

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 643.3

Бужанська М. В.,
buganskam@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9251-4727,
Researcher ID: G-2366-2019,
к.х.н., доц., доцент кафедри харчових технологій,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

БІОГЕННІ АМІНИ – НЕБЕЗПЕЧНИЙ ХАРЧОВИЙ ФАКТОР ФЕРМЕНТОВАНИХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Анотація. Пріоритетною проблемою держави є безпека харчових продуктів, попередження виробництва, реалізації та споживання неякісних харчових виробів, здатних заподіяти шкоду здоров'ю населення. Сьогодні збільшився попит на ферментовані продукти і напої, вироблені біотехнологічними методами із застосуванням ферментних препаратів мікробіологічного походження. Ця наукова стаття розглядає небезпеки для здоров'я людини, пов'язані з утворенням біогенних амінів у харчових продуктах, та актуалізує питання контролю і регулювання вмісту біогенних амінів у ферментованих продуктах. Наведено результати аналітичних та практичних досліджень утворення різних видів біогенних амінів у харчових продуктах. У праці детально проаналізовано причини, які призводять до утворення цих сполук, зокрема мікробіологічний розклад білків під впливом бактерій та грибів. Стаття показує вплив температурних умов, рН, якісного складу сировини і зберігання на концентрацію біогенних амінів у продуктах. Пропонуються технологічні методи та стратегії, спрямовані на зменшення кількості біогенних амінів у продуктах, що споживаються людиною. Наведені дані сприяють розвитку нових стратегій контролю та попередженню утворення цих сполук у харчових продуктах. Показаний вплив пробіотиків на ферментативні процеси: зниження активності амінокислот-дегідраз, які відповідають за утворення біогенних амінів, та підвищення стійкості продуктів до умов, що сприяють утворенню біогенних амінів, таких як температура і вологість. Стаття висуває пропозиції щодо подальших досліджень у цьому напрямку, вказуючи на важливість розвитку нових методів зберігання та обробки продуктів для гарантування безпеки та якості харчових продуктів. Зроблені висновки можуть бути корисними для науковців, галузевих експертів, спрямовуватися на поліпшення якості продуктів харчування та збереження здоров'я споживачів.

Ключові слова: біогенні аміни, харчова безпека, пробіотики, ферментовані м'ясні продукти, метаболізм білка, реакції декарбоксілювання та амінування амінокислот, токсичність біогенних амінів.

Buzhanska M. V.,
buganskam@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9251-4727,
Researcher ID: G-2366-2019,
Ph.D, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Food Technologies,
Lviv University of Trade and Economics, Lviv

BIOGENIC AMINES – A DANGEROUS FOOD FACTOR OF FERMENTED MEAT PRODUCTS

Abstract. The priority problem of the state is the safety of food products, prevention of production, sale and consumption of low-quality food products that can harm the health of the population. Today, the demand for fermented products and drinks produced by biotechnological methods with the use of enzyme preparations of microbiological origin has increased. This scientific article examines the problems of human health hazards associated with the formation of biogenic amines in food products. This actualizes the issue of control and

regulation of the content of biogenic amines in fermented products. The results of analytical and practical studies of the formation of various types of biogenic amines in food products are given. The work analyzes in detail the reasons that lead to the formation of these compounds, in particular, the microbiological decomposition of proteins under the influence of bacteria and fungi. The article shows the influence of temperature conditions, pH, qualitative composition of raw materials and storage on the concentration of biogenic amines in products. Technological methods and strategies aimed at reducing the amount of biogenic amines in products consumed by humans are proposed. The given data contribute to the development of new strategies to control and prevent the formation of these compounds in food products. The effect of probiotics on enzymatic processes is shown: a decrease in the activity of amino acid dehydrases, which are responsible for the formation of biogenic amines, and an increase in the resistance of products to conditions that contribute to the formation of biogenic amines, such as temperature and humidity. The article makes suggestions for further research in this direction, pointing out the importance of developing new methods of food storage and processing to ensure the safety and quality of food products. The conclusions drawn can be useful for scientists and industry experts aimed at improving the quality of food products and preserving the health of consumers.

Key words: biogenic amines, food safety, probiotics, fermented meat products, microbiological degradation of proteins, decarboxylation and amination reactions of amino acids, toxicity of biogenic amines.

