією культури молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro[®] B-2 у дозі $10^7/\text{см}^2$ призупиняє процеси автолізу у м'язах і характеризується незначними ділянками м'язових волокон з поперечними тріщинами, частковою збереженістю поперечної та поздовжньої посмугованості м'язових волокон і сприяє подовженню терміну зберігання м'яса до 7 діб.
7. Аналіз мікроскопічної будови м'язової тканини за обробки півтуш свиней після їх забою молочнокислими мікроорганізмами штаму SafePro[®] B-2 у дозі $10^7/\text{см}^2$, свідчить про позитивний вплив їх на якість м'яса та про можливе використання такого м'яса для подальшої технологічної обробки, скорочуючи терміни і технологічні цикли в процесі виготовлення м'ясних продуктів.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для подовження терміну зберігання м'яса свинини до 7 доби з належними показниками свіжості рекомендовано здійснювати охолодження свинини у півтушах у холодильній камері з використанням душування та наступною обробкою культурою молочнокислих мікроорганізмів штаму SafePro® B-2 у дозі 10^7 КУО/см².

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adhikari, K., Chambers IV, E., Miller, R., Vázquez-Araújo, L., Bhumiratana, N., & Philip, C. (2011). Development of a lexicon for beef flavor in intact muscle. *Journal of Sensory Studies*, 26, 413-420. [doi:10.1111/j.1745-459X.2011.00356.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00356.x)
2. Aymerich, T., Picouet, P., & Monfort, J. (2008). Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, 78(1-2), 114–129. [doi:10.1016/j.meatsci.2007.07.007](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.007)
3. Bajpai, V., Rahman, A., Dung, N., Huh, M., & Kang, S. (2008). In vitro inhibition of food spoilage and foodborne pathogenic bacteria by essential oil and leaf extracts of *Magnolia liliflora* Desr. *Journal of Food Science*, 73(6), 314–320. [doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00841.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00841.x)
4. Belleggia, L., Ferrocino, I., Corvaglia, M. R., Cesaro, C., Milanović, V., Cardinali, F., Garofalo, C., Cocolin, L., Aquilanti, L., & Osimani, A. (2022). Profiling of autochthonous microbiota and characterization of the dominant lactic acid bacteria occurring in fermented fish sausages. *Food Research International*, 154, 110990. [doi:10.1016/j.foodres.2022.110990](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.110990)
5. Benítez-Chao, D. F., León-Buitimea, A., Lerma-Escalera, J. A., & Morones-Ramírez, J. R. (2021). Bacteriocins: an overview of antimicrobial, toxicity, and biosafety assessment by *in vivo* models. *Frontiers in Microbiology*, 12, 630695. [doi:10.3389/fmicb.2021.630695](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.630695)
6. Bonardi, S., Bruini, I., Alpighiani, I., Vismarra, A., Barilli, E., Brindani, F., Morganti, M., Bellotti, P., Bolzoni, L., & Pongolini, S. (2016). Influence of pigskin on *Salmonella* Contamination of pig carcasses and cutting lines in an Italian slaughterhouse. *Italian Journal of Food Safety*, 5(2), 5654. [doi:10.4081/ijfs.2016.5654](https://doi.org/10.4081/ijfs.2016.5654)
7. Brewer M. S. (2009). Irradiation effects on meat flavor: A review. *Meat Science*, 81(1), 1–14. [doi:10.1016/J.Meatsci.2008.07.011](https://doi.org/10.1016/J.Meatsci.2008.07.011)

8. Brustolin, J. C., Dal Pisol, A., Steffens, J., Toniazzo, G., Valduga, E., Di Luccio, M., & Cansian, R. L. (2014). Decontamination of pig carcasses using water pressure and lactic acid. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57(6), 954–961. doi:10.1590/S1516-8913201402363
9. Byelashov, O.A., Sofos, J.N. (2009). Strategies for on-line decontamination of carcasses. In: Toldrá, F. (eds) *Safety of meat and processed meat. Food Microbiology and Food Safety*. Springer, New York, NY. doi:10.1007/978-0-387-89026-5_6
10. Candelieri, F., Raimondi, S., Spampinato, G., Tay, M. Y. F., Amaretti, A., Schlundt, J., & Rossi, M. (2021). Comparative genomics of *Leuconostoc carnosum*. *Frontiers in Microbiology*, 11, 605127. doi:10.3389/fmicb.2020.605127
11. Capita, R., Alonso-Calleja, C., Garcia-Fernandez, M., & Moreno, B. (2002). Review: trisodium phosphate (TSP) treatment for decontamination of poultry. *Food Science and Technology International*. 8(1), 11–24. doi:10.1106/10820130202311
12. Carlson, K. B., Prusa, K. J., Fedler, C. A., Steadham, E. M., Outhouse, A. C., King, D. A., Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2017). Postmortem protein degradation is a key contributor to fresh pork loin tenderness. *Journal of Animal Science*, 95, 1574–1586. doi:10.2527/jas2016.1032
13. Carpenter, J.A. (1972). Decontamination of pork carcasses. *Proceedings of the Meat Industry Research Conference*. 6, 35.
14. Clariana, M., Guerrero, L., Sarraga, C., Diaz, I., Valero, A., & Garcia-Regueiro, J. (2011). Influence of high-pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham: effects along the storage period. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(4), 456–465. doi:10.1016/j.ifset.2010.12.008
15. Commission of the European Communities Brussels, 25.5.2005 com (2005) 217 final communication from the commission to the European parliament and to the council on the independence, integrity and accountability of the

