

Дослідження впливу ягідних екстрактів на показники якості і безпечності напівкопчених ковбасок

В. М. Пасічний, Н. В. Божко, В. І. Тищенко, А. І. Маринін, Є. А. Шубіна,
Р. С. Святненко, О. І. Гащук, О. О. Мороз

З метою запобігання окислювальному псуванню проведений експеримент з визначення ефективності екстрактів ягід (*Aronia melanocarpa* Elliot і *Ribes nigrum* L.) при виробництві напівкопчених ковбасок. Рецепт напівкопчених ковбасок з полікомпонентним складом сировини: свинина напівжирна жилована, свинина нежирна знежирована, м'ясо качки мускусної знежироване, шпик боковий, гідратована бамбукова клітковина.

До дослідних зразків фаршу додавали екстракти ягід (*Aronia melanocarpa* Elliot і *Ribes nigrum* L.) у концентраціях 0,2–0,5 % до маси сирого фаршу. Зразок № 1 був контрольним, тобто виготовлений без додавання екстрактів ягід.

Під час зберігання виробів з екстрактами визначали кислотне число, перекисне число, тіобарбітурове число та визначені показники мікробіологічної безпеки.

Додавання екстракту чорноплідної горобини в кількості 0,2–0,5 % до маси фаршу значно уповільнює гідролітичне окислення ліпідів в готовій продукції, ефективно пригнічує перекисне окислення жиру. Використання екстракту чорної смородини також має антиоксидантну дію, але слабше. Стабілізація перекисного окислення ліпідів у напівкопчених ковбасах має ефект пригнічення утворення вторинних продуктів окислення, що підтверджується отриманими результатами. Кількість вторинних продуктів окислення, була найменшою наприкінці терміну придатності продукту з концентрацією екстракту чорноплідної горобини 0,5 % і становила $0,197 \pm 0,001$ мг МА/кг, що нижче контролю в 3,74 рази.

Додавання екстрактів чорноплідної горобини та чорної смородини зменшує мікробіологічне забруднення та має бактеріостатичний ефект. Найбільш ефективним є внесення екстракту чорноплідної горобини в кількості 0,05 %, що зменшує окислювальне псування жиру більш, ніж у три рази.

Ключові слова: екстракт чорноплідної горобини, екстракт чорної смородини, напівкопчені ковбаски, натуральні антиоксиданти.

1. Вступ

Проблема якості та безпеки м'ясопродуктів при максимальному терміні зберігання була і залишається актуальною для науковців і працівників м'ясопереробної промисловості. М'ясні системи досить нестабільні і піддаються швидким мікробіологічним, гідролітичним та окислювальним змінам, втрачають вологу, поживні речовини, втрачають колір при окисленні пігментів м'яса. Запобігти цим процесам неможливо, але їх можна уповільнити шляхом пра-

вільного підбору рецептурних компонентів, способів обробки та режимів зберігання.

Окислення є однією з основних причин погіршення якості м'яса. М'ясо стає чутливим до окисного псування через високу концентрацію ненасичених ліпідів, гемових пігментів та складних фізико-хімічних процесів у м'язовій тканині [1, 2]. Тому проблема псування м'ясних виробів під час зберігання є актуальною і потребує наукових досліджень і технологічних рішень.

2. Аналіз літературних джерел і постановка проблеми

Гідролітичні та окислювальні процеси в ліпідах м'ясних продуктів можуть істотно вплинути на їх якість і термін зберігання. Внаслідок розвитку окисних процесів у продуктах з високим вмістом ліпідів, що характерно для ковбас, відбувається накопичення перекисних сполук, що надає їм смак і запах гіркоти. В результаті харчові продукти втрачають свою харчову цінність, що призводить до руйнування жиророзчинних вітамінів, знижується вміст ненасичених жирних кислот, може накопичуватися токсичні та канцерогенні речовини в організмі людини [3].

Застосування антиоксидантів у харчовій промисловості є дуже популярним технологічним методом продовження терміну зберігання м'ясних продуктів. У більшості випадків для запобігання і пригнічення окисного псування продуктів використовуються синтетичні антиоксиданти, не зовсім безпечні для організму людини. До них відносяться продукти, отримані в результаті переробки нафти, а саме: трет-бутилгідрокінон (E319), бутилгідроксіанізол (E 320), бутилгідрокситолулол (E 321) та інші. Синтетичні антиоксиданти є сучасним рішенням для стабілізації окисного процесу та продовження терміну зберігання таких продуктів. Однак несприятливий вплив на здоров'я може становити ризик для споживачів. Авторами [4] показано, що екзогенні антиоксиданти натурального походження знижують вміст вільних радикалів в організмі людини, що пошкоджують м'язи. В той же час вчені [5] показали, що хронічна токсичність БОТ може діяти як потенційний стимулятор пухлини при використанні у великих кількостях. Використання біоактивних сполук, що містяться в рослинах, може покращити термін зберігання м'яса, уповільнити прогресування окислювальних процесів, зміни кольору, знизити сенсорну якість при здійсненні теплових процесів виробництва та зберігання харчових продуктів.

Автори [6] провели порівняльне дослідження ефективності екстрактів каштану і БОТ в різних концентраціях на термін зберігання яловичих котлет протягом 18 днів зберігання в холодильнику при $(2 \pm 1)^\circ\text{C}$. Дія натуральних антиоксидантів за ефективністю не поступалася синтетичним і гальмувала перекісне окислення ліпідів. З іншого боку, в роботі [7] підтверджено, що рослинні екстракти з розмарину, чебрецю, імбирю, підтримують окислювальну стабільність, стабілізують параметри кольору і покращують технологічні і сенсорні властивості виробів із свіжого м'яса. Автори [8] продемонстрували, що екстракти виноградних кісточок і сосни значно покращують окислювальну стабільність вареної яловичини, знижуючи кількість продуктів вторинного окислення.