JEL Classification: L66, O14

DOI 10.32782/2522-1221-2024-37-04

Постановка проблеми. Біогенні аміни є продуктами метаболізму амінокислот у харчових продуктах, зокрема ферментованих м'ясних продуктах. Ці сполуки можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на здоров'я людини, залежно від їхньої концентрації та споживаної кількості. З одного боку, біогенні аміни корисні для організму, адже деякі з них відіграють важливу роль у нейротрансмісії і здатні покращувати настрої та психічний стан людини. З іншого боку, висока концентрація біогенних амінів в харчових продуктах інколи є небезпечною для здоров'я. Занадто великі дози можуть сприяти розвитку головного болю, алергічних реакцій, призводити до онкологічних захворювань та інших негативних станів. Один із способів уникнення перевищеної кількості біогенних амінів у харчових продуктах – дотримання правил зберігання та приготування, що дозволить знизити їхню концентрацію, а також обмеження споживання ферментованих м'ясних продуктів або заміна їх менш концентрованими джерелами біогенних амінів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біогенні аміни – компонент усіх продуктів харчування, що містять білки або вільні амінокислоти. Харчові продукти, які включають велику кількість таких амінів, можуть бути небезпечними для людини. Відкриття біогенних амінів у гнилому м'ясі в 1887 році було зроблено польським дослідником Марцелі Ненці [1]. Такі аміни утворюються під час метаболічних процесів у живих клітинах шляхом декарбоксілювання амінокислот або амінування та трансамінування альдегідів [2].

Основним шляхом утворення біогенних амінів у м'ясі є реакція, залежна від піридоксальфосфату [3].

Проблеми підвищеного вмісту таких амінів у ферментованих м'ясних продуктах є предметом ряду наукових робіт, більшість із яких описує ковбасні вироби [4-10]. Ці продукти характеризуються різним вмістом біогенних амінів. У дослідженнях щодо вмісту таких амінів в іспанських ферментованих ковбасах (чорізо, собрасада і сальтисон) найвищої концентрації досягав тирамін – у середньому 200 мг/кг, у частині тестів його вміст перевищував 600 мг/кг. У деяких ковбасах був рівень путресцину також значний і становив до 450 мг/кг. У сосисках типу чорізо і сальтисону вміст досягав 600 мг/кг. Вміст β -фенілетиламіну та триптаміну вище 50 мг/кг виявлено лише в кількох ковбасах. У деяких тестах перевірені зразки сосисок чорізо також виявилися небезпечними для здоров'я, рівень гістаміну – 300 мг/кг [10]. На це вказують автори таких публікацій [7, 8].

Ферментація за участю мікроорганізмів як процес консервування м'яса відома і використовується вже тисячі років. У багатьох європейських країнах доступні різноманітні ферментовані м'ясні продукти: шинки, свиняча корейка, ковбаси. Процес дозрівання м'яса сприяє підвищенню активності присутніх у м'ясі мікроорганізмів, у тому числі тих, що виробляють екзогенні ферменти, які декарбоксілюють вільні амінокислоти, що призводить до утворення біогенних амінів. Також такі аміни можуть накопичуватися під час дозрівання та зберігання ферментованих м'ясних продуктів [11]. Автори пояснюють

механізми утворення та взаємодії біогенних амінів у системі «харчовий продукт – мікрофлора – організм», щоб розробляти ефективні стратегії гарантування безпеки харчових продуктів.

Правильно керовані процеси виробництва м'яса дозволяють досягнути низької концентрації біогенних амінів і безпечного споживання м'ясних продуктів [12]. На даний час максимальні обмеження вмісту біогенних амінів запроваджувалися лише для вмісту гістаміну в рибі та рибних продуктах (Регламент Комісії (ЄС) № 2073/2005). Незважаючи на зростання знань про безпеку та якість харчових продуктів, для інших продуктів не було встановлено стандартів чи рекомендацій.

Загалом опрацьовані літературні дані свідчать про актуальність проблеми та визначають перспективи подальших досліджень у цьому напрямку для гарантування безпеки та якості м'ясних продуктів.

Постановка завдання. Тема утворення та вмісту біогенних амінів в ферментованих продуктах є об'єктом ретельного дослідження у відомих наукових джерелах, оскільки такі аміни становлять ризики для здоров'я людини через їхні токсичні та фармакологічні властивості. Оцінка вмісту біогенних амінів важлива не тільки з погляду їх токсичності, а й тому, що вони слугують індикаторами ступеня свіжості або псування їжі.