- national and Community statistical authorities. Recommendation of the Commission on the independence, integrity and accountability of the national and Community statistical authorities. 22 p.
- 16.Channon, H. A., Hamilton, A. J., D'Souza, D. N., & Dunshea, F. R. (2016). Estimating the impact of various pathway parameters on tenderness, flavour and juiciness of pork using Monte Carlo simulation methods. *Meat Science*, 116, 58–66. doi:10.1016/j.meatsci.2016.01.004
 - 17.Chen, G. H., & Liu, M. Z. (2004). Analysis of muscle nutrition characteristics of wild pig hybrids. *Pig breeding*, 1, 24–27.
 - 18.Chen, X., Bauermeister, L., Hill, G., Singh, M., Bilgili, S., & McKee, S. (2014). Efficacy of various antimicrobials on reduction of *Salmonella* and *Campylobacter* and quality attributes of ground chicken obtained from poultry parts treated in a postchill decontamination tank. *Journal of Food Protection*, 77 (11), 1882–1888. doi:10.4315/0362-028X.JFP-14-114
 - 19.Damez, J. L., & Clerjon, S. (2008). Meat quality assessment using biophysical methods related to meat structure. *Meat Science*, 80(1), 132–149. doi:10.1016/j.meatsci.2008.05.039
 - 20.Dan, S.D., Mihaiu, M., Reget, O., Oltean, D., & Tăbăran, A. (2017). Pathogens contamination level reduction on beef using organic acids decontamination methods. *Bulletin Of University Of Agricultural Sciences And Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Veterinary Medicine*, 74(2), 212-217, doi:10.15835/buasvmcn-vm:0052
 - 21.Dave, D. & Ghaly, A. E. (2011). Meat Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: A Critical Review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(4), 486-510. doi:10.3844/ajabssp.2011.486.510
 - 22.Doménech, E., Jimenez-Belenguer, A., Amoros, J. A., Ferrus, M. A., Escriche, I. (2015). Prevalence and antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* strains isolated in ready-to-eat foods in Eastern Spain. *Food Control*, 47, 120-125, doi:10.1016/j.foodcont.2014.06.043

23. Doyle, M., & Kathleen, A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 44–56. [doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00096.x](https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00096.x)
24. DuPont, H. L. (2007). The growing threat of foodborne bacterial enteropathogens of animal origin. *Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 45(10), 1353–1361. [doi:10.1086/522662](https://doi.org/10.1086/522662)
25. EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes and Processing Aids (CEP), Silano, V., Barat Baviera, J. M., Bolognesi, C., Brüscheweiler, B. J., Chesson, A., Cocconcelli, P. S., Crebelli, R., Gott, D. M., Grob, K., Lampi, E., Riviere, G., Steffensen, I. L., Tlustos, C., Van Loveren, H., Vernis, L., Zorn, H., Bolton, D., Bover-Cid, S., de Knecht, J., ... Mortensen, A. (2018). Evaluation of the safety and efficacy of the organic acids lactic and acetic acids to reduce microbiological surface contamination on pork carcasses and pork cuts. *EFSA Journal*. European Food Safety Authority, 16(12), e05482. [doi:10.2903/j.efsa.2018.5482](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5482)
26. Eijsink, V. G., Axelsson, L., Diep, D. B., Håvarstein, L. S., Holo, H., & Nes, I. F. (2002). Production of class II bacteriocins by lactic acid bacteria; an example of biological warfare and communication. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81(1-4), 639–654. [doi:10.1023/a:1020582211262](https://doi.org/10.1023/a:1020582211262)
27. El Baaboua, A., El Maadoudi, M., Bouyahya, A., Belmehdi, O., Kounnoun, A., Zahli, R., & Abrini, J. (2018). Evaluation of antimicrobial activity of four organic acids used in chicks feed to control *Salmonella typhimurium*: Suggestion of amendment in the search standard. *International Journal of Microbiology*, 2018, 7352593. [doi:10.1155/2018/7352593](https://doi.org/10.1155/2018/7352593)
28. Ellatif, Z. A., Saad, S., Hassanin, F., Salem, A., & Saleh, E. (2020). Efficiency of some organic acids as decontaminants in sheep carcasses. *Benha Veterinary Medical Journal*, 38, 116–119. [doi:10.21608/bvmj.2020.27504.1197](https://doi.org/10.21608/bvmj.2020.27504.1197)

29. Enan, G., el-Essawy, A. A., Uyttendaele, M., & Debevere, J. (1996). Antibacterial activity of *Lactobacillus plantarum* UG1 isolated from dry sausage: characterization, production and bactericidal action of plantaricin UG1. *International Journal of Food Microbiology*, 30(3), 189–215. doi:10.1016/0168-1605(96)00947-6
30. Erazo-Castrejón, S. V., Zhang, W., Mickelson, M. A., Claus, J. R., Yin, J., & Richards, M. P. (2019). Quantification of hemoglobin and myoglobin in pork muscle: effect of Rinse&Chill technology on blood removal. *Meat and Muscle Biology*, 1(3), 110. doi: 10.22175/rmc2017.105.
31. Fabrizio, K. A., Sharma, R. R., Demirci, A., & Cutter, C. N. (2002). Comparison of electrolyzed oxidizing water with various antimicrobial interventions to reduce *Salmonella* species on poultry. *Poultry Science*, 81(10), 1598–1605. doi:10.1093/ps/81.10.1598
32. Font-i-Furnols, M., Skrlep, M., & Aluwe, M. (2019). Attitudes and beliefs of consumers toward pig welfare and pork quality. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Proceedings of the 60th International Meat Industry Conference, Kopaonik, Serbia, 22–25 September 2019*; IOP Published Ltd: Bristol, UK, 333, 012002.
33. Forsythe, S. J. (2002). *Microbiologia da segurança alimentar*. Porto Alegre: Artmed, 424 p.
34. Fowler, S. M., Claus, J. M., & Hopkins, D. L. (2017). The effect of applying a rinse and chill procedure to lamb carcasses immediately post-death on meat quality? *Meat Science*, 134, 124–127. doi:10.1016/j.meatsci.2017.07.015
35. Fratianni, F., De Martino, L., Melone, A., De Feo, V., Coppola, R., & Nazzaro, F. (2010). Preservation of chicken breast meat treated with thyme and balm essential oils. *Journal of Food Science*, 75(8), 528–535. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01791.x
36. Fu, Y., Cao, S., Yang, L., & Li, Z. (2022). Flavor formation based on lipid in meat and meat products: a review. *Journal of Food Biochemistry*, 46, e14439. doi:10.1111/jfbc.14439

