УДК 637.52:613.2
https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2026.66

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ КУЛЬТУР У ТЕХНОЛОГІЇ ФЕРМЕНТОВАНИХ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ

Ігор Петрович Думан
Аспірант
https://orcid.org/0009-0000-3432-7739
Оксана Анатоліївна Штонда
кандидат технічних наук, доцент
https://orcid.org/0000-0002-7085-6133
Національний університет біоресурсів і природокористування України, 03041, вул. Виставкова, 16, м. Київ, Україна

Анотація. Забезпечення мікробіологічної стабільності ферментованих м'ясних продуктів із використанням стартових культур є важливим завданням для удосконалення технологій виробництва м'ясних снеків. Метою дослідження було встановлення впливу культур *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus* у складі препарату Italflora PCS 33 у концентрації 0,013 % на мікробіологічні показники та активність води м'ясних чипсів з індички та яловичини протягом зберігання. Дослідні зразки виготовляли з внесенням культур, контрольні – без їх додавання. Застосовували технологічні методи маринування за температури 2–4 °С протягом 10–12 год і сушіння за температури 35 °С, мікробіологічні методи визначення кількості мікроорганізмів та інструментальний метод вимірювання активності води. Зберігання здійснювали за температури 5–22 °С і за відносної вологості повітря до 75 %. Установлено, що протягом 60 діб у всіх зразках були відсутні коліформні бактерії в 1,0 г, *Staphylococcus aureus в 0,01 г*, сульфітредукувальні клостридії в 0,01 г та *Salmonella* в 25,0 г продукту. Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів не перевищувала $1{,}0 \times 10^6$ колонієутворювальних одиниць на грам. На 60-ту добу кількість молочнокислих бактерій у дослідних зразках становила $3{,}1 \cdot 10^4 – 5{,}9 \cdot 10^4$ колонієутворювальних одиниць на грам, перевищуючи контрольні значення $2{,}0 \times 10^2$–$4{,}0 \times 10^2$. Кількість коагулазонегативних стафілококів становила відповідно $5{,}8 \times 10^3$–$2{,}2 \times 10^4$, тоді як колонієутворювальних одиниць – $1{,}0 \times 10^2 – 2{,}0 \cdot 10^2$ на грам. Активність води перебувала в межах 0,645–0,781 і не перевищувала порогового значення 0,85. У дослідних зразках цей показник був на 0,073 вищим порівняно з контрольними, що свідчить про необхідність додаткового дослідження впливу культур на вологозв'язувальні властивості продукту. Отримані результати підтверджують мікробіологічну стабільність досліджених м'ясних чипсів протягом 60 діб і можуть бути використані для обґрунтування терміну їх придатності за визначених умов зберігання.

Ключові слова: снекова м'ясна продукція, протеолітична активність, стартові культури, мікробіологічна безпечність, біохімічний розпад білків, пригнічення патогенної мікрофлори.

UDC 637.52:613.2
https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2026.66

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION AND APPLICATION OF PROBIOTIC CULTURES IN FERMENTED MEAT PRODUCTS TECHNOLOGY

Igor Duman
Postgraduate student
https://orcid.org/0009-0000-3432-7739

 Creative Commons Attribution 4.0 International Public License

Oksana Shtonda
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0002-7085-6133
National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine, 03041, Vystavkova St., 16, Kyiv, Ukraine

Abstract. Ensuring the microbiological stability of fermented meat products through the application of starter cultures is an important objective in improving meat snack production technologies. The study aimed to determine the effects of *Staphylococcus carnosus* and *Staphylococcus xylosus* cultures incorporated into the Italflora PCS 33 preparation at a concentration of 0.013% on the microbiological characteristics and water activity of turkey and beef meat chips during storage. Experimental samples were produced with the addition of bacterial cultures, whereas control samples were prepared without them. The technological procedures included marination at 2–4°C for 10–12 hours and drying at 35°C. Microbiological methods were applied to determine microbial counts, while water activity was measured instrumentally. The products were stored at temperatures of 5–22°C and relative humidity not exceeding 75%. The results demonstrated that coliform bacteria in 1.0 g, *Staphylococcus aureus*, sulfite-reducing clostridia in 0.01 g, and Salmonella in 25.0 g of product were not detected in any samples throughout the 60-day storage period. The total count of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms did not exceed 1.0×10^6 colony-forming units per gram. On day 60, lactic acid bacteria count in the experimental samples ranged from 3.1×10^4 to 5.9×10^4 colony-forming units per gram, compared with 2.0×10^2 to 4.0×10^2 in the controls. Coagulase-negative staphylococci count ranged from 5.8×10^3 to 2.2×10^4, compared with 1.0×10^2 to 2.0×10^2 colony-forming units per gram in the control samples. Water activity ranged from 0.645 to 0.781 and remained below the threshold value of 0.85. This parameter was 0.073 higher in the experimental samples than in the controls, indicating the need for further investigation into the effects of bacterial cultures on the products' water-binding properties. The findings confirm the microbiological stability of the investigated meat chips over 60 days and may support the justification of their shelf life under the specified storage conditions.

Keywords: snack meat products, proteolytic activity, starter cultures, microbiological safety, biochemical degradation of proteins, suppression of pathogenic microflora.

ВСТУП. Наукова та практична актуальність досліджень із застосування пробіотичних культур у технології ферментованих м’ясних продуктів зумовлена світовими тенденціями щодо виробництва безпечних, функціональних та мінімально оброблених харчових продуктів із покращеною харчовою цінністю та збільшеним терміном зберігання. Споживачі дедалі більше віддають перевагу продуктам, виготовленим із застосуванням природних біотехнологічних підходів, а не синтетичним консервантам (Inguglia et al., 2023; Kaveh et al., 2023), що створює потребу в розробці інноваційних технологій бродіння на основі корисних мікроорганізмів. У цьому контексті пробіотичні культури розглядаються не лише як закваски бродіння, а й як багатофункціональні біологічні агенти, здатні підвищувати мікробіологічну безпеку, посилювати фізико-хімічні та сенсорні властивості та підвищувати біологічну цінність м’ясних продуктів (Bozhko et al., 2020; Gourari et al., 2025).

Зростаючий інтерес до функціональних продуктів харчування активізував дослідження пробіотичних мікроорганізмів, які можуть одночасно забезпечувати стабільність продукту та потенційно мати користь для здоров'я. Однак незважаючи на значний прогрес у харчовій біотехнології, механізми взаємодії між пробіотичними культурами та м'ясними матрицями залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, необхідні подальші дослідження метаболічної активності заквасок під час ферментації, їхнього впливу на мікробну сукцесію, протеолітичні та ліполітичні процеси, формування смаку та фізико-хімічні характеристики готової

продукції. Також необхідні додаткові дослідження для оцінки життєздатності пробіотичних мікроорганізмів протягом усього зберігання та визначення факторів, що впливають на їх технологічні показники в умовах промислової переробки.