Мета роботи – представити сучасний стан знань та характеристики біогенних амінів, фактори, що приводять до їх утворення в сировині під час дозрівання м'ясних продуктів із використанням ферментних заквасок, та можливість використання пробіотичних штамів як методу профілактики їх утворення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Біогенні аміни є основними азотистими сполуками, що утворюються в результаті декарбоксілювання амінокислот або амінування та трансамінування альдегідів і кетонів. Ці сполуки генеруються в процесі метаболізму мікроорганізмів, рослин і тварин, включаючи органічні аміни аліфатичної, ароматичної та гетероциклічної будови, такі як кадаверин, путресцин, спермідин, спермін, фенілетиламін, гістамін, триптамін тощо. Деякі з даних сполук, такі як дофамін, гістамін, серотонін і тирамін, володіють високою біологічною активністю, тоді як інші, кадаверин і путресцин, можуть посилювати токсичні властивості гістаміну в організмі людини.

Формування біогенних амінів виникає внаслідок реакцій декарбоксілювання вільних амі-

нокислот за участю ферментних систем мікроорганізмів або ендогенних ферментів сировини під час її виробництва, а також у результаті мікробного декарбоксілювання амінокислот, що відбувається під час контрольованої або спонтанної ферментації, обробки, зберігання та розподілу.

Біогенні аміни, що є складовими продуктів харчування як природні компоненти рослинної і тваринної сировини, містяться в низьких концентраціях і не становлять загрози для здоров'я людини. До підвищеного вмісту таких амінів приводять ферментативні процеси під впливом ендогенних ферментів сировини, що використовується для їх виробництва, або мікробне декарбоксілювання амінокислот, що відбувається під час контрольованої або спонтанної ферментації, обробки, зберігання та розподілу [10].

Факторами, що впливають на утворення біогенних амінів у їжі, є: присутність вільних амінокислот і мікроорганізмів, умови, що сприяють росту, біосинтезу та активності декарбоксилаз [10]. Розуміння впливу цих факторів на процес утворення біогенних амінів допомагає розробляти стратегії контролю якості та безпеки харчових продуктів, спрямовані на зменшення кількості таких амінів.

Значну дію на утворення біогенних амінів має тип, амінокислотний та якісний склад сировини. Якість сировини є найважливішим фактором, що впливає на вміст біогенних амінів; так, у низькоякісній сировині, з високим вмістом ентеробактерій, виявлено високий вміст діамінів, зокрема кадаверину [4, 11]. Вміст амінокислот у сировині, зокрема білках, здатен впливати на кількість та види біогенних амінів. Деякі продукти, такі як риба, м'ясо та сир, характеризуються високим вмістом амінокислот, що може підвищити ризик утворення біогенних амінів. Для протікання реакції декарбоксілювання амінокислота повинна мати вільну α -аміногрупу, вільну α -карбоксильну групу, а також віддалену від них полярну групу. Отже, високий вміст білка та наявність у харчових продуктах штамів бактерій, що характеризуються високою активністю протеолітичних ферментів, є факторами, які підвищують ризик утворення біогенних амінів [11].

Іншим не менш важливим фактором є мікробіологічна активність препаратів. Відомо, що властивість декарбоксілювати амінокислоти є не типовою для мікроорганізмів, та усе ж деякі види в межах роду: *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Kocuria*, *Listeria*, *Micrococcus*, *Photobacterium*, *Plesiomonas*,

Proteus, Pseudomonas, Salmonella, Shewanella, Shigella, Staphylococcus та молочнокислі бактерії роду *Carnobacterium, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Enterococcus, Pediococcus* і *Streptococcus* здатні декарбоксілювати одну або декілька амінокислот [13]. Процеси ферментації та розкладання амінокислот, що проводяться цими мікроорганізмами, сприяють виникненню біогенних амінів.

Основним шляхом утворення біогенних амінів у м'ясі є реакція, залежна від піридоксальфосфату. Бактерії роду *Bacillus, Clostridium, Pseudomonas, Photobacterium, Citrobacter, Escherichia, Proteus, Micrococcus, Lactobacillus* та інші, присутні в м'ясі та м'ясних продуктах, можуть продукувати декарбоксілази, що призводять до утворення таких амінів [12]. У м'ясі та м'ясних продуктах виявлено вісім біогенних амінів: спермін, путресцин, кадаверин, триптамін, фенілетиламін, спермідин, гістамін і тирамін.