Нещодавні дослідження підтверджують позитивний вплив природних антиоксидантів на якість їжі, здоров'я людини, виявлені нові механізми антиокислювальної дії натуральних рослинних антиоксидантів і їх позитивний ефект на організм людини. В роботі [9] підтверджено, що, природні антиоксиданти можуть бути застосовані для профілактики ряду неінфекційних захворювань, таких як рак, ішемічна хвороба серця та гірська хвороба. Вони можуть стати стійкою заміною хімічних консервантів у різноманітних функціональних харчових продуктах для зменшення хімічної небезпеки для здоров'я людини. В роботі [10] підтверджено, що природні антиоксиданти піддаються інтенсивному метаболізму *in vivo*, що змінює їх окислювально-відновні потенціали. Клітинні ефекти природних антиоксидантів також можуть бути опосередковані їх взаємодією зі специфічними білками. Такі білки є центральними для внутрішньоклітинних сигнальних каскадів, їх модуляцією експресії та активності ключових білків, їх вплив на епігенетичні механізми або їх модуляція мікробіоти кишечника. Автори роботи [11] довели, що ендогенні антиоксиданти не завжди зупиняють виробництво реактивних метаболітів. Активними інгібіторами окисдативного стресу в організмі людини можуть бути рослинні антиоксиданти з харчових продуктів.

Поліфеноли та ефірні олії є основними фракціями, які містяться в рослинах і можуть бути використані в м'ясній промисловості. Ці сполуки можна отримати з різних частин рослин, таких як насіння, листя та плоди.

Авторами роботи [12] встановлено, що поліфеноли (такі як кавова кислота, кверцетин, лютеолін-7-О-рутинозид і епігалокатехін-3-галлат) та ефірні олії (α -3-карен і β -пінен) містяться в спеціях. Досліджено [13], що поліфеноли з чорного перцю, орегано та шавлії, з листя зеленого чаю і гуарани можуть сповільнити окислювальну реакцію, зміну кольору та модифікацію сенсорних властивостей м'ясних продуктів

Наприклад, чорний перець (*Piper nigrum* L.) – пряність, яка широко використовується в усьому світі і в основному культивується в тропіках. Завдяки приємним сенсорним ефектам в кулінарії (їдкість і характерний смак) чорний перець вважається високоцінною пряністю. Переважаючими компонентами ефірної олії чорного перцю є α -3-карен, каріофілен, лімонен, α -пінен і β -пінен [14].

Рослинні екстракти можна використовувати як інгредієнт, так і як компонент упаковки при тривалому зберіганні (наприклад, для свіжого м'яса, котлет, ковбас) [15]. Оскільки використання рослинних екстрактів стає все більш поширеним і досягає промислового рівня, важливо поєднувати їх з іншими більш здоровими стратегіями: зменшення або заміна жиру, солі та нітритів, використання інноваційних технологій обробки [16]. Досліджено [17], що екстракт журавлини інгібував окислювальні процеси у м'ясомісних варених ковбасах з м'ясом качки та м'ясом птиці механічного обвалювання індички з вмістом жиру понад 20 %. В роботі [18] повідомляється, що екстракт розмарину позитивно впливувна перебіг окислювальних процесів у фарші з мяса качки при тривалому зберіганні. Встановлено, що його введення в кількості 0,12–0,36 % сприяє уповільненню гідролітичного окислення ліпідів м'ясного фаршу на 10,5–32,5 %. При введенні складу відбувається стабілізація перекисного окислення ненасичених жирних кислот. До-

ведено, що додавання екстрактів розмарину та журавлини пригнічує окислення ліпідів під час зберігання м'ясомістких хлібів з комбінованим сировинним складом [19]. До загальних недоліків описаних екстрактів можна віднести високу ціну, різну ефективність на перебіг окислювальних процесів на різних етапах їх розвитку, недостатній антимікробний ефект тощо.

З огляду на це проблема пошуку нових, більш ефективних і доступних натуральних джерел антиоксидантів повністю не вирішена. Крім того, ефективність антиокислювальних засобів залежить від складу і рецептури ковбасних виробів, особливо, коли інгредієнтний склад виробів полікомпонентний і комбінується з сировини різного походження. Тому підбір і вивчення ефективності різних антиоксидантних препаратів натурального походження є наразі актуальною задачею для м'ясної індустрії. Одним із можливих натуральних джерел антиокислювальних речовин можуть бути екстракти таких ягід, як чорноплідна горобина і чорна смородина. Встановлено [20], що листя і ягоди цих рослин багаті на поліфеноли, а саме фенольні кислоти і флавоноїди, які мають сильні антиоксидантні властивості.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження було вивчення впливу екстракту чорноплідної горобини (ЕЧГ) і екстракту чорної смородини (ЕЧС) у технології напівкопчених ковбасок з полікомпонентним складом сировини. Це дасть можливість подовжити термін зберігання напівкопчених ковбасок за рахунок уповільнення окислювального псування виробів і зниження концентрації продуктів окислення, що знижують якість і споживчу цінність ковбасок.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- дослідити вплив екстрактів ягід на гідролітичні процеси окислення ліпідів у напівкопчених ковбасках з полікомпонентним складом сировини;
- дослідити вплив екстрактів ягід на перекісне окислення ліпідів у напівкопчених ковбасках з полікомпонентним складом сировини;
- дослідити вплив екстрактів ягід на накопичення вторинних продуктів окислення ліпідів у напівкопчених ковбасках;
- дослідити вплив екстрактів ягід на мікробіологічні показники напівкопчених ковбасок під час зберігання.

4. Матеріали та методи дослідження

Приготування напівкопчених ковбасок.

Розроблено рецептуру напівкопчених ковбас із таким співвідношенням компонентів: свинина напівжирна – 30 %, нежирна свинина – 10 %, м'ясо качки (*Anas platyrhynchos*) – 30 %, свинячий жир – 25 %, гідратовані бамбукові волокна. У рецепті були використані спеції та додаткові матеріали. З метою ефективного використання регіональної сировини в рецептурі була проведена заміна яловичини на м'ясо качки, що підвищило вміст ліпідної фракції. Для запобігання негативного впливу на функціонально-технологічні властивості системи додавали гідратовану бамбукову клітковину.