Важливим невирішеним питанням є оптимізація вибору пробіотичних штамів для різних категорій ферментованих м'ясних продуктів. Хоча такі штами, як *Staphylococcus carnosus ma Staphylococcus xylosus*, продемонстрували значний технологічний потенціал, необхідні подальші наукові докази для встановлення оптимальних рівнів інокуляції, комбінацій з молочнокислими бактеріями та взаємодії з різною м'ясною сировиною. Порівняльні дослідження з різними рецептурами та умовами обробки сприятимуть розробці стандартизованих технологій, здатних забезпечити відтворювану якість продукту та мікробіологічну безпеку (Liu et al., 2025; Prasert et al., 2022).

Ще один важливий напрямок досліджень включає оцінку взаємозв'язку між пробіотичними культурами та фізико-хімічними показниками, зокрема активністю води (*aw*), яка безпосередньо впливає на розвиток мікробів, ферментативні реакції та стабільність продукту під час зберігання. Глибше розуміння цих взаємозв'язків дозволить точніше прогнозувати термін придатності та сприятиме розробці ферментованих м'ясних продуктів з покращеною текстурою, сенсорними характеристиками та продуктивністю зберігання без використання синтетичних консервантів.

Подальші дослідження також необхідні для оцінки функціональних властивостей пробіотичних ферментованих м'ясних продуктів, зокрема їх потенційного внеску у здоров'я шлунково-кишкового тракту, імуномодуляцію та загальну харчову якість (Bayer et al., 2021; Oz et al., 2023; Petrović et al., 2024; Priya et al., 2026). Інтеграція мікробіологічних, біохімічних, молекулярних та сенсорних методів оцінки сприятиме розробленню комплексних наукових підходів для створення функціональних м'ясних продуктів наступного покоління.

Тому подальші дослідження застосування пробіотичних культур у технології ферментованого м'яса є як науково обґрунтованими, так і практично значущими. Розширення знань у цій галузі сприятиме розробці інноваційних, науково обґрунтованих технологій, які забезпечують високу мікробіологічну безпеку, покращені якісні характеристики, подовжений термін придатності та підвищену споживчу цінність, одночасно сприяючи сталим та біологічно орієнтованим практикам переробки м'яса.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Розробка функціональних м'ясних продуктів стала одним із пріоритетних напрямків світової харчової промисловості через зростання споживчого попиту на продукти, що поєднують високу харчову цінність, мікробіологічну безпеку, тривалий термін зберігання та корисні для здоров'я властивості. Ферментовані м'ясні продукти визнані перспективною категорією, оскільки контрольована мікробна ферментація покращує сенсорні характеристики, підвищує засвоюваність білка, пригнічує мікроорганізми, що спричиняють псування, та сприяє збереженню продукту. Водночас сучасні харчові системи все більше зосереджені на заміні синтетичних консервантів біологічно заснованими технологіями, які забезпечують безпеку продукту, водночас дотримуючись принципів чистого етикетування та сталого перероблення харчових продуктів. Застосування пробіотичних та технологічно цінних заквасок стало важливою галуззю досліджень у м'ясній науці та харчовій біотехнології (Munekata et al., 2022; Bernardo et al., 2026; Nikodinoska et al., 2019; Shtonda et al., 2023).

Недавні дослідження показують, що вибрані пробіотичні мікроорганізми виконують численні технологічні функції, окрім їхньої традиційної ролі у ферментації. Вони регулюють мікробну сукцесію, пригнічують ріст патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів шляхом конкурентної взаємодії та виробництва метаболітів, покращують окислювальну стабільність та беруть участь у формуванні бажаного смаку, аромату, кольору та текстури ферментованих м'ясних продуктів. В огляді Munekata et al. (2022) зазначено, що м’ясні продукти з пробіотиками можуть стати хорошою альтернативою звичним функціональним продуктам. Проте у виробництві їх поки застосовують мало, бо ще недостатньо вивчено, як

довго виживають пробіотичні культури, наскільки стабільним є такий продукт і як культури поєднуються з технологією. До схожого висновку дійшли M. Kaya та G. Kaban (2024): результат застосування мікробних культур залежить одночасно від їхнього метаболізму, складу сировини та умов обробки відповідно.

Серед культур для ферментованого м'яса особливо цінними вважають *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus*. Вони відновлюють нітрати, розщеплюють білки й жири, мають каталазну та антиоксидантну активність. Завдяки цьому вони допомагають стабілізувати колір, формують смак, гальмують окиснення жирів і стримують розвиток небажаної мікрофлори під час ферментації. За даними останніх досліджень, ферменти цих стафілококів розщеплюють м'язові білки та ліпіди, що змінює структуру продукту, поліпшує його текстуру та сприяє дозріванню (Na et al., 2026; Dong et al., 2025). Крім того, коагулазо-негативні стафілококи активно беруть участь у формуванні мікробіологічної рівноваги, тим самим підвищуючи стабільність та безпеку ферментованих м'ясних продуктів протягом усього зберігання.

Не менш важливим критерієм якості ферментованих м'ясних продуктів є активність води (*aw*), яка безпосередньо впливає на ріст мікробів, біохімічні реакції та термін придатності. Як виявлено в нещодавніх дослідженнях (Yang et al., 2025; Sidira et al., 2026; Heo et al., 2022) в галузі харчової мікробіології, зменшення доступної води залишається одним з основних підходів для запобігання мікробному псування та забезпечення мікробіологічної стабільності сушених та ферментованих м'ясних продуктів. Тим не менш, пробіотичні закваски можуть змінювати властивості зв'язування води завдяки протеолітичній та ліполітичній активності, що призводить до змін кількості вільної води без шкоди для мікробіологічної безпеки. Ці взаємодії залишаються недостатньо дослідженими, особливо в інноваційних ферментованих м'ясних снеках.

Аналіз сучасної наукової літератури показує, що більшість доступних досліджень зосереджені на традиційних ферментованих ковбасах, тоді як значно менше уваги приділяється ферментованим м'ясним чипсам, виготовленим із м'яса птиці та яловичини. Існуючі дослідження часто оцінюють окремо або мікробіологічну якість, або фізико-хімічні характеристики, тоді як комплексні дослідження, що інтегрують мікробіологічну безпеку, активність води, пробіотичну активність та стабільність при зберіганні, залишаються обмеженими (Petka and Walczycka, 2026; Almeida and de Albuquerque, 2025). Отже, необхідні подальші дослідження для встановлення технологічної ефективності пробіотичних культур у нових ферментованих м'ясних продуктах та визначення їхнього впливу на безпеку продукту під час тривалого зберігання.