Значення рН є ключовим фактором, що впливає на утворення біогенних амінів, оскільки активність декарбоксілаз амінокислот, залежна від кислотності середовища, найсильніша в середовищі з рН 4,0-5,5 [14]. Праці авторів Suzzi and Gardini [10] показують позитивну кореляцію між значенням біогенних амінів і зниженням рН, спричиненим молочнокислим бродінням при визріванні ковбас. Як вказують Yoshinaga і Frank [15], утворення біогенних амінів залежить не лише від умов утворення, а від інтенсивності росту бактерій, що продукують декарбоксілюючі ферменти. Поживні речовини можуть запобігти швидкому та значному зниженню рН, спричиненому культурою закваски бактерій, які не виробляють декарбоксілюючі ферменти. Збільшені концентрації молочнокислих бактерій під час дозрівання та зберігання продуктів перешкоджають подальшому виникненню біогенних амінів [10].

Значний вплив на утворення біогенних амінів мають фізичні параметри, такі як вологість та температура. Ці фактори впливають на ріст та активність мікроорганізмів, що також може збільшувати утворення біогенних амінів. Ряд авторів показали: вміст даних компонентів зростає з підвищенням температури і подовженням терміну зберігання [10, 16], через прямий зв'язок із кінетикою росту мікрофлори ферментованих продуктів і пов'язану з цим активність протеолітичних і декарбоксілюючих ферментів [10]. Майjala та інші [9] відобразили, що температура по-різному впливає на утворення біогенних амінів і зале-

жить від типу використаної закваски. Тому при її виборі необхідно враховувати не тільки наявність бактерій, які не виробляють декарбоксілюючі ферменти, але і їх здатність розвиватися в температурних умовах, призначених для даного процесу.

Ще один фактор, що позначається на вмісті біогенних амінів у продуктах, – окисно-відновний потенціал. Його вплив на діяльність бактеріальних декарбоксілаз є неоднозначним. В анаеробних умовах *Enterobacter cloacae* виробляє вдвічі менше путресцину порівняно з аеробними умовами. Синтез кадаверину *Klebsiella pneumoniae* в анаеробних умовах значно знижується. З іншого боку, було показано, що зниження редокс потенціалу стимулює вироблення гістаміну. У присутності кисню активність гістидиндекарбоксілази значно знижується [10, 17]

Істотними для виникнення біогенних амінів є хімічні речовини, що використовуються у виробництві ферментованих м'ясних продуктів. Гальмівний вплив NaCl на утворення таких амінів було продемонстровано у дослідженні, проведеному Гардіні та іншими [16]. Швидкість продукції біогенних амінів штамом *Enterococcus faecalis E37* значно зменшувалася зі збільшенням концентрації кухонної солі. Внесення в систему цукрів підтримує ріст бактерій, які входять до складу заквасок для ковбасних виробів, і забезпечує нижчий вміст біогенних амінів. Дослідження Бовер-Сід [6] показали більший вміст таких амінів у зразках без додавання цукру. У випадку тираміну та кадаверину це підвищення було найбільш помітним.

Використання стартових культур є одним із способів покращення якості м'ясних продуктів. Молочнокислі та пропіоновокислі бактерії застосовують найчастіше. Стартові культури – це мікроорганізми різних видів, у тому числі стафілококи, лактобацили, дріжджі, мікрококи та міцеліальні гриби. Динамічний розвиток ринку функціональних харчових продуктів сприяє використанню пробіотичних заквасок у переробці м'яса [18, 19]. Згідно з визначенням FAO/WHO пробіотики – це живі мікроорганізми, які при введенні у відповідних кількостях мають сприятливий вплив на здоров'я. Клінічні дослідження підтверджують сприятливий вплив пробіотиків при системних захворюваннях травної системи (синдром подразненого кишечника, ентерит, діарея) і при алергічних захворюваннях (атопічний дерматит). Пробиотики підвищують імунітет організму (імуномодуляція) [20].

Основною технологічною властивістю бактерій є здатність зброджувати вуглеводи (цукри) до молочної кислоти, внаслідок чого здійснюється ферментація м'ясної сировини. Вони розщеплюють білкові компоненти з утворенням пептидів і вільних амінокислот, у результаті препарат розм'якшується до необхідної суміші і легко засвоюється. Утворення ароматичних сполук сприяє формуванню характерного смаку та запаху. Корисною властивістю стартових культур є антагонізм – придушення росту мікроорганізмів, що викликають псування продукту, а також небажаної молочнокислої мікрофлори, яка, поряд із молочною кислотою, утворює побічні продукти: оцтову кислоту, вуглекислий газ, етиловий спирт та ін., що шкодять процесу ферментації м'ясної сировини.

