

УДК 544, 637.5
УКПП
№ державної реєстрації 0120U101518
Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет (СумДУ)
40007, Суми, вул. Р.-Корсакова, 2;
тел. (0542) 33-41-08/33-40-49

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи,
д-р фіз.-мат. наук, професор

А.М. Черноус

**ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОРЕКЦІЇ ПЕРЕКИСНОГО
ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ В СИСТЕМАХ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ З
ВИКОРИСТАННЯМ БІОФЛАВОНОЇДНОГО КОМПЛЕКСУ РОСЛИН
(остаточний)**

Керівник НДР
канд. сільськ. наук, доцент

Н.В. Божко

2022

Рукопис закінчено 26 лютого 2023 року

Результати роботи розглянуто науковою радою СумДУ, протокол від

2023 р. №

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 64 стор., 5 рис., 7 табл., 120 джерел.

БІОФЛАВОНОЇДНИЙ КОМПЛЕКС, ЖУРАВЛИНА, НАПІВКОПЧЕНІ КОВБАСИ, ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ, ПОСІЧЕНІ НАПІВФАБРИКАТИ, ЧОРНА СМОРОДИНА, ЧОРНОПЛІДНА ГОРОБИНА

Об'єкт дослідження – розробка технології корекції перекісного окислення ліпідів в системах біологічного походження, а саме продуктів харчування, з викорсиатнням боіфлавоноїдного комплексу ягід.

Мета дослідження – теоретичне і експериментальне дослідження вмісту біофлавоноїдів (фенольних речовин) в ягодах і викорсиатння їх в системах біолоігчного походження для гальмування окислювальних і мікробіолоігчних процесів під час зберігання.

Методи дослідження – теоретичне дослідження джерел на предмет концентрації біологічно активних речовин, в тому числі вторинних метаболітів рослин (біофлавоноїдного комплексу), в ягодах; експериментальні дослідження динаміки окислювальних і мікробіолоігчних процесів у продуктах харчування з високим вмістом ліпідів за такими показниками як кислотне число, перекісне число, тіобарбітурове число із застосуванням титрометричних, колориметричних, мікробіологічних методів аналізу.

У роботі теоретично проведений аналіз інформації стосовно вмісту фенольних речовин у журавлині (*Oxycoccus palustris*), чорноплідній горобині (*Aronia melanocarpa*), чорній смородині (*Ribes nigrum L.*), що зумовлює їх високі антиокислювальні властивості і доводить перспективність викосриатння в якості природніх антиоксидантних добавок у технології м'ясних і м'ясомістких продуктів.

У дослідженні експериментально доведено високу антиоксидантну активність екстрактів чорноплідної горобини та чорної смородини при використанні в технології напівкопчених ковбас. З'ясовано, 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 і стабілізувати утворення вторинних продуктів коиснення при зберіганні напівкопчених ковбас із високим вмістом жиру.

Показана ефективність екстрактів ягід при зберіганні заморожених напівфабрикатів із комбінованої м'ясної і рибної сировини, що зумовлена високими антиокислювальними властивостями обраних ягідних екстрактів. Встановлено, що додавання екстракту чорної смородини до фаршу м'ясо-містких напівфабрикатів запобігає гідролітичному окисленню жиру, внаслідок чого знижується перекисне окиснювання вільних жирних кислот.

З'ясовано, що використання екстракту журавлини у технології м'ясо-містких напівфабрикатів призводить до гальмування окислювальних процесів в ліпідній фракції продукту під час зберігання. Експериментально встановлено, що використання екстрактів ягід в концентраціях 0,1-0,2 % до маси сировини на 32,64-80,11 % знижують кількість вторинних продуктів окислення (малоновий альдегід).

У роботі доведено, що введення біофлавоноїдного комплексу екстрактів журавлини, чорноплідної горобини, чорної смородини і чорниці дозволяє зменшити мікробіологічне забруднення та досягти бактеріостатичного ефекту при зберіганні напівкопчених ковбас і заморожених посічених напівфабрикатів в межах нормативного терміну зберігання і більше.

ЗМІСТ

	с.
Список умовних скорочень	5
Вступ	6
1 Огляд літератури	8
1.1 Механізм перекісного окислення ліпідів у м'ясі і м'ясних продуктах	8
1.2 Природні антиоксиданти рослинного походження в технології м'яса та м'ясних продуктів	12
1.3 Потенційні джерела натуральних антиоксидантів для виробництва м'ясних продуктів харчування	14
2 Матеріали і методи	18
3 Результати досліджень	24
3.1 Дослідження біофлавоноїдної композиції та антиокислювальних властивостей різних видів ягід	24
3.2 Дослідження ефективності корекції перекісного окислення ліпідів в напівкопчених ковбасах з використанням біофлавоноїдного комплексу ягід	35
3.2.1 Результати дослідження впливу екстрактів ягід на окислювальні процеси в напівкопчених ковбасах	35
3.2.2 Результати дослідження впливу екстрактів ягід на мікробіологічні процеси в напівкопчених ковбасах	40
3.3 Дослідження ефективності корекції перекісного окислення ліпідів в посічених напівфабрикатах з використанням біофлавоноїдного комплексу ягід	42
3.3.1 Результати дослідження впливу екстрактів ягід на окислювальні процеси в посічених напівфабрикатах	42
3.3.2 Результати дослідження впливу екстрактів ягід на мікробіологічні процеси в посічених напівфабрикатах	46
Висновки	48
Перелік джерел посилання	51

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АФК – активні форми кисню

ЕАЗТ – Еквівалентна антиоксидантна здатність

ЕЖ – екстракт журавлини

ЕС – екстракт смородини

ЕЧ – екстракт чорниці

ЕЧГ – екстракт чорноплідної горобини

ЕЧС – екстракт чорної смородини

КЧ – кислотне число

МНЖК – мононенасичені жирні кислоти

МПМО – м'ясо птиці механічного обвалювання

НЖК – насичені жирні кислоти

ПНЖК – ненасичені жирні кислоти

ПЧ – перекісне число

Троlox ТБЧ – тіобарбітурове число

ВСТУП

Природні антиоксиданти мають сприятливий вплив на здоров'я та різні хворобливі стани, такі як нейродегенеративні та серцево-судинні захворювання, діабет і рак [1-4].