37. Gálvez, A., Abriouel, H., López, R. L., & Ben Omar, N. (2007). Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology*, 120(1-2), 51–70. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2007.06.001
38. Gill, C., Bryant, J., & Chabot, B. (1995). Decontamination of commercial, polished pig carcasses with hot water. *Food Microbiology*, 12, 143-149. doi:10.1016/S0740-0020(95)80090-5
39. Gonzalez-Fandos, E., Herrera, B., & Maya, N. (2009). Efficacy of citric acid against *Listeria monocytogenes* attached to poultry skin during refrigerated storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(2), 262–268. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01673.x
40. Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J. B., Christensen, A. B., & Givskov, M. (2002). Food spoilage--interactions between food spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 78(1-2), 79–97. doi:10.1016/s0168-1605(02)00233-7
41. Harris, K., Miller, M. F., Loneragan, G. H., & Brashears, M. M. (2006). Validation of the use of organic acids and acidified sodium chlorite to reduce *Escherichia coli* O157 and *Salmonella typhimurium* in beef trim and ground beef in a simulated processing environment. *Journal of Food Protection*, 69(8), 1802–1807. doi:10.4315/0362-028x-69.8.1802
42. Houghton, P. N., Lyng, J. G., Morgan, D. J., Cronin, D. A., Fanning, S., & Whyte, P. (2011). Efficacy of high-intensity pulsed light for the microbiological decontamination of chicken, associated packaging, and contact surfaces. *Foodborne Pathogens and Disease*, 8(1), 109–117. doi:10.1089/fpd.2010.0640
43. Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V. C., & Troy, D. (2014). Meat consumption: trends and quality matters. *Meat Science*, 98(3), 561–568. doi:10.1016/j.meatsci.2014.06.007
44. Hinton, A., Jr, Cason, J. A., & Ingram, K. D. (2002). Enumeration and identification of yeasts associated with commercial poultry processing and

- spoilage of refrigerated broiler carcasses. *Journal of Food Protection*, 65(6), 993–998. doi:10.4315/0362-028x-65.6.993
45. Hinton, A., Jr, Northcutt, J. K., Smith, D. P., Musgrove, M. T., & Ingram, K. D. (2007). Spoilage microflora of broiler carcasses washed with electrolyzed oxidizing or chlorinated water using an inside-outside bird washer. *Poultry Science*, 86(1), 123–127. doi:10.1093/ps/86.1.123
 46. Hite, L.M., Grubbs, J.K., Blair, A.D., & Underwood, K.R. (2019). Influence of post-harvest circulatory rinse on tenderness and objective color of cow striploin steaks. *Meat and Muscle Biology*. 3, 95. doi:10.22175/mmb2019.0095
 47. Huff Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle - lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184–195. doi:[10.1016/j.meatsci.2010.05.004](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004)
 48. Hugas, M., & Tsigarida, E. (2008). Pros and cons of carcass decontamination: The role of the European Food Safety authority. *Meat Science*, 78(1-2), 43–52. doi:[10.1016/j.meatsci.2007.09.001](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.09.001)
 49. Hwang, K., Claus, J. R., Jeong, J. Y., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. (2022) 1. Vascular rinsing and chilling carcasses improves meat quality and food safety: a review. *Journal of Animal Science and Technology*, 64(3), 397–408. doi:[10.5187/jast.2022.e29](https://doi.org/10.5187/jast.2022.e29)
 50. Hwang, K., Claus, J. R., Jeong, J. Y., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. (2022) 2. Physical and biochemical mechanisms associated with beef carcass vascular rinsing effects on meat quality: a review. *Food Science of Animal Resources*, 42(3), 389–397. doi:[10.5851/kosfa.2022.e18](https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e18)
 51. ISO 16266-2:2018(E) Water quality – Detection and enumeration of *Pseudomonas aeruginosa* – Part 2: Most probable number method. [First edition 2018-07] 15 p.
 52. Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2000). *Modern food microbiology*. 6th. Gaithersburg: Aspen Publishers. P. 323–339. doi:10.1007/b100840

53. Jeong, J. Y., & Claus, J. R. (2011). Color stability of ground beef packaged in a low carbon monoxide atmosphere or vacuum. *Meat Science*, 87(1), 1–6. doi:10.1016/j.meatsci.2010.08.004
54. Jiang, J., & Xiong, Y. L. (2015). Technologies and mechanisms for safety control of ready-to-eat muscle foods: an updated review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(13), 1886–1901. doi:10.1080/10408398.2012.732624
55. Joo, S. T., Kim, G. D., Hwang, Y. H., & Ryu, Y. C. (2013). Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 95(4), 828–836. doi:10.1016/j.meatsci.2013.04.044
56. Josell, A., von Seth, G., & Tornberg, E. (2004). Sensory and meat quality traits of pork in relation to post-slaughter treatment and RN genotype. *Meat Science*, 66(1), 113–124. doi:10.1016/S0309-1740(03)00067-6
57. Kaplan, Z., Yurdakul, O., Keyvan, E. & Şen, E. (2021). Decontamination of *Salmonella typhimurium* with chitosan and lactic acid on broiler carcasses. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 68(4), 389–395. doi:10.33988/auvfd.801253
58. Kethavath, S. C., Hwang, K. E., Mickelson, M. A., Campbell, R. E., Richards, M. P., & Claus, J. R. (2021). Vascular infusion with concurrent vascular rinsing on color, tenderness, and lipid oxidation of hog meat. *Meat Science*, 174, 108409. doi:10.1016/j.meatsci.2020.108409
59. Kethavath, S., da Cunha Moreira, C. L., Hwang, K. Mickelson, M. A., Campbell, R. E., Chen, L., & Claus, J. R. (2022). Vascular rinsing and chilling effects on meat quality attributes from cull dairy cows associated with the two lowest-valued marketing classes. *Meat Science*, 184, 108660, doi:10.1016/j.meatsci.2021.108660.
60. Khan, M. I., Jo, C., & Tariq, M. R. (2015). Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors - a systematic review. *Meat Science*, 110, 278–284. doi:10.1016/j.meatsci.2015.08.002