Іншим важливим аспектом використання пробіотиків у виробництві ферментованих м'ясних продуктів є властивість пригнічувати розвиток небажаної мікрофлори, яка зазвичай сприяє утворенню біогенних амінів. Утворюючи ряд метаболітів із бактеріостатичними та бактерицидними властивостями (включаючи молочну кислоту, мурашину кислоту, етанол і бактеріоцини), що підтримує дію суміші для лікування, пробіотичні бактерії можуть сприяти пригніченню утворення контамінаційної та патогенної мікрофлори (включаючи кишкову паличку, лістерію *Monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*) у сирих м'ясних продуктах [13, 21]. Робляться спроби отримання м'ясних продуктів у результаті контрольованої ферментації, проведеної відібраними штамми бактерії з доведеними пробіотичними властивостями [22, 23].

Важливий критерій відбору пробіотичних штамів мікроорганізмів для виробництва м'ясних продуктів – відсутність у них здатності продукувати біогенні аміни [21]. Модельні дослідження з використанням пробіотичних бактеріальних штамів, тести на молочну кислоту показали, що штами *Lactobacillus casei* (TISTR 389) і *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (TISTR 895) можуть виробляти біогенні аміни. Ця ознака не виявлена у досліджених штамів *Lactobacillus aci dophilus*, *Lactobacillus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactobacillus plantarum* [11]. Дослідження Ruiz-Моуано та ін. [24] показало, що вибрані штами *Lactobacillus reuteri* і *Lactobacillus fermentum*, потенційні пробіотики, які використовуються при дозріванні ковбас, мають здатність інактивувати деякі патогени.

Необхідно створити сприятливі умови для розвитку пробіотиків у м'ясних продуктах сирого дозрівання, у першу чергу це дотримання температурних режимів. Температура між 20°C і 37°C оптимальна для росту більшості бактерій, що містять декарбоксилази, знижена температура зупиняє їх ріст [25, 26]. Використання пробіотичних бактерій у виробництві сировини пов'язане з низкою технологічних і мікробіологічних проблем. У першу чергу це негативний вплив на них середовища. Пробиотики чутливі до високих концентрацій кухонної солі, рН. Активність декарбоксилази амінокислот сильніша у кислому середовищі, оптимальний рН – між 4,0 і 5,5 [4]. Крім того, у такому середовищі бактерії сильніше виробляють дані ферменти, як захисний механізм від кислотності [21].

Глюконо-дельта-лактон (глюконолактон, глюконо-δ-лактон, Gluconolactone, Glucono-δ-Lactone, або скорочено – ГДЛ) – це харчова добавка, яка регулює кислотність. З її допомогою можна скорочувати час дозрівання продуктів, надавати їм необхідного забарвлення. Зниження рН у ковбасах призводить до підвищення активності декарбоксилази. У цих умовах утворюються бактерії, які інгібують процеси утворення біогенних амінів.

Важливо зазначити, що використання стартових культур повинно відбуватися відповідно до стандартів та з дотриманням гігієнічних норм, щоб гарантувати безпеку та якість продукту.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. У статті розглянуто доцільність вивчення причин утворення біогенних амінів як небезпечних чинників ферментованих продуктів. Для зменшення ризику виникнення та споживання біогенних амінів важливо дотримуватися правил гігієни та безпеки під час оброблення та зберігання продуктів харчування. Крім того, правильна термічна обробка, швидке охолодження та використання стартових культур дозволяють зменшити кількість таких амінів у їжі. На основі аналізу літературних даних показано можливість використання пробіотичних штамів молочнокислих бактерій при виробництві ферментованих м'ясних продуктів та їхній позитивний вплив на гігієнічні показники та сенсорні властивості продукту – без зміни технології його виробництва.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Schirone M., Esposito L., D'Onofrio F., Visciano P., Martuscelli M., Mastrocola D., Paparella A. Biogenic amines in meat and meat products: a