Для приготування ковбас м'ясо подрібнювали на лабораторній м'ясорубці (Philips, Німеччина). Свиначий жир нарізали вручну кубиками розміром 4×4 мм. Подрібнені інгредієнти перемішували протягом 8 хвилин. Фарш із ковбас набивали в оболонки баранячих ковбас. Ковбаси осаджували при температурі 4–8 °С протягом 2 годин, потім підсушували в сушильній шафі при $t=90\pm 10$ °С протягом 30–40 хвилин.

Копчення проводили в копильній камері при початковій температурі 43 °С, кожні 30 хв температуру підвищували на 8–10 °С до тих пір, поки температура в центрі ковбаси не становила 70 ± 2 °С. Після копчення ковбаси охолоджували до температури не вище 8 °С.

Екстракти ягід (підприємство-виробник – «Food Ingredients Mega Trade» (USA) додавали до дослідних зразків фаршу в таких концентраціях: зразок № 1 – контрольний, без антиоксидантів, № 2 – 0,2 %, № 3 – 0,3 %, № 4 – 0,5 % екстракту чорноплідної горобини (*Aronia melanocarpa Elliot*) до маса сирого фаршу; № 5 – 0,2 %, № 6 – 0,3 %, № 7 – 0,5 % екстракту чорної смородини (*Ribes nigrum L.*). Для визначення дози застосування в технології м'ясопродуктів використовувалися рекомендовані концентрації антиоксидантів, які коливаються від 0,01 до 1,0 % [21, 22].

Варені ковбаси зберігалися 25 діб при температурі +4 °С і відносній вологості повітря 75–78 %. Під час зберігання ковбас контрольованими параметрами були кислотне число (КЧ), перекисне число (ПЧ), тіобарбітурове число (ТБЧ), мікробіологічні показники [23, 24].

Визначення кислотного числа.

Кислотне число вимірювали шляхом титрування гідроксидом натрію в присутності спиртового розчину фенолфталеїну [25]. У конічну колбу об'ємом 150–200 см³ зважували 3–5 г дослідного зразка. Наважку нагрівали на водяній бані. Додавали 50 см³ нейтралізованої ефірно-спиртової суміші та струшували. Потім додавали 3–5 крапель спиртового розчину фенолфталеїну масовою часткою 1 %. Розчин при постійному струшуванні швидко титрували розчином гідроксиду калію з концентрацією 0,1 моль/дм³ до виникнення рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв. Кислотне число розраховували як об'єм розчину гідроксиду натрію з молярною концентрацією 0,1 моль/дм³, витраченого на титрування наважки дослідного зразка.

Визначення перекисного числа.

Визначення перекисного числа ґрунтується на екстракції сумішшю хлороформу та крижаної оцтової кислоти і подальшому титруванні розчином гіпосульфиту натрію з попередньо доданим розчином крохмалю [26]. У колбу з пробкою поміщали 0,8–1 г наважки, підігрівали на водяній бані і додавали 10 см³ хлороформу та 10 см³ крижаної оцтової кислоти. Швидко додавали 0,5 см³ насиченого свіжоприготованого розчину йодиду калію. Колбу закривали пробкою, вміст перемішували, додавали 1 см³ розчину крохмалю 1 % концентрації та 100 см³ дистильованої води. Потім колбу ставили в темне місце на 3 хвилини. Вміст титрували 0,01 моль/дм³ розчином гіпосульфиту натрію для усунення синього забарвлення.

Для перевірки прозорості реагентів проводили контрольне визначення без дослідного зразку. Перекисне число розраховували як різницю між об'ємом

розчину гіпосульфїту натрію з концентрацією 0,01 моль/дм³, витраченого на титрування досліду і об'ємом розчину гіпосульфїту натрію (0,01 моль/дм³), витраченого на титрування контролю з урахуванням маси наважки.

Визначення тіобарбітурового числа.

ТБЧ визначали шляхом вимірювання інтенсивності забарвлення суміші дистиляту досліджуваного зразка з розчином тіобарбітурової кислоти (1:1) після витримування на водяній бані протягом 35 хвилин на спектрофотокolorиметрі «Срекол-11» (Німеччина) при довжині хвилі 535 нм [23].

50 г подрібненої ковбаски змішували з 50 см³ дистильованої води до омонімного стану. Підготовлену масу кількісно переносили в колбу Кьельдаля, залишки відмивали від ступки 47,5 см³ дистильованої води та додавали 2,5 см³ соляної кислоти. Перегонку в апараті Кьельдаля проводили шляхом збору 50 см³ дистиляту в мірну колбу. Відбирали 5 см³ дистиляту, додали 5 см³ тіобарбітурової кислоти і ставили колбу на киплячу водяну баню на 35 хв. Контрольну пробу проводили, використовуючи замість дистиляту 5 см³ дистильованої води. Після охолодження зразків протягом 10 хв вимірювали оптичну густину на довжині хвилі (535±10) нм щодо контрольного розчину.

ТБЧ, мг МА (малонового альдегіду)/кг продукту, розраховували оптичну густину розчину помножену на 7,8 – коефіцієнт пропорційної залежності густини МА від його концентрації в розчині.

Визначення мікробіологічних показників.

Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали за методикою [27]. 10 г кожного зразка в стерильних умовах гомогенізували з 90 мл пептонно-солевого бульйону за допомогою міксера протягом 60 секунд при 20 °С.

10 см³ гомогенізованого розчину поміщали в стерильну пробірку. Тубу з продуктом при заданій температурі витримували на водяній бані з температурою (95±1) °С протягом 20 хв.

Кількість МАФАНМ в 1 г (см³) визначали шляхом посіву послідовних розчинів у чашки Петрі глибинним методом. Розведення відбирали на 15–300 колоній, вирощуваних у посівах на чашках Петрі. Інокуляції термостатували при температурі (30±1) °С протягом 72 годин.

Після термостатування відбирали чашки Петрі з 15–300 вирощених колоній. Перерахунок кількості МАФАНМ на 1 г (см³) проводили залежно від виду досліджуваного продукту за формулою:

$$X=a \times 10_n \times (V_{\text{пр}} + V_{\text{вода}}) / V_{\text{пр}} \times g, \quad (1)$$

де X – кількість колоній в 1 г (см³); a – кількість колоній, вирощених у посуді; n – ступінь десятикратних розведень; $V_{\text{вода}}$ – маса (об'єм) доданої води; $V_{\text{пр}}$ – маса (об'єм) продукту, см³; g – маса (об'єм) посівного матеріалу, г. Тест на виявлення коліформних бактерій проводили на середовищі Кесслера за методикою [26].

