
BIOSYNTHESIS OF PROBIOTIC CULTURES FOR THE PRODUCTION OF SAUSAGE PRODUCTS**O. Vorontsov, K. Murenko***National University of Food Technologies*

Key words:

Fermented meat products
Probiotic components of
sourdough
Lactobacillus sakei
CRL1862
Lactobacillus rhamnosus
R0011
Enterococcus faecium
MXVK29
Safe
Innovative and healthy
products

Article history:

Received 20.09.2024
Received in revised form
04.10.2024
Accepted 16.10.2024

Corresponding author:

O. Vorontsov

E-mail:

ewtcorp@ukr.net

Citation: Воронцов О. О.,
Муренко К. М. (2024). Біо-
синтез пробіотичних куль-
тур для виробництва ков-
басних виробів. *Наукові*
праці НУХТ, 30(5), 7086.
DOI: 10.24263/2225-2924-
2024-30-5-7

ABSTRACT

The growth of the population's welfare in many 'third world' countries has sharply increased the demand for quality food products. The criteria for consumer choice of products have also changed. In addition to regional differences in taste preferences, the nutrient component plays a significant role. The demand for meat products has especially grown as the most nutritious and possessing high taste and aromatic qualities. Competition stimulates manufacturers to conduct extensive scientific research in order not only to satisfy gastronomic demands, but also to make a product that improves health. One of the promising areas is the processing of meat products with microorganism cultures. Among them, it is necessary to highlight probiotics, the use of which can significantly improve the texture and consistency of the finished product, making it more tender and juicier. In addition, probiotics inhibit the development of saprophytic microflora, which helps to extend the shelf life of finished products. There is a problem both with the choice of microorganisms for the preparation of starters, and with the biosynthesis of the necessary probiotic cultures. Determining the optimal starters and the presence of certain probiotics in their composition becomes quite difficult. The study of this problem involves studying the properties of various starter cultures with probiotics, their interaction with meat raw materials, as well as determining the optimal conditions for production. The results of the work can help manufacturers make a reasonable choice of starter cultures and probiotics, which will positively affect the quality, usefulness and attractiveness of their products.

БІОСИНТЕЗ ПРОБІОТИЧНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

О. О. Воронцов, К. М. Муренко

Національний університет харчових технологій

Сучасний споживач очікує, щоб їжа не лише задовольняла його гастрономічні вподобання та надавала необхідні поживні речовини, але й сприяла збереженню здоров'я. Тому м'ясні продукти, які містять функціональні інгредієнти або мають менше компонентів, що вважаються не корисними для здоров'я, користуються підвищеним попитом. Пробиотичні культури можуть сприяти формуванню особливого профілю м'ясних виробів, забезпечуючи виразні та насичені смакові відчуття. Одночасно вони можуть позитивно впливати на текстуру та консистенцію м'яса, роблячи його більш соковитим і м'яким.

Забезпечення якості продукту є критичним аспектом для виробників і споживачів. Використання пробиотиків може подовжити термін зберігання м'ясних продуктів, запобігаючи таким чином їх псуванню. Такий підхід відповідає сучасним вимогам споживачів до якісних і безпечних харчових продуктів, а отже, визначається високою актуальністю в галузі харчової промисловості.

У сучасних умовах виробництва ковбасних виробів важливо використовувати пробиотичні культури для покращення якості продукції та збереження корисних властивостей. Проте існують проблеми з ефективністю заквасок і біосинтезом пробиотичних культур, що може призводити до недостатньої кількості корисних бактерій у ковбасних виробках. Вибір оптимальної закваски та пробиотиків у її складі є ключовим етапом у виробництві м'ясних виробів, оскільки ці компоненти впливають на смакові якості, тривалість зберігання, безпеку та корисність продукту. Проте наразі існують різні види заквасок і пробиотиків, тож вибір оптимальних може бути складним завданням.

Дослідження цієї проблеми передбачає вивчення властивостей різних заквасок і пробиотиків, їх взаємодію з м'ясною сировиною, а також визначення оптимальних умов для їх використання у виробництві. Результати дослідження допоможуть виробникам зробити кращий вибір заквасок і пробиотиків, що позитивно відобразиться на якості та корисності їх продукції, а також задовольнить вимоги споживачів.

Ключові слова: ферментовані м'ясні продукти, пробиотичні компоненти закваски, *Lactobacillus sakei* CRL1862, *Lactobacillus rhamnosus* R0011, *Enterococcus faecium* MXVK29, безпечні, інноваційні та здорові продукти.

Постанова проблеми. Запит на безпечні, інноваційні та здорові продукти харчування обумовив тенденцію створення нових видів ферментованих м'ясних продуктів.

Сучасні тенденції у харчовій промисловості вимагають не лише підвищення якості продукції, але й забезпечення її безпечності та корисності для здоров'я споживачів. Зростаючий попит на ковбасні вироби з функціональними інгредієнтами,

такими як пробіотичні культури, підкреслює необхідність використання новітніх біотехнологічних методів у виробництві.

Проблема полягає у виборі та оптимізації мікроорганізмів для заквасок, які б забезпечили ефективну ферментацію, покращили смакові властивості продуктів та водночас мали позитивний вплив на здоров'я споживачів. (de L. Agüero, Frizzo, & Rosmini, 2020).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні в Україні склалася проблема у сфері виробництва м'ясної продукції через недостатню якість сировини та порушення умов зберігання, через що знижується якість готової продукції та безпечність її споживання. (Бабенко, 2012).

У США в період з 2017 по 2020 рр. споживання неякісних м'ясних продуктів призвело до госпіталізації більш ніж 1500 осіб, зокрема йдеться про вироби з яловичини — 900 осіб; зі свинини — 126; з курятини — 679. Найчастіше діагностувалися токсикоінфекції, викликані бактеріями груп *Escherichia* та *Salmonella*, та антропозоонозну інфекцію, збудником якої є *Listeria monocytogenes*.

Використання пробіотичної м'ясної закваски для поліпшення якості м'ясних виробів на сьогодні є надзвичайно актуальним у контексті сучасної нутриціології. Цей підхід відкриває перспективи для покращення якості харчових властивостей м'ясних продуктів, що є ключовими чинниками для виробників і споживачів.

Пробіотичні культури можуть сприяти формуванню особливого смакового профілю м'ясних виробів, забезпечуючи виразні та насичені смакові відчуття. Одноразово вони можуть позитивно впливати на текстуру та консистенцію м'яса, роблячи його більш соковитим і м'яким.

Забезпечення якості продукту є критичним аспектом для виробників. Використання пробіотиків, які запобігають псуванню м'ясних продуктів, може подовжити термін їх придатності до вживання. Такий підхід відповідає сучасним вимогам споживачів до якісних і безпечних харчових продуктів, а отже, визначається високою актуальністю в галузі харчової промисловості (Dias, Laranjo, & Potes, 2020).

У сучасних технологіях виробництва ковбасних виробів важливо використовувати пробіотичні культури для покращення якості продукції та збереження корисних властивостей. Проте існують проблеми з ефективністю біосинтезу пробіотичних культур, що може призводити до недостатньої кількості корисних бактерій у ковбасних виробах. Вибір правильної пробіотичної закваски та пробіотиків є ключовим етапом у виробництві м'ясних виробів, оскільки ці компоненти можуть впливати на смакові якості, тривалість зберігання, безпеку та корисність продукту. Проте наразі існують різні види заквасок і пробіотиків, тож вибір оптимальних може бути складним завданням. Дослідження цієї проблеми передбачає вивчення властивостей різних заквасок і пробіотиків, їх взаємодію з м'ясною сировиною, а також визначення оптимальних режимів їх використання у виробництві. Результати дослідження можуть допомогти виробникам зробити кращий вибір заквасок і пробіотиків, що позитивно відобразиться на якості та корисності їх продукції, оптимізує економічні показники, а також задовольнить вимоги споживачів.