- review of the science and future perspectives. *Foods*. 2022. Vol. 11(6). P. 788-807. URL: doi: 10.3390/foods11060788.
2. Jaguey-Hernández Y., Aguilar-Arteaga K., Ojeda-Ramirez D., Añorve-Morga J., González-Olivares L. G., Castañeda-Ovando A. Biogenic amines levels in food processing: Efforts for their control in foodstuffs. *Food Research International*. Jun:144:110341. 2021. URL: doi: 10.1016/j.foodres.2021.110341.
3. Ahmad G. I., Mohammed D. A., Al-Eryani et al. Biogenic amines formation mechanism and determination strategies: future challenges and limitations. *Critical Review in Analytical Chemistry*. 2020. Vol. 50. P. 485-500. URL: <https://doi.org/10.1080/10408347.2019.1657793>.
4. Bover-Cid S., Miguelez-Arrizado M. J., Latorre Moratalla L. L., Vidal Carou M. C. Freezing of meat raw materials affects tyramine and diamine accumulation in spontaneously fermented sausages. *Meat Sci*. 2006. Vol. 72 (1). P. 62-68. URL: DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.06.003/.
5. Bover-Cid S., Hugas M., Izquierdo-Pulido M., Vidal-Carou M. C. Amino acid-decarboxylase activity of bacteria isolated from fermented pork sausages. *Int. J. Food Microbiol*. 2001. Vol. 66 (3). P. 185-189. URL: doi: 10.1016/s0168-1605(00)00526-2.
6. Bover-Cid S., Izquierdo-Pulido M., Vidal-Carou M. C. Changes in biogenic amine and polyamine content in slightly fermented sausages manufactured with and without sugar. *Meat Sci*. 2001. Vol. 57 (2). P. 215-221. URL: doi: 10.1016/s0309-1740(00)00096-6.
7. Komprda T., Smělá D., Pechová P., Kalhotka L., Štencl J., Klejdus B. Effect of starter culture, spice mix and storage time and temperature on biogenic amine content of dry fermented sausages. *Meat Sci*. 2004. Vol. 67 (4). P. 607-616. URL: doi: 10.1016/j.meatsci.2004.01.003.
8. Latorre-Moratalla M. L., Veciana-Nogués T., Bover-Cid S., Garriga M., Aymereich T., Zanardi E., Ianieri A., Fraqueza M. J., Patarata L., Drosinos E. H., Lauková A., Talon R., Vidal-Carou M. C. Bio-genic amines in traditional fermented sausages produced in selected European countries. *Food Chem*. 2008. Vol. 107 (2). P. 912-921. URL: doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.046.
9. Majjala R., Nurmi E., Fischer A. Influence of processing temperature on the formation of biogenic amines in dry sausages. *Meat Sci*. 1995. Vol. 39 (1), 9-22. URL: doi: 10.1016/0309-1740(95)80003-4.
10. Suzzi G., Gardini F. Biogenic amines in dry fermented sausages: a review. *Int. J. Food Microbiol*. 2003. Vol. 88 (1). P. 41-54. URL: DOI: 10.1016/s0168-1605(03)00080-1.
11. Karovicova J., Kohajdova Z. Biogenic amines in food. *Chem. Pap*. 2005. Vol. 59 (1). P. 70-79.
12. Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z. J. Probiotic meat products and human nutrition. *Process Biochemistry*. 2012. Vol. 47. P. 1761-1772. URL: DOI:10.1016/j.procbio.2012.09.017.
13. Ziarno M., Zaręba D. Charakterystyka komercyjnych kultur startowych stosowanych w przetwórstwie mięsa. *Med. Wét*. 2008. Vol. 64 (9). P. 1078-1082.
14. Teodorovic V., Buncic S., Smiljanic D. A study of factors influencing histamine production in meat. *Fleischwirtschaft*. 1994. Vol. 74 (2). P. 170-172.
15. Yoshinaga D. H., Frank H. A. Histamine-producing bacteria in decomposing skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Appl. Environ. Microbiol*. 1982. Vol. 44 (2). P. 447-452.
16. Gardini F., Martuscelli M., Caruso M. C., Galgano F., Crudele M. A., Favati F., Guerzoni M. E., Suzzi G. Effects of pH, temperature and NaCl concentration on the growth kinetics, proteolytic activity and biogenic amine production of *Enterococcus faecalis*. *Int. J. Food Microbiol*. 2001. Vol. 64 (1-2). P. 105-117. URL: DOI: 10.1016/s0168-1605(00)00445-1.
17. Halász A., Baráth A., Simon-Sarkadi L., Holzapfel W. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends Food Sci. Tech*. 1994. Vol. 5 (2). P. 42-49.
18. Arihara K. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci*. 2006. Vol. 74 (1). P. 219-229. URL: DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.04.028.
19. Aro Aro J. M., Nyam-Osor P., Tsuji K., Shimada K., Fukushima M., Sekikawa M. The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages. *Food Chem*. 2010. Vol. 119 (1). P. 279-285. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.025>.
20. Nowak A., Śliżewska K., Libudzisz Z., Socha J. Probiotyki – efekty zdrowotne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2010. Vol. 4 (71). P. 20-36.
21. Ammor M. S., Mayo B. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Sci*. 2007. Vol. 76 (1). P. 138-146. URL: DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.10.022.
22. Papamanoli E., Tzanetakis N., Litopoulou-Tzanetaki E., Kotzekidou P. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Greek dry-fermented sausage in respect of their technological and probiotic properties. *Meat Sci*. 2003. Vol. 65 (2). P. 859-867. URL: doi: 10.1016/S0309-1740(02)00292-9.
23. Pennacchia C., Vaughan E. E., Villani F. Potential probiotic *Lactobacillus* strains from fermented sausages: Further investigations on their probiotic properties. *Meat Sci*. 2006. Vol. 73 (1). P. 90-101. URL: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.10.019>.
24. Ruiz-Moyano S., Martín A., Benito M. J., Casquete R., Serradilla M. J., Córdoba M. G. Safety and functional aspects of pre-selected lactobacilli for probiotic use in Iberian dry-fermented sausages. *Meat Sci*. 2009. Vol. 83 (3). P. 460-467. URL: DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.06.027.
25. Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z. J. Probiotics in fermented meat products. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*. 2009. Vol. 8 (2). P. 61-74.
26. Työppönen S., Petaja E., Mattila-Sandholm T. Bioprotectives and probiotics for dry sausages. *Int. J. Food Microbiol*. 2003. Vol. 83 (3). P. 233-244.