Дані статистичного аналізу були опрацьовані за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel (США). Усі експерименти були проведені у трьох повторях. Результати, що наводяться, є результатами цих повторних визначень

зі стандартними відхиленнями. Для статистичного аналізу отриманих результатів використано t-критерій Стюдента. Дані представлені як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення середнього ($M \pm m$). Найменша прийнятна відмінність для проб від одного зразка була вказана на рівні 5 %.

5. Результати дослідження впливу екстрактів ягід на окислювальні процеси в напівкопчених ковбасках

5.1. Результати дослідження впливу екстрактів ягід на гідролітичні процеси окислення ліпідів у напівкопчених ковбасках

Результати досліджень зміни кислотного числа у дослідних зразках напівкопчених ковбас наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка кислотного числа в зразках напівкопчених ковбас з використанням ягідних екстрактів, мг КОН

Зразок	Термін зберігання, діб			
	1	5	15	25
1	0.021 $\pm$ 0.001	0.417 $\pm$ 0,02	0.701 $\pm$ 0.03	1.001 $\pm$ 0.03
2	0.019 $\pm$ 0.001	0.311 $\pm$ 0,02	0.388 $\pm$ 0.02	0.567 $\pm$ 0.02
3	0.019 $\pm$ 0.001	0.301 $\pm$ 0,03	0.354 $\pm$ 0.02	0.561 $\pm$ 0.00
4	0.019 $\pm$ 0.002	0.247 $\pm$ 0,01	0.301 $\pm$ 0.11	0.391 $\pm$ 0.06
5	0.019 $\pm$ 0.002	0.378 $\pm$ 0,02	0.513 $\pm$ 0.02	0.813 $\pm$ 0.02
6	0.019 $\pm$ 0.002	0.341 $\pm$ 0,02	0.533 $\pm$ 0.01	0.689 $\pm$ 0.00
7	0.019 $\pm$ 0.001	0.295 $\pm$ 0,01	0.470 $\pm$ 0.03	0.601 $\pm$ 0.05

Аналіз табл. 1 показує, що на початку зберігання ковбас КЧ у всіх зразках було майже однаковим і становило 0,019–0,021 мг/КОН. Це свідчить про малу кількість вільних жирних кислот і низьку інтенсивність гідролізу триацилгліцеридів.

Аналіз першої стадії окисного процесу в дослідних зразках показав, що різниця між КЧ у контрольній пробі та дослідних ковбасах спостерігалася на 5-й день зберігання виробів. Так, КЧ у контролі становило 0,417 $\pm$ 0,02 мг/КОН, тоді як у дослідних зразках ця величина коливалась у межах 0,247–0,378 мг/КОН, що на 9,35–59,23 % нижче. Така тенденція спостерігалася до кінця терміну зберігання і в кінці експерименту різниця значно зросла.

На 25-ту добу зберігання КЧ ковбасних виробів мало найнижче значення у зразку 4 і дорівнювало 0,391 $\pm$ 0,06 мг КОН, що на 39 % менше порівняно з контролем. Наприкінці зберігання концентрація вільних жирних кислот у всіх досліджуваних зразках була значно нижчою, ніж у зразку без додавання антиоксидантів.

5.2. Результати вивчення впливу екстрактів ягід на перекісне окислення ліпідів у напівкопчених ковбасках

У табл. 2 наведено результати дослідження накопичення вторинних пероксидів у напівкопчених ковбасах.

Як бачимо з табл. 2, наприкінці терміну зберігання протягом 25 діб ПЧ у контрольному зразку досягало 0,046 $\pm$ 0,003 % I_2 , тоді як у дослідних зразках цей

показник був у межах 0,017–0,027 % J_2 . Найменша кількість перекисів накопичувалася у зразку 4 з концентрацією екстракту чорноплідної горобини 0,5 % і становила $0,017 \pm 0,003$ % J_2 , що на 36,95 % менше, ніж у контролі. При додаванні екстракту чорної смородини також спостерігалось зниження інтенсивності перекисного окислення, але з меншою швидкістю.

Таблиця 2

Динаміка перекисного числа в зразках напівкопчених ковбас з використанням ягідних екстрактів, % J_2

Зразок	Термін зберігання, діб			
	1	5	15	25
1	0.015 ± 0.001	0.019 ± 0.000	0.037 ± 0.001	0.046 ± 0.003
2	0.015 ± 0.001	0.015 ± 0.007	$0.018 \pm 0,003$	0.019 ± 0.003
3	0.015 ± 0.001	0.015 ± 0.001	0.016 ± 0.003	0.017 ± 0.002
4	0.015 ± 0.001	$0,015 \pm 0.001$	0.015 ± 0.001	0.017 ± 0.003
5	0.015 ± 0.003	0.015 ± 0.002	0.019 ± 0.001	$0.027 \pm 0,001$
6	0.015 ± 0.003	0.015 ± 0.007	0.019 ± 0.001	0.018 ± 0.003
7	0.015 ± 0.003	0.015 ± 0.001	0.017 ± 0.0013	$0.018 \pm 0,001$

5. 3. Результати дослідження впливу екстрактів ягід на накопичення вторинних продуктів окислення ліпідів у напівкопчених ковбасках

Для встановлення ступеня накопичення вторинних продуктів окислення в останній день зберігання зразків ковбас було досліджено ТБЧ, результати якого представлені на рис. 1.

За даними рис. 1, введення екстрактів ягід сприяє уповільненню накопичення вторинних продуктів окислення. Наприкінці терміну зберігання кількість вторинних продуктів окислення в контрольному зразку становила $0,736 \pm 0,001$ мг МА/кг готового продукту. У дослідних зразках цей показник досягав 0,197–0,507 мг МА/кг, що майже у три рази більше, ніж вміст перекису в дослідних зразках. Найбільш ефективним виявився екстракт чорноплідної горобини в концентрації 0,5 % в зразку № 4, де кількість малонового альдегіду в ковбасках в кінці терміну зберігання була найнижчою і склала $0,197 \pm 0,001$ мг МА/кг, що нижче, ніж в контрольному зразку, в 3,74 рази.