- 61.Khan, M. I., Jung, S., Nam, K. C., & Jo, C. (2016). Postmortem Aging of Beef with a Special Reference to the Dry Aging. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 36(2), 159–169. [doi:10.5851/kosfa.2016.36.2.159](https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.2.159)
- 62.Kim, B., Jang, A., Lee, S., Min, J., & Lee, M. (2004). Combined effect of electron-beam (beta) irradiation and organic acids on shelf-life of pork loins during cold storage. Journal of Food Protection, 67(1), 168–171. [doi:10.4315/0362-028X-67.1.168](https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.1.168)
- 63.Kim, Y. H. B., Ma, D., Setyabrata, D., Farouk, M. M., Lonergan, S. M., Huff-Lonergan, E., & Hunt, M. C. (2018). Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. Meat Science, 144, 74–90. [doi:10.1016/j.meatsci.2018.04.031](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.031)
- 64.King, D. A., Lucia, L. M., Castillo, A., Acuff, G. R., Harris, K. B., & Savell, J. W. (2005). Evaluation of peroxyacetic acid as a post-chilling intervention for control of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* on beef carcass surfaces. Meat Science, 69(3), 401–407. [doi:10.1016/j.meatsci.2004.08.010](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.08.010)
- 65.Koohmaraie M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. Meat Science, 36(1-2), 93–104. [doi:10.1016/0309-1740\(94\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90036-1)
- 66.Lawrie, R.A. (2006). Chapter 12 - Prefabricated meat, Editor(s): R.A. Lawrie, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Lawrie's Meat Science (Seventh Edition), Woodhead Publishing, 358-369, [doi:10.1533/9781845691615.358](https://doi.org/10.1533/9781845691615.358).
- 67.Lebret, B. (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. Animal: an International Journal of Animal Bioscience, 2(10), 1548–1558. [doi:10.1017/S1751731108002796](https://doi.org/10.1017/S1751731108002796)
- 68.Lebret, B., & Čandek-Potokar, M. (2022). Review: Pork quality attributes from farm to fork. Part I. Carcass and fresh meat. Animal: an International Journal of Animal Bioscience, 16(1), 100402. [doi:10.1016/j.animal.2021.100402](https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100402)

69. Lee, C. W., Lee, J. R., Kim, M. K., Jo, C., Lee, K. H., You, I., & Jung, S. (2016). Quality improvement of pork loin by dry aging. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(3), 369–376. doi:10.5851/kosfa.2016.36.3.369
70. Lei, Y., Deng, X., Zhang, Z., Guo, X., & Zhang, J. (2022). Effects of oxidation on the physicochemical properties and degradation of mutton myofibrillar proteins. *Journal of Food Science*, 87(7), 2932–2942. doi:10.1111/1750-3841.16166
71. Li, C., Wu, J., Zhang, N., Zhang, S., Liu, J., Li, J., Li, H., Feng, X., Han, Y., Zhu, Z., Xu, X., & Zhou, G. (2009). Effects of boning method and postmortem aging on meat quality characteristics of pork loin. *Animal Science Journal = Nihon Chikusan Gakkaiho*, 80(5), 591–596. doi:10.1111/j.1740-0929.2009.00677.x
72. Loeffler, M., McClements, D. J., McLandsborough, L., Terjung, N., Chang, Y., & Weiss, J. (2014). Electrostatic interactions of cationic lauric arginate with anionic polysaccharides affect antimicrobial activity against spoilage yeasts. *Journal of Applied Microbiology*, 117(1), 28–39. doi:10.1111/jam.12502
73. Long, V. P., & Tarrant, P. V. (1990). The effect of pre-slaughter showering and post-slaughter rapid chilling on meat quality in intact pork sides. *Meat Science*, 27(3), 181–195. doi:10.1016/0309-1740(90)90050-G
74. Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Dominguez, R., Pateiro, M., Saraiva, J. A., & Franco, D. (2018). Chapter 3 - Main groups of microorganisms of relevance for food safety and stability: general aspects and overall description, Editor(s): Francisco J. Barba, Anderson S. Sant'Ana, Vibeke Orlien, Mohamed Koubaa, *Innovative Technologies for Food Preservation*, Academic Press, 53-107, doi:10.1016/B978-0-12-811031-7.00003-0
75. Loretz, M., Stephan, R., & Zweifel, C. (2010). Antibacterial activity of decontamination treatments for cattle hides and beef carcasses. *Food Control*, 22(3-4), 347–359. doi:10.1016/j.foodcont.2010.09.004

- 76.Ma, X., Yu, M., Liu, Z., Deng, D., Cui, Y., Tian, Z., & Wang, G. (2020). Effect of amino acids and their derivatives on meat quality of finishing pigs. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 404–412. doi:10.1007/s13197-019-04077-x
- 77.Madushanka, D. N. N., Jayaweera, T. S. P., Jayasinghe, J. M. C. S., Yasawathie, D. G., & Ruwandeepika, H. A. D. (2018). Decontaminating effect of organic acids and natural compounds on broiler chicken meat contaminated with *Salmonella typhimurium*. *Asian Food Science Journal*, 3(1), 1–9. doi:10.9734/AFSJ/2018/41802
- 78.Marcon, A. V., Caldara, F. R., de Oliveira, G. F., Gonçalves, L. M. P., Garcia, R. G., Paz, I. C. L. A., Crone, C., & Marcon, A. (2019). Pork quality after electrical or carbon dioxide stunning at slaughter. *Meat Science*, 56, 93–97. doi:10.1016/j.meatsci.2019.04.022
- 79.Maribo, H., Olsen, E. V., Barton-Gade, P., Møller, A. J., & Karlsson, A. (1998). Effect of early post-mortem cooling on temperature, pH fall and meat quality in pigs. *Meat Science*, 50(1), 115–129. doi:10.1016/S0309-1740(98)00022-9
- 80.Mariutti, L. R., Nogueira, G. C., & Bragagnolo, N. (2011). Lipid and cholesterol oxidation in chicken meat are inhibited by sage but not by garlic. *Journal of Food Science*, 76(6), 909–915. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02274.x
- 81.Matarneh, S. K., England, E. M., Scheffler, T. L., & Gerrard, D. E. (2017). Chapter 5 - The conversion of muscle to meat, Editor(s): Fidel Toldra', In Woodhead publishing series in Food Science, Technology and Nutrition, Lawrie's Meat Science (Eighth Edition), Woodhead Publishing, 159-185, doi:10.1016/B978-0-08-100694-8.00005-4.
- 82.Mathiesen, G., Huehne, K., Kroeckel, L., Axelsson, L., & Eijsink, V. G. (2005). Characterization of a new bacteriocin operon in sakacin P-producing *Lactobacillus sakei*, showing strong translational coupling between the

