

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва
Кафедра технологій дрібного тваринництва

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
магістр

на тему: **«Оптимізація технології ферментованих
ковбас в умовах ФОП «Венгровський В.В.»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою Технологія
виробництва і переробки продукції тваринництва
спеціальності 204 Технологія виробництва і
переробки продукції тваринництва
ступеня вищої освіти магістр
групи 204ТВППТмд 2_3
СЕВЕРИН СЕРГІЙ РУСЛАНОВИЧ
Керівник: Оксана КРАВЧЕНКО
Рецензент: Олена МИРОНЕНКО

Полтава – 2021 року

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	3
1. РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	5
1.1. Ковбаси: продукт харчування, безпека, переробка та підвищення якості	5
1.2. Загальна характеристика ферментованих ковбас	12
1.3. Основні інгредієнти ферментованих ковбас	13
1.4. Мікробна небезпека, пов'язана з ферментованими ковбасами	29
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
2.1. Мета та методика досліджень	36
2.2. Методика досліджень	36
2.3. Характеристика підприємства	38
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	41
3.1. Постановка проблеми	41
3.2. Результати експериментальних досліджень	43
3.3. Економічна ефективність досліджень	49
ВИСНОВКИ	51
ПРОПОЗИЦІЇ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	53

ВСТУП

Найдавнішим способом збереження м'ясної сировини можна вважати ферментацію та сушіння. Хоча історичне походження ферментованих м'ясних продуктів залишається невідомим, фрагментарні бібліографічні дослідження простежили його виникнення до понад 2500 років назад у Китаї. Багато з цих продуктів були відомі в Європі з XIII-XIV століть після того, як були привезені Марко Поло.

Після змішування подрібненого свіжого м'яса з сіллю, внесення нітратів, спецій або трав, та набивання його у кишки тварин, вироби піддавали сушінню. Стародавні люди, безумовно, усвідомлювали консервативну дію солі та сушіння, і тому протягом століть люди могли розробляти і виготовляти сушені продукти. Перше виробництво ковбас вперше було задокументовано в Стародавній Греції, де до його створення, можливо, заохочували існуючі кліматичні умови. Римляни успадкували цю традицію, і відтоді ферментовані ковбаси поширилися в країнах Центральної, Східної та Північної Європи, а також в Америці та Австралії, де ферментовані ковбаси були визнані спадщиною європейських іммігрантів. Незважаючи на широке виробництво ферментованих ковбас, Європа все ще залишається основним виробником і споживачем цих м'ясних продуктів, причому показники виробництва та споживання на душу населення є найвищими в Німеччині, Італії, Іспанії та Франції. Виробництво ферментованих ковбас у Новому Світі значно нижче: у Сполучених Штатах щорічне виробництво сушених ферментованих ковбас, ймовірно, складає лише 5% від загального виробництва ковбас. Новітні технологічні досягнення та значні покращення гігієни м'яса, які відбулися близько 50 років тому, були використані для розробки ряду ферментованих м'ясних продуктів, у яких відмінності між країнами та регіонами є результатом доступності видів м'яса, умов навколишнього середовища та традиції. Тим не менш, стабільність ферментованих м'ясних продуктів в

основному визначається поєднанням підкислення, викликаного молочнокислими бактеріями (LAB), і зниженням активності води (a_w) під час в'ялення та сушіння. Крім того, біохімічні та фізико-хімічні зміни відбуваються в результаті взаємодії мікроорганізмів, м'яса, жир і технологією переробки, завдяки чому виробляється широкий асортимент доступних ферментованих ковбас.

Оскільки виробництво ферментованих ковбас було адаптовано в основному до наявності сировини та умов навколишнього середовища виробництва, класифікацію ферментованих ковбас проводять з урахуванням різних критеріїв, таких як: вміст вологи, співвідношення вологи: білок (М : Р), втрат ваги, a_w , ступеню подрібнення м'яса та жиру та географічного регіону.

Напівсухі та сухі ферментовані ковбаси можна розрізнити на основі значення a_w або співвідношення М:Р. Ці параметри в основному застосовуються в Європі або в США, відповідно. З точки зору терміну зберігання та безпеки, сам по собі вміст вологи недостатньо інформативний у порівнянні зі значеннями a_w і рН. Комбінація початкового вмісту вологи і солі та вмісту вологи і білка, а також ступінь висихання визначають кінцеве співвідношення a_w та М : Р, відповідно. Точніше, співвідношення М : Р дає інформацію про ступінь сушіння нежирної порції м'яса. Тим не менш, кінцеві значення від 0,90 до 0,91 для a_w і 2,0 : 1 для М : Р можна розглядати як межу, що визначає належність до сухих та напівсухих ферментованих ковбас. Навіть якщо ковбаси зі схожими назвами дуже відрізняються залежно від регіону, в якому вони виробляються, загальна класифікація, заснована на остаточному вмісті вологи, рівні a_w і співвідношення М : Р.

Метою магістерської роботи була оптимізація технології ферментованих ковбас в умовах ФОП «Венгровський В.В.».

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Ковбаси: продукт харчування, безпека, переробка та підвищення якості

Ковбаси є одними з найдавніших видів оброблених продуктів, відомих людині. Велика кількість сортів ковбас виробляються в усьому світі з надзвичайною соціальною та економічною значимістю. Кожен місцевий сорт у межах кожного виду ковбас (сирих, варених і ферментованих/дозрілих) відображає доступність сировини, кліматичні умови, культурні та релігійні умови, а також знання про виробництво предків, що передаються поколіннями.

Очевидно і очікувано, що різні місцеві сорти ковбас і мистецтво їх виготовлення вдосконалювалися протягом століть завдяки досвіду та успіхам або невдачам у виробничих процесах різних поколінь.

Однак, подібно до виробництва інших харчових продуктів та інших виробничих процесів загалом, наукові знання про фізичні, хімічні та біологічні події, що відбуваються під час виробничих процесів і які відповідають за поживну цінність, сенсорні характеристики та хімічну та мікробіологічну безпеку кінцевих продуктів вивчається відносно недавно.

Розквіт наукових знань про виробництво ковбас припадає на середину 20 століття. Значна частина наукових знань, отриманих при вивченні німецьких місцевих сортів ковбас, була зібрана в посібниках [1,2], які сьогодні є вічною класикою та безперечним лідером наукової літератури у цій галузі. Ці посібники містять поради та вказівки щодо виготовлення ковбас високої та незмінної якості, уникнення найбільш поширених дефектів на виробництві.

Серед усіх видів ковбас виготовлення ферментованих ковбас має особливу складність, враховуючи, що органолептичні характеристики цих продуктів є результатом низки модифікацій сировини та інгредієнтів, яким сприяють ферменти м'ясної тканини та наявні мікроорганізмам, які

взаємодіють один з одним, і залежать від спецій та умов навколишнього середовища під час процесу дозрівання. Оскільки вони не піддаються термічній обробці, вони також є тими ковбасами, які представляють найбільший мікробіологічний ризик. Після серії новаторських досліджень, які були проведені [3], починаючи з 1980-х рр. 20 століття, збільшились дослідження біохімічної та мікробіологічної характеристики різних місцевих сортів ферментованих ковбас. Результати всіх цих досліджень, проведених переважно на місцевих сортах італійських, французьких, іспанських, грецьких та португальських ковбас отриманих шляхом спонтанної ферментації, були отримані певні закономірності, які вказують на постійність, але нерівномірну інтенсивність гліколітичних, протеолітичних, ліполітичних і окислювальних процесів, що відбуваються в різних сортах ковбас під час дозрівання, і роль у цих процесах ферментів м'язів і жиру і мікроорганізмів.

За результатами досліджень мікробіологічних особливостей цих місцевих сортів ковбаси виявлено молочнокислі бактерії та мікроорганізми, що належать до родин *Staphylococcaceae* та *Micrococcaceae*, як більшість мікробної флори з певною участю дріжджів та поверхневої плісняви у певних сортах. Молочнокислі бактерії швидко розвиваються під час ферментації ковбас, досягаючи кількості 10^8 – 10^9 КОЕ/г, які залишаються практично стабільними до кінця стадії сушіння та дозрівання. Участь цієї мікробної групи є вирішальною для забезпечення гігієнічної та санітарної якості ковбаси, оскільки вони відповідають за виробництво органічних кислот (молочної та оцтової) та зниження значень рН. Зниження рівня рН пригнічує розвиток гнильних бактерій, прискорює процес зневоднення продукту за рахунок зниження вологоутримуючої здатності білків, впливає на формування кольору та стабільність, а також сприяє аромату та смаку ковбас, особливо короткого дозрівання.

Крім того, вони можуть виробляти бактеріоцини, білкові сполуки, які також сприяють його антимікробній активності, полегшуючи його

імплантацію та пригнічуючи розвиток небажаних мікроорганізмів. Ліполітична активність молочнокислих бактерій вважається слабкою, але не настільки її протеолітична активність, яка вивчена і продемонстрована особливо у різних видів *Lactobacillus*.

Через більшу стійкість до солі та меншу потребу в кисні стафілококи у цьому виді м'ясних продуктів значною мірою переважають над мікрококами. Кількість стафілококів досягає приблизно 107 КОЕ/г. Ріст цих мікроорганізмів пригнічується зниженням значень рН, так що лише у випадку ковбас, приготованих з високою концентрацією нітратів і низькими концентраціями вуглеводів, ці мікроорганізми можуть стати основною мікробіотою, кількість якої перевищує молочнокислі бактерії.

Роль стафілококів у процесах виробництва м'ясних продуктів зосереджена в основному на трьох метаболічних аспектах:

- активності нітратів і нітритредуктази, які дають змогу розвивати типове червоне забарвлення цих продуктів, оскільки утворений оксид азоту реагує з міоглобіном і дає нітрозилміоглобін рожевого кольору;
- каталазну активність, яка руйнує перекиси, які накопичується в ковбасах під час ферментації, і яка може мати негативний вплив, окисляючи залізо і впливаючи на колір, також сприяючи окисленню ліпідів;
- протеолітичну і ліполітичну діяльність, які мають численні ліпази та протеази, які сприяють розщепленню тригліцеридів та утворенню пептидів, амінокислот та інших сполук, оскільки всі вони є джерелом летких сполук, які істотно впливають на аромат продукту.

Цвілі є аеробними мікроорганізмами, тому їх зростання є в основному поверхневим, кожна з яких у деяких сортах ковбас становить 105–107 КОЕ /см². Наявність поверхневої мікробіоти в ковбасах має ряд бажаних ефектів, запобігає утворенню поверхневої скоринки, що сприяє однорідному зневодненню продукту, запобігає прогорканню, захищаючи ковбасу від

прооксидантного впливу світла, і сприяє розвитку характерного аромату і смаку, завдяки ліполітичною та протеолітичною здатністю деяких штамів цвілі.

Популяція дріжджів у ферментованих ковбасах була мало вивчена, оскільки його низька частка порівняно з бактеріальною мікробіотою призвела до недооцінки його ролі багатьма авторами. Дріжджі містяться в ферментованих ковбасах на рівні від 10^3 КОЕ/г до 10^5 КОЕ/г протягом усього виробничого процесу.

Дріжджі сприяють стабілізації кольору ковбаси, витісняючи кисень і розкладаючи перекиси завдяки каталазній активності. Крім того, їх протеолітична та ліполітична активність сприяє розвитку характерного смаку та аромату кожного продукту.

В останні десятиліття з кожної з цих мікробних груп були взяті ізоляти з найпоширеніших сортів ферментованих ковбас і ідентифіковані як класичними, так і молекулярними методами. З деякими незначними відмінностями між сортами ковбаси, мікробний профіль ковбас, отриманих шляхом спонтанної ферментації, досить постійний незалежно від типів і регіонів походження. Серед молочнокислих бактерій, хоча були описані інші роди, такі як *Leuconostoc*, *Carnobacterium*, *Pediococcus* та *Enterococcus*, основною групою є лактобактерії і перш за все гомоферментативні лактобактерії, особливо *Lactobacillus sakei*, *L. curvatus*, *L. plantarius* і *L. Alimentarium*. *Lactobacillus sakei*, вочевидь, краще пристосовані до екосистеми, яку представляють ферментовані ковбаси, та до особливих умов навколишнього середовища.

Серед ідентифікованих видів стафілококів значною мірою переважав *Staphylococcus xylosus*, а потім інші види, такі як *S. carnosus*, *S. equorum*, *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. lentus* та *S. sciuri*. Серед пліснявих грибів, присутніх у м'ясі та м'ясних продуктах, домінуючими були описані види родів

Mucor, *Rhizopus*, *Aspergillus* та *Penicillium*, основними видами яких є *P. nalgiovense* та, меншою мірою, *P. chrysogenum*.

Debaryomyces hansenii був визначений як основний і більш стійкий вид дріжджів. Саме участь у більшості тих чи інших видів мікробів разом із особливим застосуванням деяких процесів, таких як копчення або додавання специфічних спецій та добавок, визначає особливості, які надають індивідуальність кожній із ковбас з різних країн та регіонів.

Коли ферментовані ковбаси виготовляють традиційним способом, без додавання стартових культур, тільки умови навколишнього середовища в ковбасах сприяють селективному зростанню вже адаптованої мікробіоти. Щоб гарантувати наявність цієї мікробіоти, практика, яка використовувалась протягом багатьох років, полягала в інокуляції порції попередньо ферментованого м'яса в свіжу суміш, за допомогою якої отримують продукти кращої консистенції та стабільності. Jensen and Paddock [4] були першими авторами, які дослідили можливість використання штаму *Lactobacillus* у виробництві ферментованих ковбас, що викликало інтерес інших дослідників, як європейців, так і американців, які почали більш глибоке вивчення стартових культур та їх застосування в м'ясній промисловості.