Використання натуральних рослинних антиоксидантних продуктів для профілактики різних захворювань може бути ефективною альтернативою для сучасної медицини з синтетичними ліками та антиоксидантами. Значна частина біологічної активності природних антиоксидантів пояснюється їх здатністю поглинати активні форми кисню (АФК), які протидіють окислювальному стресу. В останні роки чисельні дослідження показали, що їх класична антиоксидантна активність, не обмежується здатністю віддавати водень [5]. Крім того, природні антиоксиданти піддаються інтенсивному метаболізму *in vivo*, що змінює їх окисно-відновні потенціали. Результати останніх досліджень свідчать про те, що клітинні ефекти природних антиоксидантів також можуть бути опосередковані їхньою взаємодією зі специфічними білками, які є центральними для внутрішньоклітинних сигнальних каскадів [6-8], їх модуляцією експресії та активності ключових білків [9-11], їхнім впливом на епігенетичні механізми [12, 13] або їхньою модуляцією кишкової мікробіоти.

Одним із шляхів ефективної профілактики захворювань, пов'язаних із оксидативним стресом, є використання натуральних антиоксидантів при виробництві харчових продуктів, особливо, із високою концентрацією ПНЖК. До таких продуктів відносяться широко вживані м'ясні вироби, що складають 30 % добового раціону людини. М'ясо та м'ясомісткі продукти є чудовим джерелом білків та амінокислот, жирів, мінералів (наприклад, цинку, заліза та фосфору), вітамінів та інших цінних або незамінних поживних речовин; тому вони є невід'ємною частиною харчування людини [14]. Незважаючи на нові дієтичні тенденції в західних суспільствах, які сприяють скороченню та/або заміні м'яса в раціоні людей [15], глобальне

споживання м'яса постійно зростає; за останні 20 років воно збільшилося на 58%, досягнувши 360 мільйонів тон щорічно, причому 54% цього збільшення пояснюється зростанням населення, а решта пояснюється збільшенням споживання на душу населення внаслідок змін у харчуванні споживачів і доходів.

Однак м'ясні продукти підлягають процесам деградації. Серед них найважливішими після мікробного руйнування є окисні процеси, які впливають на ліпіди, пігменти, білки та вітаміни. Під час цих реакцій відбувається сенсорна деградація продукту, що викликає відмову споживачів. Крім того, відбувається втрата поживних речовин, що призводить до утворення токсичних речовин, тому контроль окисних процесів є життєво важливим для м'ясної промисловості з точки зору безпеки споживчого продукту. Одним із шляхів запобігання окисного псування м'ясних продуктів і забезпечення безпеки готових виробів під час виготовлення і зберігання може бути корекція перекісного окислення ліпідів м'ясних продуктів за допомогою натуральних антиоксидантів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Механізм перекісного окислення ліпідів у м'ясі і м'ясних продуктах

Ліпіди є сполуками, життєво важливими для правильного харчування людини. Окрім забезпечення енергією біологічних процесів організму, ліпіди містять велику кількість речовин, таких як незамінні жирні кислоти або жиророзчинні вітаміни, які можуть бути забезпечені лише з дієтою. Крім того, ліпіди відповідають за багато бажаних характеристик м'яса та м'ясних продуктів. Вони впливають на смак і сприяють підвищенню ніжності та соковитості м'яса [16-17]. Таким чином, вміст жиру та склад мають велике значення для споживачів через їх важливість для якості м'яса та харчової цінності.

Проте ліпіди схильні до деградації. Окиснення ліпідів є основною немікробною причиною погіршення якості м'яса та м'ясних продуктів [18]. Деградація починається з процесу забою тварини і продовжується поступово, доки не буде спожито кінцевий продукт.

Реакції окислення не тільки знижують поживну цінність м'яса через втрату незамінних жирних кислот і вітамінів. Як правило, перша спостережувана зміна призводить до поступового зниження сенсорної якості. До них відносяться зміни кольору, текстури та появи прогірклого запаху та присмаку, що впливає на сприйняття споживачами [16]. Крім того, під час окислення ліпідів утворюються численні токсичні сполуки. Однією з найважливіших проблем окислення ліпідів є утворення шкідливих сполук, які спричиняють ряд патологій людини, включаючи атеросклероз, рак, запалення та процеси старіння [19-20]. Встановлено, що гідропероксиди ліпідів сприяють цитотоксичності клітин і, що навіть низькі концентрації гідропероксидів мають токсичну дію на клітини [21]. Продукти окислення холестерину також більш небезпечні для клітин артерій, ніж холестерин, і пов'язані з коронарними захворюваннями, мутагенною активністю та

атеросклерозом [20]. Останні дослідження показали, що альдегіди та оксистероли, отримані в результаті окислення ліпідів, мають прозапальну, цитотоксичну та мутагенну дію [22]. Отже, очевидно, що продукти окислення беруть участь у розвитку багатьох захворювань.

Окиснення ліпідів є дуже складним процесом, який включає кілька механізмів, які взаємодіють один з одним. Ненасичені жирні кислоти реагують з молекулярним киснем за допомогою вільнорадикального механізму. У результаті цієї реакції утворюються гідропероксиди, які вважаються першими продуктами окислення. На відміну від інших продуктів, отриманих з ліпідів, гідропероксиди не мають запаху та не створюють аромату. Однак ці сполуки дуже нестабільні, тому вони швидко розкладаються, що призводить до великої кількості вторинних сполук, які включають вуглеводні, альдегіди, кетони, спирти, складні ефіри та кислоти [23], які викликають появу неприємних присмаку та аромату в м'ясі.

Отже, термін придатності м'яса визначається моментом, коли споживач зможе виявити продукти окислення, що надають прогірклість (в основному леткі), або спостерігати зміни кольору м'яса в результаті окислення гемоглобіну і міоглобіну [24].

Доведено, що ненасичені жирні кислоти та кисень є компонентами, які реагують у процесі окислення ліпідів. Крім того, інші компоненти можуть сприяти або запобігати реакціям окислення. Ліпіди можуть окислюватися трьома основними способами, які включають складні реакції: автоокислення, ферментативно-каталізоване окислення та фотоокислення. Серед трьох механізмів, автоокиснення, яке є безперервною вільнорадикальною ланцюговою реакцією, є найважливішим процесом окислення ліпідів у м'ясі [25]. Механізми ферментативного та фотоокиснення відрізняються від автоокиснення лише при утворенні гідропероксидів під час фази ініціації.