- bacteriocin and immunity genes. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(7), 3565–3574. doi:10.1128/AEM.71.7.3565-3574.2005
- 83.Melody, J. L., Lonergan, S. M., Rowe, L. J., Huiatt, T. W., Mayes, M. S., & Huff-Lonergan, E. (2004). Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *Journal of Animal Science*, 82(4), 1195–1205. doi:10.2527/2004.8241195x
- 84.Mickelson, M.A., & Claus, J.R. (2020). Carcass chilling method effects on color and tenderness of bison meat. *Meat Science*, 161, 108002. doi:10.1016/j.meatsci.2019.108002.
- 85.Morey, A., Bowers, J. W., Bauermeister, L. J., Singh, M., Huang, T. S., & McKee, S. R. (2014). Effect of salts of organic acids on *Listeria monocytogenes*, shelf life, meat quality, and consumer acceptability of beef frankfurters. *Journal of Food Science*, 79(1), 54–60. doi:10.1111/1750-3841.12220
- 86.Morild, R. K., Christiansen, P., Sørensen, A. H., Nonboe, U., & Aabo, S. (2011). Inactivation of pathogens on pork by steam-ultrasound treatment. *Journal of Food Protection*, 74(5), 769–775. doi:10.4315/0362-028X.JFP-10-338
- 87.Nagel-Alne, G. E., Murphy, E., McCauslin, B., Hauge, S. J., Schrøder-Petersen, D. L., Holthe, J., & Alvseike, O. (2022). Meat safety legislation and its opportunities and hurdles for innovative approaches: A review. *Food Control*, 141, 109160. doi:10.1016/j.foodcont.2022.109160
- 88.Nakamura, A., Takahashi, H., Koike, F., Kuda, T., & Kobayashi, M. (2023). Transition of microbial contamination on the surface of carcass during the cattle slaughter process. *Food Microbiology*, 112, 104245. doi:10.1016/j.fm.2023.104245
- 89.Nastasijevic, I., Milanov, D., Velebit, B., Djordjevic, V., Swift, C., Painset, A., & Lakicevic, B. (2017). Tracking of *Listeria monocytogenes* in meat establishment using Whole Genome Sequencing as a food safety management

- tool: a proof of concept. *International Journal of Food Microbiology*, 257, 157–164. [doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.015](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.015)
90. Nesbakken, T., Eckner, K., & Røtterud, O. J. (2008). The effect of blast chilling on occurrence of human pathogenic *Yersinia enterocolitica* compared to *Campylobacter spp.* and numbers of hygienic indicators on pig carcasses. *International Journal of Food Microbiology*, 123(1-2), 130–133. [doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.011](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.011)
 91. Niemira, B. A. (2012). Cold plasma decontamination of foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 125–142. [doi:10.1146/annurev-food-022811-101132](https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101132)
 92. Nkosi, D. V., Bekker, J. L., & Hoffman, L. C. (2021). The use of organic acids (lactic and acetic) as a microbial decontaminant during the slaughter of meat animal species: a review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(10), 2293. [doi:10.3390/foods10102293](https://doi.org/10.3390/foods10102293)
 93. Nychas, G. J., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., & Koutsoumanis, K. P. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78(1-2), 77–89. [doi:10.1016/j.meatsci.2007.06.020](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.020)
 94. Ockerman, H.W., & Basu, L. (2014). *Encyclopedia of meat sciences*. 2nd ed. Dikeman M, Devine C, editors. Vol. 1. Oxford: Elsevier. By products; pp. 104–12.
 95. Overholt, M. F., Arkfeld, E. K., Bryan, E. E., King, D. A., Wheeler, T. L., Dilger, A. C., Shackelford, S. D., & Boler, D. D. (2019). Effect of hot carcass weight on the rate of temperature decline of pork hams and loins in a blast-chilled commercial abattoir¹²³. *Journal of Animal Science*, 97(6), 2441–2449. [doi:10.1093/jas/skz131](https://doi.org/10.1093/jas/skz131)
 96. Papanagiotou, P., Tzimitra-Kalogianni, I., & Melfou, K. (2013). Consumers' expected quality and intention to purchase high quality pork meat. *Meat Science*, 93(3), 449–454. [doi:10.1016/j.meatsci.2012.11.024](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.024)
 97. Park, J. H., Seok, S. H., Cho, S. A., Baek, M. W., Lee, H. Y., Kim, D. J., Chung, M. J., Kim, S. D., Hong, U. P., & Park, J. H. (2005). Antimicrobial

- effect of lactic acid producing bacteria culture condensate mixture (LCCM) against *Salmonella enteritidis*. *International Journal of Food Microbiology*, 101(1), 111–117. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.005
98. Peruzzy, M. F., Houf, K., Joossens, M., Yu, Z., Proroga, Y. T. R., & Murru, N. (2021). Evaluation of microbial contamination of different pork carcass areas through culture-dependent and independent methods in small-scale slaughterhouses. *International Journal of Food Microbiology*, 336, 108902. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108902
 99. Pomponio, L., Bukh, C., & Ruiz-Carrascal, J. (2018). Proteolysis in pork loins during superchilling and regular chilling storage. *Meat Science*, 141, 57-65, doi:10.1016/j.meatsci.2018.03.022
 100. Prasai, R. K., Phebus, R. K., Garcia Zepeda, C. M., Kastner, C. L., Boyle, A. E., & Fung, D. Y. C. (1995). Effectiveness of trimming and/or washing on microbiological quality of beef carcasses. *Journal of Food Protection*, 58(10), 1114–1117. doi:10.4315/0362-028X-58.10.1114
 101. Price, H. E., Barkley, K. E., Lerner, A. B., Harsh, B. N., Woodworth, J. C., Tokach, M. D., Dritz, S. S., Goodband, R. D., DeRouchey, J. M., O'Quinn, T. G., Allerson, M. W., Fields, B., King, D. A., Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., Boler, D. D., & Dilger, A. C. (2022). Differences in carcass chilling rate underlie differences in sensory traits of pork chops from pigs with heavier carcass weights. *Journal of Animal Science*, 100(8), skac206. doi:10.1093/jas/skac206
 102. Ray, F. (2005), *Microbial food spoilage*, F. Ray (Ed.), *Fundamental food microbiology* (3rd ed.), CRC Press LLC, Boca Raton, FL, 255-319
 103. Regulation (EC) No 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