Стартові культури додають до суміші, щоб належним чином контролювати процеси бродіння та дозрівання ковбасних виробів таким чином, щоб стандартизувати процес і якість кінцевих продуктів. Це можливо завдяки метаболічній активності стартових культур, які розвиваються при переробці м'ясопродуктів і впливають на різні якісні фактори. Додані мікроорганізми закріплюються як переважаюча мікробіота, направляючи ферментацію та виключаючи небажану мікробіоту, зменшуючи таким чином гігієнічні ризики та втрати через недоліки мікробного походження. Крім того, завдяки своїй ферментативної, протеолітичної та ліполітичної активності стартові культури покращують поживні та сенсорні якості продукту, одночасно покращуючи швидкість та однорідність сушіння, що є

технологічною перевагою. Проте комерційні закваски повинні відповідати низці вимог безпеки та мати технологічну конкурентоспроможність та економічну життєздатність, щоб їх застосування приносило очікувані результати. Що стосується безпеки, мікроорганізми, які використовуються як стартові культури, не повинні мати ні токсичну або патогенну активність, а препарати не повинні містити будь-яких видів забруднюючих речовин, біологічних чи хімічних. За технологічними функціями мікроорганізми, що інокуюються, повинні переважати над спонтанною мікробіотою м'ясної маси і розвивати свою метаболічну активність. Нарешті, з точки зору економічних аспектів, використання стартових культур має бути економічно вигідним і простим у обробці. Крім того, зберігання заморожених ліофілізованих культур не повинно впливати на властивості штаму або спричиняти втрати від їх активності.

Першою стартовою культурою, що почали використовувати у м'ясній промисловості, був штам *Pediosoccus cerevisiae*, пізніше класифікований як *Pediosoccus acidilacti*. Він був проданий компанією Merck в США в 1957 році для виробництва літніх ковбас та сосисок. Практично одночасно в Німеччині в 1961 році був реалізований штам *Micrococcus* (*Micrococcus* M53), що поставлявся компанією Rudolf Müller, а в 1966 році вперше з'явилася стартова культура, яка поєднувала *Lactobacillus plantarum* зі штамом *Micrococcus*. Проте широке використання заквасок у м'ясній промисловості почало розвиватися лише у 1980-х роках. Використання заквасок, які зазвичай складаються з молочнокислих бактерій (переважно штаму *Lactobacillus* і коагулазонегативного стафілокока (CNS), є поширеною та ефективною практикою у виробництві ферментованих ковбас з метою покращення кольору та розвитку смаку, забезпечення безпеки та подовження терміну зберігання.

Використання стартових культур та їх вплив на мікробіологічні, фізико-хімічні та безпечні властивості різних місцевих видів ферментованих ковбас було однією з найбільш постійних тем дослідження за останні десятиліття.

Однак використання комерційних неавтохтонних стартових культур може негативно вплинути на сенсорні характеристики ковбас, що призведе до втрат особливо бажаних органолептичних властивостей, які характеризують кожен тип ковбас.

Тому інтерес дослідників викликала розробка специфічних стартових культур, що складаються з штамів, виділених із спонтанних неконтрольованих розробок відповідного типу ковбас та адекватно охарактеризованих за своїми метаболічними показниками.

В даний час напрямки досліджень щодо використання стартових культур у м'ясній промисловості розширені у своїх цілях. Різні дослідники додавали протеази та ліпази, щоб сприяти розвитку аромату та прискорити процеси дозрівання в ферментованих ковбасах. Нарешті, ще один поточний напрямок досліджень полягає у використанні пробіотичних молочнокислих бактерій, як закваски в сирих ковбасах, що дозволяє отримати функціональні продукти харчування.

Безпека ковбас також була предметом численних досліджень в останні десятиліття. Мікробіологічні небезпеки, в основному представлені патогенами харчового походження, такими як *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica*, і ще рідше патогенними агентами, такими як *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, *Aeromonas* spp., були належним чином ідентифіковані в ковбасах з різними біохімічними та технологічними властивостями. Таким же чином були охарактеризовані хімічні небезпеки, головним чином біогенні аміни, нітрозаміни, мікотоксини та поліциклічні ароматичні вуглеводи.

Розроблено та розглянуто заходи контролю та запобігання як мікробіологічної, так і хімічної небезпеки. Використання належним чином підібраних заквасок може бути вирішенням більшості цих небезпек. Останнім часом споживачів дедалі більше хвилює зв'язок між здоров'ям і харчуванням, і вони вимагають продуктів, які не шкодять їхньому здоров'ю, а в ідеалі навіть

захищають і покращують його. У цьому сенсі існує занепокоєння з приводу надмірного вмісту солі, кількості та якості жиру в раціоні та його доведеного зв'язку з деякими серцево-судинними захворюваннями та деякими видами раку.

1.2. Загальна характеристика ферментованих ковбас

Велика різноманітність ферментованих ковбас і процесів ферментації детально описано в джерелах [6, 7]. Найчастіше ферментовані ковбаси виготовляють з двох третин нежирного м'яса таких як свинина і яловичина, і однієї третини жиру – свинячого шпикю. М'ясо нарізають і змішують з шпиком, спеціями, сіллю, цукром, нітритом натрію (іноді нітратом) і стартовими культурами. Як правило, стартові культури являють собою один вид молочнокислих бактерій (LAB) або LAB, змішаний з іншими бактеріями, такими як *Staphylococcus xylosus* або *Staphylococcus carnosus*. Суміш заправляють у натуральні або штучні оболонки різного діаметру та піддають процедурі ферментації, при якій LAB зростають і перетворюють цукор на молочну кислоту, що призводить до зниження рН приблизно з 5,8 до 5,3–4,6, залежно від кількості доступних цукрів, що піддаються ферментації, та умови процесу. Стафілококи, якщо вони є, сприяють розвитку аромату та зменшенню нітритів та нітратів. Згодом ковбаси сушать, поки не буде досягнуто бажаного a_w . Етапи ферментації та сушіння проводять у коптільних камерах та сушильних приміщеннях із контрольованою температурою та вологістю.

Ферментовані ковбаси можуть бути як сухими, так і напівсухими [8]. Зазвичай DFS мають $a_w \leq 0,90$, тоді як для напівсухих ковбас a_w коливається від 0,90 до 0,95 [8]. Сухі ковбаси американського типу, такі як генузька салямі, суха салямі та пепероні, містять 25–40% вологи, сильно приправлені спеціями, не нагріваються вище 26,7° C, мають тверду консистенцію та, як правило, стійкі до зберігання.

У Європі такі ферментовані ковбаси можна ще поділити на північні та середземноморські [9]. Продукти північного типу, такі як сервелатвurst, вестфальська салямі, плоквurst, боренметвurst та бельгійська салямі, часто містять яловичину та свинину і характеризуються відносно короткими до 3 тижнів термінами дозрівання і передбачають чітко розділені періоди ферментації та сушіння. Швидке закислення до кінцевих значень рН нижче 5 і копчення забезпечують мікробіологічну безпеку та термін зберігання. Середземноморські ковбаси, такі як іспанський сальчічон і чорізо та італійська салямі, є переважно продуктами зі свинини і мають більш тривалий період дозрівання, до кількох місяців, часто без чіткого розділення між ферментацією та сушінням. Дим не застосовується, а підкислення до кінцевих значень рН вище 5 відбувається повільніше. Замість копчення ковбаси часто покривають специфічною пліснявою. Напівсухі ковбаси, такі як літня ковбаса, сервелат, ліванська болонья та меттвurst, зазвичай ферментують при більш високих температурах (32,5–38,1° С), протягом більше 18 годин до кінцевого рН < 4,7. Вони мають вологість від 45 до 50%, сильно копчені, злегка приправлені спеціями і зазвичай нагріваються до внутрішньої кінцевої температури від 43 до 65°С.

1.3. Основні інгредієнти ферментованих ковбас

Здорове харчування протягом усього життя допомагає запобігти недоїдання у всіх його формах, а також низку неінфекційних захворювань і станів [10]. Збільшення виробництва обробленої їжі, швидка урбанізація та зміна способу життя призвели до зміни харчових моделей. Люди споживають більше продуктів з високим вмістом енергії (жири та цукри). Споживання енергії (калорій) має бути збалансовано з витратою енергії. Дані вказують на те, що загальний вміст **жирів** не повинен перевищувати 30% від загального споживання енергії, щоб уникнути нездорового збільшення ваги, з переміщенням споживання жирів від насичених жирів до ненасичених.

Щодо поліненасичених жирних кислот, контрольоване харчування та групові дослідження споживання ейкозапентаєнної кислоти (ЕРА) та докозагексаєнної кислоти (ДНА) продемонстрували фізіологічні переваги щодо артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, рівня тригліцеридів та ймовірного запалення, функції ендотелію та діастолічної функції серця.

Послідовні докази зниження ризику смертельної ішемічної хвороби серця та раптової серцевої смерті при споживанні приблизно 250 мг/добу ЕРА плюс ДНА [11]. У промислово розвинених країнах приблизно 36–40% загальної кількості калорій в їжі надходить із жиру, майже половина з них – із споживанням м'яса [12].

Щоб зменшити кількість жиру в ферментованих ковбасах, слід додавати менше жиру в фарш. Однак існують обмеження щодо того, наскільки великим може бути таке зниження, перш ніж це призведе до зниження сенсорної та технологічної якості ковбас, оскільки жири впливають на смак, текстуру та смакові відчуття. У Норвегії один з великих виробників ферментованих ковбас має комерційний продукт під назвою «Екстра салямі», який виробляється з внесенням на 20% менше жиру, ніж у стандартному рецепті салямі. Альтернативна стратегія - замінити частину свинячого жиру більш здоровими ненасиченими жирами або оліями.

Але існує кілька проблем, які пов'язані із заміною олії тваринним жиром у подрібнених м'ясних продуктах. Введення гідрофобних олій може бути складним, оскільки м'ясо містить приблизно 75% води і є гідрофільним. Також збільшення вмісту ненасичених жирних кислот підвищує схильність до окислення ліпідів, що зменшує термін зберігання виробів [13]. У багатьох випадках цю проблему можна пом'якшити шляхом емульгування або інкапсулювання олії та додавання антиоксидантів.

У комплексі дослідів з ферментованими ковбасами 25% свинячого жиру замінювали на емульсію з лляною олією [14]. Під час дозрівання таких ковбас із додаванням бутилгідрокситолуолу та бутилгідроксианізолу в якості

антиоксидантів проблем окислення виробів не виявлено. Істотних змін запаху, зовнішнього вигляду, смаку та ступеня окислення не спостерігалось. У ферментованих ковбасах у голландському стилі 15 або 30% свинячого жиру було замінено чистим комерційним інкапсульованим риб'ячим жиром, доданим як у чистому вигляді або у вигляді попередньо емульгованої суміші з ізолятом соєвого білка [15]. Було виявлено, що ковбаси з інкапсульованим риб'ячим жиром зберігали загальну якість, і не було виявлено чітких ефектів у різних сенсорних характеристиках.

У більшості експериментів, де олія частково замінило жир, олію додавали разом зі стабілізаторами. У ферментованих ковбасах з низьким вмістом жиру (загальний вміст жиру 10%) 20% жиру замінювали олією з попереднім емульгуванням і додавали ι -карагенан [16]. Застосування вакуумної упаковки протягом останніх двох тижнів дозрівання покращило фізико-хімічні характеристики ковбас і призвело до сенсорних властивостей, які дорівнювали або були кращими, ніж ковбаси з високим вмістом жиру з 30% свинячого жиру. Так само, 32,8% жиру можна замінити гелевою емульсією з карагенану з лляною олією без втрат сенсорних якостей [17]. У чорізо в стилі Памплони виготовляли ковбаси з низьким вмістом іонів натрію та з низьким вмістом жиру (на 20% менше, ніж стандартний рецепт) [18]. В досліді 58% NaCl було замінено на 20% KCl та 38% CaCl₂, а 50% свинячого жиру було замінено альгінатною емульсією, що складається з 64% води та 30% оливкової олії. У ковбаси також додавали 5% інуліну. Ці ковбаси зберегли сенсорні характеристики, подібні до традиційного контрольного чорізо, і отримали хорошу оцінку від споживачів. Жир також можна частково замінити іншими складовими. Наприклад, у досліді, в якому 50% свинячого жиру було замінено гелем конджаку, низькокалорійним інгредієнтом з високим вмістом неперетравлюваної клітковини, ковбаси мали сенсорну оцінку, подібну до контрольної групи ковбас [12].

На норвезькому ринку доступні для покупців «Супер салями» з меншим на 45% вмістом жиру і з 10% олії канולי, інкапсульованим в альгінаті та гуаровій камеді. Готові ковбаси містять 20% жиру, з них 25% – насичені жири, 60% – мононенасичені, 15% – поліненасичені. В дослідженнях Bolger та ін. [13] визначено підходи до більш здорових рецептур подрібнених м'ясних продуктів в поєднанні з жиром та сіллю.

Сіль виконує багато важливих функцій у ферментованих ковбасах, у яких вона сприяє утворенню смаку, текстури, мікробіологічній безпеці та загальним характеристикам. Високе споживання іонів натрію (>2 г Na^+ /добу, що еквівалентно 5 г солі (NaCl)/добу) сприяє підвищенню артеріального тиску та підвищенню ризику серцевих захворювань та інсульту [19]. Більшість людей споживають занадто багато солі, в середньому 9–12 грамів на день, що приблизно вдвічі перевищує рекомендований максимальний рівень споживання. Основною перевагою зниження споживання солі є відповідне зменшення її споживання при високому артеріальному тиску. Держави-члени ВООЗ погодилися зменшити споживання солі населенням планети на приблизно 30% до 2025 року. Зменшення споживання солі було визначено як один з найбільш економічно ефективних заходів, якій країни можуть вжити для покращення стану здоров'я населення. За оцінками, щороку можна було б запобігти 2,5 мільйонам смертей, якби світове споживання солі було знижено до рекомендованого рівня. М'ясо та м'ясопродукти займають приблизно 21% у споживання натрію [20].