Процес автоокислення представляють як комбінацію трьох різних фаз:

- початок або ініціація, при якій виникають вільні радикали,

- розповсюдження, при якому кількість реакційноздатних сполук збільшується в рази;

- завершення або термінація, при якому реакційноздатні сполуки розкладаються або реагують одна з одною, утворюючи нереакційноздатні сполуки

На стадії ініціації окислення ліпідів відбувається взаємодія між ненасиченою жирною кислотою і молекулою кисню. Кисень знаходиться в триплетному електронному стані, тоді як подвійні зв'язки жирних кислот знаходяться в синглетному електронному стані. Тому вони не можуть реагувати безпосередньо через різні спінові стани. Крім того, триплетний кисень також не може сам переходити в синглетні стани [26]. Отже, перед початком реакції кисень має бути активований, що призводить до утворення синглетного кисню ($^1\text{O}_2$) або активних форм кисню, таких як перекис водню (H_2O_2), супероксидний аніон (O_2^\bullet) і гідроксильний радикал (OH^\bullet). Активація кисню відбувається через джерело енергії (температура або світло) та/або присутність каталітичних сполук як перехідних металів. Ініціація відбувається, коли водень відривається від ненасиченої жирної кислоти. Отриманий алкільний радикал має тенденцію до стабілізації шляхом перегрупування подвійного зв'язку з утворенням спряжених дієнів або триєнів.

Цей алкільний радикал є першим вільним радикалом, який ініціює окислення ліпідів [27]. тому ініціацію часто пояснюють реакцією жирних кислот з активними формами кисню. На стадії ініціації зазвичай спостерігається лаг-фаза, де відбувається накопичення окислення ліпідів продуктів повільно. Це відбувається внаслідок повільного утворення вільних радикалів перед накопиченням гідропероксидів, і завдяки тому, що вільні радикали переважно окислюють природні антиоксиданти, присутні в м'ясі, яке захищає жирні кислоти на ранніх стадіях окислення.

Фаза розповсюдження окислення відбувається за рахунок ліпід-ліпідних взаємодій, що призводить до збільшення утворення радикалів. Алкільний

радикал, що утворюється під час фази ініціації, реагує з молекулярним киснем з утворенням пероксирадикалів (сполучення радикалів з киснем). Пероксирадикал має високу реакційну здатність і відтягує водень від сусіднього ліпиду (процес перенесення атомів). У результаті цього процесу утворюються гідропероксид і алкільний радикал. Новий алкільний радикал знову реагує з молекулярним киснем з утворенням нових пероксирадикалів і процес повторюється знову.

Фаза термінації складається з реакцій між радикалами або з нерадикальними сполуками (антиоксидантами), що призводить до збільшення нерадикальних продуктів. У разі реакції між двома радикалами може відбуватися радикально-радикальне сполучення та диспропорціонування з утворенням нерадикального аддукту. Іон металу передає електрон гідропероксиду, що викликає його фрагментацію. Тому залізо, присутнє в м'ясі (як гемове, так і негемове) є важливим каталізатором розкладання гідропероксидів. Стабільні або низькорекційні продукти утворюються з радикалів шляхом процесу перенесення атома або групи. Однак реакції припинення не завжди є ефективними і можуть призвести до утворення нових реакційноздатних сполук. Механізмом, який забезпечує ефективне завершення, є розкладання перокси- та алкокси-радикалів з утворенням вторинних продуктів, таких як алкани, спирти та карбонільні сполуки [25].

Зазвичай м'ясо та м'ясні продукти піддаються прямому впливу світла в супермаркеті, щоб бути привабливими для споживачів. Цей факт сприяє процесу фотоокислення, який відбувається набагато швидше, ніж автоокислення [28]. Фотоокислення є іншим механізмом ініціації окислення ліпідів. Під час цього процесу гідропероксиди утворюються в присутності сенсibilізаторів (таких як міоглобін або гемоглобін) і світла. Таким чином, фотоокислення є альтернативним шляхом для утворення гідропероксидів замість вільнорадикального механізму, поясненого в процесі автоокислення [29].

Окрім неферментативних механізмів, існує також опосередкований ферментами механізм, який ініціює окислення ліпідів. Основною відмінністю між окисленням ліпідів, яке каталізується ферментами, та ініціацією вільних радикалів, є утворення гідропероксидів.

Основним ферментом, який бере участь у ферментативному окисленні, є ліпоксигеназа. Кількість ліпоксигенази відіграє важливу роль у розвитку окислення. Відомо, що ферментативне окислення ліпідів являє собою початкову лаг-фазу, яка обернено пропорційна концентрації ліпоксигенази [30]. Таким чином, концентрація ферменту визначає швидкість розвитку окислення ліпідів, тому висока концентрація сприяє окисним процесам.

1.2 Природні антиоксиданти рослинного походження в технології м'яса та м'ясних продуктів

Основною стратегією, яку використовує м'ясна промисловість для пригнічення окислення ліпідів, є додавання антиоксидантів до м'яса та м'ясних продуктів. Однак сьогодні споживачі вимагають більше натуральних продуктів, що обмежує промисловість у використанні дозволених на даний момент синтетичних антиоксидантів у харчових продуктах, залишаючи виробникам мало варіантів.

Для пом'якшення дії вільних радикалів у м'ясних системах використовуються сполуки з антиоксидантною активністю. Ці сполуки характеризуються як «антиоксиданти». Це термін, який зараз використовується для опису будь-яких речовин, які затримують або запобігають окисленню біомолекул у їжі, навіть якщо додавати їх у низьких концентраціях [31].

Антиоксиданти, які використовуються в м'ясній промисловості, є натуральними або синтетичними. Природні антиоксиданти можна додатково класифікувати на основі їх походження (рослини, тварини або бактерії) і хімічної структури (наприклад, феноли, токоферолі або вітамін С). Природні

антиоксиданти рослинного походження виробляють із фруктів, чаїв і трав, насіння, спецій, овочів, злаків і дерев [32]. Різні органи рослин, такі як листя, квіти, плоди, стебла або коріння, накопичують антиоксиданти у високих концентраціях, які змінюються залежно від виду рослини та самої антиоксидантної речовини. Вищезазначені частини рослини використовуються в харчових продуктах або безпосередньо (наприклад, фруктове пюре або сік), або після екстракції та очищення антиоксидантних речовин, які вони містять (наприклад, екстракт розмарину).

Хімічна структура антиоксидантів пов'язана з їх властивостями та основним напрямком дії, тоді як основними групами антиоксидантних речовин, заснованих на їх хімічній структурі, є феноли, дубильні речовини, флавоноїди та ізофлавоноїди, антоціани, лігнани, стильбени, токофероли, каротиноїди та вітамін С.