104. Richardson, S.D. (2003). Disinfection by-products and other emerging contaminants in drinking water. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(10), 666–684. doi:10.1016/S0165-9936(03)01003-3
105. Rivas, L., Dupont, P. Y., Wilson, M., Rohleder, M., & Gilpin, B. (2019). An outbreak of multiple genotypes of *Listeria monocytogenes* in New Zealand linked to contaminated ready-to-eat meats-a retrospective analysis using whole-genome sequencing. *Letters in Applied Microbiology*, 69(6), 392–398. doi:10.1111/lam.13227
106. Rosenvold, K., & Andersen, H. J. (2003). Factors of significance for pork quality - a review. *Meat Science*, 64(3), 219–237. doi:10.1016/S0309-1740(02)00186-9
107. Rosenvold, K., Borup, U., & Therkildsen, M. (2010). Stepwise chilling: tender pork without compromising water-holding capacity. *Journal of Animal Science*, 88(5), 1830–1841. doi:10.2527/jas.2009-2468
108. Rybarczyk, A., Karamucki, T., Pietruszka, A., Rybak, K., Matysiak, B. (2015). The effects of blast chilling on pork quality. *Meat Science*, 101, 78-82, doi:10.1016/j.meatsci.2014.11.006
109. Salmi, B., Trefan, L., Bünger, L., Doeschl-Wilson, A., Bidanel, J. P., Terlouw, C., & Larzul, C. (2012). Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on four attributes of pork meat quality. *Meat Science*, 90(3), 584–598. doi:10.1016/j.meatsci.2011.09.021
110. Sammanee, P., Ngamsanga, P., Jainonthee, C., Chupia, V., Sawangrat, C., Kerdjana, W., Lampang, K. N., Meeyam, T., & Pichpol, D. (2022). Decontamination of pathogenic and spoilage bacteria on pork and chicken meat by liquid plasma immersion. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(12), 1743. doi:10.3390/foods11121743
111. Savell, J. W., Mueller, S. L., & Baird, B. E. (2005). The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70(3), 449-459. doi:10.1016/j.meatsci.2004.06.027

112. Shackelford, S. D., King, D. A., & Wheeler, T. L. (2012). Chilling rate effects on pork loin tenderness in commercial processing plants. *Journal of Animal Science*, 90(8), 2842–2849. doi:10.2527/jas.2011-4855
113. Shahidi, F. (2001). *The flavor of meat and aquatic products*. Version 2. Beijing: China Light Industry Press, 54–69.
114. Sheen, S., Hwang, C., & Juneja, V. (2011). Modeling the impact of chlorine on the behavior of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat meats. *Food Microbiology*, 28(5), 1095–1100. doi:10.1016/j.fm.2011.01.001.
115. Sheridan, J. J. (1998). Sources of contamination during slaughter and measures for control. *Journal of Food Safety*, 18(4), 321–339. doi:10.1111/j.1745-4565.1998.tb00223.x
116. Sohaib, M., Anjum, F. M., Arshad, M. S., & Rahman, U. U. (2016). Postharvest intervention technologies for safety enhancement of meat and meat based products; a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 19–30. doi:10.1007/s13197-015-1985-y
117. Soyer, F., Keman, D., Eroğlu, E., & Türe, H. (2020). Synergistic antimicrobial effects of activated lactoferrin and rosemary extract in vitro and potential application in meat storage. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4395–4403. doi:10.1007/s13197-020-04476-5
118. Spescha, C., Stephan, R., & Zweifel, C. (2006). Microbiological contamination of pig carcasses at different stages of slaughter in two European Union-approved abattoirs. *Journal of Food Protection*, 69(11), 2568–2575. doi:10.4315/0362-028x-69.11.2568
119. Tamblyn, K. C., & Conner, D. E. (1997). Bactericidal Activity of Organic acids against *Salmonella typhimurium* attached to broiler chicken skint. *Journal of Food Protection*, 60(6), 629–633. doi:10.4315/0362-028X-60.6.629
120. Theron, M., & Lues, J. (2007). Organic acids and meat preservation: A review. *Food Reviews International*, 23, 141-158. doi:10.1080/87559120701224964

121. Troy, D. J., & Kerry, J. P. (2010). Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science*, 86(1), 214–226. doi:10.1016/j.meatsci.2010.05.009
122. Van Ba, H., Seo, H. W., Pil-Nam, S., Kim, Y. S., Park, B. Y., Moon, S. S., Kang, S. J., Choi, Y. M., & Kim, J. H. (2018). The effects of pre-and post-slaughter spray application with organic acids on microbial population reductions on beef carcasses. *Meat Science*, 137, 16–23. doi:10.1016/j.meatsci.2017.11.006
123. Van Ba, H., Seo, H. W., Seong, P. N., Kang, S. M., Cho, S. H., Kim, Y. S., Park, B. Y., Moon, S. S., Kang, S. J., Choi, Y. M., & Kim, J. H. (2019). The fates of microbial populations on pig carcasses during slaughtering process, on retail cuts after slaughter, and intervention efficiency of lactic acid spraying. *International Journal of Food Microbiology*, 294, 10–17. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2019.01.015
124. van der Wal, P. G., Engel, B., van Beek, G., & Veerkamp, C. H. (1995). Chilling pig carcasses: Effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Science*, 40(2), 193–202. doi:10.1016/0309-1740(94)00029-7
125. Van Immerseel, F., Russell, J. B., Flythe, M. D., Gantois, I., Timbermont, L., Pasmans, F., Haesebrouck, F., & Ducatelle, R. (2006). The use of organic acids to combat *Salmonella* in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. *Avian Pathology: Journal of the W.V.P.A*, 35(3), 182–188. doi:10.1080/03079450600711045
126. Wan, X., Saris, P. E., & Takala, T. M. (2015). Genetic characterization and expression of leucocin B, a class IId bacteriocin from *Leuconostoc carnosum* 4010. *Research in Microbiology*, 166(6), 494–503. doi:10.1016/j.resmic.2015.04.003
127. Warner, R. D., Greenwood, P. L., Pethick, D. W., & Ferguson, D. M. (2010). Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science*, 86(1), 171–183. doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.042