Ферментовані ковбаси містять велику кількість солі, яка сприяє мікробіологічній безпеці та терміну зберігання, зв'язуючи воду і роблячи її недоступною для мікроорганізмів. Сіль також має глибокий вплив на технологічні властивості м'яса і, таким чином, на текстуру ковбаси. Це полегшує розчинення міофібрилярних білків, підвищує зв'язуючі властивості білків для поліпшення текстури та збільшує в'язкість фаршу.

Оскільки іони Na^+ викликають проблеми зі здоров'ям, було досліджено зниження вмісту NaCl та/або заміну деяких з них іншими солями, такими як KCl або CaCl_2 . Іони калію можуть давати гіркий смак, що обмежує кількість введення в продукт. Зміни органолептичних показників ферментованих ковбас не виявлено при заміні KCl на NaCl нижче 40% [21]. Corral et al. спостерігали аналогічні результати для ковбас з повільною ферментацією, ферментованих і сушених при 10–12°C протягом 57 днів, у яких 16% NaCl було замінено на KCl [22]. Хоча було виявлено незначне зменшення аромату, було визначено, що ковбаси мають таку ж загальну якість, як і контрольні з 2,7% NaCl .

Dos Santos et al. виготовляли ферментовані ковбаси зі зниженням вмісту NaCl на 50% (12,5 г/кг); ковбаси, де 50% NaCl замінювали KCl , CaCl_2 або сумішшю KCl і CaCl_2 1:1 [23]. Зниження NaCl на 50% і заміна KCl на 50% NaCl не вплинули на процес ферментації та дозрівання. У ковбасах з CaCl_2 відбулось зниження рН, збільшення a_w і зниження продукування молочної кислоти. В цілому сенсорне сприйняття зменшилось у ковбасних виробках зі зниженим вмістом натрію. Однак проведені опитування визначили групу споживачів, яким сподобались ковбаси із 50% зменшеним NaCl , заміненим на KCl або суміш KCl та CaCl_2 . De Almeida et al. виготовляли ковбаси селямі зі зниженням вмісту NaCl на 60% та додаванням різної кількості суміші KCl та CaCl_2 у співвідношенні 1:1 [24]. Заміна солі на суміш не вплинула на технологічний процес, але ковбаси мали меншу якість. Автори запропонували посилити сенсорне сприйняття шляхом додавання спецій та інших підсилювачів смаку. Ця стратегія була успішно використана, коли ковбаси виробляли з заміною 25% або 50% NaCl на KCl і додаванням 2% дріжджового екстракту [25]. Підвищений рівень летючих сполук від катаболізму дріжджового екстракту пригнічував сенсорні дефекти, викликані внесенням KCl . KCl вважається безпечним і проявляє антимікробну дію, подібну до NaCl [26]. Тому заміна

деякої частину NaCl на KCl не повинна впливати на антимікробну безпечність ковбас [27].

Нітрит на додаток до важливого консервуючого ефекту, бере участь у розвитку червоного кольору ковбасних виробів, формування та розвиток аромату і діє як антиоксидант.

Відповідно до Регламенту Комісії (ЄС) № 1129/2011, нітрати (нітрат натрію, E251; калієва селітра, E252) та нітрити (нітрит натрію, E250 та нітрит калію, E249) визначені як дозволені харчові добавки. Максимальна добова доза, дозволена ЄС для використання у м'ясних продуктах, становить 300 мг/кг нітрату (для деяких продуктів 250 мг/кг нітрату).

Нітрати можуть бути відновлені грам+каталазою+коками (GCC+) до нітритів у м'ясі. Нітрати менш використовуються на даний день і, в основному, використовуються в сушених в'ялених шинках і сухих ковбасах, де тривалі, повільні процеси сушіння вимагають довготривалого зберігання нітриту, який у кількох реакціях відновлюється до оксиду азоту, який потім може реагувати з міоглобіном у м'ясі, утворюючи червоний колір [29-30]. Для нітритів залишкові кількості будуть змінюватися в залежності від рецептури продукту, особливо якщо додавати аскорбат (вітамін С) для запобігання окислення та покращення кольору продукту. За даними EFSA, інгібуючу дію проти мікроорганізмів сприяє вхідна кількість нітриту, а не залишкова кількість.

Смак – це комплексна ознака, що включає смак, запах, текстуру та температуру. М'ясо, сіль, молочна кислота та спеції є головною причиною утворення аромату. Нітрити надають аромат в'яленому м'ясу. Було проведено кілька експериментів з беконом, сосисками та шинкою з нітритом та без нього. Отримані результати свідчать про вищі показники рівня смаку для продуктів, виготовлених з нітритом.

Антиоксидантні властивості нітриту запобігають розвитку прогірклих неприємних ароматів. Антиоксидантні властивості обумовлені тим, що нітрит

окислюється до нітрату за рахунок поглинання кисню, який стає недоступний для окислення жирних кислот.

Аналогічно, оксид азоту може легко поглинати кисень і окислюватися до NO_2 [29]. Крім того, стабільні комплекси між сполуками, отриманими з нітритів, та залізом з гемовим зв'язком пригнічують вивільнення вільного Fe_2^+ , який, отже, недоступний для ініціації перекісного окислення ліпідів [31]. Антиоксидантні властивості нітритів також частково пояснюються реакцією нітритів і дінітрогентиоксидів з ненасиченими ліпідами і утворенням похідних нітро-нітрозо і таким чином стабілізують ліпіди і запобігають окисленню.

З точки зору здоров'я, нітрати відносно нетоксичні, але нітрити та сполуки метаболізму нітритів, такі як оксид азоту та сполуки N-нітрозо, викликали занепокоєння щодо потенційного шкідливого впливу на здоров'я людини [32]. Міжнародне агентство з досліджень раку (IARC) дійшло висновку, що нітрати і нітрити, ймовірно, є канцерогенними для людини в певних умовах. Під час затвердіння в кислому середовищі недисоційована азотиста кислота захоплює іон водню і відщеплює молекулу води. Отриманий позитивно заряджений іон нітрозонію може потім реагувати з аміногрупами з утворенням N-нітрозамінів, деякі з яких є канцерогенними. У м'ясі найбільш актуальними нітрозамінами є N-нітрозодиметиламін (NDMA), N-нітрозопіперидин (NPIP) і N-нітрозопіролідін (NPYR).

Утворення цих сполук можливе лише за наявності вторинних амінів, pH повинен бути $<5,5$, а температура повинна бути $> 130^\circ \text{C}$ (NPYR) або продукт повинен тривалий час зберігатися при кімнатній температурі (NDMA, NPYR) [38]. N-нітрозаміни також можуть утворюватися з біогенних амінів. В ході обстеження ферментованих ковбас північно-південноєвропейського типу в Бельгії N-нітрозаміни були виявлені в 54 із 101 зразка [33]. Загальна кількість залишалася нижче $5,5 \mu\text{g/kg}$, за винятком одного зразка з $14 \mu\text{g/kg}$.

NPiP був найпоширенішим N-нітрозаміном, присутнім вище межі у 28% ковбас. Існував лише обмежений зв'язок між вмістом N-нітрозаміну та залишковим рівнем NaNO_3 і жодного зв'язку з рівнем NaNO_2 . Автори припустили, що кількість N-нітрозамінів була низькою, оскільки середні концентрації залишкових рівнів NaNO_2 та NaNO_3 були нижчими за 20 мг/кг у перевіряємих продуктах. EFSA посилається на кілька досліджень залишкових рівнів нітритів у в'ялених м'ясних продуктах. Діапазон значно варіював, але загалом середні рівні залишків були низькими. Наприклад, у Франції 74% протестованих сирих в'ялених м'ясних продуктів знаходилися в діапазоні 0–9 мг/кг. У Німеччині було перевірено 116 зразків в'ялених м'ясних продуктів, з яких 85% містили менше 20 мг/кг. Деяке зменшення загального вмісту N-нітрозаміну у ферментованих ковбасах виявилось можливим завдяки додаванню аскорбінової кислоти [34]. Велика кількість продуктів харчування, морепродуктів, м'ясопродуктів, рослинних олій, соусів та приправ містять N-нітрозаміни в діапазоні від 0,2 до кількох $\mu\text{g}/\text{kg}$ [35].

На даний час зростає популярність в'яленого м'яса, виготовленого як "натуральне" та "органічне" без додавання нітратів або нітритів [28, 36, 37]. Ці процеси «природного затвердіння» полягають в додаванні природного джерела нітратів разом із стартовою культурою, що знижує рівень нітратів. Найчастіше природним джерелом був концентрований овочевий екстракт селери (*Apium graveolens* var. *dulce*) з вмістом приблизно 3% нітратів. Іноді екстракти попередньо обробляють для перетворення нітрату в нітрит перед використанням. Інші використовували порошки з мангольду (*Beta vulgaris* var. *sisila*). Цей продукт містить від 3,0 до 3,5% нітратів. Перевага цього продукту порівняно з екстрактами селери в тому, що він не містить алергенів.

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, щоденне споживання нітратів з їжею зазвичай становить від 40 до 172 мг [38]. Значна кількість харчових нітратів надходить через фрукти та овочі. Наприклад,

приблизно 98% раціону харчування шведських дітей походить з фруктів і овочів і лише 2% – з в'ялених м'ясних продуктів [39].

Навпаки, харчові нітрити складають менше 20% добової експозиції нітритів. Решта 80% є результатом ендогенного біоперетворення харчових нітратів у нітрити в слині. Люди зазвичай споживають від 0,3 до 2,6 мг нітритів щодня [38]. Деякі звіти підраховують, що в'ялене м'ясо становить 4,8% добового споживання нітритів [40].

Оксид азоту бере участь у регуляції артеріального тиску, регуляції функцій шлунково-кишкового, дихального та сечостатевого тракту та імунологічних реакцій. Базальний рівень нітратів у крові становить близько 2 мг/кг, а рівень нітритів – приблизно в 100 разів нижче. Недостатність продукування оксиду азоту може призвести до ряду хвороб, таких як гіпертонія, атеросклероз та тромбоз, і це можна полегшити за допомогою дієтичних нітритних втручань [41]. У всьому світі було проведено ряд досліджень «випадок-контроль», щоб визначити, чи існує зв'язок між раком шлунку та споживанням нітратів. В результаті проведених досліджень не було прямого зв'язку. Інші дослідження, які намагаються пов'язати споживання нітратів та нітритів з раком мозку, стравоходу та носоглотки, були безрезультатними.

Таким чином можна стверджувати, що позитивні ефекти затвердіння ферментованих ковбас є більш значущими на тлі невеликої ймовірності утворення низьких доз нітрозамінів. Споживання нітритів з м'ясних продуктів досить невелике в порівнянні з іншими продуктами харчування.

Копчення є традиційною обробкою ферментованих ковбас північного типу і є частиною консервації для запобігання росту цвілі та бактерій на поверхні продукту. Крім того, копчення додає бажаний копчений присмак, затримує окислення ліпідів і сприяє утворенню відповідного кольору – від світло-лимонного до темно-коричневого в залежності від виду тліючої деревини та часово-температурного режиму процесу. Дим утворюється від

тління деревини, зазвичай бука, дубу, вільхи, горіху або клену, а також плодових дерев. Деревина зазвичай ріжеться на стружку або тирсу. Термічний склад деревини з подальшим окисленням сприяє утворенню різних сполук, головним чином H_2O , CO , CO_2 , спиртів, карбонільних сполук, карбонових кислот, складні ефірів, вуглеводів, оксидів азоту та фенолів [42, 43]. Більшість цих сполук на законодавчому рівні не дозволяється додавати до харчових продуктів у чистому вигляді; однак, їх токсичність і концентрація в продуктах дуже низькі, копчення, як правило, вважається безпечним. Багато фенолів, таких як гваякол та його похідні, крезол, пірокатехоли та пірогалол, мають високу антимікробну активність.

Вміст і розподіл цих сполук у копчених продуктах пов'язані з їх розчинністю в ліпідній і водній фазах продуктів. Поки що неможливо точно передбачити концентрацію фенолів диму, необхідну для пригнічення бактерій. Інгібуюча концентрація димових фенолів для *Listeria monocytogenes* знаходиться в діапазоні 10–100 мкг/г, що і при копченні міні-салями (діаметр 20 мм) з буком (35–75 мкг/г)). Бажаний димний аромат переважно обумовлений такими фенолами, як сирингол, 4-метилсирингол, 4-алілсирингол, гваякол, 4-метилгуаякол і транс-ізоєвгенол [42].

Деякі вуглеводи, що утворюються в димі, небезпечні для здоров'я людини, а саме поліциклічні ароматичні вуглеводні (PAHs). Це високогідрофобні сполуки, що складаються з двох або більше конденсованих ароматичних кілець, переважно з атомів водню та вуглецю. З'єднання з чотирма і більше кільцями менш леткі і адсорбуються на сажі та інших частинках горіння. Є 15-16 PAHs, які вважаються небезпечними Європейським Союзом через їх канцерогенність та мутагенні властивості [44]. Вони класифікуються як канцерогенні, ймовірно канцерогенні, можливо, канцерогенні, і не підлягають класифікації. З'єднання PAHs перетворюються в діолепоксиди і ковалентно зв'язуються з ДНК і викликають помилки в реплікації, мутації та генезі пухлин. Відомо, що бензопирен при пероральному

введенні викликає пухлини шлунково -кишкового тракту, печінки, легенів та молочних залоз мишей та щурів, а також асоціюється з кількома іншими видами раку [45].