Феноли є вторинними продуктами метаболізму рослин, отриманими з ароматичної амінокислоти фенілаланіну через шляхи утворення шикімової кислоти (фенілпропаноїди) та оцтової кислоти (прості феноли); феноли сприяють кольору, смаку та терпкості рослин. Фенольні сполуки можна класифікувати на основі їхнього (i) походження рослинного виду, (ii) хімічної структури (кількості та розташування гідроксильних частин, подвійних зв'язків у вуглецевих кільцях, а також типу та ступеня алкілування та/або глікозилювання) та (iii) їхньої розчинності у воді, що впливає на їх поживну, метаболічну та фізіологічну дію; їх спільною ознакою є гідроксизаміщене бензольне кільце в їхній структурі [33]. Фенольні сполуки діють як донори водню [33], таким чином гасять вільні радикали, або передають окремі електрони для відновлення хімічних сполук з окисною дією.

Таніни – це водорозчинні в'язучі поліфенольні речовини, що утворюються шляхом полімеризації фенілпропаноїдних сполук [33]. Традиційно для осадження білка використовували таніни через їх здатність взаємодіяти принаймні з двома молекулами білка та утворювати нерозчинні

поперечно-зшиті комплекси танін-білок [33]. Таніни поділяються на (i) конденсовані таніни (проантоціанідини), які є полімерами катехіну, епікатехіну, продельфінідинів, профісетинідинів і проробінетидинів, і (ii) гідролізовані таніни, які можуть бути гідролізовані слабкими кислотами або основами, причому останні є сумішшю вуглеводи з галовою та елаговою кислотами (галотаніни та елагітаніни) [34].

Проантоціанідини віддають водень і електрони (первинна антиоксидантна дія), хелатують залізо і пригнічують активність циклооксигенази (вторинна антиоксидантна дія) [35]. Споживання невеликих кількостей танінів позитивно впливає на ліпідний обмін і регуляцію імунних реакцій, знижує артеріальний тиск і має антиканцерогенну та антимутагенну дію [34].

Флавоноїди та ізофлавоноїди можна знайти в різних рослинах, вони походять від ароматичних амінокислот фенілаланіну та тирозину і малонату. Основною структурою флавоноїдів є флавонове ядро, яке складається з трьох кілець атомів вуглецю (C6-C3-C6). Рівень окислення та характер заміщення атома вуглецю в кільці використовуються для розрізнення класів флавоноїдів (флаволи, флаванони, ізофлаволи, флавоноли, флаванноли, флаван-3-оли, антоціанідини, біфлаволи, халкони, ауриони та кумарини) [36]. Антиоксидантна дія флавоноїдів включає (i) пригнічення утворення АФК шляхом інгібування ферментативних реакцій і хелатування елементів, що беруть участь у виробництві вільних радикалів, і (ii) поглинання АФК [37]. Флавоноїди показали значну антиоксидантну здатність під час експериментів *in vitro* та вважаються пов'язаними зі зниженим ризиком розвитку серцево-судинних захворювань, гіпертонії, хвороби Альцгеймера та деяких видів раку [36, 38].

1.3 Джерела натуральних антиоксидантів для м'ясного виробництва

Споживачі стають все більш обізнаними про нездоровий вплив великої кількості жиру та насичених жирних кислот у м'ясі та м'ясних продуктах.

Таким чином, існує зростаючий інтерес до розробки нових продуктів із концепцією здоров'я, таких як «продукти з високим вмістом поліненасичених жирних кислот» або «збагачені ω -3» продукти [39-40]. Для цього традиційні продукти повинні бути змінені, замінивши частину тваринного жиру джерелами поліненасичених жирних кислот. Проте, збільшення вмісту ненасичених жирів підвищує ризик окислювального псування і накопичення вільних радикалів, що можуть негативно впливати на організм людини. Тому, запобігання перекісному окисленню ліпідів використовуються натуральні антиоксиданти різного походження, в тому числі і з фруктів та ягід.

Фрукти вважаються чудовими джерелами антиоксидантів, вітамінів, мінералів і клітковини, що постійно підвищує інтерес громадськості до включення їх як корисних для здоров'я компонентів у раціоні людини [41].

Значний вміст фенолів та інших антиоксидантів у фруктах робить їх привабливою альтернативою синтетичним антиоксидантам для консервування харчових продуктів [41]. Використовуються цілі, нарізані або протерті плоди сирі (наприклад, фруктові пюре) або оброблені (наприклад, сушені, порошкоподібні, екстракти тощо). Крім того, фруктові відходи (шкірка, шкірка, насіння та м'якоть) також використовувалися для покращення антиоксидантної здатності м'яса та м'ясних продуктів [41]. Кожен із використовуваних фруктів демонструє різні антиоксидантні профілі та властивості. Фрукти та продукти з них, які найчастіше використовуються в м'ясній промисловості через їх антиоксидантні властивості, це виноград, сливи, ягоди (смородина, журавлина та полуниця) і гранати.

Сливи багаті на вітаміни, каротиноїди, флавоноїди та фенолокислоти [42]. Після вивчення 20 генотипів сливи було встановлено, що їх антиоксидантна здатність коливається від 105 до 424 мг еквівалентів аскорбінової кислоти, а загальний вміст фенолів коливається від 86 до 413 мг еквівалентів галової кислоти на 100 г свіжих плодів, з високим коефіцієнт кореляції між ними ($r^2=0,96$). Пігментацію сливи пояснюють наявністю

антоціанів (ціанідин-3-рутинозид, ціанідин-3-глюкозид і пеонідин-3-рутинозид), тоді як інтенсивність їх забарвлення пов'язана із загальним вмістом фенолів [42]. Інші фенольні сполуки, знайдені в сливах, - це гідроксикорична кислота (хлорогенова кислота та неохлорогенова кислота) та похідні кверцетину, тоді як шкірка сливи багата антоціанами та неохлорогеновою кислотою [42]. У м'ясній промисловості сушені сливи та пюре із сушених слив використовуються завдяки їхнім антиоксидантним властивостям [43]. Концентрований сливовий сік і висушений розпиленням сливовий порошок у печінці з яловичини, пюре з екстракту сливи в опромінених рулетах з грудок індички та сливове пюре в нежирному вигляді у котлетах з яловичини успішно використовуються для запобігання окисленню ліпідів.

Журавлина багата фенольними сполуками, такими як фенольні кислоти, флавоноїди, антоціани, р-гідроксибензойна кислота та їх похідні [44]. Зріла журавлина має загальний вміст фенолів 4745 мг/кг в еквівалентах галової кислоти та загальний вміст мономерних антоціанів 111,0 мг/кг [45].