128. Wen, X., & Dickson, J. S. (2012). Survival of *Campylobacter jejuni* and *Salmonella enterica* Typhimurium in vacuum-packed, moisture-enhanced pork. *Journal of Food Protection*, 75(3), 576–579. [doi:10.4315/0362-028X.JFP-11-343](https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-343)
129. Woerner, D. R., Scanga, J. A., & Belk, K. E. (2004). In: *Encyclopedia of meat sciences*. 2nd ed. Dikeman M, Devine C, editors. Vol. 3. Oxford: Elsevier; Slaughter-line operation: cattle, 284–289.
130. Yang, H. J., Lee, J. H., Won, M., & Song, K. B. (2016). Antioxidant activities of distiller dried grains with solubles as protein films containing tea extracts and their application in the packaging of pork meat. *Food Chemistry*, 196, 174–179. [doi:10.1016/j.foodchem.2015.09.020](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.020)
131. Yeh, Y., de Moura, F. H., Van Den Broek, K., & de Mello, A. S. (2018). Effect of ultraviolet light, organic acids, and bacteriophage on *Salmonella* populations in ground beef. *Meat Science*, 139, 44–48. [doi:10.1016/j.meatsci.2018.01.007](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.007)
132. Zdolec, N., Kotsiri, A., Houf, K., Alvarez-Ordóñez, A., Blagojevic, B., Karabasil, N., Salines, M., & Antic, D. (2022). Systematic review and meta-analysis of the efficacy of interventions applied during primary processing to reduce microbial contamination on pig carcasses. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(14), 2110. [doi:10.3390/foods11142110](https://doi.org/10.3390/foods11142110)
133. Zhou, G. H., Xu, X. L., & Liu, Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat – a review. *Meat Science*, 86(1), 119–128. [doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.033](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.033)
134. Zybert, A. (2022). Quantification of the effects of electrical and CO₂ stunning on selected quality attributes of fresh pork: a meta-analysis. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 12(14), 1811. [doi:10.3390/ani12141811](https://doi.org/10.3390/ani12141811)
135. Бірта, Г. О., & Бургу, Ю. Г. (2010). Зміни якості свинини в процесі збереження. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2. 77-78.

136. Борцюх, В. В., & Шугай, М. О. (2016). Бактеріюцини молочнокислих бактерій як природні консерванти харчових продуктів. *Продовольчі Ресурси*, 4(06), 167-175.
137. Горальський, Л. П., Хомич, В.Т., & Кононський, О.І. (2015). Основи гістологічної техніки і морфофункціональні методи дослідження у нормі та при патології. Житомир, Полісся, 288 с.
138. ГОСТ 10444.2-94. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества. *Staphylococcus aureus*. [чинний від 1996–01–01]. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
139. ГОСТ 23392–2016. М'ясо. Методи хімічного і мікроскопічного аналізування свіжості. [чинний від 2018–01–01]. Зміни 10.2016. Москва: Стандартінформ, 2016. 7 с.
140. ГОСТ 30518-97. Межгосударственный стандарт. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). Food products. Methods detection and quantity determination of coliformes. Дата введения 2001-07-01. 17р.
141. ГОСТ 32195-2013 (ISO 13903:2005). Межгосударственный стандарт Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот Animal feeding stuffs. Determination of amino acids content Publication date: 2005-05. Дата введения 2015-07-01. Переиздан 06.2020. 17р.
142. ДСТУ 7158: 2010. М'ясо. Свинина в тушах і напівтушах. Технічні умови [Чинний від 2011–01–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2011.11с.
143. ДСТУ 7992:2015. М'ясо та м'ясна сировина. Методи відбирання проб та органолептичного оцінювання свіжості. [На заміну ГОСТ 7269-79; чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2016.

144. ДСТУ 8381:2015. М'ясо та м'ясні продукти. Організація та методи мікробіологічних досліджень. [Чинний від 2017-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017, 45 с.
145. ДСТУ ISO 11290-1:2003 (ISO 11290-1:1996, IDT). Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Частина 1. Метод виявлення. [чинний від 2004-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 22 с.
146. ДСТУ ISO 15214:2007 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахування мезофільних молочнокислих бактерій за температури 30°C (ISO 15214:1998, IDT) [чинний від 2009-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 10 с.
147. ДСТУ ISO 17604:2014 (ISO 17604:2003, IDT). Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Відбирання проб із туш тварин для мікробіологічного аналізу. [чинний від 2015-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 14 с.
148. ДСТУ ISO 21528-1:2014 (ISO 21528-1:2004, IDT). Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення і підрахування ентеробактерій (*Enterobacteriaceae*). Частина 1. Виявлення та підрахування за методикою НІЧ з попереднім збагаченням. [Чинний від 2015-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 15 с.
149. ДСТУ ISO 2917-2001. М'ясо та м'ясні продукти. Визначення рН (Контрольний метод. ISO 2917:1999, IDT). [чинний від 2003-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2002. 10с.
150. ДСТУ ISO 4833:2006 (ISO 4833:2003, IDT). Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку мікроорганізмів. Техніка підрахування колоній за температури +30°C. [чинний від 2007-10-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 11 с.

151. ДСТУ ISO 7954:2006 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови з підрахунку дріжджів і мікроскопічних грибів. Техніка підрахування колоній, культивованих за температури 25°C (ISO 7954:1987, IDT) [чинний від 2007-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 10 с.
152. ДСТУ ГОСТ 30726-2002. Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій виду *Escherichia coli*. [чинний від 2003-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 13 с.
153. Загребельний, В. О. (2012). Вплив способів заключної обробки туш на якість яловичини: дис. ... канд. вет. наук: 16.00.09. Київ. 152 с.
154. Закон України „Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів” №771/97 ВР (23.12.1997). В редакції Закону № 2809– IV від 06.09.2005 р.
155. Правила передзабійного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса та м'ясних продуктів. Наказ Голови Держдепартаменту ветеринарної медицини від 7.06.2002 р. № 28; зареєстровано в Мінюсті України від 21.06.2002 р. № 524/6812. 2002. 46 с. URL: zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-02 (дата звернення: 05.07.2021).
156. Рогов, И .А., Антипова, Л. В., & Глотова, И. А. (2001). Методы исследования мяса и мясопродуктов. М.: Колос, 376 с.
157. Скрипник, А. В. (2018). Математичні моделі та планування експерименту. Методичні вказівки для аспірантів очної, заочної форми навчання неекономічних спеціальностей. К.: ЦП "КОМПРИНТ", 193с.
158. Снігир, Н. В., Величко, С. О., & Сірик В. О. (2015). Безпека харчових продуктів – мікробіологічні ризики. Ліки України. 4. С. 18-21.
159. Тирсіна, Ю. М. (2003). Ветеринарно-санітарна оцінка продуктів забою некатегорійного молодняку великої рогатої худоби: дис. ... канд. вет. наук: 16.00.09. Київ, 150 с.