Для некурців основним джерелом надходження РАНs є продукти харчування. Було розраховано середній рівень споживання РАНs в європейських країнах, який варіював від 235 нг/кг маси тіла на день (3,9 нг/кг маси тіла (м.т.) на добу) до 389 нг/кг/день (6,5 нг/кг м.т. на день).), відповідно, лише для бензо(а)пірену та 1168 нг/день (19,5 нг/кг маси тіла на добу) та 3078 нг/день (51,3 нг/кг маси тіла на добу) відповідно для РАН8.

Два найбільші внески в харчуванні були внесені зерновими та злаковими продуктами та морепродуктами. Тому було визначено, що бензо(а)пірен не є відповідним індикатором для виявлення РАНs в харчових продуктах, і краще використовувати конкретну групу з чотирьох (РАН4) або восьми (РАН8) базуючись на основі наявних даних щодо наявності та токсичності. Комісія ЄС у Регламенті Комісії (ЄС) 835/2011 встановила верхню межу ВаР та РАН4 для копченого м'яса та копченостей. Станом на 1 вересня 2014 р. обмеження для ВаР становить 2 $\mu\text{г}/\text{кг}$, а загальна кількість РАН4 — 12 $\mu\text{г}/\text{кг}$ [46].

Накопичення РАН в різних копчених м'ясних продуктах суттєво пов'язане з параметрами копчення та типом деревини, що використовується для диму, і навіть з розташуванням продукту в печі, що впливає на температуру та швидкість диму. Кодекс комісії Аліментаріус САС/RCP 68/2009 визначає десять показників, які необхідно контролювати, щоб мінімізувати та запобігти забрудненню м'ясних продуктів РАН під час копчення [47]. Такими показниками є тип деревини, метод копчення або сушіння (прямий чи непрямий), процес утворення диму (температура, потік повітря, тертя проти тління, рідкий дим), відстань між продуктом харчування та джерелом тепла, положення продукту по відношенню до джерела тепла, вміст жиру в їжі, тривалість копчення та прямого сушіння, температура під час копчення та прямого сушіння, чистота та технічне обслуговування

обладнання, і, нарешті, конструкція коптильної камери та обладнання, що використовується для утворення димоповітряної суміші. Важливість цих факторів була розглянута Ledesma et al. [43].

Вміст РАН в копченостях зазвичай значно нижче максимального рівня, встановленого Комісією ЄС [52]. Найбільша кількість ВаР осідає на оболонці м'ясного продукту, і лише незначна частина потім мігрує в продукт [43]. Вміст РАН в ковбасах буде залежати від типу використовуваної оболонки. Так, наприклад для сухих ферментованих ковбас Petrovska kolbasa із Сербії, так і традиційних сухих ковбас з Португалії рівень забруднення РАН був нижчим, коли використовували колагенові оболонки [48, 49].

Одним із варіантів зниження РАН в м'ясних продуктах є використання рідкого диму – це більш простий, швидкий і відтворюваний процес. Рідкий дим утворюється шляхом охолодження та конденсації диму з деревини. Рідкий дим потім очищають і фільтрують для видалення токсичних і канцерогенних домішок, що містять РАН. Тому використання рідкого диму, як правило, загрожує здоров'ю менше, ніж традиційне копчення.

Стартові культури у традиційному процесі виробництва ферментованих ковбас (бактерії, дріжджі та грибки) в різному ступеню беруть участь у формуванні якості кінцевого продукту. Однак загальновизнано, що LAB відіграє найбільш помітну роль, оскільки початкове підкислення є суттєвим як технологічно, так і з точки зору безпеки. Низький рН і органічні кислоти пригнічують забруднену флору і потенційні патогени та забезпечують збереження виробів. Кислотні умови також сприяють утворенню текстури внаслідок коагуляції білка м'яса та формуванню кольору через реакції нітриту та монооксиду азоту з міоглобіном. Хоча LAB також сприяють утворенню аромату, головним чином за рахунок продукування органічних кислот, інші групи бактерій є теж важливими. Це грампозитивні каталазопозитивні коки (GCC+), зокрема коагулазонегативні стафілококи (CNS). CNS перетворює амінокислоти та вільні жирні кислоти в потужні ароматичні сполуки,

необхідні для формування смакових ноток ферментованих ковбас. Крім того, CNS також володіють високоактивними нітратредуктазою та каталазою, які сприяють утворенню кольору, виробляючи нітрит із нітратів та обмежуючи окислення ліпідів, що може спричинити прогірклість [50].

Традиційне виробництво ферментованих ковбас засноване на спонтанному бродженні; тобто ендогенні мікроорганізми, присутні в сировині, будуть виконувати мікробну трансформацію матеріалу. Проте вже давно відомо, що кращу якісь продукту можна отримати, якщо додати невелику частину попередньої успішної партії під час виготовлення нової [51]. Це є попередником використання заквасок, тобто навмисного додавання попередньо виготовлених мікробних культур до процесу ферментації, як окремої, так і змішаної, з метою контролю та стандартизації процесу. Закваски першого покоління для ферментованих ковбас були розроблені в 1940-х роках у США. Однак вони не були засновані на домінуючих мікроорганізмах, що були виявлені при спонтанному бродінні або навіть виділені з м'яса, а скоріше за їх технологічною доцільністю, наприклад, витримуванням сублімаційного сушіння та швидкістю вироблення кислоти. Ці культури, насамперед штами родів *Pediosoccus*, були корисні для окремих продуктів, вироблених у США, тобто «літніх ковбас» з дуже короткими термінами виробництва та дозрівання. Однак вони були менш придатними для продуктів європейської традиції з більш тривалим часом бродіння та дозрівання. Дослідження 1960-1970-х рр. та 1980-х рр., що також підтверджено багатьма пізнішими дослідженнями, виявили, що у цих видах ковбас переважали *L. sakei* або споріднений вид *L. curvatus* і, певною мірою, *L. plantarum* [52]. На їх основі часто базуються закваски LAB другого покоління, які зараз широко використовуються [53]. Молекулярна характеристика за допомогою, наприклад, секвенування геному та порівняльної геноміки показала, що штами *L. sakei*, виділені з ферментованого м'яса, еволюціонували, щоб бути ідеально пристосованими до цього конкретного середовища [54].

L. plantarum не має цієї специфічної адаптації, але є швидкозростаючою і гнучкою бактерією з найбільшим розміром генома лактобактерій. Було визначено, що деякі специфічні нестартерні штами *L. plantarum* LAB («домашня флора») перевершують комерційні закваски на основі *L. sakei* або *L. curvatus* при промисловому виробництві ковбас [55]. Штами GCC+ були виділені з ферментованих м'ясних продуктів на початку 1900-х років, а їх роль у формуванні аромату та стабільності кольору була встановлена в 1950-х роках [53]. Згодом їх було запропоновано використовувати як закваски для виробництва ковбас, спочатку як окремі культури, але пізніше було показано, що краще їх використовувати у змішаному стані [50]. Успіх використання змішаних культур імовірний тому, що вони краще відображають хід і динаміку спонтанного бродіння, ніж одна культура, і таким чином зберігають аромат і смак традиційних продуктів [56]. Штами GCC+ найчастіше зустрічаються при спонтанному бродінні, а також використовуються як закваски є CNS і належать до видів *Staphylococcus carnosus*, *S. xylosus* та *S. Saprophyticus*.

Зростання цвілі на зовнішній поверхні ферментованих ковбас є бажаним на деяких типах ферментованих ковбас у багатьох європейських країнах, особливо навколо Середземномор'я, а також, наприклад, в Угорщині та Бельгії. Виразний сіро-білуватий вигляд цих продуктів є привабливою рисою. У традиційному виробництві цих продуктів процес заснований на випадковому інокуляції дозрілих ковбас спорами, що знаходяться в повітрі. На різних заводах є їх власна особлива «домашня флора», яка адаптована до процесу і в кінцевому підсумку буде домінувати над поверхневим ростом і забезпечувати певні якості продукту. Поверхневі плісняви сприяють смаку та аромату ковбас за рахунок окислювальної ліполітичної, протеолітичної та молочнокислої активності, покращують загальні показники якості за рахунок споживання кисню, що протидіє розвитку прогоркання та покращує колір. Поверхневий шар плісняви також змінює швидкість сушіння і таким чином запобігає надмірному висиханню ковбас [57]. Специфічні умови, що

утворюються на поверхні ковбас, наприклад, температура від 10 до 20° С і відносної вологості, яка починається з 90–95% і поступово знижується в період дозрівання, відбирають для певних родів плісняви, зокрема *Penicillium* і іноді *Aspergillus*. Поширеними видами є *P. nalgiovense*, *P. chrysogenum*, *P. nordicum* [57]. Розроблені стартові культури плісняви, які найчастіше складаються із спор *P. Nalgiovense*. Основними критеріями відбору цих культур є їх низький потенціал виробництва мікотоксинів та їхня здатність перевершувати «домашню флору», зберігаючи при цьому здатність виробляти ковбаси прийняттого смаку, аромату та зовнішнього вигляду.

Заселення грибками поверхні дозрілих ковбас починається з видів дріжджів, стійких до солі та кислот, таких як *Debaryomyces hansenii*. Однак разом зі зменшенням a_w загалом спостерігається зсув мікобіоти в бік цвілевих грибів [58].

Хоча роль дріжджів у ферментації ковбаси не так добре відома, як для бактерій чи цвілі, вона може бути значною в деяких продуктах. Ліполітична, протеолітична та окислювальна активність лактату пояснюють цей ефект [58]. Були розроблені закваски, що містять *D. hansenii*, іноді в поєднанні зі спорами цвілі. Усі закваски за визначенням є «функціональними», оскільки їх діяльність сприяє перетворенню сировини та зовнішньому вигляду та якості кінцевого продукту. Однак опис закваски як «функціональної» часто стосується однієї (або кількох) додаткових функцій, які виходять за межі звичайних властивостей закваски. Було описано кілька таких додаткових функцій, наприклад властивості, які підвищують безпеку харчових продуктів або мають технологічну перевагу. В останні роки в відповідно до тенденцій споживчих запитів досліджено функціональні можливості для покращення оздоровчих властивостей [59]. Термін «пробіотики» був придуманий у 1950-х роках як антонім до «антибіотиків». Згодом цей термін розвинувся в науковій концепції і був визначений як «живі мікроорганізми, які при введенні в достатніх кількостях надають користь для здоров'я господаря» ФАО/ВООЗ у

2001 році. Це визначення згодом було посилено як адекватне та достатнє [60]. LAB, особливо бактерії, що належать до роду *Lactobacillus*, визнані звичайними мешканцями шлунково-кишкового тракту людини і в останні десятиліття приділяли значну увагу своїм властивостям, що сприяють здоров'ю, і використання в якості пробіотиків.

Використання пробіотичних штамів у ферментованих продуктах було вперше використано у молочній промисловості, а продукти на основі молока все ще є найпоширенішими засобами доставки пробіотиків [61]. Однак, будучи продуктами, де LAB проліферують і домінують, ферментовані ковбаси також є потенційними носіями для доставки пробіотичних штамів LAB. Використання ферментованих ковбас, як пробіотичних продуктів у порівнянні з молочними продуктами, має певні значні проблеми.

Найважливішими є наступні:

- м'ясна сировина не стерилізується або пастеризується перед процесом ферментації, тому пробіотична бактерія повинна бути такою ж потужною, як будь-яка стартова культура, яка зазвичай використовується для ферментації з метою перевершення ендогенної флори;
- зріла ковбаса являє собою тверде середовище з низьким рівнем a_w і містить сіль і нітрати, тому слід перевіряти виживання пробіотика після ферментації;
- кількість пробіотика після дозрівання та зберігання має бути дуже високою, оскільки розмір порції та щоденне споживання ферментованих ковбасних продуктів, як правило, менші, ніж у порівнянного молочного продукту;
- пробіотик повинен сприяти отриманню продукту з добрими смаковими і якісними властивостями [62].

Є дві основні альтернативи у дослідженнях та розробці пробіотичних ферментованих ковбас. Перший полягає у виборі штамів на основі їх пробіотичних властивостей і подальшому дослідженні придатності штаму(ів)

для виробництва ферментованих ковбас. Використовуючи цю стратегію, були вивчені вже комерційні штами пробіотиків. Мабуть, найбільш добре задокументований пробіотичний штам, *Lactobacillus rhamnosus* GG, був використаний у кількох дослідженнях з цією метою з різним успіхом [63]. Хоча штам GG може здійснювати ферментацію, здається, існує баланс між розміром інокулята, неприємним смаком (через надмірну кількість кислоти) та достатнім виживанням в готовому продукті [64]. Подібні проблеми зустрічалися з використанням іншого добре задокументованого штаму, *L. plantarum* 299v [65]. Кращий результат був отриманий з новим штамом *L. rhamnosus*, виділеним із кишкового людини та з потенційними пробіотичними властивостями. Друга стратегія, яка була використана для розробки пробіотичних м'ясних продуктів є використання штамів, які були виділені в результаті успішної ферментації м'яса або навіть м'ясних стартових культур [66]. Такі штами повинні бути оцінені на предмет потенційних пробіотичних властивостей, але зазвичай вони добре пристосовані до середовища ферментації м'яса. Були спроби запустити пробіотичні м'ясні продукти на ринок у Німеччині та Японії, але результат у комерційному плані неясний. Перепоною в розробці пробіотичних продуктів загалом є також те, що EFSA досі відхиляла всі твердження про вплив пробіотиків на здоров'я людини, використовуючи дуже сувору оцінку в процесі їх затвердження [67].

1.4. Мікробна небезпека, пов'язана з ферментованими ковбасами

Хоча ферментовані ковбаси історично вважалися безпечними, їх характеристики можуть забезпечити виживання і навіть зростання певних патогенів. Дослідження показали наявність патогенної кишкової палички, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* та *L. monocytogenes* у сухих ферментованих ковбасах. Також повідомлялося, що *Clostridium botulinum* і *Toxoplasma gondii* є потенційними мікробними ризиками для споживачів ферментованих ковбас.