Метою статті є систематизація наявних наукових досліджень, що стосуються використання різних пробіотичних культур як заквасок у виробництві ковбасних виробів, а також аналіз їх функціональних ролей.

Матеріали і методи. Аналіз літературних джерел, експериментальні дослідження з вирощування пробіотичних культур, тестування їх ефективності у виробництві ковбасних виробів.

Викладення основних результатів дослідження. Автори (Dias, Laranjo, & Potes, 2020) досліджували пробіотичні штами, які можна використати як м'ясні закваски. Всього було вивчено вісім штамів з оцінкою технологічних і безпечних характеристик, включаючи здатність до росту, продукування молочної кислоти, газоутворення, активність каталази, активність нітратредуктази, протеолітичну активність, ліполітичну активність, солестійкість, продуктивність при низьких температурах, декарбоксилювання амінокислот і антимікробну активність проти патогенів, присутність яких не виключена в сировині та готовому продукті. *Lactobacillus rhamnosus* R0011, *Lactobacillus rhamnosus* Lr-32, *Lactobacillus paracasei* Lpc-37, *Lactobacillus casei* Shirota та *Enterococcus faecium* MXVK29 мають хороші показники для використання як заквасок ферментованих ковбас, оскільки вони продемонстрували найкращі технологічні властивості. Також виявлена висока антимікробна активність проти *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella* Dublin і *Staphylococcus aureus*. *Lactobacillus rhamnosus* Lr-32 був штамом, який найкраще переносив підвищенні рівні вмісту солі, нітратів і низький рН під час змодельованих етапів технологічного процесу та при дозріванні ковбас.

Досліджено безпечність, біотехнологічні та пробіотичні властивості двадцяти трьох ентерококових і лактококових ізолятів молочного походження. За результатами було відібрано два найкращі кандидати та додано до спеціалізованих заквасок під час лабораторних випробувань при приготування ковбаси з м'яса дикого кабана. Оцінювалися життєздатність при технологічних операціях, вплив на фізико-хімічні, мікробіологічні й органолептичні властивості готового продукту та вміст гістаміну. У результаті елементно-полімеразної ланцюгової реакції (rep — PCR) було виявлено, що мікробіота нативних заквасок зберігала життєздатність протягом 15 днів дозрівання. У кінцевих продуктах живі мікроорганізми були або відсутні (LL8307), або їх кількість зменшувалася на 80% (ED0207). Застосування нативних заквасок швидко знижувало рН ($p < 0,05$), що призводило до значно нижчого вмісту *E. coli* та *Enterobacteriaceae* у готових до споживання ковбасах, виготовлених з додавання заквасок (3,04—3,94 log КУО/г, порівняно з контролем — 3,88—5,00 log КУО/г). Аналіз результатів дегустацій показав, що деякі органолептичні властивості (запах, смак, соковитість) продуктів, що були вироблені з додаванням заквасок, сподобалися більшому відсотку членів дегустаційних комісій. Отримані результати свідчать про те, що ці закваски, ймовірно, стануть цінним інструментом для забезпечення однорідності та гігієнічної якості ферментованих ковбас і можуть безпечно використовуватися для отримання сучасних харчових продуктів (Mrkonjić Fuka, Kos, & Tanuwidjaja, 2021).

Досліджувані стартові культури склалися з таких штамів: *Lactobacillus* (*L.*) *sakei* 23K, виділеного з французької ковбаси (Najjari, Boumaiza, & Ouzari, 2005); *L. sakei* BMG 95, виділений з анчоусів; *L. sakei* BMG 37, виділений з м'яса овець (Najjari, Ouzari, Boudabous, & Zagorec, 2008); *Staphylococcus xylosus*, виділеного з ку-старних туніських ферментованих ковбас (номер доступу GenBank: SUB7037332 XYLO MT111928). Комерційну закваску (RAPS, 730 Biostart plus) використовували як контрольну закваску для цього дослідження. Зразки ковбаси, інокульовані

L. sakei BMG 95, продемонстрували найбільш бажані фізико-хімічні та сенсорні властивості порівняно зі зразками, інокульованими комерційною закваскою. Отже, штам, виділений з анчоусів, має потенціал для використання як закваски в комерційному виробництві сиров'ялених ковбас.

Внесення *L. plantarum* справило значний позитивний вплив на покращення якості, наприклад, підвищена підкислювальна активність і зниження кількості сапрофітних бактерій у продуктах. Крім того, додавання *Lactobacillus plantarum* значно покращило органолептичні характеристики, особливо смак і запах продукту порівняно з комерційною закваскою. На підставі результатів, отриманих під час дослідження (Ba та ін., 2018) можна припустити, що виділений *Lactobacillus plantarum* можна розглядати як пробіотичний штам, який буде використовуватися як закваска, а температура, при якій штам продемонстрував найбільше покращення якості ферментованих ковбас, становила 30 °C.

Вибрані автохтонні закваски (SAS) (тобто *Lactobacillus sakei* 8416, *Lactobacillus sakei* 4413, *L. sakei* 8426, *L. plantarum* 7423, *L. curvatus* 8427) використовувалися як закваски на додаток до контрольної 730 Biostart plus у виробництві ферментованих ковбас. Культури SAS мали швидший ріст і домінували у випадковій популяції протягом усього процесу виробництва та дозрівання, покращуючи органолептичні властивості порівняно з контролем. Обробка *L. sakei* 4413 мала найнижчий рівень ($P < 0,05$) вмісту всіх біогенних амінів. Порівняно з контролем зниження тираміну становило 13%, триптаміну — 55%, кадаверину — 60% і путресцину — 72%. Ковбаси, вироблені з культурами SAS *L. sakei* 4413 і *L. sakei* 8416, мали найвищі бали за всіма ознаками. Результати показали, що культура SAS *L. sakei* 4413 є найкращою автохтонною закваскою для ферментованих ковбас. У статті (Baka, Paravergou, & Kotzekidou, 2011) були наведені результати оцінки фізико-хімічні параметрів: pH і активність води (a_w); мікробіологічні параметри; біогенні аміни, колір, профіль текстури та органолептичні властивості. На основі попередніх досліджень були обрані різні склади заквасок. *Staphylococcus equorum* S2M7, *Staphylococcus xylosus* CECT7057, *Lactobacillus sakei* CV3C2, *Lactobacillus sakei* CECT7056 і штам дріжджів (2RB4) були спільно інокульовані в м'ясний фарш у визначених рівних концентраціях. Закваски мали значний вплив на зниження pH. *Enterobacteria* та *Listeria monocytogenes* не виявлені кінцевих продуктах, що були інокульовані. Крім того, ковбаси, інокульовані *S. equorum* S2M7, *L. sakei* CV3C2, дріжджі 2RB4, продемонстрували значне зниження загального вмісту біогенних амінів.