Антиоксидантна здатність журавлини пов'язана з вмістом фенолів і антоціан-антоціанідинів. Середня загальна антиоксидантна здатність журавлини була оцінена в 12,61 і 17,48 ммоль еквівалентів Тролокса на кг при вимірюванні аналізом тривалентної відновної здатності плазми і еквівалентної антиоксидантної здатності Тролокса (ЕАЗТ) відповідно [45]. Журавлинний порошок у м'ясі механічного обвалювання (МПМО) і вареній свинині знизив значення ТБЧ на 81% протягом періоду зберігання 7 днів при 2°C у вареній свинині та на 84% протягом 6 днів при 2°C у МПМО, що вказує на те, що аглікони флаванолу журавлини є ефективними антиоксидантами для використання в м'ясних системах.

Таким чином численні дослідження *in vitro* продемонстрували позитивний вплив природних антиоксидантів на окислення ліпідів і білків, подовження терміну придатності, антиоксидантні профілі функціональних м'ясних продуктів і відповідну потенційну користь для здоров'я. Крім того,

значного прогресу досягнуто в аналізі антиоксидантних профілів і дії харчових добавок рослинного походження, а також у дослідженні перспектив їх застосування в м'ясній промисловості. Невирішеними залишаються питання ефективності визначених антиоксидантів, їх різних форм і препаратів для використання у певних м'ясопродуктах, а також м'ясомістких системах з полікомпонентним складом інгредієнтів, особливо з включенням у рецептури джерел ненасичених ліпідів, що схильні до посиленого окиснення.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

З метою удосконалення технології м'ясомістких напівфабрикатів була розроблена рецептура заморожених січених напівфабрикатів, яка містила свинину напівжирну 20,5-30,5 %, фарш зі сріблястого карася – 30,5-39,5 %, хліб пшеничний, сухарі панірувальні, цибулю ріпчасту, яйця курячі і спеції [46].

Технологія зберігання січених заморожених напівфабрикатів передбачає контроль за перебігом окислювальних і мікробіологічних процесів. Під час низькотемпературного зберігання важлива роль ліпідної фракції у збереженні якісних показників напівфабрикатів. Перебіг окислювальних реакцій відбувається інтенсивніше при більшій масовій частці жиру у виробках, особливо концентрація ненасичених жирних кислот. М'ясо прісноводної риби багате на жирні кислоти з подвійними зв'язками, тому технологія розроблених заморожених січених напівфабрикатів потребує додаткових технологічних прийомів для запобігання розвитку накопичення продуктів первинного і вторинного окислення [47]. З метою запобігання окисленню ліпідів було досліджено антиокислювальну ефективність екстрактів ягід у технології м'ясо-містких січених напівфабрикатів з м'ясом свинини та сріблястого карася.

Під час приготування фаршу до дослідних зразків вносили препарати антиоксидантів за такою схемою: контроль - без додавання антиоксидантних препаратів, зразок 1 – екстракт смородини (*Ribes nigrum L.*) ЕС(0,1) - 0,1%, зразок 2 – ЕС(0,15) 0,15 %, зразок 3 – ЕС(0,20) – 0,20 %, зразок 4 – екстракт журавлини (*Vaccinium oxycoccos*) ЕЖ(0,1) – 0,1 %, зразок 5 – ЕЖ(0,15) – 0,15

%, зразок 6 – ЕЖ(0,20) – 0,20 %, зразок 7 – екстракт чорниці (*Vaccinium myrtillus L.*) ЕЧ(0,1) – 0,1 %, зразок 8 – ЕЧ(0,15) 0,15 %, зразок 9 – ЕЧ(0,20) 0,20 %. Заморожені напівфабрикати зберігали при температурі -18°C протягом 100 діб. Під час зберігання досліджували динаміку окислювальних

процесів за наступними показниками: кислотне число, перекісне число, тіобарбітурове число, мікробіологічні показники [48, 49].

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). Свинячий 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°C протягом 2 годин, потім підсушували в сушильній шафі при $t 90 \pm 10$ C протягом 30–40 хвилин.

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

Екстракти ягід (підприємство-виробник – «Food Ingredients Mega Trade» (USA) додавали до дослідних зразків фаршу в таких концентраціях: зразок № К – контрольний, без антиоксидантів, ЕЧГ(0,2) – 0,2 %, ЕЧГ(0,3) – 0,3 % ЕЧГ(0,5) – 0,5 % екстракту чорноплідної горобини (*Aronia melanocarpa Elliot*) до маса сирого фаршу; ЕЧС(0,2) – 0,2 %, ЕЧС(0,3) – 0,3 %, ЕЧС(0,5) – 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 % [50, 51].

Варені ковбаси зберігалися 25 діб при температурі +4°C і відносній вологості повітря 75–78 %. Під час зберігання ковбас контрольованими

параметрами були кислотне число (КЧ), перекисне число (ПЧ), тіобарбітурове число (ТБЧ), мікробіологічні показники [52-54].

Кислотне число вимірювали шляхом титрування гідроксидом натрію в присутності спиртового розчину фенолфталеїну [52]. 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 ґрунтується на екстракції сумішшю хлороформу та крижаної оцтової кислоти і подальшому титруванні розчином гіпосульфїту натрію з попередньо доданим розчином крохмалю [53]. 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 гіпосульфїту 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.

ТБЧ визначали шляхом вимірювання інтенсивності забарвлення суміші дистилляту досліджуваного зразка з розчином тіобарбітурової кислоти (1:1) після витримання на водяній бані протягом 35 хвилин на спектрофотокolorиметрі «Спекол-11» (Німеччина) (рис. 1) при довжині хвилі 535 нм [54].



Рисунок 2.1 – Спектрофотокolorиметр «Спекол–11» (Німеччина)

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 дистилляту в мірну колбу. Відбирали 5 см³ дистилляту, додали 5 см³ тіобарбітурової кислоти і ставили колбу на киплячу водяну баню на 35 хв. Контрольну пробу проводили, використовуючи замість дистилляту 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 як оптичну густину розчину помножену на 7,8 – коефіцієнт пропорційної залежності густини МА від його концентрації в розчині.

Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали за методикою [55]. 10 г кожного зразка в стерильних умовах гомогенізували з 90 мл пептонно-сольового 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_{вода} – маса (об'єм) доданої води;

V_{пр} – маса (об'єм) продукту, см³;

g – маса (об'єм) посівного матеріалу, г.