Патогенні мікроорганізми можуть бути занесені через забруднену сировину або через перехресне зараження від обладнання чи персоналу під час переробки або в роздрібній торгівлі. Умови під час переробки м'ясної сировини та характеристики патогенів визначають здатність патогена до росту та виживання, а також визначають можливі стратегії елімінації патогенів для забезпечення безпеки продукції.

Патогенна **кишкова паличка** належить до різних патотипів, причому вероцитотоксигенна кишкова паличка (VTEC) (синонім шигатоксигенної кишкової палички (STEC)) переважно пов'язана з м'ясом. Штами VTEC продукують шига-токсини 1 та/або 2. Вони можуть нести різні фактори вірулентності, що відповідають за варіації клінічних проявів. Підгрупа VTEC, що спричиняє тяжкі інфекції ентерогеморагічного коліту та, можливо, гемолітико-уремічного синдрому (HUS), що характеризується гострою нирковою недостатністю та анемією, називається ентерогеморагічним *E. coli* (EHEC). Більше 150 різних серотипів VTEC були пов'язані з діарейними інфекціями людини. Штами серотипу O157:H7 були найвідомішим захворюванням, що спричиняло VTEC. Не-O157 з'явилися із серотипами O26, O45, O103, O111, O121 та O145, також відомими як «велика шістка», які найчастіше асоціюються із захворюваннями людини [68].

Сирі м'ясні інгредієнти, забруднені в процесі забою, вважаються основним джерелом VTEC в ферментованих ковбасах. Велика рогата худоба вважається основним резервуаром VTEC O157:H7, хоча інші тварини, такі як вівці, свині, кози та олені, також можуть бути носіями VTEC. У спалахах, спричинених контамінованими ферментованими ковбасами, збудниками були серогрупи VTEC O157, O26, O111 та O103. Низька кількість клітин (10–1000) є достатньою, щоб викликати захворювання [69], і повідомлялося про рівні нижче 1 клітини (EHEC O111:NM) на 10 г у випадку спалаху салямі з Австралії. Хоча зростання патогенної кишкової палички на початкових етапах виробництва ферментованих ковбас може відбуватися, комбінації низького рН

та a_w пригнічують ріст кишкової палички в готових продуктах. Проте повідомлялося про значне виживання патогенів у готовій продукції [70]. Стратегії ефективної ліквідації VTEC в ферментованих ковбасах є викликом для виробників. Було припущено, що штами серотипу O157:H7 мають підвищену толерантність до кислот порівняно з іншими серотипами, і це може мати певну роль у їх здатності викликати спалахи через продукти харчування з низьким рН, наприклад, ферментовані ковбаси [71]. Проте в межах цього та інших серотипів існують варіації кислотостійкості штамів. Низька інфекційна доза, серйозний результат інфекцій ЕНЕС та кілька зареєстрованих спалахів, пов'язаних із зараженими VTEC ферментованими ковбасами, виділяють VTEC як найбільш серйозний ризик для безпеки в ферментованих м'ясних продуктах.

Сальмонели є важливими зоонозними патогенами з високим економічним значенням у тварин і людини. Serovar *Enteritidis* асоціюється з яйцями та птицею, а *Typhimurium* — з м'ясом свинини та великої рогатої худоби [72]. Більшість інфекцій сальмонельозу проходять самотійно, проте можуть виникнути важкі та небезпечні для життя ускладнення (наприклад, сепсис). Інфіковані тварини є основним джерелом сальмонели, де передача в навколишнє середовище та харчові продукти, ймовірно, відбувається через фекальне та перехресне зараження. За даними EFSA, у 2010 році в ЄС 2,8% зразків, взятих з фаршу та м'ясних заготовок інших видів, крім птиці, призначених для вживання в їжу, дали позитивний результат на сальмонели. У харчових продуктах, таких як фарш і м'ясні вироби, призначені для їжі в сирому вигляді, 1,8% зразків були позитивними на сальмонельоз. Скоординований підхід призвів до значного зменшення випадків захворювання людей на сальмонельоз в ЄС за останнє десятиліття. Тим не менш, сальмонели були найпоширенішим збудником спалахів харчового походження, про які повідомлялося в ЄС у 2013 році [72]. Сальмонела була причиною кількох спалахів, пов'язаних із споживанням ферментованих

ковбас. Схоже, що серед повідомлених спалахів переважають ферментовані ковбаси, виготовлені зі свинячого м'яса, забрудненого *S. Typhimurium* [73, 74, 75]. Інфекційна доза може бути низькою, достатньо 10–1000 клітин для виникнення захворювання. Дослідження показали, що сальмонела більш чутлива, ніж *E.coli* O157:H7 та *L.monocytogenes*, до певних параметрів процесу виробництва ферментованих ковбас [76]. Що стосується зниження інших патогенів, використання стартових культур позитивно впливає на зниження рівня сальмонели [77]. Повідомлені відмінності в скороченні рівня сальмонел залежать від різниць рецептів, технологічних процесів і штамів.

Золотистий стафілокок часто зустрічається на шкірі та слизових оболонках людей у 20–30% з постійною та у 60% періодичною колонізацією [78]. *S. aureus* продукує ряд стафілококових ентеротоксинів (SEs), деякі з яких виявляють блювотну активність [79]. SEs є основною причиною харчових отруєнь, які зазвичай виникають після вживання харчових продуктів, зокрема м'яса та молочних продуктів, які були забруднені та зберігалися при підвищеній температурі, де *S. aureus* виріс і виробляв токсини. Симптоми мають швидкий початок через попередньо сформовані токсини в їжі та включають нудоту та сильне блювоте з діареєю або без неї. Зазвичай захворювання зникає протягом 24-48 годин. Стафілококовий токсин SEA є найпоширенішою причиною стафілококових харчових отруєнь у всьому світі. SE належать до групи суперантигенних токсинів, які обходять звичайне розпізнавання антигену шляхом взаємодії з основними молекулами комплексу гістосумісності класу II на антигенпрезентуючих клітинах та з рецепторами Т-клітин на специфічних Т-клітинах. SE також здатні проникати через слизову оболонку кишечника і активувати імунні реакції, що призводить до блювоти. Рівень *S. aureus*, присутній у продуктах, що викликають захворювання, під час опитування в Англії коливався від відсутності життєздатного *S. aureus*, виявленого до $1,5 \times 10^{10}$ КУО/г із медіаною $3,0 \times 10^7$ КУО/г.

S. aureus погано конкурує з місцевими мікроорганізмами в харчових продуктах і буде краще рости в оброблених харчових продуктах, де конкуруюча флора була знищена, наприклад, у продуктах, забруднених після термічної обробки або коли харчовий процес дає *S. aureus* вибірккову перевагу. Це може бути у випадку в'яленого м'яса, оскільки *S. aureus* може переносити велику кількість солі і виростати до $a_w = 0,86$. *S. aureus* здатний рости в широкому діапазоні температур (7° - 48° C) з оптимальним значенням 37° C і рН (4-10), з оптимумом від 6 до 7. Ці характеристики дозволяють *S. aureus* зростати в широкому асортименті харчових продуктів.

Хоча *S. aureus* може переносити високі концентрації солі і низькі рівні рН і часто причетний до спалахів отруєнь м'ясними продуктами (шинка, свинина та ковбаси), повідомляється про невелику кількість випадків харчового отруєння ферментованими ковбасами [80, 81]. Спалахи, викликані *S. aureus*, як правило, є старими, деякі з них зареєстровані Центром контролю захворювань [82, 83]. *S. aureus* часто зустрічається в ферментованих ковбасах, але зазвичай на занадто низьких рівнях для вироблення ентеротоксину в кількості, достатній для виникнення захворювання.

Хоча *S. aureus* може легко переносити різні концентрації солі і нітритів, він погано виживає в анаеробних умовах, при низькому рН і низьких температурах. Якщо ковбаси ферментують при температурі не вище 25° C протягом 2-3 днів і початкова кількість *S. aureus* нижче 104 КУО/г, ризик утворення ентеротоксину низький. Для напівсухих ковбас, бродіння до 43° C поширений у США, а швидке падіння рН під час виробництва забезпечує пригнічення *S. aureus*. Отже, Американський інститут м'яса у 1982 р. встановив максимальний час, дозволений для досягнення рН 5,3 [5]. Очевидно, використання відповідних засобів контролю процесу та стартових культур значно знизило частоту спалахів харчових отруєнь *S. aureus* від «літніх ковбас» у США [5]. М'ясна лабораторія Університету штату Північна

Кароліна запропонувала у своїй програмі НАССР, що для забезпечення безпеки продукти необхідно ферментувати до pH 5,3 або нижче [84].

Коли чорізо інокулювали *S. aureus* і без стартових культур та ферментували при 30⁰ C, збудник добре зростає. Проте ріст *S. aureus* був знижений при використанні стартових культур, використання низької температури бродіння (20⁰ C) і вищої концентрації прянощів, нітритів, нітратів та аскорбату. Крім того, в ковбасах після сушіння ентеротоксин А не виявлено. Було показано, що обидві стратегії з використанням специфічних заквасок і заквасок у поєднанні з бактеріоцинами зменшують присутність *S. aureus* [87–89]. На ріст *S. aureus* в італійському сухому сальмі впливали початковий pH, початкові рівні *S. aureus*, молочнокислі бактерії, дні ферментації та взаємодія між цими параметрами.

Інші види стафілококів (CNS) часто зустрічаються в продуктах харчування. Деякі також використовуються як стартові культури при виготовленні ферментованих ковбас. З набору з 129 таких різних штамів лише один штам мав ген ентеротоксину, а 78% штамів не несли декарбоксилази для утворення біогенних амінів. Хоча 78% штамів мали принаймні один ген, що кодує стійкість до антибіотиків, вважалося, що ці CNS становлять низьку небезпеку [88].

Продукти, заражені ***L. monocytogenes***, можуть викликати лістеріоз, інфекції, що варіюються від легких симптомів грипу до небезпечних для життя захворювань з високим рівнем смертності серед уразливих груп населення. Вважається, що готові до вживання продукти, які вживаються без попередньої термічної обробки та містять більше 100 клітин/г, становлять прямий ризик для здоров'я людини. *L. monocytogenes* є широко присутнім у природі, і контамінація ферментованих ковбас може відбуватися через забруднені інгредієнти, переважно сире м'ясо. Як джерело забруднення ферментованих ковбас лістеріями розглядають технологічне обладнання [89, 90]. Зазвичай *L. monocytogenes* зустрічається в ферментованих ковбасах з поширеністю до

40% [91]. У яловичині вона знаходиться в діапазоні 0–10%, але загалом більша поширеність спостерігається у свинині [92]. Тим не менш, відомий лише один спалах у Філадельфії, США, у 1986/1987 рр. з можливим епідеміологічним зв'язком із ферментованими м'ясними продуктами. Ферментовані ковбаси вважаються продуктами з низьким або помірним ризиком, пов'язаного з лістеріозом. Це пояснюється зазвичай низькими рівнями *L. monocytogenes* в цих продуктах і тим, що для захворювання зазвичай потрібна висока мінімальна інфекційна доза ($>10^4$ клітини). Деякий ріст *L. monocytogenes* може відбуватися на початковій фазі обробки ферментованих ковбас, але комбінації низького рН (5,3–4,6) і a_w ($\leq 0,90$) загалом обмежують ріст бактерії у ферментованих ковбасних продуктах. Ступінь, до якої ферментовані ковбаси можна вважати безпечними, перш за все, залежить від процесу ферментації і сушіння. Враховуючи широкий спектр ферментованих ковбасних виробів, не всі ковбасні рецепти та умови обробки можуть забезпечити продукти, у яких рівні *L. monocytogenes* відповідають мікробному критерію ≤ 100 колонієутворюючих одиниць на грам [93]. Тому для виробників ферментованих ковбас важливо збирати інформацію про безпеку своєї продукції з точки зору забруднення та росту *L. monocytogenes* та впроваджувати параметри обробки для забезпечення безпеки харчових продуктів.

Ефекти використання стартових культур для підвищення рівня зниження патогенності були описані в кількох дослідженнях [94]. Загалом, зниження були отримані в продуктах з низьким рН і низьким a_w [95]. Зменшення *L. monocytogenes* під час ферментації та сушіння в ферментованих ковбасах залежить від багатьох факторів, включаючи відмінність штамів у їх здатності переносити та адаптуватися до умов виробництва ферментованих ковбас, які також залежать від рецептури та умов обробки [96].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Мета та методика досліджень

Метою нашої роботи було вивчення головних технологічних процесів виготовлення та оптимізація технології ферментованих ковбас в умовах ФОП «Венгровський В.В.»

В якості матеріалу для досліджень використовували рецептури шинкових ковбас, що виробляються в умовах підприємства.

Об'єкт дослідження – технологія ферментованих ковбас

В завдання досліджень входило:

- визначення асортименту ферментованих ковбас;
- вивчення особливостей технології ферментованих ковбасних виробів;
- проведення досліджень по вивченню зміни кількості солі у рецептурі виробів.

2.2. Методика досліджень

Дослідження проводились згідно схеми наведеної на рисунку 2.1.

На вищенаведеній схемі приведені етапи, які були втілені для проведення експериментальних досліджень. Підготовча робота здійснювалась при роботі з літературними джерелами для визначення тематики досліджень.

Дослідження по зменшенню кількості кухонної солі у рецептурах проводили на основі рецептури сиркопченої ковбаси Московська, де в якості основної сировини використовується яловичина та свиняча грудинка.