Також було проведено дослідження з визначення змін мутагенності та концентрації біогенних амінів у ковбасах, ферментованих шістьма різними заквасками, додатково обробленими вітамінами C і E (Kim, Lee, & Hur, 2019). Було виготовлено шість різних типів ферментованих ковбас з різними комбінаціями заквасок: T1, *Pediococcus acidilactici*; T2, *P. pentosaceus* і *Staphylococcus carnosus*; T3, *S. carnosus*, *S. xylosus*, *Debaryomyces hansenii*, *Lactobacillus curvatus* і *P. pentosaceus*; T4, *S. carnosus* і *L. sakei*; T5, *S. xylosus* і *L. plantarum*; T6, *Penicillium nalgiovensis*. Після обробки ферментованих ковбас вітамінами C і E були виміряні зміни мутагенності та концентрації біогенних амінів. Найбільшу антимутагенну дію виявили ковбаси, ферментовані заквасками *Staphylococcus xylosus* та *Lactobacillus plantarum* ($p < 0,05$). Мутагенність була додатково знижена в ковбасах, оброблених вітамінами C і E

($p < 0,05$), незалежно від заквасок. Використання *Pediococcus acidilactici*, *Staphylococcus xylosus*, *L. plantarum* і *Penicillium nalgiovensis* як стартових культур було ефективним у зниженні концентрації біогенних амінів ($p < 0,05$). Крім того, вітамін Е був більш ефективним у зниженні концентрації біогенних амінів, ніж вітамін С. Автори рекомендують використовувати *S. xylosus* і *L. plantarum* як стартові культури на додаток до вітамінів С і Е, щоб зменшити потенційний ризик накопичення мутагенів у ферментованих ковбасах.

П'ять штамів *E. faecium* (MZF1, MZF2, MZF3, MZF4 і MZF5) були відібрані та додатково оцінені на їх пробіотичні властивості. Результати дослідження (Zommiti та ін., 2018) підтвердили, що ентерококові ізоляти стійкі до суворих шлунково-кишкових умов (кислотності та жовчних солей). Оцінка безпеки показала, що ці бактерії чутливі до клінічно значущих антибіотиків, таких як ванкоміцин. Вони не мають здатності виробляти гістамін, більш токсичний біогенний амін, і більшість штамів *E. faecium* не містять генів вірулентності для *agg*, *gelE*, *esp* і *ace*. Навпаки, всі ізоляти містять принаймні один ентероцин і можуть ефективно пригнічувати ріст *Listeria* spp. Результати досліджень показали, що ці штами, зокрема MZF5, відповідно до його високої здатності до адгезії, відсутності цитотоксичності та генів вірулентності, можуть розглядатися як цікаві кандидати для майбутнього використання як пробіотиків і біозахисних культур для застосування в харчовій та/або кормовій промисловості.

У дослідженні (Wang та ін., 2021) шляхом порівняння чотирьох груп ковбас, зокрема СО (без закваски), LB (з *Lactobacillus sakei*), LS (з *L. sakei* 3X-2B+*Staphylococcus xylosus* SZ-8) і LSS (з *L. sakei* 3X-2B+S. *xylosus* SZ-8+S. *carneus* SZ-2), вивчали вплив змішаних заквасок на фізико-хімічну якість, протеоліз і біогенні аміни (БА) під час ферментації та дозрівання м'ясних продуктів. Інокуляція змішаних заквасок сприяла збільшенню кількості молочнокислих бактерій і стафілококів у ковбасних виробках під час ферментації та дозрівання від 0 до 5 діб. Змішана закваска *L. sakei* 3X-2B+S. *xylosus* SZ-8+S. *carneus* SZ-2 прискорила швидкість утворення кислоти та зниження водної активності ковбас і покращила показник кольору. Порівняно з СО, змішана закваска ефективно інгібувала *Enterobacteriaceae*. Вільні амінокислоти в групах LS і LSS (224,97 і 235,53 мг/кг сухих ковбас відповідно) були значно ($p < 0,001$) вищими, ніж у групі СО (170,93 мг/кг сухих ковбас). Рівень гістаміну, кадаверину, путресцину та звичайних БА показав протилежну тенденцію до збільшення вмісту відповідних амінокислот-попередників, які були достовірно нижчими ($p < 0,001$) у LS та LSS ковбасах, ніж у СО. Це дослідження показало, що *L. sakei* 3X-2B+S. *xylosus* SZ-8+S. *carneus* SZ-2 є потенційною змішаною закваскою для ферментованих м'ясних продуктів.

У дослідженні (Liu та ін., 2021) пробіотичні молочнокислі бактерії *Lactobacillus delbrueckii* N102, *Latilactobacillus sakei* H1-5, *Debaryomyces hansenii* Y4-1 і *Wickerhamomyces anomalus* Y12-3 були виділені з матеріалів харчового походження. Проведено порівняльну оцінку фізико-хімічних властивостей мікробної популяції, ТБАР, ліполізу, протеолізу та летких смакових сполук сухих ферментованих ковбас з різними заквасками в процесі дозрівання. Результати показали, що як *L. delbrueckii* N102, так і *L. sakei* H1-5 добре ростуть і можуть швидко знизити значення рН продуктів. У той же час вони здатні значно зменшити кількість *Enterobacter*

putrefaciens, що підвищує безпеку продуктів. Порівняно з молочнокислими бактеріями, дріжджі показали більший внесок у формування смаку та ефективне інгібування окислення ліпідів.

Також проведено вивчення впливу змішаної закваски (*Lactobacillus fermentum* YZU-06 і *Staphylococcus saprophyticus* CGMCC 3475) на смак і якість ферментованих ковбас. Під час технологічного процесу було проаналізовано: зміни pH, активність води, аналіз профілю консистенції, колір, кількість молочнокислих бактерій (LAB) і стафілококів, вміст пептидних і смакових сполук. Результати показали, що група заквасок підвищила твердість, еластичність, кількість LAB і стафілококів, вміст пептидів, летких ароматичних сполук, а також сенсорні оцінки ковбаси, одночасно зменшивши значення pH (Liu та ін., 2023).

Мета дослідження (Seleshe, & Kang, 2021) полягала в тому, щоб оцінити вплив трьох різних штамів заквасок молочнокислих бактерій (LAB): *Pediococcus pentosaceus* (KC-13100) (PP), *Lactobacillus plantarum* (KCTC-21004) (LP1) і *L. plantarum* (KCTC-13093) (LP2) на фізико-хімічні, мікробіологічні характеристики та органолептичні показники сухих ферментованих ковбас після дозрівання та періоду сушіння протягом 21 доби. Зразки, в які були додані штами PP і LP2, показали значно вищі ($p < 0,05$) LAB, а активність води (a_w) для всіх трьох обробок була нижче 0,85 після завершення процесу дозрівання. Що стосується органолептичних властивостей, зразки, оброблені PP, мали значно вищі ($p < 0,05$) показники кольору та загальної прийнятності.

Вплив *Limosilactobacillus fermentum* 332 на характеристики якості ферментованої ковбаси досліджували (Gu, Qiao, & Tian, 2023) з точки зору фізико-хімічних характеристик, летких смакових компонентів і визначення QS. Результати показали, що pH ферментованої ковбаси знизився з 5,20 до 4,54 протягом 24 годин після інокуляції *L. fermentum* 332. Вміст летких смакових компонентів значно підвищився, а колір став більш привабливим. Твердість і жувальна здатність значно підвищилися після додавання *L. fermentum* 332. Вміст реактивної речовини тіобарбітурової кислоти знизився з 0,26 до 0,19 мг/100 г, а вміст загального леткого основного азоту зменшився з 2,16 до 1,61 мг/100 г. Загалом у контрольній і ферментованій ковбасі виявлено 95 та 104 види летких смакових компонентів відповідно.

Також було виготовлено чотири різні партії баранячої ковбаси: партія без заквасок використана як контроль; партія LB з *Lactobacillus sakei*; LS партія з *L. sakei* + *Staphylococcus xylosus*; і партія LSS з *L. sakei* + *S. xylosus* + *Staphylococcus carnosus* (Wang та ін., 2019). Результати показали, що додавання закваски призвело до того, що *Lactobacillus* і *Staphylococcus* (LSS) стали домінуючими бактеріями та зменшили кількість *Enterobacteriaceae* в інокульованих ковбасах. Змішані закваски (LS & LSS) прискорюють підкислення та знижують активність води й окислення ліпідів. Статистичний аналіз показав, що використання змішаних заквасок, особливо комбінації *L. sakei* + *S. xylosus* + *S. carnosus*, сприяло протеолізу й ліполізу, збільшуючи загальні вільні амінокислоти та поліненасичені жирні кислоти.