Дослідження вмісту вторинних продуктів окислення дозволило оцінити глибину процесів окислення, що протікають у зразках напівкопчених ковбас при зберіганні протягом 25 діб при температурі 0–6 °С. Концентрація вторинних продуктів окислення була найвищою в контрольному зразку, а в дослідних знижувалася пропорційно концентрації доданої антиоксидантної добавки.

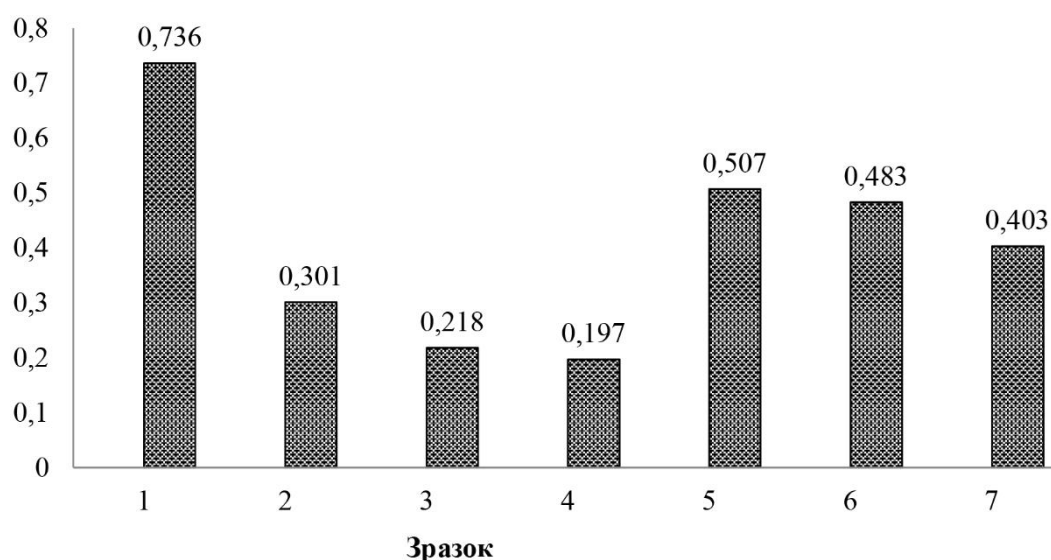


Рис. 1. Вплив антиоксидантів ягідних екстрактів на накопичення вторинних продуктів окислення ліпідів напівкопченої ковбаси, мг МА/кг

5. 4. Результати дослідження ефективності екстрактів ягід на мікробіологічні показники напівкопчених ковбасок

Результати мікробіологічних досліджень дослідних зразків представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Результати мікробіологічних досліджень напівкопчених ковбасок з екстрактами ягід

Зразки	Кількість мезофільних аеробних и факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше ніж	Бактерії групи кишкової палички (коліформи), в 0,001 г	Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Сальмонелла, в 25 г
Норма	2.5×10^3	Не дозволяється	Не знайдено
1	1.98×10^3	Не дозволяється	Не знайдено
2	1.40×10^3	Не дозволяється	Не знайдено
3	1.20×10^3	Не дозволяється	Не знайдено
4	0.96×10^3	Не дозволяється	Не знайдено
5	1.64×10^3	Не дозволяється	Не знайдено
6	1.59×10^3	Не дозволяється	Не знайдено
7	1.31×10^3	Не дозволяється	Не знайдено

Як видно з табл. 3, мікробіологічні показники всіх зразків відповідали нормі або державному стандарту напівкопчених ковбас. Різниця між дослідними зразками та контрольною спостерігалася в показнику КМАФАнМ. Найменша загальна забрудненість була зафіксована в зразку з найбільшою концентрацією екстракту чорноплідної горобини – 0,5 % в зразку 4. Тенденція до зменшення КМАФАнМ була відзначена у всіх дослідних зразках. Інтенсивність такого зменшення залежала від концентрації екстрактів.

6. Обговорення результатів дослідження впливу екстрактів ягід на окислювальні процеси в напівкопчених ковбасках

Згідно з дослідженнями [28, 29], синтетичні антиоксиданти потенційно шкідливі, тому використання натуральних препаратів є доступною альтернативою в технології виробництва м'яса. За даними [30], екстракти ягід, особливо темного кольору, містять поліфенольні сполуки, які мають високу антиоксидантну дію. Крім того, завдяки антиоксидантній та антибактеріальній дії фенольних сполук рослинні екстракти є альтернативою хімічним консервантам, які використовуються в м'ясній промисловості, особливо нітратам (III). Вони можуть пригнічувати ріст патогенної мікрофлори, окислення м'ясних інгредієнтів (ліпідів і білків) і запобігати зміні кольору [31–33]. При виборі відповідної добавки враховують концентрацію діючих речовин, інгредієнтний склад м'ясного продукту, вміст жиру, співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот. Ефективність антиоксидантного препарату визначається його здатністю пригнічувати швидкість гідролізу, первинного та вторинного окислення ліпідів м'яса під час зберігання [34].

Дослідження КЧ показало, що під час зберігання відбувається поступове накопичення продуктів розпаду тригліцеридів, які до кінця терміну придатності досягають максимального значення, що узгоджується з даними [35]. Порівняльний аналіз ефективності різних антиоксидантів показав, що найбільшу позитивну дію на пригнічення первинної стадії окислення надає екстракт чорноплідної горобини в концентрації 0,5 %. Антиоксидантну та антимікробну ефективність екстракту чорноплідної горобини підтверджено авторами [36] при використанні в продуктах зі свинини.