Метою дослідження було обґрунтування ефективності включення *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus* як пробіотичних заквасок у виробництво ферментованих м'ясних чипсів з м'яса індички та яловичини, оцінка їх впливу на мікробіологічні характеристики, дослідження змін активності води (*aw*) та встановлення стабільності продукту при зберіганні.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. В процесі проведеного дослідження було застосовано порівняльний експериментальний аналіз використання збагачених пробіотиками ферментованих м'ясних чипсів, виготовлених із м'яса індички та яловичини. Контрольні зразки виготовляли за загальноприйнятою рецептурою, тоді як експериментальні зразки готували з додаванням вибраних пробіотичних культур, що дозволило провести порівняльну оцінку їх технологічних та мікробіологічних характеристик.

Об'єктами дослідження були ферментовані м'ясні чипси з грудного м'яза індички та м'якоті тазостегнової частини яловичини. Рецептури підбирали експериментально: виготовляли пробні зразки й за результатами органолептичної оцінки обирали ті, що отримали найвищі бали за смаком і ароматом. Рецептури контрольних і дослідних зразків наведено в

таблиці 1. Дослідні зразки (зразки №1) відрізнялися від контрольних лише внесенням комерційного препарату Italflora PCS 33, що містить штами *Staphylococcus xylosus* та *Staphylococcus carnosus*, за рахунок відповідного зменшення частки м'яса. Виробник рекомендує вносити 20 г препарату на 100 кг сировини для ковбасних виробів; для м'ясних чипсів було обрано дозу 13 г на 100 кг маринованого продукту (0,013 %).

У статті термін «пробіотичні культури» вживається щодо живих мікроорганізмів препарату Italflora PCS 33, які в технології ферментованих м'ясних продуктів виконують функцію стартових культур (заквасок). Пробіотичну дію використаних штамів на організм людини в межах цього дослідження не вивчали; її підтвердження потребує окремих штамоспецифічних досліджень.

Таблиця 1. Рецептури м'ясних чипсів, % (на 100 кг маринованого продукту)

Інгредієнт	Чипси з індички		Чипси з яловичини	
	Контроль	**Зразок №1**	**Контроль**	**Зразок №1**
Грудний м'яз індички	92,69	92,67	–	–
М'якоть тазостегнової частини яловичини	–	–	93,11	93,09
Соєвий соус	6,3	6,3	6,3	6,3
Мед акацієвий	0,5	0,5	0,5	0,5
Паприка	0,04	0,04	–	–
Паприка копчена	–	–	0,04	0,04
Коріандр	0,03	0,03	–	–
Часник сушений мелений	0,16	0,16	–	–
Суміш спецій (перець чорний мелений, перець червоний мелений, кмин, куркума в рівних частках)	0,08	0,08	–	–
Цибуля сушена мелена	0,2	0,2	–	–
Перець чорний мелений	–	–	0,02	0,02
Кардамон	–	–	0,03	0,03
Italflora PCS 33 (*S. xylosus*, *S. carnosus*)	–	0,013	–	0,013
Разом	100	100	100	100

Технологічний процес включав вхідний контроль сировини, допоміжних матеріалів і спецій, зачищення м'яса, приготування маринаду, нарізання, змішування, маринування, сушіння, охолодження, контроль якості, пакування та зберігання. До переробки м'ясну сировину зберігали в холодильній камері за температури 4 °С. М'ясо зачищали від жирової тканини, кровоносних і лімфатичних судин, хрящів і плівок та нарізали слайсером на шматки товщиною 3–5 мм. Нарізане м'ясо змішували з маринадом (для зразків №1 – разом із препаратом Italflora PCS 33) впродовж 3–6 хв. Маринування, під час якого відбувалася ферментація, тривало 10–12 год у холодильній камері за температури 2–4 °С. Сушіння проводили в дегідраторі за температури 35 °С впродовж 4,5–6 год залежно від виду сировини та товщини шматків; таку температуру обрали, щоб зберегти життєздатність внесених культур. Готовий продукт охолоджували за температури 15–20 °С впродовж 20–25 хв, пакували і зберігали за температури 15-20 °С та відносної вологості повітря не вище 75 % до 60 діб у вакуумному пакуванні. Основні технологічні параметри наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Технологічні параметри виробництва та зберігання м’ясних чипсів

Технологічна операція	Параметри
1	2
Зберігання м’ясної сировини до переробки	t = 4 °C
Нарізання	товщина шматків 3–5 мм
Змішування з маринадом (для зразків №1 – з препаратом Italflora PCS 33)	3–6 хв
Маринування (ферментація)	t = 2–4 °C, τ = 10–12 год
Сушіння в дегідраторі	t = 35 °C, τ = 4,5–5 год
Охолодження	t = 15–25 °C, τ = 20–25 хв
Зберігання готового продукту	t = 15-20 °C, φ < 75 %, τ – до 60 діб

Дослідження проводилося у три послідовні етапи. Спочатку контрольні та експериментальні зразки виготовляли з використанням відповідних технологічних підходів. Згодом мікробіологічні аналізи проводили на 1-у, 30-у та 60-у добу зберігання для оцінки безпеки продукту та обґрунтування терміну придатності. На завершальному етапі отримані дані аналізували та порівнювали для оцінки відповідності санітарним нормам та визначення впливу пробіотичних культур на стабільність продукту.

Мікробіологічний аналіз здійснювали на базі відділу аналітичних досліджень та якості харчової продукції Інституту продовольчих ресурсів НААН України. Роботу виконували відповідно до вимог ДСТУ 8720:2017 «Вироби ковбасні та продукти з м`яса. Методи визначення мікробного забруднення» (State Standard of Ukraine, 2017). Було визначено загальну кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, молочнокислих бактерій та коагулазонегативних *Staphylococcus spp*., а також проведено якісний аналіз на наявність коліформних бактерій, *Staphylococcus aureus*, сульфітредукуючих клостридій та *Salmonella spp*. Ці показники були обрані як ключові критерії для оцінки мікробіологічної якості та безпеки ферментованих м'ясних продуктів.

Додатково було визначено активність води (*aw*), оскільки від неї залежить, чи зможуть у продукті розвиватися мікроорганізми і наскільки стабільним даний показник буде під час зберігання. Визначення проводили відповідно до вимог ДСТУ ISO 21807:2007 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Метод визначення активності води» (State Standard of Ukraine, 2007). Вимірювання проводилися для всіх зразків (похибка вимірювання ±0,003) та порівнювалися з гранично допустимим значенням 0,85. Порівняльний аналіз мікробіологічних та фізико-хімічних параметрів дозволив оцінити вплив *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus* на формування корисної мікрофлори, мікробіологічну безпеку, активність води та обґрунтувати гарантований термін придатності 60 діб за рекомендованих умов зберігання.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Мікробіологічні дослідження були спрямовані в напрямку оцінки безпеки розроблених ферментованих м'ясних чипсів, встановлення їх науково обґрунтованого терміну придатності та порівняння мікробіологічних характеристик продуктів, виготовлених за традиційною рецептурою, з тими, що виготовлені з використанням пробіотичних заквасок.