Дослідження (Wang та ін., 2022) спрямоване на вивчення впливу *Staphylococcus xylosus* YCC3 (Sx YCC3) і *Lactobacillus plantarum* MSZ2 (Lp MSZ2) на гідроліз і окислення ліпідів, склад бактеріального співтовариства та леткі смакові сполуки у ферментованій ковбасі. Результати показали, що вміст вільних жирних кислот (ВЖК) збільшувався після інокуляції Sx YCC3 або Lp MSZ2. Рівень pH, перекисне

число (POV), значення реактивних речовин, зокрема тіобарбітурової кислоти (TBARS), активність ліпоксигенази та кількість *Enterobacteriaceae* були нижчими в інокульованих ковбасах, ніж у неінокульованих ковбасах.

У дослідженні (Ameer та ін., 2021) ферментовані ковбаси, виготовлені шляхом інокуляції різних штамів *Lactobacillus sakei*, оцінювали на їх фізико-хімічні, мікробіологічні характеристики та консистенцію під час формування та дозрівання. Було підготовлено п'ять обробок: контроль (комерційна закваска, C), *L. sakei*, корейська колекція типових культур (KCTC)-3802 (S1), *L. sakei* KCTC-3598 (S2), *L. sakei* KCTC-5053 (S3) і *L. sakei* KCTC-3603 (S4). Різні штами *L. sakei* не показали суттєвих відмінностей ($p > 0,05$) у зміні значень pH для сухих ферментованих ковбас наприкінці періоду дозрівання. За результатами дослідження з'ясувалося, що інокуляція штаму S3 (*L. sakei* KCTC-5053) може покращити забарвлення та зменшує окислення ліпідів, тоді як S2 покращує мікробіологічну якість.

Результати дослідження (Hu та ін., 2023) показали, що штами LS можуть швидко знижувати активність води (a_w) і pH ферментованих ковбас. Здатність штамів LS затримувати окислення ліпідів була еквівалентна штамам SBM-52. Вміст небілкового азоту (NPN) у ковбасах, інокульованих LS (0,31%), був вищим, ніж у ковбасах, інокульованих SBM-52 (0,28%). Після процесу дозрівання залишки нітритів у ковбасах LS були на 1,47 мг/кг нижчими, ніж у ковбасах SBM-52. Спостерігалось зниження концентрації біогенних амінів у ковбасі з LS на 4,88 мг/кг, особливо концентрації гістаміну та фенілетиламіну.

Молочнокислі бактерії (LAB) (*Lactobacillus helveticus* ZF22 і TR1-1-3) були засіяні у ферментовані ковбаси при 10^7 КУО/г. Досліджувалися їхні легкі смакові речовини під час визрівання та зберігання. Теплова карта кластеризації й аналіз головних компонентів (PCA) використані для ідентифікації диференційних смакових компонентів у неінокульованих та інокульованих ковбасах. Результати показали, що під час дозрівання ферментованих ковбас було ідентифіковано 72 летких смакових речовин, крім того, інокуляція *Lactobacillus helveticus* ZF22 і TR1-1-3 збільшила частку кислот, кетонів і алканів. Також теплова карта кластеризації показала, що складні ефіри, такі як етилізобутират, етилацетат і етилвалерат, були більш поширені в TR1-1-3 і ZF22, ніж у ZR.

У дослідженнях (Xu, Yuning, & Yinglian, Zhu, 2021) вивчалися позитивний вплив повної заміни нітриту *Lactobacillus fermentum* на якість і безпеку китайських ферментованих ковбас, а також оцінювався ризик впровадження у виробництво цього штаму. Було вивчено вплив штаму на pH, колір, вміст нітритів, реактивні речовини, зокрема тіобарбітурові кислоти (TBARS), загальний летючий базовий азот (TVB-N), метміоглобін (Met-Mb), біологічні аміни, вміст вільних амінокислот та сенсорний індекс (консистенція). Результати показали, що штам знижує pH ковбас, що зменшує ризик розвитку харчових патогенів і прискорює процес підкислення та гелеутворення. Інокуляція штаму давала рожеве забарвлення, подібне до 50 мг/кг нітриту, що значно знижувало залишкову концентрацію нітриту в ковбасах.

У (Кишенько та ін., 2014) вивчалось використання біопрепаратів Bactofenn F-SC-111 і Bactofenn F-1 у виробництві сирокочених ковбас. Ці культури містять селекціоновані штами бактерій *Lactobacillus sakei* і *Staphylococcus carnosus*, що

сприяє більш інтенсивному кольору ковбасних виробів. Порівняно з традиційними культурами Bactofenn F-SC-111 і Bactofenn F-1 мають коротшу лаг-фазу і сприяють більш швидкому зниженню рН. Наприкінці визрівання у ковбасах, виготовлених з бакпрепаратами (Bactofenn F-SC-111 та Bactofenn F-1), спостерігали зниження сторонньої мікрофлори на 24—27% порівняно з контрольними зразками. Отримані результати мікробіологічних досліджень свідчать про доцільність (необхідність) використання цих груп препаратів для забезпечення чистоти ферментаційних процесів при виробництві сировокопчених ковбас.

Проведені дослідження закономірностей функціонування у м'ясі птиці бактеріальних препаратів «ЛРР», «Лакмік», «БАТП-Ф», які різняться за видовим складом мікроорганізмів, упродовж технологічного процесу виготовлення сиров'ялених виробів. Заквашувані композиції додавали до філе на стадії сухого посолу за такою схемою: варіант 1 — ЗК «ЛРР»; 2 — «Лакмік»; 3 — «БАТП-Ф». Як контроль використовували філе без збагачення культурами (К). Найбільший приріст життєздатних молочнокислих бактерій (відносно до кількості на 3-ю добу) спостерігали на 18-у добу у варіанті № 1 — 28,2 раза, № 2 — 7,6 та № 3 — у 10,7 раза. Обробка ЗК незалежно від виду препарату також забезпечила очищення продукту від плісняви у 18,2—3,2 раза порівняно з контролем, тоді як у контрольному продукті, виготовленому без ЗК, їхня кількість навіть збільшилась удвічі щодо початкової концентрації. Використання «ЛРР» та «Лакмік» забезпечило повну відсутність БГКП на 18-у добу визрівання продукту, тоді як обробкою ЗК «БАТП-Ф» цього досягти не вдалося (Свириденко та ін., 2010).

У дослідженні (Даниленко, & Кігель, 2013) вивчали вплив лактобактерій на спонтанну мікрофлору м'яса за умов посолу. Об'єктами досліджень були вилучені з різних джерел штами лактобацил видів: *L. plantarum*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *L. acidophilus*. Досліджено мікробний профіль за умов посолу. Встановлено, що лактобацили видів *L. plantarum*, *L. casei*, *L. rhamnosus* характеризуються вищою адаптацією до гіпертонічних розчинів, порівняно з культурами *L. acidophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Наведено результати біотехнологічної обробки м'ясної сировини на стадії посолу і дозрівання, внаслідок яких формується структура, колір, смако-ароматичні характеристики делікатесних виробів, забезпечується накопичення біологічно цінних нутрієнтів, що зумовлюють фізіологічну привабливість м'ясопродуктів. Автором проведена апробація пробіотичних продуктів, що містять живі клітини ацидофільних і біфідобактерій Наріне форте, Біфішка та Кефінар у технологічному циклі виробництва варено-копчених виробів зі свинини та м'яса птиці. У делікатесних виробках, що дозрівають у присутності пробіотичних мікроорганізмів, спостерігається інтенсивне накопичення вітамінів групи В, знижується рівень окислення та гідролітичного псування жиру, зменшується залишкова кількість нітриту натрію (Свириденко та ін., 2010). Застосування пробіотичних продуктів, що містять живі культури мікроорганізмів, забезпечує ніжність, насиченість та яскравість кольору, більш виражений м'ясний і копчений смак готових виробів.