Тест на виявлення коліформних бактерій проводили на середовищі Кесслера за методикою [55].

Виявлення БГКП (коліформних бактерій) проводили наступним чином [56]. Після взяття змиву тампони занурювали в 5–7 см³ одного із середовищ збагачення (Кеслер, Кода). Засіви термостатували при температурі (36±1) °С протягом 24 годин. Із пробірок з ознаками росту (зміна кольору, газоутворення, помутніння) робили висів на середовище Ендо. З колоній, характерних для БГКП (червоних з металевим блиском або без нього, рожевих і блідо-рожевих), готували препарати, фарбували за Грамом і мікроскопували. При виявленні в препаратах грамнегативних безспорних паличок проводили тест на газоутворення в напіврідкому середовищі з глюкозою. Враховували результат після інкубації при температурі (37±1)°С через 6 – 8 годин. При виявленні газоутворення на середовищі з глюкозою робили висновок про те, що в змивах виявлені БГКП.

Дані статистичного аналізу були опрацьовані за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel (США). Усі експерименти були проведені у трьох повторах. Результати, що наводяться, є результатами цих повторних визначень зі стандартними відхиленнями. Для статистичного аналізу отриманих результатів використано t-критерій Стьюдента. Дані представлені як середнє значення±стандартне відхилення середнього (M±m). Найменша прийнятна відмінність для проб від одного зразка була вказана на рівні 5 %.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження біофлавоноїдної композиції та антиокислювальних властивостей різних видів ягід

Журавлина багата поживними компонентами та цілим спектром біоактивних сполук, які мають антиоксидантні властивості. І американські, і європейські види журавлини відрізняються наявністю багатьох класів фітохімічних речовин. До них відносяться фенолкарбонові кислоти, антоціани, флаволи, флавоноїди та органічні кислоти. Журавлина є одним із небагатьох видів ягід із високим вмістом проантоціанідинів, які пригнічують прилипання *Escherichia coli* до сечовивідних шляхів [58, 59, 60].

На вміст фенольних сполук у журавлині впливають такі аспекти, як сорт, агротехніка, географічний район, погодні умови, стиглість, час збирання та умови зберігання. Найбільша кількість загальних фенолів накопичується на початку дозрівання ягід. Сорти, вирощені в більш холодну погоду, характеризуються більшою кількістю фенолів, ніж ті ж сорти, вирощені в м'якому кліматі [59].

Вживання журавлини може запобігти карієсу та захворюванням ясен, пригнічувати інфекції сечовивідних шляхів, зменшувати запалення в організмі, підтримувати здорову систему травлення та знижувати рівень холестерину [60]. Ці результати підсумовують останні наукові дослідження щодо користі журавлини для здоров'я завдяки її фітохімічній та антиоксидантній активності. Журавлина може слугувати функціональною їжею для споживачів, зацікавлених у підтримці свого добробуту та зменшенні ризиків для здоров'я природним шляхом.

Сирі ягоди журавлини містять в основному 87% води і 12% вуглеводів, з меншою кількістю білка, жирів і клітковини.

В таблиці 3.1. наведена харчова і біологічна цінність сирих ягід журавлини.

Таблиця 3.1 – Харчова і біологічна цінність сирих ягід журавлини, на 100 г [61]

Найменування показника	Значення	Найменування показника	Значення
Вода,	87 г	Вітамін Е	1,3 мг
Енергетична цінність	46 ккал	Вітамін К	5 μг
Вуглеводи	12 г	Вітамін А (ретінол)	3 μг
моносахариди	4,3 г	Вітамін А	63 МО
Харчові волокна	3,6 г	Кальцій	8 мг
Жир	0,1 г	Магній	6 мг
Протеїн	0,5 г	Залізо	0,23 мг
Тіамін (В1)	0,012 мг	Фосфор	11 мг
Рибофлавін (В2)	0,02 мг	Калій	80 мг
Ніацин (В3)	0,101 мг	Натрій	2 мг
Пантотенова кислота (В5)	0,295 мг	Цинк	0,09 мг
Піридоксин (В6)	0,057 мг	Мідь	0,06 мг
Фолієва кислота (В9)	1,0 μг	Селен	0,1 μг
Аскорбінова кислота (С)	14 мг	Марганець	0,27 мг

Журавлина містить 3,4-7,1 % моносахаридів, з яких переважно глюкозу і фруктозу, причому глюкоза становить від 58,9 до 65,9 % моносахаридів. У великій журавлині міститься більше сахарози (3,9-5,3 %), ніж у дрібній журавлині (0,01–0,5 %) [59]. Oszmiański та ін. [62] визначили, що глюкоза є переважаючим цукром у журавлині з діапазоном від 3,36 до 4,72 мг/100 г у шести сортах із загальним вмістом цукру від 3,83 мг/100 г до 4,82 мг/100 г. Автори [63] відмічають, що плоди журавлини мали однакову кількість фруктози (42,1 г/кг) і глюкози (45,1 г/кг). Загальна концентрація цукру зростає з дозріванням для трьох сортів *Vaccinium macrocarpon* «Пілігрим» (38,4 %), «Стівенс» (34,9 %) і «Бен Лір» (40, 9 %). Фруктоза була основним цукром, виявленим у цих сортах плодів журавлини з діапазоном від 58,9 до 68,7% загального цукру, за якою йшла глюкоза в діапазоні від 29,6 до 39,3 % і сахароза в діапазоні від 1,7 до 1,9 %. Солодкість журавлини пояснюється цими трьома моносахаридами: фруктозою, глюкозою та сахарозою.

Як бачимо з таблиці 3.1., журавлина містить широкий спектр водорозчинних і жиророзчинних вітамінів. Антиоксиданти-вітаміни в

журавлині представлені переважно вітаміном С, вітаміном Е та вітаміном К [59]. Ягоди журавлини малого розміру містять від 15,3 до 30 % аскорбінової кислоти, основної активної форми вітаміну С. Більшу кількість (47,5%) виявлено у великих ягодах журавлини.

Журавлина містить різноманітні за хімічним складом вторинні метаболіти, поліфеноли, які мають антимікробні та антиоксидантні властивості [58, 59]. Хімічний склад журавлини змінюється в залежності від умов навколишнього середовища, а також процесу дозрівання [63]. Сорти журавлини набувають відповідної форми, маси, консистенції, кольору, аромату та смаку на стадії дозрівання.