Мікробіологічна оцінка включала визначення як кількісних, так і якісних показників, що характеризують санітарний стан та біологічну стабільність ферментованих м'ясних продуктів. Контролювалася кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (*MAFAnM*), молочнокислих бактерій та коагулазонегативних стафілококів, а також оцінювалася наявність індикаторних та патогенних мікроорганізмів, включаючи бактерії групи *Escherichia coli* (коліформні бактерії), *Staphylococcus aureus*, сульфітредукуючі

клостридії та бактерії роду Salmonella. Ці параметри є міжнародно визнаними критеріями оцінки мікробіологічної якості та безпеки готових до вживання м'ясних продуктів.

Мікробіологічні показники визначали одразу після виготовлення (1-ша доба), а також на 30-ту та 60-ту добу зберігання за встановлених умов. Це дало змогу простежити, як змінюється мікрофлора під час зберігання і чи впливають на неї закваски. Усі зразки, і дослідні, і контрольні, протягом усього терміну зберігання відповідали чинним вимогам мікробіологічної безпеки.

Мікробіологічний стан ферментованих м’ясних чипсів під час зберігання залишався стабільним, тому за дотримання рекомендованих умов для них можна встановити термін придатності 60 діб. У жодному зразку не виявили коліформних бактерій, сульфітредукувальних клостридій, золотистого стафілокока та інших патогенних мікроорганізмів, зокрема сальмонел. Це підтверджує, що технологічний процес і санітарно-гігієнічні вимоги на виробництві було дотримано, а готовий продукт є безпечним.

Кількість MAFAnM залишалася нижчою за гранично допустиму межу $1{,}0 \times 10^6$ КУО/г, встановлену для цієї групи м'ясних продуктів. Експериментальні зразки, що містили пробіотичні культури, показали вищі показники MAFAnM, ніж відповідні контрольні зразки. Проте це не ознака мікробіологічного псування, а радше як свідчення успішного розвитку навмисно введених корисних мікроорганізмів. Переважання технологічно цінної мікрофлори сприяє стабілізації мікробної екосистеми та пригнічує ріст небажаних мікроорганізмів шляхом конкурентної взаємодії та метаболічної активності.

Подібна тенденція спостерігалася для молочнокислих бактерій та коагулазо-негативних стафілококів. Їх популяції були значно вищими в пробіотичних зразках, ніж у продуктах традиційного виробництва, що відображає активний метаболізм *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus*. Ці закваски сприяють розвитку корисної мікрофлори завдяки ферментативній активності та виробленню метаболітів, які створюють сприятливі умови для контрольованої ферментації, одночасно пригнічуючи розмноження мікроорганізмів, що викликають псування, та патогенних мікроорганізмів. Отже, пробіотичні культури сприяли не лише мікробіологічній безпеці, але й біологічній стабілізації ферментованих продуктів під час зберігання.

Слід також зазначити мікробіологічну стабільність контрольних зразків. Хоча ці зразки не містили пробіотичних заквасок, жодних ознак мікробіологічного псування протягом усього періоду зберігання не виявлено. Цей ефект можна пояснити антимікробними властивостями певних компонентів рецептури, зокрема акацієвого меду та соєвого соусу, які містять природні антимікробні сполуки, здатні обмежувати розвиток патогенної та шкідливої мікрофлори. Тим не менш, зразки, що містять пробіотики, продемонстрували сприятливіший мікробний склад завдяки контрольованому розмноженню корисних мікроорганізмів, що є додатковою перевагою технології ферментації з використанням пробіотиків.

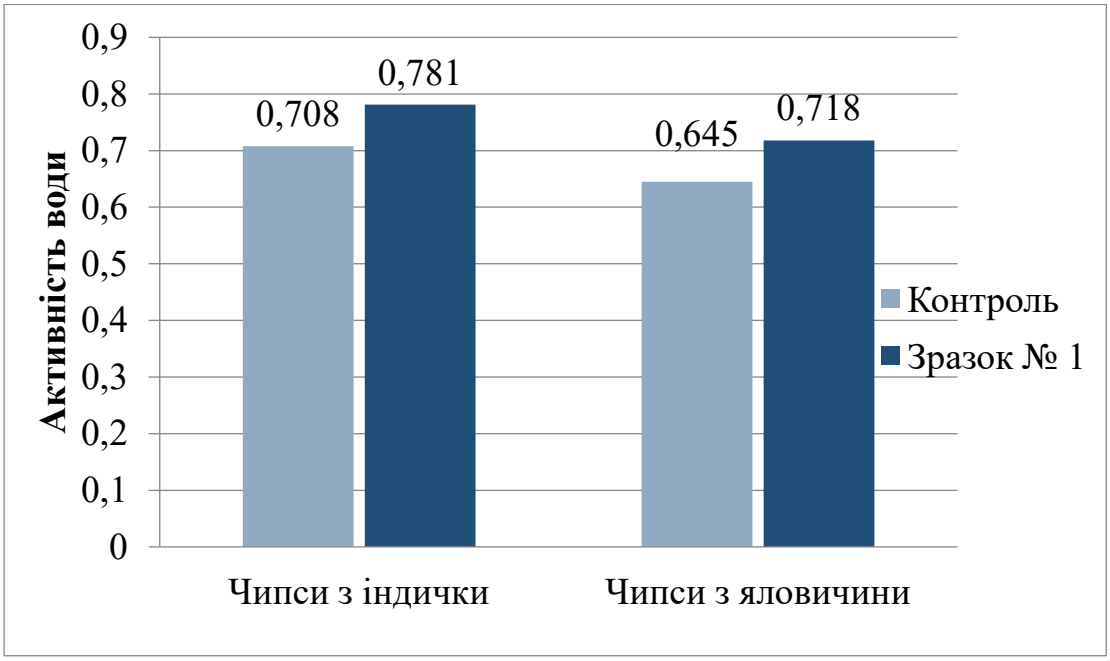
Загалом, мікробіологічні результати показують, що включення *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus* до рецептури ферментованих м’ясних чипсів забезпечує ефективну мікробіологічну стабілізацію без шкоди для безпеки продукту. Відсутність патогенних мікроорганізмів, підтримка прийнятної кількості мікробіологічних організмів протягом усього терміну зберігання та перевага корисних мікробних популяцій підтверджують, що пробіотичні культури є ефективним технологічним інструментом для підвищення безпеки, якості та стабільності ферментованих м'ясних продуктів під час зберігання. Ці результати забезпечують наукову основу для рекомендації розробленої технології інноваційних функціональних м'ясних продуктів з гарантованим терміном придатності не менше 60 днів за належних умов зберігання.

Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів не перевищують граничну допустиму кількість, що становить $1{,}0 \times 10^6$ КУО/г, для даного виду продукту. У зразках №1 спостерігається вища кількість MAFAnM, ніж у контрольних зразках, це обумовлюється наявністю пробіотичних культур. Показник кількості молочнокислих

бактерій вищий у зразках №1, що пояснюється властивостями штамів *S. carnosus* та *S. xylosus*, які продукують ріст молочнокислих бактерій.

У контрольних зразках відсутні ознаки псування через наявність акацієвого меду та соєвого соусу, які мають властивість пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів.

Активність води (*aw*) – це параметр, який показує кількість вільної води у харчовому продукті, яка доступна для протікання мікробіологічних, хімічних та ферментативних реакцій. При значенні активності води менше 0,6 пригнічується ріст бактерій та відповідно зменшується ризик псування харчового продукту. Також показник впливає на сенсорні та текстурні властивості готового продукту, а саме чим нижча активність, тим сухіший та хрусткіший продукт. Це прослідковується в контрольному зразку чипсів з яловичини (Рис.1.), де значення активності води найменше та відповідно до вищезазначених результатів зразок являється найсухішим.



Примітка: похибка вимірювання ± 0,003

Рис. 1. Гістограма активності води *aw* у м’ясних чипсах

На рисунку 1 видно, що у досліджуваних зразках активність води не перевищує граничнодопустимого значення 0,85. Зразки, що містять пробіотичні культури мають вище значення показника активності води у порівняні з зразками виготовленими за традиційною рецептурою. Зразок №1 чипсів із м’яса індички має на 0,073 вище значення *aw*, ніж у контрольному зразку, таку саму різницю між зразками мають чипси з яловичини. Вищий показник активності води у зразках з пробіотичними культурами пояснюється біохімічною активністю штамів бактерій *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus*. Вони володіють властивістю виділяти ферменти, а саме протеазу та ліпазу, які руйнують білкову матрицю, через що зв’язана вода переходить у вільну форму.

При значеннях показника від 0,6 до 0,85 можливий розвиток осмофільних дріжджів та ксерофільної плісені. Але відповідно до результатів мікробіологічних досліджень патогенні мікроорганізми у зразках відсутні (Таблиця 1.).

Дослідження продемонстрували, що як контрольні, так і оброблені пробіотичними культурами зразки ферментованої м’ясної чипси відповідали встановленим вимогам мікробіологічної безпеки протягом 60-денного періоду зберігання.

Таблиця 1. Зміни мікробіологічних показників м’ясних чипсів у процесі зберігання

Показник, од. Вимірювання	Чипси із м'яса індички						Чипси з яловичини					
	Контроль			Зразок №1			Контроль			Зразок №1		
	1 доба	30 діб	60 діб	1 доба	30 діб	60 діб	1 доба	30 діб	60 діб	1 доба	30 діб	60 діб
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 1,0 г	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАнМ), КУО/г	$6,6 \times 10^3$	$4,5 \times 10^3$	$2,1 \times 10^3$	$2,2 \times 10^5$	$9,1 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$8,7 \times 10^3$	$7,0 \times 10^3$	$8,0 \times 10^5$	$4,3 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$
Кількість молочнокислих бактерій (стартова культура), КУО/г	-	$3,3 \times 10^1$	$2,0 \times 10^2$	-	$5,4 \times 10^1$	$3,1 \times 10^4$	-	$4,7 \times 10^1$	$4,0 \times 10^2$	-	$8,1 \times 10^1$	$5,9 \times 10^4$
Staphylococcus ssp. (стартова культура), КУО/г	-	не виявлено	$1,0 \times 10^2$	-	$7,3 \times 10^1$	$5,8 \times 10^3$	-	$2,2 \times 10^1$	$2,0 \times 10^2$	-	$3,9 \times 10^1$	$2,2 \times 10^4$
Staphylococcus aureus, КУО/г	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но	не вия-но
Сульфітредукувальні клостридії, КУО/г в 0,01 г	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен	не виявлен
Патогені мікроорганізми, зокрема бактерії роду Salmonella, в 25,0 г	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено

У жодному з проаналізованих зразків не було виявлено ні *Escherichia coli*, ні *Staphylococcus aureus*, ні сульфітредукуючих клостридій, ні патогенних мікроорганізмів, включаючи *Salmonella*, що підтверджує санітарну безпеку та мікробіологічну стабільність

розроблених продуктів. Додавання пробіотичних заквасок *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus* сприяло розвитку корисної мікробної спільноти, про що свідчить збільшення популяцій молочнокислих бактерій, коагулазонегативних стафілококів та мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, залишаючись при цьому в межах нормативних мікробіологічних норм. Активність води (*aw*) усіх зразків залишалася нижче критичного порогу 0,85, що свідчить про сприятливі умови для довготривалої мікробіологічної стабільності. Дещо підвищені значення (*aw*), що спостерігаються у зразках, що містять пробіотики, можна пояснити метаболічною активністю *S. carnosus* та *S. xylosus*, протеолітичні та ліполітичні ферментні системи яких сприяють структурній модифікації білкової матриці та перетворенню зв'язаної води в більш доступну форму. У сукупності ці результати надають наукові докази, що підтверджують застосування *S. carnosus* та *S. xylosus* як ефективних пробіотичних заквасок для виробництва ферментованих м'ясних продуктів з підвищеною мікробіологічною безпекою, покращеною технологічною стабільністю та науково обґрунтованим терміном зберігання щонайменше 60 днів.

Отримані результати доцільно розглядати в контексті сучасних досліджень застосування стартових культур у технології сушених і ферментованих м’ясних продуктів. Зіставлення проведено за трьома групами показників – мікробіологічна безпечність, склад технологічно цінної мікрофлори та активність води – з урахуванням питання про статус використаних культур.

Відсутність бактерій групи кишкових паличок (коліформ) в 1,0 г, *S. aureus*, сульфітредукувальних клостридій в 0,01 г і *Salmonella* в 25,0 г у всіх зразках узгоджується з даними L. Bal-Prylypko et al. (2024), які встановили, що застосування комбінованих заквасок (зокрема композиції на основі *S. carnosus*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* та *L. paracasei*) у виробництві сиров’ялених свинячих баликів забезпечувало пригнічення небажаної мікрофлори та відсутність патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Проте не варто вважати, що безпечність продукту забезпечили саме закваски. I. Nikodinoska et al. (2019) штучно заражали ковбасу чорізо патогенами (challenge-тест). Штам *L. plantarum* PCS20 знижував кількість *L. monocytogenes* на 3,84 і 2,62 lg КУО/г (за вмісту нітриту 150 і 75 мг/кг відповідно). Але на *Salmonella* spp. жодна з культур не діяла. Тому відсутність сальмонел у наших зразках, найімовірніше, пояснюється якістю сировини, режимами обробки й сушіння та низькою a_w. Щоб довести захисну дію заквасок, потрібні окремі challenge-тести. Також уточнимо, що в роботі визначали бактерії групи кишкових паличок (коліформи) загалом, а не окремо *Escherichia coli*. *E. coli* входить до цієї групи, тому її теж немає в 1,0 г продукту. Проте це різні показники, і їх не слід плутати.