У результаті виконаних досліджень встановлено суттєві переваги стартової культури Альмі 2 порівняно з культурами фірми ПБ-МП та Т-SPX за інтенсивністю зростання КУО/г та продукування молочної кислоти, зниження значень рН, формування аромату та смаку, структури та кольору ковбасного фаршу. Отримані

дані свідчать про досить активний розвиток молочнокислої мікрофлори у фарші з бактеріальним препаратом Альмі 2. Протягом усього технологічного процесу, починаючи з моменту внесення закваски, кількість молочнокислої мікрофлори у фарші з препаратом Альмі 2 перевищувала на один-два порядки її рівень у фарші з препаратами ПБ-МП та Т-SPX. Найбільш динамічно у фарші ковбас з бактеріальним препаратом Альмі 2 змінюються і значення рН. За до 15 діб, в період опади та сушіння, з рН=5,8 до рН=4,65 у фарші з білого м'яса птиці та з рН=6,34 до рН=5,12 у фарші з червоного м'яса

Вивчено здатність заквасок молочнокислих бактерій продукувати гамма-аміномасляну кислоту (ГАМК) під час ферментації ковбас (Yu, Choi, & Hwang, 2017). Серед 305 штамів молочнокислих бактерій, виділених із зразків кімчі, 11 штамів були обрані як кандидати на закваску за такими критеріями: швидкість росту, здатність знижувати рН і продуктивність біогенних амінів, включаючи активність, що продукує ГАМК. Під час випробувань *in vitro* штами Y8 (*Lactobacillus brevis*), O52 і KA20 виробляли $39,00 \pm 1,36$; $49,73 \pm 3,80$ і $64,59 \pm 0,61$ мг/кг ГАМК відповідно. Цікаво, що хоча ізолят Y8 продемонстрував низьку продуктивність *in vitro*, вміст ГАМК, який він виробляв під час тестів *in situ* ($61,30 \pm 2,61$ мг/кг), був подібним до вмісту ізоляту PM3 (*L. brevis*), який використовувався як позитивний контроль ($69,64 \pm 2,20$ мг/кг). Тож ізолят Y8 був обраний як найкраща функціональна закваска для виробництва ферментованої ковбаси, оскільки він демонстрував швидкий ріст, безпеку та високу продуктивність ГАМК.

Китайська ферментована ковбаса — це відомий ферментований м'ясний продукт зі складною мікробіотою, яка потенційно впливає на смак і якість. *Lactobacillus plantarum* MSZ2 і *Staphylococcus xylosus* YCC3 використовувалися як закваски для з'ясування змін у метаболічних шляхах бактерій і накопиченням смакових сполук під час процесу дозрівання ферментованих ковбас. Високопродуктивна технологія секвенування й твердофазна мікроекстракція, газова хроматографія, мас-спектрометрія (HS-SPME-GC/MS) були застосовані для характеристики профілів різноманітності бактерій, метаболічних шляхів і ароматичних сполук у зразках ковбас на 6 і 12 дні під час дозрівання. Результати показали, що *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* і *Weissella* були найпоширенішими родами бактерій, знайденими у зразках ковбаси на всіх стадіях ферментації. Функціональне прогнозування виявляє велику кількість 12 різних метаболічних шляхів, найважливішими з яких є вуглеводний обмін, нуклеотидний обмін, ліпідний обмін і амінокислотний обмін. Загалом у зразках ферментованих ковбас було успішно ідентифіковано 63 летких сполук. Кореляційний аналіз показав, що *Staphylococcus* і *Leuconostoc* були тісно пов'язані з утворенням ароматичних сполук. Результати цього дослідження будуть корисними щодо майбутнього використання мікробіоти для покращення смаку, якості та збереження ферментованих ковбас (Wang та ін., 2022).

Біогенні аміни (БА) у ковбасах становлять ризик для здоров'я споживачів, тому дослідження механізму накопичення БА, як і контроль вмісту в готовому продукті, є важливим. У дослідженні (Li та ін., 2019) були оцінені профілі БА 16 типових зразків китайської ковбаси, і в різних зразках було виявлено 8 видів загальних БА. Загалом, вміст БА у більшості зразків китайської ковбаси був у межах

безпечного діапазону доз, за винятком того, що загальний БА та концентрація гістаміну в зразку HBBD були вищими за рівні токсичних доз. Крім того, бактеріальні та грибові спільноти зразків китайської ковбаси були досліджені за допомогою високопродуктивного секвенування, і *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Debaryomyces* і *Aspergillus* ідентифіковані як переважаючі роди. Відповідно, 13 репрезентативних штамів були відібрані з домінуючих родів для оцінки їхніх властивостей утворення та деградації БА. Результати модельного експерименту з ферментованим м'ясом показали, що ізоляти *Staphylococcus pasteurii* Sp, *Staphylococcus epidermidis* Se, *Staphylococcus carnosus* Sc1, *Staphylococcus carnosus* Sc2 і *Staphylococcus simulans* Ss можуть значно зменшити БА, маючи потенціал як стартові культури для контролю над БК у ферментованих м'ясних продуктах. Це дослідження не тільки допомогло пояснити механізм накопичення БК у китайській ковбасі, але й дозволило виявити кандидатів для потенційного контролю БК у ферментованих м'ясних продуктах.

Наступне дослідження мало на меті зрозуміти зміну мікробіоти, спричинену різними заквасками, та їхній вплив на розвиток смаку китайських ферментованих ковбас. Результати показали, що рід бактерій (67,6%) і рН (32,4%) були ключовими факторами, що впливають на профіль летючих сполук. Інокульовані закваски, що складаються з *Pediococcus* і стафілококів, підтримували стабільні моделі сукцесії спільноти з домінуванням стафілококів (зразки T і S). Незважаючи на те, що кисле середовище (рН<5,2) спричиняло коливання в групі сукцесії, інокуляція *Latilactobacillus paracasei* (зразок Y) підтримувала мікробну різноманітність і сприяла накопиченню альдегідів і складних ефірів. У зразку, інокульованому закваскою з *Latilactobacillus* і *Staphylococcus*, також підтримувалося мікробне різноманіття, помірно кисле середовище (рН>5,4) призвело до стабільної послідовності мікробіоти, що не сприяло накопиченню альдегідів, спиртів і складних ефірів (Zhang та ін., 2023).

Вчені (Xiao, Liu, & Li, 2020) дослідили вплив інокуляції *Lactobacillus plantarum* R2 і *Staphylococcus xylosus* A2 на мікробну спільноту, ліполіз, протеоліз і летючі сполуки в китайських сухих ферментованих ковбасах. Для оцінки бактеріальних спільнот використовували культурально залежні та культурально незалежні високопродуктивні методи секвенування. Результати показали, що загальний вміст вільних жирних кислот (ВЖК) і вільних амінокислот (ВЖА) збільшувався при інокуляції стартових культур, особливо змішаної культури. В інокульованих ковбасах спостерігалось достовірне зниження рН та активності води ($p<0,05$). Крім того, обробка інокуляцією підвищила конкурентоспроможність домінантних бактерій і пригнітила ріст небажаних мікроорганізмів. Це сприяло вивільненню FFA та FAA та запобігало утворенню неприємного присмаку й згіркості. Отже, розвиток смаку в інокульованих сухих ферментованих ковбасах пояснюється покращенням мікробіологічної якості.