REFERENCES:

- Schirone M., Esposito L., D'Onofrio F., Visciano P., Martuscelli M., Mastrocola D., Paparella A. (2022), Biogenic amines in meat and meat products: a review of the science and future perspectives, *Foods*, Vol. 11(6), p. 788-807, available at: doi: 10.3390/foods11060788.
- Jaguey-Hernández Y., Aguilar-Arteaga K., Ojeda-Ramirez D., Añorve-Morga J., González-Olivares L. G., Castañeda-Ovando A. (2021), Biogenic amines levels in food processing: Efforts for their

control.in foodstuffs, *Food Research International*. Jun:144:110341., available at: doi: 10.1016/j.foodres.2021.110341.

3. Ahmad G. I., Mohammed D. A., Al-Eryani et al. (2020), Biogenic amines formation mechanism and determination strategies: future challenges and limitations, *Critical Review in Analytical Chemistry*, vol. 50, p. 485-500, available at: <https://doi.org/10.1080/10408347.2019.1657793>.

4. Bover-Cid S., Miguelez-Arrizado M. J., Latorre Moratalla L. L., Vidal Carou M. C. (2006), Freezing of meat raw materials affects tyramine and diamine accumulation in spontaneously fermented sausages, *Meat Sci*, vol. 72 (1), p. 62-68, available at: DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.06.003/.

5. Bover-Cid S., Hugas M., Izquierdo-Pulido M., Vidal-Carou M. C. (2001), Amino acid-decarboxylase activity of bacteria isolated from fermented pork sausages, *Int. J. Food Microbiol*, vol. 66 (3), p. 185-189, available at: doi: 10.1016/s0168-1605(00)00526-2.

6. Bover-Cid S., Izquierdo-Pulido M., Vidal-Carou M. C. (2001), Changes in biogenic amine and polyamine content in slightly fermented sausages manufactured with and without sugar, *Meat Sci*, vol. 57 (2), p. 215-221, available at: doi: 10.1016/s0309-1740(00)00096-6.

7. Komprda T., Smělá D., Pechová P., Kalhotka L., Stencl J., Klejdus B. (2004), Effect of starter culture, spice mix and storage time and temperature on biogenic amine content of dry fermented sausages, *Meat Sci*, vol. 67 (4), p. 607-616, available at: doi: 10.1016/j.meatsci.2004.01.003.