На 1-шу добу MAFAnM у зразках №1 була приблизно на 1,5 lg вищою, ніж у контролі: $2{,}2 \times 10^5$ проти $6{,}6 \times 10^3$ КУО/г для чипсів з індички та $8{,}0 \times 10^5$ проти $1{,}9 \times 10^4$ КУО/г для чипсів з яловичини. Схоже явище описали X. Yang et al. (2025). Вони додавали в яловичі джерки *Pediococcus pentosaceus* та *S. carnosus*. Внесені бактерії ставали домінантними: вони конкурували зі сторонньою мікрофлорою за поживні речовини і витісняли її. Імовірно, так було і в нашому дослідженні. Однак MAFAnM показує загальну кількість мікроорганізмів, а не конкретні види. Тому, щоб дізнатися частку внесених штамів, їх потрібно ідентифікувати (наприклад, методом MALDI-TOF мас-спектрометрії або секвенуванням гена 16S рРНК). За 60 діб зберігання MAFAnM в усіх зразках знизилася на 0,4–0,9 lg КУО/г. Це звичайно для продуктів з низькою a_w: мікроорганізми в них поступово гинуть. Найбільше (≈0,9 lg) MAFAnM знизилася у зразку №1 з яловичини. Дані на 30-ту добу показують, що зниження відбувалося поступово в усіх зразках: у чипсах з індички – до $4{,}5 \times 10^3$ (контроль) та $9{,}1 \times 10^4$ КУО/г (зразок №1), у чипсах з яловичини – до $8{,}7 \times 10^3$ та $4{,}3 \times 10^5$ КУО/г відповідно.

На 60-ту добу у зразках №1 було $3{,}1 \times 10^4$ та $5{,}9 \times 10^4$ КУО/г молочнокислих бактерій, а в контролі – лише $2{,}0 \times 10^2$ та $4{,}0 \times 10^2$ КУО/г (різниця ≈2,2 lg). Коагулазонегативних стафілококів у зразках №1 було $5{,}8 \times 10^3$ та $2{,}2 \times 10^4$ КУО/г, а в контролі – $1{,}0 \times 10^2$ та $2{,}0 \times 10^2$ КУО/г (різниця ≈1,8–2,0 lg). На 30-ту добу молочнокислих бактерій в усіх зразках було ще

мало ($3{,}3 \times 10^1$–$8{,}1 \times 10^1$ КУО/г), а стафілококів у зразках №1 – $7{,}3 \times 10^1$ та $3{,}9 \times 10^1$ КУО/г. Отже, обидві групи бактерій активно розмножувалися між 30-ю та 60-ю добою. *S. carnosus* і *S. xylosus* не є молочнокислими бактеріями, тому зростання кількості останніх потрібно пояснити. Найімовірніше, стафілококи стимулюють ріст молочнокислих бактерій. Стафілококи розщеплюють білки, і в продукті з'являється більше пептидів і вільних амінокислот. Молочнокислі бактерії не можуть синтезувати частину амінокислот самостійно, тому такі речовини для них дуже корисні. Це пояснює, чому молочнокислі бактерії активно розмножувалися лише в другій половині терміну зберігання: продуктам розщеплення білків потрібен час, щоб накопичитися. Це підтверджують і дані X. Yang et al. (2025): у ферментованих джерках загальний вміст вільних амінокислот зріс на 13,55 %, і автори пов'язують це з ферментами внесених стафілококів. Водночас не можна виключити, що частина стафілококів могла рости на середовищі для молочнокислих бактерій. Тому вибірковість методу підрахунку варто додатково перевірити.

Найбільше наші результати відрізняються від літературних даних щодо активності води. У зразках із заквасками *aw* була на 0,073 вищою, ніж у контролі. А в більшості подібних досліджень закваски, навпаки, знижували *aw*. X. Yang et al. (2025) повідомили, що *aw* яловичих джерків знизилася з 0,78 до 0,76, а pH – з 5,77 до 4,96. R. Liang et al. (2021) встановили, що сильне підкислення (pH 4,43 наприкінці ферментації) прискорювало висихання продукту, знижувало a_w і пригнічувало ентеробактерії. L. Bal-Prylypko et al. (2024) також зазначили, що закваски сприяли висиханню продукту та зниженню *aw*. Автори цих робіт пояснюють це тим, що за низького pH м'язові білки гірше утримують воду. У нашому дослідженні підвищення *aw* не можна пояснити лише тим, що стафілококи розщеплюють білки та жири. Продукти розщеплення білків (пептиди, амінокислоти) розчиняються у воді і зазвичай знижують, а не підвищують *aw*. Імовірніше, у зразках №1 просто залишилося більше вологи. Це могло статися, якщо вони висихали з іншою швидкістю або краще утримували воду. На покращення водоутримання, зокрема, вказували L. Bal-Prylypko et al. (2024) для закваски з *S. carnosus*. Щоб перевірити це припущення, потрібно визначити вміст вологи, pH, небілкового азоту та вільних амінокислот. Висновки про кращу текстуру також варто підтвердити приладовими вимірюваннями. Адже у роботі X. Yang et al. (2025) після ферментації джерки стали не м'якшими, а твердішими (з 166,2 до 201,3 Н).

В усіх наших зразках *aw* не перевищувала 0,85. M. Karwowska та S. A. Alghabawi (2021) показали, що спонтанно ферментована яловичина з *aw* 0,813 не змінювала pH, *aw*, колір і мікробіологічні показники протягом шести місяців зберігання. Ми визначали мікробіологічні показники на 1-шу, 30-ту та 60-ту добу. На всіх етапах санітарно-показових і патогенних мікроорганізмів не виявили, а MAFAnM не перевищувала норму $1{,}0 \times 10^6$ КУО/г. Це підтверджує, що термін придатності 60 діб обґрунтований. Водночас за *aw* 0,60–0,85 у продукті можуть розвиватися осмофільні дріжджі та ксерофільні плісняві гриби. У цій роботі їх не визначали, тому цей показник варто додати в наступних дослідженнях. Контрольні зразки, імовірно, залишалися стабільними завдяки акацієвому меду та соєвому соусу, які мають антимікробні властивості. Раніше O. Shtonda et al. (2023) обґрунтували використання продуктів бджільництва в технології ферментованих м'ясних виробів. P. Bernardo et al. (2026) поєднували рослинні екстракти (*Thymus citriodorus*, *Salvia elegans*) зі *Staphylococcus equorum* у ферментованих ковбасах «чистої етикетки». Ці роботи підтверджують, що натуральні інгредієнти разом зі стартовими культурами можуть створювати кілька бар'єрів для небажаних мікроорганізмів.