На другій стадії окислювального псування відбувається подальше окислення вивільнених вільних жирних кислот. Встановлено, що гідропероксиди ліпідів не завдають шкоди якості їжі, оскільки вони не мають запаху та смаку [37]. Однак гідропероксиди є нестабільними сполуками, тому вони мають тенденцію розкладатися на алкільні та пероксидні радикали [38]. Ці радикали далі розщеплюються на вторинні сполуки, які відповідають за порушення чутливості, наприклад запахи та смаки, пов'язані з окисленням ліпідів. На ранніх стадіях окислення спостерігається збільшення гідропероксидів, оскільки рівень освіти вище рівня розкладання. Тим не менш, оскільки ці сполуки нестабільні, на більш глибоких стадіях окислення процес розкладання гідропероксидів інтенсивніше процесу утворення [39]. Пригнічення гідролізу триацилгліцеридів і зниження концентрації вільних жирних кислот до 0,391–0,813 мг КОН у дослідних зразках стає можливим завдяки високому окислювальному потенціалу флавоноїдів екстрактів ягід, що підтверджується дослідженнями [40].

Аналіз динаміки ПЧ в дослідних зразках показує, що при додаванні екстрактів чорноплідної горобини та чорної смородини пригнічення перекисного окислення спостерігається вже після перших 5 діб зберігання. Це пояснюється тим, що компоненти екстрактів унеможливають приєднання активного кисню до радикалів жирних кислот і таким чином переривають вільнорадикальне окислення [41]. Це стає можливим завдяки тому, що чорноплідна горобина

містить високі концентрації фенольних сполук, проантоціанідів, антоціанів і фенольних кислот з високою антиоксидантною активністю [42].

На ранніх стадіях окислення використання пероксидів як індикатора окислювального псування призводить до недооцінки ступеня окислення [43], тому цей параметр не гарантовано надійний у м'ясі з високим ступенем окислення [44]. У зв'язку з цим, хоча величина перекису є широко використовуваним параметром для визначення ступеня окислення, вона ефективна лише на початкових стадіях окислювальних процесів [45]. Відповідно, для оцінки стадій глибокого окислення визначають концентрацію моно- і діальдегіду, що реагує з тіобарбітуровою кислотою.

В результаті проведених досліджень встановлено, що введення екстрактів ягід сприяє уповільненню накопичення вторинних продуктів окислення. Автори [46, 47] довели, що вторинні продукти окислення є носіями неприємного смаку та запаху окислених жирів. На відміну від [48], де зниження концентрації альдегідів досягається за рахунок поліфенолів морських водоростів, встановлено, що використання поліфенолів чорноплідної горобини дозволяє знизити ПЧ майже на 40 %. Особливе значення має ефективність ягідних екстрактів щодо інгібування накопичення вторинних продуктів окислення при використанні їх у складі багатокомпонентних м'ясовмісних продуктів, що включають інгредієнти різного походження [49].

При дослідженні показників мікробіологічної безпеки було встановлено, що у всіх дослідних зразках спостерігалось зменшення КМАФАМ. Інтенсивність такого зменшення залежала від концентрації екстрактів. Доведено, що висока концентарція фенольних сполук екстрактів чорноплідної горобини і чорної смородини забезпечують рівень загального осіменіння напівкопчених ковбас в межах $0.96\text{--}1,64 \times 10^3$, що узгоджується із підтверджується дослідженнями [50]. Додавання екстрактів чорноплідної горобини і чорної смородини одночасно дозволяє забезпечити мікробіологічну безпеку продуктів, що швидко псуються, і продовжити термін зберігання на відміну від використання інших рослинних продуктів [51].

Практичне застосування екстрактів чорноплідної горобини і чорної смородини в концентраціях 0,2–0,5 % до маси сирого фаршу забезпечує пригнічення окислювальних і мікробіологічних процесів у готових напівкопчених ковбасах. Проте цей ефект обмежується терміном зберігання 25 діб при температурі +4 °C і відносній вологості 75–78 %. Тому плануються подальші дослідження щодо продовження терміну зберігання напівкопчених ковбас із екстрактами ягід в різних температурних режимах.

7. Висновки

1. Дослідження підтвердили антиоксидантну активність екстрактів чорноплідної горобини, порівняно з екстрактом чорної смородини при використанні в технології напівкопчених ковбас. Встановлено, що ведення екстракту чорноплідної горобини в кількості 0,2–0,5 % до маси фаршу дозволяє значно уповільнити гідролітичне окислення ліпідів готової продукції, ефективно пригнічувати перекисне окислення жиру.

2. Підтверджено, що стабілізація перекісного окислення ліпідів у напівкопчених ковбасах з використанням екстрактів чорноплідної горобини та чорної смородини призводить до пригнічення утворення первинних продуктів окислення. В кінці терміну зберігання ПЧ дослідних зразків становило щонайменше 0,017 мг/КОН, що на 63,04 % менше ніж в контролі.

3. Доведено можливість зниження в 3,74 рази в процесі зберігання напівкопчених ковбас накопичення вторинних продуктів окислення, що реагують з тіобарбітуровою кислотою, при використанні в складі ерецептур екстракту чорноплідної горобини в кількості 0.5 %.

4. Підтверджено, що введення екстрактів чорноплідної горобини і чорної смородини в рецептури напівкопчених ковбас дозволяє зменшити мікробіологічне забруднення та досягти бактеріостатичного ефекту. Найбільший ефект щодо зменшення окислювального псування жиру досягається внесенням на фарш напівкопчених ковбас екстракту чорноплідної горобини в кількості 0,5 %.