В якості контролю використовували рецептуру, що містить NaCl. В дослідних зразках проводили зменшення рівня кухонної солі з введенням KCl і NH_4Cl . В останніх двох дослідних групах проводили зменшення рівня нітриту натрію (табл. 2.1.).



Рис. 2.1. Схема проведення експериментальних досліджень.

Таблиця 2.1

Рецептури ковбас (норма витрат на 1 кг сировини)

Інгредієнти	Групи				
	контрольна	I	II	III	IV
Яловичина 1 г, г	650	650	650	650	650
Грудинка свиняча, г	350	350	350	350	350
NaCl, г	30	20	15	15	20
KCl,	-	10	15	-	-
NH ₄ Cl	-	-	-	10	2,5
Нітрит натрію, г	0,15	0,15	0,15	0,125	0,11
Цукор, г	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Чорний перець, г	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Духмяний перець, г	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

При проведенні досліджень нами були використані загальноприйняті методики визначення органолептичних та фізико-хімічних показників.

2.3. Характеристика підприємства

Засновником торгової марки «Тахтаулівські ковбаси», яка існує на ринку м'ясних продуктів Полтавщини біля 20 років, є родина Венгровських, яка і на цей час є власницею цього підприємства. Спочатку виробництво було розташоване у невеликому цеху площею 80 м². Згодом, у 2006 році був побудований новий ковбасний цех, який нині розташований на території готельно-ресторанного комплексу «Віват Провінція». Вироби під торговою маркою «Тахтаулівські ковбаси» - якісні продукти з помірними цінами. Асортимент м'ясних виробів підприємства складає близько 100 найменувань продукції. Для виготовлення ковбасних виробів підприємство використовує тільки якісну вітчизняну м'ясну сировину, переважно місцевого походження. При виготовленні ковбас на підприємстві виключили використання соєвих

концентратів та інших рослинних домішок. В якості спецій на підприємстві застосовують продукти австрійської фірми «Шаллер», яка є одним з світових лідерів у своїй галузі.

ТМ «Тахтаулівські ковбаси» випускає досить великий асортимент ковбасних виробів – близько 140 найменувань, а саме:

- варені ковбаси, сосиски, сардельки: Апетитна варена, Азовська варена, Люкс варена, Екстра, Українська варена, Українська з салом варена, Делікатесна варена, Лакомка варена, Вершкова варена, Лікарська варена; сосиски Лікарські, Антошка, Дитячі, Слов'янські, Телячі, Хот-Дог; сардельки Молочні, Фермерські та ін.

- варено-копчені і напівкопчені ковбаси: Дрогобичська, ковбаски Кабанос, ковбаски Єгерські, ковбаски Шашличні, Варшавська, Львівська, Краківська, снеки Гусарські, Любительська. Сервілат Київський 1/г; Суджук; Полтавська в/г.. Сервелати Зернистий, Московський, Вершковий, Горіховий, Європейський та ін.

- сирокопчені ковбаси: Московська, Брауншвейзька, Невська, Майкопська, салямі Святкова та ін.

- делікатесні вироби: балик Монастирський с/к, карбонад Столичний, окорок Медовий свинний, рулет Мисливський свинний, філе куряче сирокопчене, Ошийок запечений, Балик особливий, грудинка Особлива, рулет Запорозький, сало копчене та ін.

- субпродуктові вироби: зельц, ковбаса Ліверна, ковбаса паштетна, заливне Асорті, ковбаса ліверна Рослинна.

- кров'яні ковбаси, для виробництва яких використовують кров забійних тварин та іншу м'ясну й рослинну сировину: ковбаса кров'яна селянська.

- продукти зі шпику: закуска Селянська, шпик Подільський, сало Валюта.

- свіжі м'ясні продукти: зі свинини – суповий набір, шашлик, суповий балик, ребро, тазостегнова частина, ошийок, піджарка, сало, фарш,

підчеревина; з яловичини – фарш домашній свино-яловичий, гуляш, печінка яловича, фарш яловичий.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Постановка проблеми

Сучасні тенденції в харчуванні людини вимагають скорочення вмісту хлориду натрію в продуктах харчування через низку негативних наслідків для здоров'я людини через надмірне споживання натрію з їжею. Підвищене споживання натрію є однією з основних причин гіпертонії, яка є найбільшим фактором ризику розвитку серцево-судинних захворювань. Надмірне споживання натрію з їжею може бути причиною есенціальної гіпертензії, а також може призвести до прямого ризику серцевого нападу, гіпертрофії лівої камери серця, затримки натрію в позаклітинній рідині, більша ймовірність зараження *Helicobacter pylori* та ризику виникнення раку шлунку, збільшення екскреції кальцію з сечею та ризик утворення конкрементів у нирках, ризик зниження щільності кісткової тканини, загострення астматичних судом та підвищення НОМА (модель оцінки гомеостазу) резистентності до інсуліну у пацієнтів з есенціальною гіпертензією.

Вміст вмісту хлориду натрію (солі) можна зменшити в м'ясних продуктах різними способами, але найбільш поширеним є часткова заміна хлориду натрію хлоридом калію.

Світові тенденції зниження кухонної солі в м'ясній продукції припускають використання різних способів збереження смаку і консистенції готової продукції, а також пролонгування термінів придатності. Існує кілька підходів до зниження хлориду натрію в м'ясних виробках. В дослідженнях, що були проведені по сприйняттю солоного смаку, встановлено що зменшення розміру кристалів солі до 20 мкм дозволяє скоротити кількість внесеної кухонної солі за рахунок збільшення інтенсивності солоного смаку харчових продуктів. В якості ще одного підходу до зниження хлориду натрію в харчових продуктах можна розглянути сумісність різних напрямків смаку.

Використання двофазної емульсії вода-в маслі - у воді дозволяє контролювати вивільнення інкапсульованих інгредієнтів (солі), що може посилити солоний смак. Ще одним альтернативним способом технологічної обробки м'ясної сировини для зменшення рівня кухонної солі в м'ясній продукції є застосування високого тиску. Даний метод має цілу низку переваг, і дозволяє не тільки збільшити інтенсивність солоного смаку, але і забезпечує формування стабільної емульсії, підвищує вологозв'язуючу здатність фаршу і збільшує строки придатності готового продукту.

Багатофункціональність кухонної солі, включаючи надання солоного смаку, формування консистенції і бактеріостатичну дію робить її незамінним компонентом м'ясної продукції. Однак доведений взаємозв'язок між надмірним споживанням натрію, основним джерелом якого є кухонна сіль, і розвитком серцево-судинних захворювань, гіпертонії і інсультів, ставить завдання знизити вміст кухонної солі в харчовій продукції. Встановлено, що зниження споживання населенням натрію на 15% дозволить скоротити смертність від серцево-судинних захворювань у 8,5 млн. чоловік через 10 років.

У розвинених країнах (США, Бельгія, Японія та ін.) ця проблема вирішується на державному рівні. В Україні збільшення з кожним роком рівня споживання м'ясних продуктів тягне за собою підвищення частки кухонної солі, що надходить в організм з їжею. Так, технологічна переробка м'яса, в якому спочатку вміст натрію становить 63-77 мг / на 100 г продукту, призводить до значного підвищення натрію в м'ясних продуктах: мінімальне значення 311 мг / на 100 г і максимальне - 1030 мг / на 100 г відповідно.

Скорочення хлориду натрію в м'ясних продуктах є технічно складним завданням, оскільки вимагає збереження бажаних функціонально-технологічних властивостей: солоного смаку, збільшення розчинності м'язових білків і підвищення вологозв'язуючої здатності, зниження росту мікроорганізмів, які в цілому ряді випадків можуть бути забезпечені

застосуванням інших інгредієнтів і технологічних прийомів, які виконують аналогічні функції.

Найбільш простий підхід до зменшення вмісту солі полягає в поетапному поступовому зниженні її дозування на 5-10% до тих пір, поки органолептична оцінка не покаже погіршення смаку продукту.

Розвиток альтернативних технологій зниження кухонної солі в м'ясних продуктах здійснюється різними способами, що включають зменшення кількості кухонної солі; використання солезамінників; заміну частини солі на безхлоридну сіль, наприклад, фосфати; використання ароматизаторів, підсилювачів смаку; додаванням в рецептуру спецій, прянощів, застосуванням високого гідростатичного тиску; комбінування вказаних методів.

За деякими даними, найнижчий вміст хлориду натрію в сухих ферментованих ковбасах становить 2,5%, особливо в салямі. Ковбаси з меншим вмістом солі не є достатньо твердими і їх не можна легко нарізати; таким чином, у таких малосолоних ковбас відсутня одна з головних характеристик сухих ферментованих ковбас. Крім хлориду калію, як замінники можна використовувати інші хлоридні солі, переважно солі магнію і кальцій та аскорбати. Основною проблемою в даному випадку є поява гіркого смаку, оскільки тільки хлорид натрію має явно солоний смак.

Метою цього дослідження було вивчити вплив зменшення вмісту хлориду натрію в сухих ферментованих ковбасах шляхом його заміни хлоридом калію.

3.2. Результати експериментальних досліджень

Дослідження були проведені з використанням рецептури сиркопченої ковбаси «Московська» та розроблено чотири варіанти модифікованих рецептур (табл.3.1).

Було проведено виготовлення п'яти груп ковбас, одна з яких є контрольною, де використовувалась оригінальна рецептура.

Таблиця 3.1

Рецептури ковбас (норма витрат на 1 кг сировини)

Інгредієнти	Групи				
	контрольна	I	II	III	IV
Яловичина 1 г, г	650	650	650	650	650
Грудинка свиняча, г	350	350	350	350	350
NaCl, г	30	20	15	15	20
KCl,	-	10	15	-	-
NH ₄ Cl	-	-	-	10	2,5
Нітрит натрію, г	0,15	0,15	0,15	0,125	0,11
Цукор, г	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Чорний перець, г	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Духмяний перець, г	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

При підготовці сировини для ковбас жиловану яловичину подрібнювали на вовчку до розмірів 2-3 мм, свинячу грудинку – до розмірів 6 мм. Подрібнену м'ясну сировину змішували з сіллю та витримували 5 діб при температурі 0-4⁰ С.

Для приготування фаршу м'ясну сировину перемішували 5–7 хвилин з додаванням прянощів, нітриту натрію до його однорідності, потім завантажували у ємності для дозрівання протягом 24 годин при температурі 0–4⁰ С.

Після дозрівання приготованим фаршем наповнювали оболонки, батони навішували на рами і витримували 7 діб при температурі +2 – +4⁰ С. Копчення проводили у копильній камері 3 доби при температурі +18–+22⁰ С, відносній вологості 84–90⁰С, швидкості руху повітря 0,1м/с. Подальше сушіння проводять в сушці при температурі +11–+15⁰С протягом 7 діб, потім при температурі +10–+12⁰С протягом 23 діб.

При проведенні сенсорної оцінки оцінювали колір, вид колір на розрізі, інтенсивність солоності і гіркоти та загальна оцінка. Для оцінки була використана 5-ти бальна оцінка. Для оцінки кольору ті загальної оцінки 5 балів було визначено як найвища, тоді як 1 бал – найгірша оцінка.

Для оцінки інтенсивності солоності та гіркоти 5 балів прирівнювали до продукту з найбільш вираженою ознакою (найсолоніший або найгіркіший), а 1 бал – до продукту з найменш вираженою ознакою.

Результати дегустаційної оцінки наведені в таблиці 3.2. Ковбаси усіх груп мали високі оцінки за кольором поверхні та на розрізі та не було визначено значущих відмінностей між різними групами ковбас ($P \geq 0,05$). Найсолонішою була ковбаса контрольної групи ($4,22 \pm 0,32$), тоді як ковбаси інших груп, хоча й були помірної солоності, були значно менш солоними, ніж контрольні ($P \leq 0,05$).

Таблиця 3.2

Сенсорний аналіз експериментальних зразків

Групи	Оцінка				
	Зовнішній вигляд	Вид та колір на розрізі	Солоність	Гіркота	Загальна оцінка
Контрольна	4.94 ± 0.16	4.72 ± 0.42	$4.22 \pm 0.32^*$	$1.39 \pm 0.46^{***}$	$4.67 \pm 0.47^{***}$
I дослідна	4.94 ± 0.16	4.72 ± 0.42	$3.78 \pm 0.79^*$	$2.06 \pm 0.90^{***}$	$3.56 \pm 1.26^{***}$
II дослідна	4.94 ± 0.16	4.72 ± 0.42	$3.61 \pm 0.66^*$	$3.94 \pm 1.07^{***}$	$2.89 \pm 0.74^{***}$
III дослідна	4.94 ± 0.16	4.72 ± 0.42	$3.56 \pm 0.86^*$	$3.56 \pm 0.86^{***}$	$2.78 \pm 0.92^{***}$
IV дослідна	4.83 ± 0.33	4.72 ± 0.42	$3.61 \pm 0.94^*$	$2.89 \pm 0.34^{***}$	$3.83 \pm 0.58^{***}$

Найбільш сильно виражена гіркота у ковбасах II та III груп ($3,94 \pm 1,07$ та $3,56 \pm 0,86$, відповідно), і ці ковбаси були значно гіршими ($P \leq 0,01$), ніж ковбаси I ($2,06 \pm 0,90$) та IV груп ($2,89 \pm 0,34$), відповідно.

Ковбаси контрольної групи були оцінені як найменш гіркі, що і очікувалося, оскільки до цих продуктів додавали лише хлорид натрію.

Найкращі сенсорну оцінку за загальну прийнятність отримали контрольні ковбаси ($4,67 \pm 0,47$), і це було суттєво краще, ніж ковбаси з інших груп ($P \leq 0,01$). Ковбаси I і IV групи отримали проміжні результати ($P \geq 0,05$) – $3,56 \pm 1,26$ та $3,83 \pm 0,58$, відповідно. В той час як ковбаси II та III груп отримали найнижчі оцінки ($2,89 \pm 0,74$ та $2,78 \pm 0,92$, відповідно). Незважаючи на гірші оцінки за загальну прийнятність, ковбаси II і III груп мали прийнятний колір, запах і смак. Єдиними відміченими відмінностями були трохи гіркуватий смак і менша солоність.