Обидва види журавлини, велика і мала, містять багато фенольних сполук, таких як фенолкарбонові кислоти, флавоноїди (антоціани і флавоноли) і таніни. Журавлина була визнана важливим харчовим і лікувально-профілактичним засобом завдяки цим сполукам. Флавоноїди були основними сполуками, ідентифікованими серед понад 150 сполук у журавлині [60]. Флавоноїди класифікуються на підгрупи, які включають антоціани, флавоноли та проантоціанідини. Було виявлено, що велика журавлина містить 13 антоціанів, 16 флавонолів і 26 фенольних кислот і бензоатів [59]. До складу журавлини входять такі флавоноїди, як антоціани, катехіни, флаволи [59].

Журавлина містить фенольні кислоти, в тому числі гідроксибензойну та гідроксикоричну кислоти [64]. Журавлина має велику кількість бензойної кислоти та меншу кількість 2,4-дигідроксибензойної кислоти, р-гідроксибензойної та о-гідроксибензойної кислот. Гідроксикоричними кислотами журавлини є р-кумарова, синапова, кавова, ферулова [65]. Загальна кількість фенольних сполук у сортах плодів журавлини залежить від сорту і дозрівання ягід.

Антоціани - природні водорозчинні пігменти, які надають журавлині червонуватий колір. Було виявлено, що антоціанів у дрібних ягодах у 6-10 разів більше у зовнішньому шарі шкірки ягоди, ніж у м'якоті [59]. Вміст

загальних антоціанів коливався від 695 до 1716 мг/100 г. Серед них ціанідин-3-галактозид, ціанідин-3-глюкозид, ціанідин-3-арабінозид, пеонідин-3-галактозид, пеонідин-3-глюкозид і пеонідин-3-арабінозид.

Флавоноли в достатку містяться в журавлині [63, 64]. Вміст флавонолу коливався від 643 до 1088 мг/100 г у різних сортах журавлини [62]. Абейвікрама та ін. [19] ідентифікували чотири основні флавоноли в журавлині канадського дикого клону NL2 і сорту «Pilgrim». Це були кверцетин 3-О-рамнозид, мірицетин 3-О-арабінозид, кверцетин 3-О-галактозид і мірицетин 3-О-галактозид. Diaconeasa et al. [66] виявили в ягодах журавлини флавонолові глікозиди, а саме мірицетин-галактозид, кверцетинрутинозид (рутин), мірицетин-арабінозид, мірицетин-глюкозид, кверцетин-галактозид, кверцетин-ацетил-глюкозид, кверцетин-глюкозид і кверцетин-рамнозид.

Флавоноїди важливі для захисту рослин і є сильними антиоксидантами. Вони також виявляють антибактеріальну, противірусну, антиканцерогенну та протизапальну активність [59].

Загальний вміст флавоноїдів, ідентифікованих в журавлині, коливаються від найнижчої кількості 860 мг/100 г сухої маси до найвищої кількості 1283 мг/100 г сухої маси. Полімерні проціанідини коливають від 651 мг/100 г сухої ваги до 1109 мг/100 г сухої ваги [62]. Kylli та ін. [67] відзначили, що проантоціанідини становлять 71% від загального фенольного вмісту в журавлині. Концентрації проантоціанідинів змінювалися в залежності від сорту і були вищими на ранній стадії дозрівання, але потім швидко зменшувалися приблизно на 15-19,0 %, коли плоди журавлини перезріли.

Флаван-3-оли, катехін та епікатехін знайдено у всіх зразках ягід [62, 66]. (-) Епікатехін є основною складовою проантоціанідинів, тоді як (+) катехін і (епі)галокатехіни існують у невеликих кількостях [65]. Співвідношення катехіну до епікатехіну в сортах журавлини виявилось різним. *Vaccinium vitis-idaea* мав найвищий загальний вміст 15,48 мг/100 г живої ваги для європейського сорту та 17,68 мг/100 г для канадського різновиду, тоді як

сорта *Vaccinium macrocarpon* мали діапазон 2,80–5,05 мг/100 г, а найнижча концентрація була в сортах *Vaccinium oxycoccos* в діапазоні 0,55–1,94 мг/100 г сирої маси.

Кількість загальних фенольних сполук у американських сортах журавлини *Vaccinium macrocarpon* варіювалася від 192,1 мг/100 г до 374,2 мг/100 г у порівнянні з європейською дикою журавлиною *Vaccinium oxycoccos* при 288,5 мг/100 г. Найвищий вміст антоціану становив 77,1 мг/100 г, а найнижчий - 52,1 мг/100 г [68].

Таким чином, журавлина є багатим джерелом фенольних кислот і флавоноїдів, які пов'язані з різними перевагами для здоров'я. Фітонутрієнти плодів журавлини включають антоціани, фенольні кислоти, флавоноли, флаван-3-оли, проантоціанідини, тритерпеноїди, які мають ефективну антиоксидантну дію. Доведено, що журавлина є потенційно багатим джерелом антиокислювальних речовин, які можуть забезпечувати надійний захист і профілактику багатьох хронічних захворювань. Загалом плоди журавлини мають кардіопротекторну, антиканцерогенну, протидіабетичну, протизапальну, жарознижуючу, антисептичну, антибактеріальну, противірусну та ін. Існує перспектива використання цього виду ягід і препаратів з неї при розробці нових функціональних харчових інгредієнтів і дієтичних добавок, а також для контролю окислювальних процесів у харчових продуктах із високим вмістом ліпідів.

Хімічний склад чорноплідної горобини залежить від ряду факторів, таких як сорт, удобрення, дозрівання ягід, дата збору врожаю або місце вирощування [71]. Хімічний склад ягід або свіжовичавленого соку відрізняє від інших ягід високий вміст поліфенолів [72]. Детальний склад ягід наведений в таблиці 3.2. Встановлено, що вміст сухої речовини в ягодах становить 17-29 %, при цьому приблизно 5-10 % визначено як нерозчинний у воді матеріал.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад чорноплідної горобини