Подяки

Робота була підтримана грантами Міністерства освіти і науки України «Обґрунтування та реалізація умов тривалого зберігання харчових продуктів в упаковці з заданими функціональними властивостями» № 0121U109795 та «Обґрунтування ресурсощадних технологій харчових продуктів на основі органічно спрямованого перероблення продуктів тваринного походження» № 0121U109796

Література

1. Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., Lorenzo, J. M. (2019). A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants*, 8 (10), 429. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>
2. Huang, X., Ahn, D. U. (2019). Lipid oxidation and its implications to meat quality and human health. *Food Science and Biotechnology*, 28 (5), 1275–1285. doi: <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00631-7>
3. Munekata, P. E. S., Rocchetti, G., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., Lorenzo, J. M. (2020). Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: an overview. *Current Opinion in Food Science*, 31, 81–87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.003>
4. Kaczmarek, M., Wójcicki, J., Samochowiec, L., Dutkiewicz, T., Sych, Z. (1999). The influence of exogenous antioxidants and physical exercise on some parameters associated with production and removal of free radicals. *Die Pharmazie*, 54 (4), 303–306.
5. Mean, S., Değer, Y., Yildirim, S. (2018). Effects of butylated hydroxytoluene on blood liver enzymes and liver glutathione and glutathione-dependent enzymes in rats. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 21 (4), 461–469. doi: <https://doi.org/10.15547/bjvm.2010>
6. Zamuz, S., López-Pedrouso, M., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Domínguez, H., Franco, D. (2018). Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: Evaluation of their impact on physicochemical prop-

erties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential. *Food Research International*, 112, 263–273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.053>

7. Pateiro, M., Gómez-Salazar, J. A., Jaime-Patlán, M., Sosa-Morales, M. E., Lorenzo, J. M. (2021). Plant Extracts Obtained with Green Solvents as Natural Antioxidants in Fresh Meat Products. *Antioxidants*, 10 (2), 181. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox10020181>

8. Ahn, J., Grun, I. U., Fernando, L. N. (2002). Antioxidant Properties of Natural Plant Extracts Containing Polyphenolic Compounds in Cooked Ground Beef. *Journal of Food Science*, 67 (4), 1364–1369. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10290.x>

9. Khan, I., Ahmad, S. (2020). The Impact of Natural Antioxidants on Human Health. *Functional Food Products and Sustainable Health*, 11–24. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-4716-4_2

10. Hrelia, S., Angeloni, C. (2020). New Mechanisms of Action of Natural Antioxidants in Health and Disease. *Antioxidants*, 9 (4), 344. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox9040344>

11. Jamshidi-kia, F., Wibowo, J. P., Elachouri, M., Masumi, R., Salehifard-Jouneghani, A., Abolhasanzadeh, Z., Lorigooini, Z. (2020). Battle between plants as antioxidants with free radicals in human body. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 9 (3), 191–199. doi: <https://doi.org/10.34172/jhp.2020.25>

12. Tzima, K., Brunton, N. P., Choudhary, A., Rai, D. K. (2020). Potential Applications of Polyphenols from Herbs and Spices in Dairy Products as Natural Antioxidants. *Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 283–299. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119036685.ch10>

13. Kaurinovic, B., Vastag, D. (2019). Flavonoids and Phenolic Acids as Potential Natural Antioxidants. *Antioxidants*. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.83731>

14. Wang, Y., Li, R., Jiang, Z.-T., Tan, J., Tang, S.-H., Li, T.-T. et. al. (2018). Green and solvent-free simultaneous ultrasonic-microwave assisted extraction of essential oil from white and black peppers. *Industrial Crops and Products*, 114, 164–172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.002>

15. Oswell, N. J., Thippareddi, H., Pegg, R. B. (2018). Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. *Meat Science*, 145, 469–479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.020>

16. Marques, L. L. M., Ferreira, E. D. F., Paula, M. N. de, Klein, T., Mello, J. C. P. de. (2019). *Paullinia cupana*: a multipurpose plant – a review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29 (1), 77–110. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.08.007>

17. Bozhko, N., Tischenko, V., Pasichnyi, V. (2017). Cranberry extract in the technology of boiled sausages with meat waterfowl. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 19 (75), 106–109. doi: <https://doi.org/10.15421/nvlvet7521>

18. Bozhko, N., Tischenko, V., Pasichnyi, V., Marynin, A., Polumbryk, M. (2017). Analysis of the influence of rosemary and grape seed extracts on oxidation the lipids of peking duck meat. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (88)), 4–9. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108851>

19. Bozhko, N., Tishchenko V., Pasichnyi V., Svyatnenko R. (2019). Effectiveness of natural plant extracts in the technology of combined meat-containing breads. *Ukrainian Food Journal*, 8 (3), 522–532. doi: <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2019-8-3-9>
20. Efenberger-Szmechtyk, M., Gałazka-Czarnecka, I., Otlewska, A., Czyżowska, A., Nowak, A. (2021). *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot, *Chaenomeles superba* Lindl. and *Cornus mas* L. Leaf Extracts as Natural Preservatives for Pork Meat Products. *Molecules*, 26 (10), 3009. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules26103009>
21. Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., Narsaiah, K. (2015). Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14 (6), 796–812. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>
22. Gupta, A. D., Bansal, V. K., Babu, V., Maithil, N. (2013). Chemistry, antioxidant and antimicrobial potential of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 11 (1), 25–31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2012.12.001>
23. Bozhko, N., Pasichnyi, V., Marynin, A., Tishchenko, V., Strashynskyi, I., Kyselov, O. (2020). The efficiency of stabilizing the oxidative spoilage of meat-containing products with a balanced fat-acid composition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (105)), 38–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205201>
24. Zeb, A., Ullah, F. (2016). A Simple Spectrophotometric Method for the Determination of Thiobarbituric Acid Reactive Substances in Fried Fast Foods. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2016, 1–5. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/9412767>
25. Kumar, G. V. P., Lakshmi, N. V. V. S. S., Deena, C., Sekhar, V. C., Nikhitha, N. M., Begum, M. M. H. et. al. (2019). Determination of the Quality of Coconut Oils (Unrefined Grade) and (Refined Grade) Produced from Three Survey Regions of East Godavari District, India. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, 2 (3-4), 1–8. doi: <https://doi.org/10.9734/ajacr/2018/v2i3-430076>
26. Aguirrezábal, M. M., Mateo, J., Domínguez, M. C., Zumalacárregui, J. M. (2000). The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Science*, 54 (1), 77–81. doi: [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(99\)00074-1](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(99)00074-1)
27. Bozhko, N., Tishchenko, V., Pasichnyi, V., Matsuk, Y. (2020). Analysis of the possibility of fish and meat raw materials combination in products. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 647–655. doi: <https://doi.org/10.5219/1372>
28. Stokes, P., Belay, R. E., Ko, E. Y. (2020). Synthetic Antioxidants. *Male Infertility*, 543–551. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-32300-4_44
29. Papuc, C., Predescu, C. N., Tudoreanu, L., Nicorescu, V., Gâjâilă, I. (2017). Comparative study of the influence of hawthorn (*Crataegus monogyna*) berry ethanolic extract and butylated hydroxyanisole (BHA) on lipid peroxidation, myoglobin oxidation, consistency and firmness of minced pork during refrigeration. *Jour-*

nal of the Science of Food and Agriculture, 98 (4), 1346–1361. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8599>