8. Latorre-Moratalla M. L., Veciana-Nogués T., Bover-Cid S., Garriga M., Aymerich T., Zanardi E., Ianieri A., Fraqueza M. J., Patarata L., Drosinos E. H., Lauková A., Talon R., Vidal-Carou M. C. (2008), Bio-genic amines in traditional fermented sausages produced in selected European countries, *Food Chem*, vol. 107 (2), p. 912-921, available at: doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.046.

9. Maijala R., Nurmi E., Fischer A. (1995), Influence of processing temperature on the formation of biogenic amines in dry sausages, *Meat Sci*, vol. 39 (1), 9-22, available at: doi: 10.1016/0309-1740(95)80003-4.

10. Suzzi G., Gardini F. (2003), Biogenic amines in dry fermented sausages: a review, *Int. J. Food Microbiol*, vol. 88 (1), p. 41-54, available at: DOI: 10.1016/s0168-1605(03)00080-1.

11. Karovicova J., Kohajdova Z. (2005), Biogenic amines in food, *Chem. Pap.*, vol. 59 (1), p. 70-79.

12. Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z. J. (2012), Probiotic meat products and human nutrition, *Process Biochemistry*, vol. 47, p. 1761-1772, available at: DOI:10.1016/j.procbio.2012.09.017.

13. Ziarno M., Zaręba D. (2008), Charakterystyka komercyjnych kultur startowych stosowanych w przetwórstwie mięsa, *Med. Wet*, vol. 64 (9), p. 1078-1082.

14. Teodorovic V., Buncic S., Smiljanic D. (1994), A study of factors influencing histamine production in meat, *Fleischwirtschaft*, vol. 74 (2), p. 170-172.

15. Yoshinaga D. H., Frank H. A. (1982), Histamine-producing bacteria in decomposing skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), *Appl. Environ. Microbiol*, vol. 44 (2), p. 447-452.

16. Gardini F., Martuscelli M., Caruso M. C., Galgano F., Crudele M. A., Favati F., Guerzoni M. E., Suzzi G. (2001), Effects of pH, temperature and NaCl concentration on the growth kinetics, proteolytic activity and biogenic amine production of *Enterococcus faecalis*, *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 64 (1-2), p. 105-117, available at: DOI: 10.1016/s0168-1605(00)00445-1.

17. Halász A., Baráth A., Simon-Sarkadi L., Holzapfel W. (1994), Biogenic amines and their production by microorganisms in food, *Trends Food Sci. Tech.*, vol. 5 (2), p. 42-49.

18. Arihara K. (2006), Strategies for designing novel functional meat products, *Meat Sci*, vol. 74 (1), p. 219-229, available at: DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.04.028.

19. Aro J. M., Nyam-Osor P., Tsuji K., Shimada K., Fukushima M., Sekikawa M. (2010), The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages, *Food Chem*, vol. 119 (1), p. 279-285. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.025>.

20. Nowak A., Sliżewska K., Libudzisz Z., Socha J. (2010), Probiotyki – efekty zdrowotne, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, vol. 4 (71), p. 20-36.

21. Ammor M. S., Mayo B. (2007), Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update, *Meat Sci*, vol. 76 (1), p. 138-146, available at: DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.10.022.

22. Papamanoli E., Tzanetakis N., Litopoulou-Tzanetaki E., Kotzekidou P. (2003), Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Greek dry-fermented sausage in respect of their technological and probiotic properties, *Meat Sci*, vol. 65 (2), p. 859-867, available at: doi: 10.1016/S0309-1740(02)00292-9.

23. Pennacchia C., Vaughan E. E., Villani F. (2006), Potential probiotic *Lactobacillus* strains from fermented sausages: Further investigations on their probiotic properties, *Meat Sci*, vol. 73 (1), p. 90-101, available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.10.019>.

24. Ruiz-Moyano S., Martín A., Benito M. J., Casquete R., Serradilla M. J., Córdoba M. G. (2009), Safety and functional aspects of pre-selected lactobacilli for probiotic use in Iberian dry-fermented sausages, *Meat Sci*, vol. 83 (3), p. 460-467, available at: DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.06.027.

25. Kołożyn-Krajewska D., Dolatowski Z. J. (2009), Probiotics in fermented meat products, *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, vol. 8 (2), p. 61-74.

26. Työppönen S., Petaja E., Mattila-Sandholm T. (2003), Bioprotectives and probiotics for dry sausages, *Int. J. Food Microbiol*, vol. 83 (3), p. 233-244.

Стаття надійшла до редакції 17 січня 2024 року