У дослідженні (Zheng, Wang, & Xu, 2024) розглянуто вплив інокуляції різними комбінаціями заквасок (*Lactiplantibacillus plantarum* YR07, *Latilactobacillus sakei* L. 48, *Staphylococcus xylosus* S.14 і *Mammaliicoccus sciuri* S.18) на якість ковбас. Інокуляція змішаними заквасками сприяла деградації білка з утворенням амінокислот і перетворенням на леткі сполуки, що посилювало характерний смак фер-

ментованих ковбас. Аналіз бактеріальної спільноти продемонстрував, що інокуляція змішаних заквасок може пригнічувати ріст патогенних і сапрофітних бактерій, зменшуючи таким чином загальний вміст біогенних амінів. Кореляційний аналіз між основними бактеріями та характерними леткими сполуками показав, що ферментовані ковбаси, інокульовані *Lactobacillus* та коагулазонегативними стафілококами, продемонстрували значні позитивні кореляції з більшістю ключових характерних летких сполук. У чотирьох варіантах обробка продукції *L. plantarum* YR07 і *M. sciuri* S.18 значно сприяла утворенню характерних летких сполук (3-гідрокси-2-бутанон, гексанал і 1-октен-3-ол). Тож комбінована інокуляція *L. plantarum* YR07 і *M. sciuri* S.18 є перспективною для покращення профілю смаку та безпеки ферментованої ковбаси.

Мета дослідження (Shao, Wang, & Xu, 2024) полягала в тому, щоб дослідити та порівняти вплив різних змішаних заквасок (*Lactiplantibacillus plantarum* і *Staphylococcus simulans*) на бактеріальні спільноти та смак ферментованих ковбас. Результати показали, що нативні закваски добре розвивалися у ферментованих ковбасах і стали домінуючими в кінці дозрівання. Серед них *Lactobacillus* spp. мав найвищу відносну чисельність, а потім — *Staphylococcus* spp. Крім того, інокуляція змішаних заквасок сприяла утворенню смакових і ароматичних сполук, які сприяють загальному аромату ферментованих ковбас. Серед них було виявлено, що обробка *L. plantarum* CQ01107+*S. simulans* CD207 (CCA) має найвищий вміст амінокислот, нуклеотидів, молочної кислоти, жирних кислот і кетонів ($p < 0,05$), а також чудові сенсорні властивості. Підсумовуючи, слід зазначити, що закваска CCA може бути бажаною закваскою для посилення смаку ферментованих ковбас.

Молочнокислі бактерії, виділені з традиційного продукту зі свинини Dong (Nanx Wudl), були досліджені (Chen та ін., 2016) на предмет їх потенціалу як заквасок для китайських ферментованих сухих ковбас. На підставі попереднього скринінгу, *Lactobacillus plantarum* CMRC6 і *Lactobacillus sakei* CMRC15 демонструють відмінну нітритвідновлювальну здатність. Внесення заквасок у фарш проводили у вигляді одноштамових стартових культур. Для порівняння також була протестована комерційна композитна закваска. У ковбасах, інокульованих CMRC6 та CMRC15, молочнокислі бактерії домінували в мікрофлорі та покращували мікробіологічну безпеку шляхом пригнічення росту *Enterobacteriaceae*. Вміст нітритів у всіх інокульованих ковбасах швидко знижувався під час дозрівання порівняно з неінокульованими. Аналіз профілів текстури показав, що інокульовані ковбаси мають більш виражений структурний розвиток під час дозрівання. Органолептична оцінка показала, що ковбаси, ферментовані CMRC6 і CMRC15, мають порівнянні або більш бажані органолептичні характеристики, ніж ковбаси, виготовлені з комерційних заквасок. Отже, CMRC6 і CMRC15 є перспективними кандидатами як багатофункціональні закваски для мікробіологічної безпеки та контролю залишкових нітритів у виробництві вишуканих китайських сухих ковбас.

У дослідженні (Qiuhui, Zhang та ін., 2024) було проаналізовано п'ять штамів бактерій, відібраних із в'яленого м'яса за допомогою технології 16S рДНК. Було обрано функціональну місцеву закваску, яку застосовували у виробництві в'яленого м'яса для стандартизації характеристик і покращення якості в'яленого м'яса. Виявлено, що *L. mesenteroides* і *S. lactis* ідеальні. *L. mesenteroides* і *S. lactis* вико-

ристовували як закваски у виробництві ферментованого бекону. Потім порівнювали якість ферментованої яловичини з сичуанським, хунанським і сін्यानським беконом. Результати свідчать, що *L. mesenteroides* і *S. lactis* можуть покращувати сенсорні та текстурні властивості продуктів і зменшувати вміст вологи, активність води, знижувати значення pH і вміст білка в продуктах з ферментованої яловичини. Що ще важливіше, *L. mesenteroides* може значно знизити вміст нітритів (25,34%) і нітрозамінів (29,69%) у ферментованій яловичині, що забезпечує гарантію безпеки в'яленого м'яса. У цьому дослідженні функціональний ферментаційний штаб (*L. mesenteroides* може знизити вміст нітритів у ферментованих м'ясних продуктах і покращити їх сенсорні та текстурні властивості) був відібраний, щоб отримати певне еталонне значення для подальшого розвитку функціональних штамів, придатних для ферментованих м'ясних продуктів.

У дослідженні (Mrkonjić та ін., 2021) розглядається застосування нативних заквасок кількох штамів для стандартизації виробництва ковбас з дичини. Розроблені закваски, що складаються з двох місцевих штамів *Lactobacillus sakei* та одного *Leuconostoc mesenteroides*. Ці штаби використовували як в інкапсульованому, так і в неінкапсульованому вигляді, додаючи у фарш з м'яса дичини окремо або в комбінації. Мікробіологічні та фізико-хімічні характеристики ковбас контролювали протягом усього процесу виробництва, а в кінцевих продуктах оцінювали органолептичні властивості, вміст біогенних амінів і летких сполук. Як показало гер-PCR, нативні закваски, інкапсульовані чи неінкапсульовані, вижили протягом усього процесу виробництва ковбаси, однак різною мірою. Застосування індигеного декарбоксилазонегативного штаба *Lb. sakei* значно ($p < 0,05$) знижувало вміст тираміну, pH і сприяло зменшенню кількості *Enterobacteriaceae* та *E. coli*, *L. monocytogenes* та *coliforms* у готових до споживання продуктах. Загалом, за допомогою SPME-GC-MS було ідентифіковано 84 леткі сполуки у восьми оброблених партіях ковбас з дичини, лише з незначними відмінностями між обробками. Значних відмінностей в органолептичних ознаках ($p > 0,05$) між трестованими зразками не виявлено, хоча продукти, оброблені *Lb. sakei*, отримали найвищі бали за комплекс властивостей, включаючи вигляд поперечного зрізу, смак, твердість, аромат і загальну прийнятність. Комбінація штамів *Lb. sakei* призвела до запобігання росту небажаної мікробіоти, зниження вмісту тираміну та підвищення параметрів прийнятності повністю дозрілих ковбас, що робить їх хорошими кандидатами для впровадження у виробництво.