30. Efenberger-Szmechtyk, M., Nowak, A., Czyzowska, A. (2020). Plant extracts rich in polyphenols: antibacterial agents and natural preservatives for meat and meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61 (1), 149–178. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1722060>

31. Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Bellucci, E. R. B., Domínguez, R., da Silva Barretto, A. C., Lorenzo, J. M. (2021). Strategies to increase the shelf life of meat and meat products with phenolic compounds. *Advances in Food and Nutrition Research*, 171–205. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.02.008>

32. Kiarsi, Z., Hojjati, M., Behbahani, B. A., Noshad, M. (2020). In vitro antimicrobial effects of *Myristica fragrans* essential oil on foodborne pathogens and its influence on beef quality during refrigerated storage. *Journal of Food Safety*, 40 (3). doi: <https://doi.org/10.1111/jfs.12782>

33. Márquez-Rodríguez, A. S., Nevárez-Baca, S., Lerma-Hernández, J. C., Hernández-Ochoa, L. R., Nevárez-Moorillon, G. V., Gutiérrez-Méndez, N. et. al. (2020). In Vitro Antibacterial Activity of *Hibiscus sabdariffa* L. Phenolic Extract and Its In Situ Application on Shelf-Life of Beef Meat. *Foods*, 9 (8), 1080. doi: <https://doi.org/10.3390/foods9081080>

34. Manassis, G., Kalogianni, A. I., Lazou, T., Moschovas, M., Bossis, I., Gelasakis, A. I. (2020). Plant-Derived Natural Antioxidants in Meat and Meat Products. *Antioxidants*, 9 (12), 1215. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox9121215>

35. Tamkutė, L., Vaicekauskaitė, R., Gil, B. M., Rovira Carballido, J., Venskutonis, P. R. (2021). Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) pomace extracts inhibit food pathogenic and spoilage bacteria and increase the microbiological safety of pork products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (3). doi: <https://doi.org/10.1111/jfpp.15220>

36. Tamkutė, L., Vaicekauskaitė, R., Melero, B., Jaime, I., Rovira, J., Venskutonis, P. R. (2021). Effects of chokeberry extract isolated with pressurized ethanol from defatted pomace on oxidative stability, quality and sensory characteristics of pork meat products. *LWT*, 150, 111943. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111943>

37. Bozhko, N. V., Pasichnyi, V. M. (2018). Study on efficiency of natural antioxidant preparations in the technology of meat and meat-containing products with duck meat. *Development of natural sciences in countries of the European Union taking into account the challenges of XXI century*. Lublin: Izdevniecība «Baltija Publishing», 58–78. URL: <http://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/5997>

38. Talbot, G. (2016). The Stability and Shelf Life of Fats and Oils. *The Stability and Shelf Life of Food*, 461–503. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100435-7.00016-2>

39. Morcuende, D., Estevez, M., Ventanas, S. (2008). Determination of Oxidation. *Handbook of Muscle Foods Analysis*, 221–240. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420045307.ch13>

40. Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F. J., Putnik, P., Kovačević, D. B. et. al. (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products:

A review. *Food Research International*, 106, 1095–1104. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.005>

41. Papuc, C., Goran, G. V., Predescu, C. N., Nicorescu, V., Stefan, G. (2017). Plant Polyphenols as Antioxidant and Antibacterial Agents for Shelf-Life Extension of Meat and Meat Products: Classification, Structures, Sources, and Action Mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (6), 1243–1268. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12298>

42. Barbieri, G., Bergamaschi, M., Saccani, G., Caruso, G., Santangelo, A., Tulumello, R. et. al. (2019). Processed Meat and Polyphenols: Opportunities, Advantages, and Difficulties. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 102 (5), 1401–1406. doi: <https://doi.org/10.1093/jaoac/102.5.1401>

43. Sidor, A., Drożdżyńska, A., Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors - An overview. *Trends in Food Science & Technology*, 89, 45–60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.006>

44. Sidor, A., Gramza-Michałowska, A. (2019). Black Chokeberry *Aronia melanocarpa* L. – A Qualitative Composition, Phenolic Profile and Antioxidant Potential. *Molecules*, 24 (20), 3710. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules24203710>

45. Ross, C. F., Smith, D. M. (2006). Use of Volatiles as Indicators of Lipid Oxidation in Muscle Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5 (1), 18–25. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.tb00077.x>

46. Agregán, R., Franco, D., Carballo, J., Tomasevic, I., Barba, F. J., Gómez, B. et. al. (2018). Shelf life study of healthy pork liver pâté with added seaweed extracts from *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. *Food Research International*, 112, 400–411. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.063>

47. Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72 (2), 303–311. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>

48. Shahidi, F. (Ed.) (1998). Assessment of lipid oxidation and flavour development in meat, meat products and seafoods. *Flavor of Meat, Meat Products and Seafoods*. London: Academic & Professional, 373–394.

49. Bozhko, N., Tischenko, V., Pasichnyi, V., Shubina, Y., Kyselov, O., Marynin, A., Strashynskyi, I. (2021). The quality characteristics of sausage prepared from different ratios of fish and duck meat. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 26–32. doi: <https://doi.org/10.5219/1482>

50. Qu, M., Chen, Q., Sun, B. (2021). Advances in Studies on the Functional Properties of Polyphenols and Their Interactions with Proteins and Polysaccharides. *Science and Technology of Food Industry*, 42 (11), 405–413. doi: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020070358>

51. Qin, F., Yao, L., Lu, C., Li, C., Zhou, Y., Su, C. et. al. (2019). Phenolic composition, antioxidant and antibacterial properties, and in vitro anti-HepG2 cell activities of wild apricot (*Armeniaca Sibirica* L. Lam) kernel skins. *Food and Chemical Toxicology*, 129, 354–364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.05.007>