160. Якубчак, О.М. (2005). Ветеринарно санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продуктів тваринництва. Київ, 800 с.
161. Якубчак, О. М., & Кравчук, В. В. (2008). Порівняльна оцінка методів дослідження якості м'яса. Науковий електронний журнал, 10, 1–8. URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-Journals/nd/2008-2/08yomqrm.pdf> (дата звернення: 03.07.2021).
162. Якубчак, О. М., Риженко, Г. Ф., Тютюн, А. І., & Козловська, Г. В. (2003). Моніторинг показників якості та безпеки продукції тваринництва, що надходить на продовольчі ринки і довкілля Міжнародний симпозіум «Якість та довкілля»: тези. доп. Київ, 107–108.

ДОДАТКИ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях інших держав,

включених до міжнародної наукометричної бази даних Scopus

1. **Vovkotrub V., Iakubchak O., Horalskyi L., Vovkotrub N., Shevchenko L., Shynkaruk N., Rozbytska T., Slyva Y., Tupitska O., Shtonda O.** The microscopic structure of pork neck after cooling with showering stiving and processing by culture *Lactobacillus sakei*. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023. Vol. 17. P. 759–776. *(Vovkotrub V. проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Iakubchak O. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів. Horalskyi L. виконано гістологічні дослідження, зроблено їх інтерпретацію. Vovkotrub N. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Shevchenko L. підготовлено обговорення та висновки до статті. Shynkaruk N. підготовлено публікацію до друку, здійснено редагування і оформлення ілюстрацій. Rozbytska T. виконано статистичну обробку результатів дослідження, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. Slyva Y. зроблено відбір проб м'яса свинини, їх консервацію та підготовку для аналізів. Tupitska O. виконано аналіз показників душування півтуши свинини. Shtonda O. визначено практичне значення та перспективи використання отриманих результатів).*

2. **Vovkotrub V., Iakubchak O., Vovkotrub N., Shevchenko L., Lebedenko T., Holembovska N., Pylypchuk O., Omelian A.** Quality and safety of pork meat after cooling and treatment with lactic starters. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2024. Vol. 18. P. 439–452. *(Vovkotrub V. проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Iakubchak O. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів. Vovkotrub N. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Shevchenko L. визначено практичне значення та перспективи використання отриманих результатів).*

отриманих результатів, підготовлено обговорення та висновки до статті. Lebedenko T. зроблено мікробіологічний аналіз свинини за охолодження методом душування. Holeybovska N. здійснено редагування і оформлення ілюстрацій до статті. Rylyrchuk O. виконано статистичну обробку результатів дослідження, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу. Otelian A. виконано аналіз показників душування півтуш свинини).

Статті у наукових фахових видань України,

включених до міжнародної наукометричної бази даних Scopus

3. **Vovkotrub V.,** Kołacz R., Iakubchak O., Vovkotrub N., Shevchenko L. Effect of lactic acid bacteria ferment cultures on pork freshness. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*. 2024. Vol. 15 (1). P. 48–65. (Vovkotrub V. проведено науковий експеримент, зроблено аналіз отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Kołacz R. зроблено пошук наукової літератури, її аналіз та порівняння з отриманими результатами. Iakubchak O. розроблено програму і наукову концепцію дослідження, організовано проведення наукових дослідів. Vovkotrub N. визначено мікробіологічні та органолептичні показники свинини та статистичну обробку результатів дослідження. Shevchenko L. підготовлено обговорення та висновки до статті, узгоджено вимоги з видавництвом журналу).

4. **Vovkotrub V.,** Kowalewska I., Czerniawska-Piątkowska E., Iakubchak O., Hryb J. Modern methods of raw meat processing to reduce microbial contamination. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*. 2024. Vol. 15 (3). P. 55–75. (Vovkotrub V. проведено аналіз літературних джерел, визначено їх новизну і актуальність. Iakubchak O. сформульовано наукову концепцію. Kowalewska I. підготовлено літературний огляд до статті. Czerniawska-Piątkowska E. зроблено порівняння методів обробки свинини консервантами. Hryb J. здійснено редагування і оформлення статті, узгоджено вимоги до статті з видавництвом журналу).

Тези наукових доповідей

5. Вовкотруб В. Г., Якубчак О. М. Використання біологічних технологій для обробки м'яса та м'ясних продуктів. Ветеринарна медицина: сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та продовольчої безпеки: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Житомир, 9–10 червня 2022 року: тези доповіді. Житомир, 2022. С. 34–37. *(Вовкотрубом В. Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Якубчак О. М. визначено новизну і актуальність використання біоконсервантів для свинини).*

6. Вовкотруб В. Г., Якубчак О. М. Аналіз основних причин зниження терміну зберігання свинини у півтушах в охолодженому стані в умовах м'ясокомбінату. Єдине здоров'я – 2022: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 22–24 вересня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 175–176. *(Вовкотрубом В. Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Якубчак О. М. визначено причини псування свинини за зберігання в охолодженому вигляді).*

7. Вовкотруб В. Г., Якубчак О. М. Порівняльний аналіз сучасних технологій для поліпшення безпечності м'яса та м'ясних продуктів. Безпечність та якість харчових продуктів у концепції «Єдине здоров'я»: науково-практична онлайн конференція, м. Львів, 1–2 червня 2023 року: тези доповіді. Львів, 2023. С. 11–13. *(Вовкотрубом В. Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Якубчак О. М. визначено перспективи використання біотехнологій для поліпшення якості і безпечності свинини).*

8. Вовкотруб В. Г., Якубчак О. М. Фізичні методи знезараження туш на етапі їх первинної переробки. Актуальні аспекти розвитку ветеринарної медицини в умовах євроінтеграції: Міжнародна науково-практична конференція науково-педагогічних працівників та молодих науковців, присвячена 85-річчю заснування факультету ветеринарної медицини ОДАУ, м. Одеса, 14–15 вересня 2023 року: тези доповіді. Одеса, 2023. С. 360–362.

(Вовкотрубом В. Г. зроблено аналіз літературних джерел, підготовлено тези доповіді. Якубчак О. М. зроблено порівняння ефективності фізичних методів знезараження туш свинини).