В деяких дослідження використовували хлорид калію, лактат калію і гліцин як замітники хлориду натрію в ферментованих ковбасах і дійшли висновку, що заміна 40% або більше хлориду натрію на ці сполуки або їх суміші призводять до небажаних і незворотних змін сенсорної якості продукту. Також проблеми з текстурою продукту виникали, коли 30% хлориду натрію замінювали лактатом калію або 50% хлориду натрію гліцином. Ті ж автори посилаються на зниження загальної сенсорної оцінки, коли 30% хлориду натрію замінюють лактатом калію, 20% гліцином або 40% калієм хлорид.

В інших досліджах не було виявлено статистично значущих відмінностей у прийнятності запаху або смаку, коли використовувалися замітники, лактат калію та хлорид калію, у загальній кількості 50% хлориду натрію.

Не було виявлено відмінностей у загальній прийнятності між сухими ферментованими ковбасами, виготовленими з 3% хлориду натрію (загальна кількість), і ковбасами, виготовленими з 1,5% натрію хлориду та 1% хлориду калію, при цьому вміст натрію зменшено вдвічі.

При виготовленні ковбаси Чорізо було зменшено вміст солі, використовуючи суміш 1% хлориду натрію, 0,55% хлориду калію, 0,23% хлориду магнію та 0,46% хлориду кальцію, з мета замінити частину 2,6% хлориду натрію, який є звичайним для цієї ковбаси. Вони визначили, що сенсорна прийнятність була знижена через зниження інтенсивності солоності,

а також зменшилася інтенсивність червоного кольору через зменшення кількості нітрозогемових пігментів.

Рівні натрію в ковбасах представлені в таблиці 3.3. Як і слід було очікувати, найвищий вміст натрію було визначено в контрольних ковбасах ($16084,15 \pm 1156,50$) за рахунок використання лише хлориду натрію, і цей рівень був статистично вищим за вміст натрію, визначений у ковбаси інших груп ($P \leq 0,01$). Рівень натрію був подібним у ковбасах I та IV груп ($14620,78 \pm 475,22$ та $14197,06 \pm 11,73$ відповідно), і вони були достовірно вищими за вміст натрію, визначений у ковбасах II та III груп ($9847,71 \pm 475,22$ та $14197,06 \pm 11,73$ відповідно). Помірне зниження вмісту натрію спостерігалось в ковбасах I групи на 9,09%, у групі II на 38,77%, у групі III на 33,43% і в групі IV на 11,73% порівняно з контрольними ковбасами.

Таблиця 3.3.

Вміст натрію в ковбасах

Групи	Вміст натрію мг/кг
Контрольна	$16084.15 \pm 1156.50^{***}$
I дослідна	$14620.78 \pm 475.22^{***}$
II дослідна	$9847.71 \pm 847.30^{***}$
III дослідна	$10706.42 \pm 459.37^{***}$
IV дослідна	$14197.06 \pm 11.73^{***}$

Таким чином, помірне зниження хлориду натрію у виробництві ферментованих ковбас шляхом часткової заміни хлориду натрію хлоридом калію (група I) та хлоридом амонію (група IV) призвели до дещо зниженої солоності, хоча це все ще було на прийнятному рівні. Також ковбаси з цих двох груп були прийнятними та їх загальна прийнятність була оцінена сприятливо, незважаючи на статистичні відмінності від загальної прийнятності ковбас контрольної групи.

Найбільш виражену гіркоту виявили у ковбасах II і III груп, причому ці ковбаси були значно гіршими, ніж ковбаси груп помірної гіркоти I і IV, а також ковбаси контрольної групи.

Використання різних заміників солі вплинуло на зменшення червоного забарвлення у всіх групах ковбас порівняно з ковбасами з контрольної групи.

Помірне зниження вмісту натрію спостерігалось в ковбасах 1 групи на 9,09%, у групі 2 на 38,77%, у групі 3 на 33,43% і в групі 4 на 11,73% по відношенню до контрольних ковбас.



Рисунок 3.1. Приготування фаршу для сиркопчених ковбас

3.3. Економічна ефективність досліджень

Калькуляція собівартості виготовлення 1 т сиркопчених ковбас приведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Зведена калькуляція затрат на виробництво

Найменування груп та статей витрат	Групи				
	контрольна	I група	II група	III група	IV група
Прямі матеріальні витрати	144911,82	145688,86	146090,39	145429,30	144987,13
Прямі витрати на оплату праці	2100	2100	2100	2100	2100
Відрахування на соціальні потреби	715,92	715,92	715,92	715,92	715,92
Витрати на підготовку та освоєння виробництва	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Загально виробничі витрати	6720	6720	6720	6720	6720
Виробнича собівартість	154452,24	155229,28	155630,81	154969,72	154527,55
Реалізаційна ціна, грн.	200000,00	200000,00	200000,00	200000,00	200000,00
Рентабельність виробництва, %	29,49	28,84	28,51	29,06	29,42

Проведені розрахунки свідчать, що вищу рентабельність виробництва мають сиркопчені ковбаси контрольної та IV дослідної групи. – 29,49% та 29,42%, відповідно.



Рисунок 3.2. Формування сирокочених ковбас

ВИСНОВКИ

1. Помірне зниження хлориду натрію у виробництві ферментованих ковбас шляхом часткової заміни хлориду натрію хлоридом калію (група I) та хлоридом амонію (група IV) призвели до дещо зниженої солоності. Найсолонішою була ковбаса контрольної групи ($4,22 \pm 0,32$), тоді як ковбаси інших груп, хоча й були помірної солоності, були значно менш солоними, ніж контрольні ($P \leq 0,05$).

2. Найбільш сильно виражена гіркота у ковбасах II та III груп ($3,94 \pm 1,07$ та $3,56 \pm 0,86$, відповідно), і ці ковбаси були значно гіршими ($P \leq 0,01$), ніж ковбаси I ($2,06 \pm 0,90$) та IV груп ($2,89 \pm 0,34$), відповідно.

3. Найкращі сенсорну оцінку за загальну прийнятність отримали ковбаси контрольної ($4,67 \pm 0,47$), і це було суттєво краще, ніж ковбаси з інших груп ($P \leq 0,01$). Ковбаси I і IV групи отримали проміжні результати ($P \geq 0,05$) – $3,56 \pm 1,26$ та $3,83 \pm 0,58$, відповідно. В той час як ковбаси II та III груп отримали найнижчі оцінки ($2,89 \pm 0,74$ та $2,78 \pm 0,92$, відповідно).

4. Використання різних замінників солі вплинуло на зменшення червоного забарвлення у всіх групах ковбас порівняно з ковбасами з контрольної групи.

5. Помірне зниження вмісту натрію спостерігалось в ковбасах I групи на 9,09%, у групі II на 38,77%, у групі III на 33,43% і в групі IV на 11,73% по відношенню до контрольних ковбас.

6. Проведені розрахунки свідчать, що вищу рентабельність виробництва мають сирокочені ковбаси контрольної та IV дослідної групи. – 29,49% та 29,42%, відповідно.

ПРОПОЗИЦІЇ

1. З метою оптимізації виробництва сиркопчених ковбас в умовах підприємства пропонуємо запровадити виробництво сиркопчених ковбасних виробів із зниженим вмістом кухонної солі.

2. В якості замінників пропонуємо вносити хлорид амонію NH_4Cl разом з кухонної сіллю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Coretti, K. Rohwurstreifung und Fehlerzeugnisse bei der Rohwurstherstellung; Verlag der Rheinhessischen Druckwerkstätte: Alzey, Germany, p. 183, 1971.
2. Frey, W. Die Sichere Fleischwarenherstellung: Leitfaden für den Praktiker; Hans Holzmann Verlag GMBH & Co. KG.: Bad Wörishofen, Germany. p. 168. 1983.
3. Lücke, F.K. Fermented sausages. In Microbiology of Fermented Foods; Wood, B.J.B., Ed.; Elsevier Applied Science: London, UK. Volume 2, pp. 41–83, 1985.
4. Jensen, L.B.; Paddock, L. Sausage Treatment. U.S. Patent 2,225,783, 24 December 1940. 5. Niven, C.F.; Deibel, R.H.; Wilson, G.D. Production of Fermented Sausage. U.S. Patent 2,907,661, 6 October 1959.
5. Lucke F. K. Fermented sausages. in Microbiology of Fermented Foods, B. J. B. Wood, Ed., vol. 2, pp. 441–483, Blackie Academic Professional, London, UK, 1998.
6. Toldra F. , Hui Y. H., Astiasar I., Sebranek J. G., Talon R. Handbook of Fermented Meat and Poultry, Second edition, 2014.
7. Holck A.L, Axelsson L., Rode T.M. et al. Reduction of verotoxigenic *Escherichia coli* in production of fermented sausages. *Meat Science*, vol. 89, no. 3, pp. 286–295, 2011.
8. Getty K. J. K., Phebus R. K., Marsden J. L., Fung D. Y. C. and C. L. Kastner. *Escherichia coli* O157:H7 and fermented sausages: a review. *Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology*, vol. 8, no. 3, pp. 141–170, 2000.
9. Demeyer D., Raemaekers M., Rizzo A. et al.. Control of bioflavour and safety in fermented sausages: first results of a European project. *Food Research International*, vol. 33, no. 3-4, pp. 171–180, 2000.

10. WHO, 2015. Healthy diet, Fact sheet N°394. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/en/>.
11. FAO, Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation, in FAO Food and Nutrition Paper, vol. 1-180, Food and Agricultural Organisation, 2008.
12. Ruiz-Capillas C., Triki M., Herrero A. M., RodriguezSalas L., and Jimenez-Colmenero F. Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages: processing and quality characteristics. *Meat Science*, vol. 92, no. 2, pp. 144–150, 2012.
13. Bolger Z., Brunton N. P., Lyng J. G. and Monahan F. J. Comminuted meat products—consumption, composition, and approaches to healthier formulations. *Food Reviews International*, vol. 33, no. 2, pp. 143–166, 2016.
14. Ansorena D., Astiasaran I. The use of linseed oil improves nutritional quality of the lipid fraction of dry-fermented sausages. *Food Chemistry*, vol. 87, no. 1, pp. 69–74, 2004.
15. Josquin N. M., Linssen J. P. H., Houben J. H. Quality characteristics of Dutch-style fermented sausages manufactured with partial replacement of pork back-fat with pure, preemulsified or encapsulated fish oil. *Meat Science*, vol. 90, no. 1, pp. 81–86, 2012.
16. Koutsopoulos D. A., Koutsimanis G. E., Bloukas J. G. Effect of carrageenan level and packaging during ripening on processing and quality characteristics of low-fat fermented sausages produced with olive oil. *Meat Science*, vol. 79, no. 1, pp. 188–197, 2008.
17. Alejandro M., Poyato C., Ansorena D., Astiasaran I. Linseed oil gelled emulsion: a successful fat replacer in dry fermented sausages. *Meat Science*, vol. 121, pp. 107–113, 2016.
18. Beriain M. J., Gomez I., Petri E., Insausti K., Sarries M. V. The effects of olive oil emulsified alginate on the physicochemical, sensory, microbial, and fatty

acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. *Meat Science*, vol. 88, no. 1, pp. 189–197, 2011.

19. WHO, 2016. Salt reduction fact sheet. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs393/en/>.

20. Desmond E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, vol. 74, no. 1, pp. 188–196, 2006.

21. Gelabert J., Gou P., Guerrero L., Arnau J. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, vol. 65, no. 2, pp. 833–839, 2003.

22. Corral S., Salvador A., Flores M. Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. *Meat Science*, vol. 93, no. 3, pp. 776–785, 2013.

23. Dos Santos B. A., Campagnol P. C. B., da Cruz A. G., Morgano M. A., Wagner R., Pollonio M. A. R. Is there a potential consumer market for low-sodium fermented sausages? *Journal of Food Science*, vol. 80, no. 5, pp. S1093–S1099, 2015.

24. De Almeida M. A., Villanueva N. D. M., Pinto J. S. D. S., Saldana E., Contreras-Castillo C. J. Sensory and physico- chemical characteristics of low sodium salami. *Scientia Agricola*, vol. 73, no. 4, pp. 347–355, 2016.

25. Campagnol P. C. B., dos Santos B. A., Wagner R., Terra N. N., Pollonio M. A. R. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. *Meat Science*, vol. 87, no. 3, pp. 290–298, 2011.

26. Bidlas E., Lambert R. J. W. Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/sodium replacement. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 124, no. 1, pp. 98–102, 2008.

27. Taormina P. J. Implications of salt and sodium reduction on microbial food safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 50, no. 3, pp. 209–227, 2010.