М'ясо може бути заражене патогенними мікроорганізмами під час забою, розтину та пакування. Вчені (Drevin, Plötz, & Krischek, 2023) вперше дослідили, чи впливає застосування гідрохлориду етил- α -додеканіл-L-аргінату (LAE) і бактерій закваски *Staphylococcus carnosus* і *Lactobacillus sakei*, окремо або в комбінації, на кількість бактерій у свинині, курятині та яловичині. Зразки були контаміновані *Brochothrix* (Br.) *thermosphacta* (усі види м'яса) або *Salmonella* (S.) *Typhimurium* (свинина), *Campylobacter* (C.) *jejuni* (курка) та *Listeria* (L.) *monocytogenes* (яловичина) перед пакуванням у модифікованій атмосфері з технологічним терміном зберігання 7 і 14 днів. Для оцінки впливу обробки під час зберігання додатково аналізували фізико-хімічні показники, забарвлення та відсотковий вміст окисно-відновної форми міоглобіну. LAE регулярно призводив до значного зменшення кількості всіх видів бактерій на 1-й день зберігання, тоді як до 14-го дня цей ефект

втрачався у всіх зразках, за винятком яловичини з *Br. thermosphacta*. В зразках із закваскою на 1-й день значно зменшилась тільки кількість *L. monocytogenes* на яловичині. Цікаво, що на 7-й день зберігання цей знижувальний ефект також був виявлений для *Salmonella Typhimurium* на свинині. На *Bp. thermosphacta* бактерії закваскової культури не впливали. На фізико-хімічні показники одноштамова та комбінована обробки достовірно не впливала. Результати вказують на те, що LAE головним чином відповідає за антимікробну дію, і що поєднання з бактеріями закваски слід оцінювати індивідуально для виду м'яса.

Була також оцінена здатність *Lactobacillus sakei* CRL1862 запобігати росту патогенів та розкладати саркоплазматичні та міофібрилярні білки у виробках зі свинини (Castellano, Aristoy, & Toldrá, 2012). Крім того, аналізували вплив *Lact. sakei* CRL1862 на основні аспекти безпеки, такі як виробництво біогенних амінів і чутливість до антибіотиків. Бактеріоцин — (метаболіт *Lact. sakei* CRL1862) продемонстрував відповідно бактерицидну та бактериостатичну дію проти *Listeria monocytogenes* та *Staphylococcus aureus* у дослідженій ковбаси протягом 9 днів зберігання при 22 °C. Гідролітична дія на білкові екстракти оцінювалася за допомогою SDS-PAGE та BEPX з оберненою фазою. В інокульованих саркоплазматичних білках виявлено більш виражений протеоліз порівняно з міофібрилярними екстрактами з утворенням переважно гідрофільних пептидів і підвищенням загальної концентрації вільних амінокислот. *Lactobacillus sakei* CRL1862 не продукував ані гістаміну, ані тирозину і не виявив стійкості до досліджуваних антибіотиків.

Висновки

Біосинтез пробіотичних культур для ковбасної промисловості є важливим етапом у технологіях виробництва якісних м'ясних продуктів. Роль заквасок у процесі виробництва ковбас надзвичайно велика, оскільки вони допомагають створити оптимальні умови для формування органолептичних показників і росту корисних мікроорганізмів. Одна з популярних заквасок для сирокочених ковбас, RedSTART (виробник «NAYA Sweiz GmbH» Швейцарія), складається з *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus* в співвідношенні 1:1. Штами, що використовуються, мають важливі властивості, такі як здатність до швидкого росту, вироблення корисних біологічно активних речовин, пригнічення сапрофітної та патогенної мікрофлори.

За нашими висновками, оптимальним є збагачення заквасок для м'ясної промисловості пробіотичними мікроорганізмами *Lactobacillus sakei* CRL1862 в кількості не менш 20% від складу. В результаті ферментації такою сумішшю готовий продукт, окрім відмінних органолептичних і нутрієнтних показників, отримує додаткові корисні властивості, які сприяють підтриманню стану здоров'я та підвищенню імунітету споживачів. Отже, використання пробіотичних культур як складової заквасок при виробництві ковбасних виробів є важливим напрямком для підвищення якості, корисності та біологічної цінності продукції.

Література

Авакян, М. (2012). Дослідження якості січених напівфабрикатів із м'яса птиці. Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі: тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів. Харків: ХДУХТ.

- Даниленко, С., Кігель, Н. (2013). Вплив лактобактерій на спонтанну мікрофлору м'яса. *Продовольчі ресурси*, (1). 50—57.
- Кишенько, І., Топчий, О., Крижова, Ю., Рибачук, О. (2014). Стартові культури для ферментації сирокочнених ковбас. *Харчова наука і технологія*, (3). 23—26.
- Свириденко, Т., Король, Ц., Даниленко, С., Усатенко, Н., Кігель, Н. (2010). Вплив бактеріальних препаратів на ферментацію м'яса птиці. *Вісник аграрної науки*, (6). 58—61.
- Baka, A., Papavergou, E., Pragalaki, T., Bloukas, J., Kotzekidou, P. (2011). Effect of selected autochthonous starter cultures on processing and quality characteristics of Greek fermented sausages, *LWT — Food Science and Technology*, 44(1). 54—61. doi: 10.1016/j.lwt.2010.05.019.
- Ammara, A. et al. (2021). Inoculation of *Lactobacillus sakei* on Quality Traits of Dry Fermented Sausages. *Preventive nutrition and food science*, 26(4). 476—484. doi:10.3746/pnf.2021.26.4.476.
- Ba, H. V., Seo, H. W., Seong, P. N., Kang, S. M., Kim, Y. S., Cho, S. H., Park, B. Y., Ham, J. S., Kim, J. H. (2018). *Lactobacillus plantarum* (KACC 92189) as a Potential Probiotic Starter Culture for Quality Improvement of Fermented Sausages. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 38(1).189—202. doi: 10.5851/kosfa.2018.38.1.189. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5932973/>.
- Бурцева, Г., Даниленко, С., Кігель, Н., Жукова, Я. (2011). Вплив бактеріального препарату «МКС» на протеоліз у сиров'ялених м'ясних продуктах. *Вісник Львівського університету*, 57. 200—206.
- Castellano, P., Aristoy, M. C., Sentandreu, M. A., Vignolo, G., & Toldrá, F. (2012). *Lactobacillus sakei* CRL1862 improves safety and protein hydrolysis in meat systems. *Journal of applied microbiology*, 113(6). 1407—1416. <https://doi.org/10.1111/jam.12005>.
- Chen, X., Li, J., Zhou, T., Li, J., Yang, J., Chen, W., & Xiong, Y. L. (2016). Two efficient nitrite-reducing *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented pork (Nanx Wudl) as competitive starter cultures for Chinese fermented dry sausage. *Meat science*, 121. 302—309. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.007>.
- de L. Agüero, N., Frizzo, L. S., Ouwehand, A. C., Aleu, G., Rosmini, M. R. (2020). Technological Characterisation of Probiotic Lactic Acid Bacteria as Starter Cultures for Dry Fermented Sausages. *Foods*, 9(5). 596. Published 2020 May 7. doi:10.3390/foods9050596.
- Dias, I., Laranjo, M., Potes, M. E. et al. (2020). Autochthonous Starter Cultures Are Able to Reduce Biogenic Amines in a Traditional Portuguese Smoked Fermented Sausage. *Microorganisms*, 8(5). 686. Published 2020 May 8. doi:10.3390/microorganisms8050686.
- Drevin, M., Plötz, M., & Krschek, C. (2023). Investigation of the Suitability of a Combination of Ethyl- α -dodecanoyl-L-arginat_HCl (LAE) and Starter Culture Bacteria for the Reduction of Bacteria from Fresh Meat of Different Animal Species. *Foods* (Basel, Switzerland), 12(22). 4138. <https://doi.org/10.3390/foods12224138>.
- Gu, Y., Qiao, R., Jin, B., He, Y., Tian, J. (2023). Effect of *Limosilactobacillus fermentum* 332 on physicochemical characteristics, volatile flavor components, and Quorum sensing in fermented sausage. *Sci. Rep.*, 13(1). 3942. doi: 10.1038/s41598-023-31161-2.
- Hu, P. et al. (2023). Investigating the effect on biogenic amines, nitrite, and N-nitrosamine degradation in cultured sausage ripening through inoculation of *Staphylococcus xylosus* and *lactic acid bacteria*. *Frontiers in microbiology*, 14. 1156413. doi:10.3389/fmicb.2023.1156413.
- Kim, H. S., Lee, S. Y., Kang, H. J., Joo, S. T., Hur, S. J. (2019). Effects of Six Different Starter Cultures on Mutagenicity and Biogenic Amine Concentrations in Fermented Sausages Treated with Vitamins C and E. *Food Sci. Anim. Resour.* 39(6). 877—887. doi: 10.5851/kosfa. 2019.e 66.
- Kryzhska, T. Дослідження ефективності використання бактеріальних препаратів на якісні характеристики делікатесних виробів. (2017). *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 19.75. 76—80.
- Li, L., Zou, D., Ruan, L., Wen, Z., Chen, S., Xu, L., & Wei, X. (2019). Evaluation of the Biogenic Amines and Microbial Contribution in Traditional Chinese Sausages. *Frontiers in microbiology*, 10. 872. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00872>.