Окремо варто розглянути роль використаних пробіотичних заквасок. P. E. S. Munekata et al. (2022) вважають м'ясні продукти з пробіотичними культурами перспективним напрямом і зазначають, що головне завдання під час їх розроблення – забезпечити виживання культур і їхню сумісність з технологією. У нашому дослідженні *S. carnosus* та *S. xylosus* зберігали життєздатність протягом усього терміну зберігання: на 60-ту добу у зразках №1 було $5{,}8 \times 10^3$–$2{,}2 \times 10^4$ КУО/г коагулазонегативних стафілококів, тоді як у контролі – лише $1{,}0 \times 10^2$–$2{,}0 \times$

10^2 КУО/г. Водночас у цих зразках зростала кількість молочнокислих бактерій. Отже, пробіотичні закваски не лише прижилися в м'ясній сировині, а й сформували в продукті корисну мікрофлору, не погіршивши його мікробіологічної безпеки. Це підтверджує їхню ефективність як технологічного інструменту для підвищення безпечності та стабільності ферментованих м'ясних чипсів під час зберігання. Згідно з визначенням Hill et al. (2014), користь пробіотиків для здоров'я встановлюють для кожного конкретного штаму, а S. Heo et al. (2022) наголошують на важливості оцінки безпечності мікробних заквасок. Тому перспективним напрямом подальших досліджень є вивчення функціональних властивостей використаних штамів: їхньої стійкості до кислоти та жовчі, безпечності та впливу на організм людини.

Отже, наші результати збігаються з даними інших авторів у трьох моментах: продукти із заквасками безпечні, внесена мікрофлора в них переважає, а за a_w нижче 0,85 продукт стабільний під час зберігання. Відрізняється лише зміна a_w: у наших зразках із заквасками вона зростала, а не знижувалася. Нові дані цієї роботи стосуються ферментованих м'ясних чипсів з індички та яловичини. Такі продукти вивчено значно менше, ніж ферментовані ковбаси.

ВИСНОВКИ. Проведене дослідження науково обґрунтувало доцільність використання пробіотичних заквасок *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus* у технології ферментованих м'ясних продуктів та підтвердило їх позитивний вплив на мікробіологічну стабільність та якісні характеристики ферментованих м'ясних чипсів, вироблених з індички та яловичини. Порівняльна мікробіологічна оцінка показала, що як контрольні, так і зразки, що містять пробіотики, відповідали чинним санітарно-гігієнічним вимогам безпеки протягом усього періоду зберігання. Відсутність бактерій групи *Escherichia coli* (коліформи), *Staphylococcus aureus*, сульфітредукуючих клостридій та патогенних мікроорганізмів, включаючи *Salmonella*, підтвердила мікробіологічну безпеку розроблених продуктів. Результати досліджень на 1-шу, 30-ту та 60-ту добу дають підстави рекомендувати термін придатності 60 діб за температури 15–20 °С і відносної вологості повітря не вище 75 %.

Включення пробіотичних культур сприяло формуванню корисної мікрофлори, що проявилося у збільшенні кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, молочнокислих бактерій та коагулазонегативних стафілококів порівняно з контрольними зразками. Ці зміни свідчать про активне функціонування заквасок, а не про мікробіологічне псування, та демонструють їхній внесок у розвиток стабільної мікробної екосистеми у ферментованих продуктах. Водночас, антимікробні властивості акацієвого меду та соєвого соусу, що використовувалися в контрольній рецептурі, також сприяли мікробіологічній стабільності, пригнічуючи ріст небажаних мікроорганізмів.

Дослідження активності води підтвердило, що значення (*aw*) усіх експериментальних зразків залишалися нижчими за максимально допустиму межу 0,85, забезпечуючи сприятливі умови для тривалого зберігання. Дещо вищі значення (*aw*), що спостерігалися в пробіотичних зразках, пояснюються біохімічною активністю *Staphylococcus carnosus* та *Staphylococcus xylosus*, протеолітичні та ліполітичні ферменти яких частково розкладали білкову матрицю та збільшували частку вільної води без шкоди для безпеки продукту. Ці біохімічні перетворення сприяли формуванню бажаних структурних та текстурних характеристик, зберігаючи при цьому мікробіологічну стабільність.

Загалом, отримані результати демонструють, що пробіотичні культури є ефективним технологічним інструментом для покращення мікробіологічної безпеки, стабільності зберігання та функціональної якості ферментованих м'ясних продуктів. Отримані результати розширюють наукову основу для застосування пробіотичних заквасок у технології ферментованого м'яса та надають практичні докази, що підтверджують їх використання у виробництві інноваційних м'ясних продуктів з підвищеною безпекою, тривалим терміном зберігання та покращеними споживчими властивостями.

Подяки. Немає.
Конфлікт інтересів. Немає.

References

Almeida, A. P., & de Albuquerque, T. L. (2025). Is it possible to produce meat without animals? The potential of microorganisms as protein sources. *Fermentation*, 11(1), 24. https://doi.org/10.3390/fermentation11010024

Bal-Prylypko, L., Danylenko, S., Mykhailova, O., Nedorizanyuk, L., Bovkun, A., Slobodyanyuk, N., Omelian, A., & Ivaniuta, A. (2024). Influence of starter cultures on microbiological and physical-chemical parameters of dry-cured products. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 313–330. https://doi.org/10.5219/1960

Bayer, O. V., Bondarets, O. V., Mykhalska, V. M., Shevchenko, L. V., Stupak, O. M., Fesenko, J. V., Dovgopol, Y. V., Liniichuk, N. V., Kovalenko, V. L., Galka, I. V., Kryvenok, M. J., & Poliakovskyi, V. M. (2021). Evaluation of QuEChERS sample preparation for determination of benzimidazoles residues in meat by UPLC-MS/MS. *Methods and Objects of Chemical Analysis*, 16(1), 32–40. https://doi.org/10.17721/moca.2021.32-40

Bernardo, P., Fernandes, M. J., Fernandes, M. H., Teixeira, M. P., Rouxinol, M. I., Laranjo, M., Elias, M., Patarata, L., & Fraqueza, M. J. (2026). Effects of Thymus citriodorus and Salvia elegans extracts combined with S. equorum on a clean label fermented cured meat sausage. *Meat Science*, 232(109994), 109994. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2025.109994

Bozhko, N., Tischenko, V., & Pasichnyi, V. (2020). Researching of consumer and biological value of meat-containing semi-finished minced products. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 26(1), 134–141. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2020-26-1-17

Dong, Z., Wang, L., Ge, Y., An, Y., Sun, X., Xue, K., Xie, H., Wang, R., Li, J., & Chen, L. (2025). Screening, identification, and application of superior starter cultures for fermented sausage production from traditional meat products. *Fermentation*, 11(6), 306. https://doi.org/10.3390/fermentation11060306

DSTU 8720:2017. (2017). Sausage products and meat-based products. Methods for determining microbial contamination. Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine.