28. Sebranek J. G., Bacus J. N. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, vol. 77, no. 1, pp. 136–147, 2007.
29. Honikel K.-O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, vol. 78, no. 1-2, pp. 68–76, 2008.
30. Hammes W. P. Metabolism of nitrate in fermented meats: the characteristic feature of a specific group of fermented foods. *Food Microbiology*, vol. 29, no. 2, pp. 151–156, 2012.
31. Andree S., Jira W., Schwind K.-H., H. Wagner, Schwagele F. Chemical safety of meat and meat products. *Meat Science*, vol. 86, no. 1, pp. 38–48, 2010.
32. Govari M., Pexara A. Nitrates and nitrites in meat products. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, vol. 66, no. 3, pp. 127–140, 2015.
33. De Mey E., De Klerck K., De Maere H. et al. The occurrence of N-nitrosamines, residual nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation. *Meat Science*, vol. 96, no. 1, pp. 821–828, 2014.
34. Shao L. Li, J., Zhu X., Zhou G., Xu X. Effect of plant polyphenols and ascorbic acid on lipid oxidation, residual nitrite and N-nitrosamines formation in dry-cured sausage, *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 48, no. 6, pp. 1157–1164, 2013.
35. Park J.-E., Seo J.-E., Lee J.-Y., Kwon H. Distribution of seven N-nitrosamines in food, *Toxicological Research*, vol. 31, no. 3, pp. 279–288, 2015.
36. Sebranek J. G., Jackson-Davis A. L., Myers K. L., Lavieri N. A. Beyond celery and starter culture: advances in natural/ organic curing processes in the United States, *Meat Science*, vol. 92, no. 3, pp. 267–273, 2012.
37. Alahakoon A. U., Jayasena D. D., Ramachandra S., Jo C. Alternatives to nitrite in processed meat: up to date, *Trends in Food Science and Technology*, vol. 45, no. 1, pp. 37–49, 2015.

38. WHO, Nitrate and nitrite in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, World Health Organisation, Geneva, Switzerland, 2011.

39. Larsson K., Darnerud P.O., Ilback N.-G., Merino L. Estimated dietary intake of nitrite and nitrate in Swedish children, *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, vol. 28, no. 5, pp. 659–666, 2011.

40. Archer D.L. Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health. *Journal of Food Protection*, vol. 65, no. 5, pp. 872–875, 2002.

41. Parthasarathy D.K., Bryan N.S. Sodium nitrite: the “cure” for nitric oxide insufficiency. *Meat Science*, vol. 92, no. 3, pp. 274–279, 2012.

42. Sikorski Z.E., Sinkiewicz I. Principles of smoking,” in *Handbook of Fermented Meat and Poultry*, F. Toldra, Ed., pp. 39–45, Wiley Blackwell, West Sussex, UK, 2015.

43. Ledesma E., Rendueles M., M. Díaz. Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: processes and prevention, *Food Control*, vol. 60, pp. 64–87, 2016.

44. Singh L., Varshney J. G., Agarwal T. Polycyclic aromatic hydrocarbons’ formation and occurrence in processed food, *Food Chemistry*, vol. 199, pp. 768–781, 2016.

45. Daniel C. R., Schwartz K. L., Colt J. S. et al. Meat-cooking mutagens and risk of renal cell carcinoma. *British Journal of Cancer*, vol. 105, no. 7, pp. 1096–1104, 2011.

46. EU Commission, “Commission regulation (EU) No 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs.,” *Official Journal of the European Union*, p. L 215, 2011.

47. CODEX Alimentarius Commission, Code of Practice for The Reduction of Contamination of Food with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) from

Smoking and Direct drying Processes CAC/RCP 68-2009, Codex Alimentarius Commission (CAC), 2009.

48. Skaljic S., Petrovi L., Tasi T. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on polycyclic aromatic hydrocarbons content in dry fermented sausages (Petrovska' klobas'a) from Serbia. *Food Control*, vol. 40, pp. 12–18, 2014.

49. Gomes A., Santos C., Almeida J., Elias M., Roseiro L. C. Effect of fat content, casing type and smoking procedures on PAHs contents of Portuguese traditional dry fermented sausages, *Food and Chemical Toxicology*, vol. 58, pp. 369–374, 2013.

50. Leroy F., Verluyten J., de Vuyst L. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 106, no. 3, pp. 270–285, 2006.

51. Puolanne E. and Petaj E. Principles of meat fermentation. in Handbook of Fermented Meat and Poultry, F. Toldra, Ed., pp. 13–17, West Sussex, UK, Wiley Blackwell, 2nd edition, 2015.

52. Cocolin L., Dolci P., Rantsiou K., Urso R., Cantoni C., Comi G. Lactic acid bacteria ecology of three traditional fermented sausages produced in the North of Italy as determined by molecular methods, *Meat Science*, vol. 82, no. 1, pp. 125–132, 2009.

53. Cocconcelli P. S., Fontana C. Characteristics and applications of microbial starters in meat fermentations. in Meat Biotechnology, F. Toldra, Ed., pp. 129–148, Springer Sci. Business Media, Berlin, Germany, 2008.

54. Nyquist O. L., McLeod A., Brede D. A., Snipen L., Aakra A., Nes I. F. Comparative genomics of *Lactobacillus sakei* with emphasis on strains from meat, *Molecular Genetics and Genomics*, vol. 285, no. 4, pp. 297–311, 2011.

55. Klingberg T. D., Axelsson L., Naterstad K., Elsser D., Budde B. B. Identification of potential probiotic starter cultures for Scandinavian-type fermented sausages, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 105, no. 3, pp. 419–431, 2005.

56. Blaiotta G., Pennacchia C., Villani F., Ricciardi A., R. Tofalo, and E. Parente, Diversity and dynamics of communities of coagulase-negative staphylococci in traditional fermented sausages, *Journal of Applied Microbiology*, vol. 97, no. 2, pp. 271–284, 2004.

57. Berni E. “Molds,” in Handbook of Fermented Meat and Poultry, F. Toldra, Ed., pp. 147–153, Wiley Blackwell, West Sussex, UK, 2nd edition, 2014.

58. Selgas M., Garcia M. “Yeasts,” in Handbook of Fermented Meat and Poultry, F. Toldra, Ed., pp. 139–146, Wiley Blackwell, West Sussex, UK, 2nd edition, 2015.

59. Khan M. I., Arshad M. S., Anjum F. M., Sameen A., Gill W. T. Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages, *Food Research International*, vol. 44, no. 10, pp. 3125–3133, 2011.

60. Hill C., Guarner F., Reid G. et al. 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*, vol. 11, no. 8, pp. 506–514, 2014.

61. Fernandez M., Hudson J. A., Korpela R., De Los Reyes-Gavilan C. G. Impact on human health of microorganisms present in fermented dairy products: an overview, *BioMed Research International*, vol. 2015, Article ID 412714, 2015.

62. Rouhi M., Sohrabvandi S., Mortazavian A.M. Probiotic Fermented Sausage: Viability of Probiotic Microorganisms and Sensory Characteristics, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 53, no. 4, pp. 331–348, 2013.

63. Rubio R., Jofre A., Aymerich T., Guardia M.D., Garriga M. Nutritionally enhanced fermented sausages as a vehicle for potential probiotic lactobacilli delivery, *Meat Science*, vol. 96, no. 2, pp. 937–942, 2014.

64. Rubio R., Aymerich T., Bover-Cid S., Guardia M. D., Arnau J., Garriga M., Probiotic strains *Lactobacillus plantarum* 299V and *Lactobacillus rhamnosus* GG as starter cultures for fermented sausages, *LWT - Food Science and Technology*, vol. 54, no. 1, pp. 51–56, 2013.

65. Rubio R., Martín B., Aymerich T., Garriga M. The potential probiotic *Lactobacillus rhamnosus* CTC1679 survives the passage through the gastrointestinal tract and its use as starter culture results in safe nutritionally enhanced fermented sausages, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 186, pp. 55–60, 2014.

66. Erkkila S., Petaja E. “Screening of commercial meat starter ” cultures at low pH and in the presence of bile salts for potential probiotic use, *Meat Science*, vol. 55, no. 3, pp. 297–300, 2000.

67. Glanville J., King S., Guarner F., Hill C., Sanders M.E. A review of the systematic review process and its applicability for use in evaluating evidence for health claims on probiotic foods in the European Union, *Nutrition Journal*, vol. 14, no. 1, article no. 16, 2015.

68. FSIS, Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in certain raw beef products, 2011, Federal Register, Dept of Agriculture, USA, 76, 58157.

69. Strachan N. J. C., Doyle M. P., Kasuga F., Rotariu O., Ogden I. D. Dose response modelling of *Escherichia coli* O157 incorporating data from foodborne and environmental outbreaks, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 103, no. 1, pp. 35–47, 2005.

70. Heir E., Holck A. L., Omer M. K. et al. Reduction of verotoxigenic *Escherichia coli* by process and recipe optimisation in dryfermented sausages, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 141, no. 3, pp. 195–202, 2010.

71. Bergholz T.M., Whittam T.S. Variation in acid resistance among enterohaemorrhagic *Escherichia coli* in a simulated gastric environment, *Journal of Applied Microbiology*, vol. 102, no. 2, pp. 352–362, 2007.

72. EFSA, The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013, *EFSA Journal*, vol. 13, no. 1, p. 3991, 2015.

73. Pierre S. Foodborne outbreaks. in Handbook of Fermented Meat and Poultry, F. Toldra, Ed., pp. 435–439, Wiley Blackwell, West Sussex, UK, 2015.

74. Kuhn K. G., Torpdahl M., Frank C., Sigsgaard K., Ethelberg S. An outbreak of *Salmonella* Typhimurium traced back to salami, Denmark, April to June 2010, *Eurosurveillance*, vol. 16, no. 19, pp. 13–16, 2011.

75. Gossner C. M., van Cauteren D., le Hello S. et al. Nationwide outbreak of *Salmonella enterica* serotype 4,12:I:- infection associated with consumption of dried pork sausage, France, November to December 2011, *Eurosurveillance*, vol. 17, no. 5, pp. 19–22, 2012.

76. Nightingale K. K., Thippareddi H., Phebus R. K., Marsden J. L., Nutsch A. L. Validation of a traditional Italian-style salami manufacturing process for control of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*, *Journal of Food Protection*, vol. 69, no. 4, pp. 794–800, 2006.

77. Coroller L., Jeuge S., Couvert O., Christieans S., Ellouze M. Extending the gamma concept to non-thermal inactivation: a dynamic model to predict the fate of *Salmonella* during the dried sausages process, *Food Microbiology*, vol. 45, pp. 266–275, 2015.

78. Kluytmans J. A., Wertheim H. F. Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* and prevention of nosocomial infections, *Infection*, vol. 33, no. 1, pp. 3–8, 2005.

79. Argudín M. A., Mendoza M. C., Rodicio M.R. Food poisoning and *Staphylococcus aureus* enterotoxins, *Toxins*, vol. 2, no. 7, pp. 1751–1773, 2010.

80. EFSA, The European union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2009, *EFSA Journal*, vol. 9, no. 3, p. 2090, 2011.

81. Hennekinne J.-A., De Buyser M.-L., Dragacci S. *Staphylococcus aureus* and its food poisoning toxins: characterization and outbreak investigation, *FEMS Microbiology Reviews*, vol. 36, no. 4, pp. 815–836, 2012.

82. Center for Disease Control. Staphylococcal food poisoning associated with Italian dry salami, *Morbidity and Mortality Weekly Report*, vol. 24, pp. 374–379, 1975.

83. Center for Disease Control, Staphylococcal food poisoning associated with Genoa and hard salami: United States. Morbidity and Mortality Weekly Report, vol. 29, pp. 179-180, 1979.

84. NCSU Meat Lab, Not Heat-Treated, Shelf-Stable HACCP Program, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA, 2015.

85. Kaban C., Kaya M. Effect of starter culture on growth of *Staphylococcus aureus* in sucuk, *Food Control*, vol. 17, no. 10, pp. 797–801, 2006.

86. Ananou S., Maqueda M., Martinez-Bueno M., Galvez A., Valdivia E. Control of *Staphylococcus aureus* in sausages by enterocin AS-48, *Meat Science*, vol. 71, no. 3, pp. 549–556, 2005.

87. Hampikyan H. Efficacy of nisin against *Staphylococcus aureus* in experimentally contaminated sucuk, a Turkish-type fermented sausage, *Journal of Food Protection*, vol. 72, no. 8, pp. 1739–1743, 2009.

88. Even S., Leroy S., Charlier C. et al. Low occurrence of safety hazards in coagulase negative staphylococci isolated from fermented foodstuffs, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 139, no. 1-2, pp. 87–95, 2010.

89. Giaouris E., Heir E., Hebraud M. et al. Attachment and biofilm formation by foodborne bacteria in meat processing environments: causes, implications, role of bacterial interactions and control by alternative novel methods, *Meat Science*, vol. 97, no. 3, pp. 289–309, 2014.

90. Ferreira V., Barbosa J., Stasiewicz M. et al. Diverse genotypes and phenotypes of persistent *Listeria monocytogenes* isolates from fermented meat sausage production facilities in Portugal, *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 77, no. 8, pp. 2701–2715, 2011.

91. Skandamis P., Nychas G.-J. E. Pathogens: risks and control, in *Handbook of Fermented Meat and Poultry*, F. Toldra, Ed., pp. 389–412, Wiley Blackwell, West Sussex, UK, 2015.

92. Rhoades J. R., Duffy G., Koutsoumanis K. Prevalence and concentration of verocytotoxigenic *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and *Listeria*

monocytogenes in the beef production chain: A review, *Food Microbiology*, vol. 26, no. 4, pp. 357–376, 2009.

93. EU Commission. Commission regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, no. L 338, pp. 1–26, 2005.

94. Zdolec N., Hadziosmanovic M., Kozacinski L., Cvrtila Z., Filipovic S. Influence of protective cultures on *Listeria monocytogenes* in fermented sausages: a review, *Archiv fur Lebensmittelhygiene*, vol. 59, pp. 60–64, 2008.

95. Ingham S. C., Buege D. R., Dropp B. K., Losinski J. A. Survival of *Listeria monocytogenes* during storage of ready-to-eat meat products processed by drying, fermentation, and/or smoking, *Journal of Food Protection*, vol. 67, no. 12, pp. 2698–2702, 2004.

96. Thevenot D., Delignette-Muller M. L., Christieans S., Vernozzy-Rozand C. Fate of *Listeria monocytogenes* in experimentally contaminated French sausages, *International Journal of Food Microbiology*, vol. 101, no. 1-2, pp. 189–200, 2005.