- Liu, R., Ma, Y., Chen, L., Lu, C., Ge, Q., Wu, M., Xi, J., Yu, H. (2023). Effects of the addition of leucine on flavor and quality of sausage fermented by *Lactobacillus fermentum* YZU-06 and *Staphylococcus saprophyticus* CGMCC 3475. *Front Microbiol.*, 13. 1118907. doi: 10.3389/fmicb.2022.1118907.
- Liu, Y., Wan, Z., Yohannes, K. W., Yu, Q., Yang, Z., Li, H., Liu, J., Wang, J. (2021). Functional Characteristics of *Lactobacillus* and Yeast Single Starter Cultures in the Ripening Process of Dry Fermented Sausage. *Front Microbiol.*, 11. 611260. doi: 10.3389/fmicb.2020.611260.
- Mrkonjic Fuka, M., Kos, I., Maksimovic, A. Z., Bacic, M., & Tanuwidjaja, I. (2021). Proteolytic *Lactococcus lactis* and Lipolytic *Enterococcus durans* of Dairy Origin as Meat Functional Starter Cultures. *Food technology and biotechnology*, 59(1), 63—73. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.01.21.6872>.
- Mrkonjic Fuka, M., Zgomba Maksimovic, A., Hulak, N., Kos, I., Marusic Radovcic, N., Juric, S., Tanuwidjaja, I., Karolyi, D., & Vincekovic, M. (2021). The survival rate and efficiency of non-encapsulated and encapsulated native starter cultures to improve the quality of artisanal game meat sausages. *Journal of food science and technology*, 58(2). 710—719. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04587-z>.
- Najjari, A., Boumaiza, M., Jaballah, S., Boudabous, A., Ouzari, H. I. (2020). Application of isolated *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* strains as a probiotic starter culture during the industrial manufacture of Tunisian dry-fermented sausages. *Food Sci. Nutr.*, 8(8). 4172—4184. doi: 10.1002/fsn3.1711.
- Seleshe, S., Kang, S. N. (2021). Effect of Different *Pediococcus pentosaceus* and *Lactobacillus plantarum* Strains on Quality Characteristics of Dry Fermented Sausage after Completion of Ripening Period. *Food Sci. Anim. Resour.*, 41(4). 636—649. doi: 10.5851/kosfa.2021.e21.
- Shao, X., Wang, H., Song, X., Xu, N., Sun, J., & Xu, X. (2024). Effects of different mixed starter cultures on microbial communities, taste and aroma compounds of traditional Chinese fermented sausages. *Food chemistry: X*, 21. 101225. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101225>.
- Tian, J. et al. (2023). Influence of *Lactobacillus helveticus* ZF22 and TR1-1-3 strains on the aromatic flavor of fermented sausages. *Frontiers in nutrition*, 9. 1058109. doi:10.3389/fnut.2022.1058109.
- Wang, D., Hu, G., Wang, H., Wang, L., Zhang, Y., Zou, Y., Zhao, L., Liu, F., Jin, Y. (2021). Effect of Mixed Starters on Proteolysis and Formation of Biogenic Amines in Dry Fermented Mutton Sausages. *Foods*, 10(12). 2939. doi: 10.3390/foods10122939.
- Wang, D. et al. Effects of different starter culture combinations on microbial counts and physico-chemical properties in dry fermented mutton sausages. *Food science & nutrition*, 7(6). 1957—1968. doi:10.1002/fsn3.989.
- Wang, J., Aziz, T., Bai, R., Zhang, X., Shahzad, M., Sameeh, M. Y., Khan, A. A., Dablood, A. S., & Zhu, Y. (2022). Dynamic change of bacterial diversity, metabolic pathways, and flavor during ripening of the Chinese fermented sausage. *Frontiers in microbiology*, 13, 990606. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.990606>.
- Wang, J. et al. (2022). Improving the Flavor of Fermented Sausage by Increasing Its Bacterial Quality via Inoculation with *Lactobacillus plantarum* MSZ2 and *Staphylococcus xylosus* YCC3. *Foods* (Basel, Switzerland), 11(5). 736. doi:10.3390/foods11050736.
- Xiao, Y., Liu, Y., Chen, C., Xie, T., & Li, P. (2020). Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus xylosus* on flavour development and bacterial communities in Chinese dry fermented sausages. *Food research international* (Ottawa, Ont.), 135, 109247. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109247>.
- Xu, Y. and Yinglian Z. (2021). Complete Replacement of Nitrite With a *Lactobacillus fermentum* on the Quality and Safety of Chinese Fermented Sausages. *Frontiers in microbiology*, 12. 704302. doi:10.3389/fmicb.2021.704302.
- Yu, H. H., Choi, J. H., Kang, K. M., & Hwang, H. J. (2017). Potential of a lactic acid bacterial starter culture with gamma-aminobutyric acid (GABA) activity for production of fermented sausage. *Food science and biotechnology*, 26(5), 1333—1341. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0161-8>.

Zhang, D., Yang, P., Liu, K., Wu, L., Li, G., Zhang, H., Ma, X., Rong, L., & Li, R. (2023). The effective of bacterial community dynamics driven by different starter cultures on the flavor development of Chinese fermented sausages. *Food chemistry: X*, 19, 100838. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100838>.

Zhang, Q., Shen, J., Meng, G. et al. (2024). Screening and application of functional autochthonous starter culture from cured meat, which can reduce nitrite content. *Int Microbiol*. <https://doi.org/10.1007/s10123-024-00606-7>.

Zheng, S. S., Wang, C. Y., Hu, Y. Y., Yang, L., & Xu, B. C. (2024). Enhancement of fermented sausage quality driven by mixed starter cultures: Elucidating the perspective of flavor profile and microbial communities. *Food research international* (Ottawa, Ont.), 178, 113951. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113951>

Zommiti, M., Cambrone, M., Maillot, O., Barreau, M., Sebei, K., Feuilloy, M., Ferchichi, M., Connil, N. (2018). Evaluation of Probiotic Properties and Safety of *Enterococcus faecium* Isolated from Artisanal Tunisian Meat "Dried Ossban". *Front Microbiol.*, 9, 1685. doi: 10.3389/fmicb.2018.01685.