DSTU ISO 21807:2007. (2007). Microbiology of food and animal feeding stuffs — Determination of water activity.

~~Gonçalves, S., & Romano, A. (2018). Biotechnological approaches for the propagation of anticancer plants and the production of vital compounds. In Anticancer Plants: Natural Products and Biotechnological Implements (pp. 507–527). Springer Singapore.~~

Gourari, K., Mabrouki, Y., Taybi, A. F., Essadek, A., Tanduo, V., Crocetta, F., Rahhou, I., Belbachir, C., Rizzo, L., & Legssyer, B. (2025). Meat nutritional value and exoskeleton valorisation of *Callinectes sapidus* from three Sites of Biological and Ecological Interest in morocco: Scientific insights toward a management strategy in the Mediterranean sea. *Marine Drugs*, 23(9), 367. https://doi.org/10.3390/md23090367

Heo, S., Kim, T., Na, H.-E., Lee, G., Park, J.-H., Park, H.-J., & Jeong, D.-W. (2022). Safety assessment systems for microbial starters derived from fermented foods. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(10), 1219–1225. https://doi.org/10.4014/jmb.2207.07047

Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., & Sanders, M. E. (2014). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506–514. https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66

Inguglia, E. S., Song, Z., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G., & Hamill, R. M. (2023). Addressing clean label trends in commercial meat processing: Strategies, challenges and insights from consumer perspectives. *Foods*, 12(10), 2062. https://doi.org/10.3390/foods12102062

Karwowska, M., & Alghabawi, S. A. (2021). Spontaneously fermented beef produced according to traditional recipe used in the Middle East without nitrite. *Annals of Food Processing and Preservation*, 3(1), 1029.

Kaveh, S., Hashemi, S. M. B., Abedi, E., Amiri, M. J., & Conte, F. L. (2023). Bio-preservation of meat and fermented meat products by lactic acid bacteria strains and their antibacterial metabolites. *Sustainability*, 15(13), 10154. https://doi.org/10.3390/su151310154

Kaya, M., & Kaban, G. (2024). Volatile compounds of sucuk, a dry fermented sausage: The effects of ripening rate, autochthonous starter cultures and fat type. *Foods*, 13(23), 3839. https://doi.org/10.3390/foods13233839

Liang, R., Zhang, B., Gao, L., et al. (2021). Effects of starter cultures combination on physicochemical quality and safety of fermented beef jerky. *Science and Technology of Food Industry*, 42(7), 43–49. https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020050370

Liu, W., Gao, H., He, J., Yao, H., Sun, C., Xie, Y., Wang, H., Hu, J., Duan, Y., Hu, J., & Lei, Z. (2025). Meat quality and dynamics of characteristic volatile flavor compounds in Angus beef preserved under retail display conditions. *Journal of Food Processing and Preservation,* 2025(1). https://doi.org/10.1155/jfpp/7198420

Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Tomasevic, I., Domínguez, R., da Silva Barretto, A. C., Santos, E. M., & Lorenzo, J. M. (2022). Functional fermented meat products with probiotics-A review. *Journal of Applied Microbiology*, 133(1), 91–103. https://doi.org/10.1111/jam.15337

Na, R., Wang, J., Lu, J., Li, Z., Chen, Q., & Kong, B. (2026). Role of coagulase-negative staphylococci in color development of fermented meat products based on nitric oxide synthase activity and nos gene expression. *Meat Science*, 240(110149), 110149. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2026.110149

Nikodinoska, I., Baffoni, L., Di Gioia, D., Manso, B., García-Sánchez, L., Melero, B., & Rovira i Prat, J. (2019). Protective cultures against foodborne pathogens in a nitrite reduced fermented meat product. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology*], 101, 293–299. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.022

Oz, E., Aoudeh, E., Murkovic, M., Toldra, F., Gomez-Zavaglia, A., Brennan, C., Proestos, C., Zeng, M., & Oz, F. (2023). Heterocyclic aromatic amines in meat: Formation mechanisms, toxicological implications, occurrence, risk evaluation, and analytical methods. *Meat Science*, 205(109312), 109312. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109312

Petka, K., & Walczycka, M. (2026). Microbiological aspects of meat fermentation: From traditional methods to advanced microflora control techniques - a systematic review. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 16(2), 641. https://doi.org/10.3390/app16020641

Petrović, Z., Ćirić, J., Babić Milijašević, J., Milijašević, M., Lukić, M., Jovanović, J., & Nikolić, A. (2024). Use of attribute agreement analysis (AAA) in the validation of sensory evaluation methods: Case study for the visual determination of parasites in fish. *Meat Technology*, 65(1), 61–69. https://doi.org/10.18485/meattech.2024.65.1.7

Prasert, W., Pantoa, T., Chitisankul, W. T., & Pengpinij, W. (2022). Effects of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil and extrusion process conditions on physicochemical properties of fortified omega-3 fibrous high moisture meat analogs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12). https://doi.org/10.1111/jfpp.17227

Priya, G. B., Agrawal, R. K., Milton, A. A. P., Mishra, M., Mendiratta, S. K., Singh, B. R., Sharma, G. K., Kumar, D., Gandham, R. K., Gopinathan, A., Rajkhowa, S., & Patil, G. S. (2026). Development of TaqMan probe-based real-time PCR assays for rapid detection of Clostridium perfringens, staphylococcus aureus, and salmonella spp. In meat and evaluation of effect of

brief enrichment on their sensitivity. *Food Analytical Methods*, 19(1). https://doi.org/10.1007/s12161-025-02924-6

Shtonda, O., Kulyk, V., & Semeniuk, K. (2023). Application of beekeeping products in the technology of raw smoked sausages. *Animal Science and Food Technology*, 14(3), 86-98. https://doi.org/10.31548/animal.3.2023.86

Sidira, M., Nelios, G., & Varzakas, T. (2026). Metabolomic approaches in fermented meat products: Focus on lactic Acid Bacteria and starter cultures. *Microorganisms*, 14(7), 1591. https://doi.org/10.3390/microorganisms14071591

Yang, M., Zhou, Y., Huang, J., Zhang, F., Xie, N., & Yan, Y. (2025). Effects of starter culture inoculation on texture characteristics, flavor, and biogenic Amine formation in slightly fermented beef. *Food Bioscience*, 71(107185), Not Available. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107185

Yang, X., Liu, C., Wang, Q., Cui, E., Piao, H., Wen, Y., Li, G., & Jin, Q. (2025). Physicochemical characteristics and flavor quality analysis of fermented jerky from Yanbian beef cattle. *Foods*, 14(2), 300. https://doi.org/10.3390/foods14020300