Компоненти	Вміст у сирих ягодах
Суша речовина, %	15,6 [69]; 16,7-28,8 [70]
Глюкоза + Фруктоза	66-100 [69]; 130-176 г/кг [70]
Харчові волокна	56 г/кг [69]
Пектини	3,4-5,8 г/кг [70]
Жир	0,14% [69]
Протеїн	0,7% [69]
Органічні кислоти	
Малонова кислота	13,1 г/кг [69]
Лимонна кислота	2,1г/кг [69]
Вітаміни	
Вітамін С	137 мг/кг[69]
Фолієва кислота	200 μг/кг [71]
Vitamin B ₁	180 μг/кг [69]
Вітамін B ₂	200 μг/кг [69]
Вітамін B ₆	280 μг/кг [69]
Ніацин	3000 μг/кг [69]
Пантотенова кислота	2790 μг/кг [69]
Токофероли	17,1 мг/кг [69]
ВітамінК	242 μг/кг [69]
Мінеральні речовини	
Загальний вміст мінеральних речовин	4400 [69]; 5800 мг/кг[70]
Na	26 мг/кг [69]
K	2180 мг/кг [69]
Ca	322 мг/кг[69]
Mg	162 мг/кг [69]
Fe	9,3 мг/кг [69]
Zn	1,47 мг/кг [69]
Фітосполуки	
Каротиноїди	48,6 мг/кг [72]
- β-каротин	7,7 [69], 16,7 мг/кг [72]
- β-криптоксантин	4,63 [69], 12,2 мг/кг [72]
- віолоксантин	13,0 мг/кг [72]
Феноли (разом)	7849 мг/100 г сухої речовини [72]
Амігдалін	201 мг/кг [72]

Аналіз таблиці показав, що вміст мінеральних речовин (зольність) свіжих ягід становить 440 мг/100 г і 580 мг/100 г. Також виявлений вміст таких вітамінів як вітамін В₁, В₂, В₆, С, пантотенова кислота та ніацин [69]. Вміст вітамінів у різних ягодах аронії описано в [69], [72]. Крім цих компонентів, β-каротин і β-криптоксантин також були виявлені у порівняно високих кількостях.

Найважливішими компонентами, присутніми в аронії, які також відповідають за багато її лікувально-профілактичних властивостей, є фенольні сполуки. Ягоди аронії мають високий вміст проціанідинів, антоціанів і фенольних кислот, які мають різні фізіологічні ефекти. В таблиці 3.3. представлені результати досліджень фенольних фітосполук, наявних в чорноплідній горобині.

Таблиця 3.3 – Вміст фенольних фітосполук в чорноплідній горобині

Фенольні компоненти	Ягоди чорноплідної горобини (мг/100 г)	Джерело інформації
Протоціанідини (разом)	5182	[74]
	3992	[73]
	664	[75]
Антоціани (разом)	307-631; 428; 461	[77], [79], [76]
	1480	[75]
	770-970; 641, 1041	[78], [77], [76]
	1959	[74]
Су-3-арабінозид	146; 142; 399, 582	[74], [78], [75], [73]
Су-3-галактозид	315; 237; 990, 1282	[73], [78], [76], [74]
Су-3-глюкозид	10; 1,7; 37,6, 42	[73], [78], [76], [74]
Су-3-ксилозид	10; 47; 51,5, 53.	[73], [78], [76], [74]
Рел-3-арабінозид	2,3	[75]
Флавоноли		
- кверцетин-3-галактозид	30,2; 37	[79], [74]
- кверцетин-3-глюкозид	27,3; 22	[79], [74]
- кверцетин-3-рутинозид	15	[74]
- other Quer derivatives	27	[74]
(-)-Епікатехін	15,4	[74]
Хлорогенова кислота	302, 61	[74], [76]
Неохлорогенова кислота	291, 123	[74], [77]

Проціанідини були визначені як основний клас поліфенольних сполук у чорноплідній горобині [74]. Проціанідини — це загалом олігомерні та полімерні (епі)катехіни, утворені з асоціації кількох мономерних одиниць: коли присутні 2-10 одиниць, згортаються до олігомерів (епі)катехіну, а понад 10 одиниць - (епі)катехінові полімери. Проціанідини відрізняються за положенням і конфігурацією своїх мономерних зв'язків, за допомогою яких зв'язки C4'C8 та/або C4'C6 є переважаючими типами (так звані зв'язки В-типу). Аронія містить виключно однорідні проціанідини В-типу з (-)-епікатехіном як основним мономером субодиниці [74]. Частка катехінових одиниць становить близько 1,5% [75]. Було виявлено, що сорти та генетичне походження є основним фактором, що впливає на вміст проціанідинів та їх профілю. Склад проціанідинів в аронії виглядає наступним чином: мономери (0,78%), димери (1,88%), тримери (1,55%), 4–6-мери (6,07%), 7–10-мери (7,96%) та > 10-мерів (81,72%) [76]. Загальний вміст проціанідинів в аронії склав 5182 мг/100 г на у сухій речовині [ступінь полімеризації = 23] [74], 3992 мг/100 г сухої речовини (DP 14) [73], а також 664 мг/100 г у свіжих ягодах [76] різними авторами. У вичавках вміст полімерних проціанідинів становив 8192 мг/100 г сухої речовини (DP = 34) [74] і 5611 мг/100 г сухої води [73], а в соку 1579 мг/100 г сухої речовини (DP = 23). [74], а також 3652 мг/100 г [73].

Вміст флавонолів і (-)-епікатехіну в аронії низький порівняно з іншими фенольними компонентами, описаними вище. Флавоноли становлять лише 1,3% від загальної кількості фенолів чорноплідної горобини [74]. Нещодавно було виявлено п'ять похідних кверцетину: 3-О-(6'-О-β-арабінозил-β-глюкозид), 3-О-(6'-α-рамнозил-β-галактозид), 3-О-(6'-α-рамнозил-β-глюкозид), 3-О-β-галактозид і 3-О-β-глюкозид [77]. Їх вміст був оцінений приблизно як 71 мг/100 г [77]. Навпаки, лише три похідні кверцетину [3-О-(6'-α-рамнозил-β-глюкозид), 3-О-β-галактозид і 3-О-β-глюкозид, їх концентрації в діапазоні від 13-27, 36-50 і 21-31 мг/100 г відповідно були виявлені у фруктах, вичавках і соку [74].

Багато досліджень присвячені вивченню антиоксидантних властивостей аронії, екстракту аронії або його фенольних компонентів за допомогою різних добре відомих аналізів *in vitro*. Показано, що свіжі ягоди чорноплідної аронії мають найвищу антиоксидантну здатність серед ягід та інших фруктів, досліджених за допомогою ORAC [75].

Таким чином, чорноплідна горобина (*Aronia melanocarpa*) є одним із найбагатших рослинних джерел дуже цікавих фенольних фітохімічних речовин, включаючи проціанідини та антоціани. Високий вміст, а також структура фенольних компонентів, відповідають за широкий спектр його потенційних лікарських, терапевтичних та антиокислювальних ефектів. Перспективним напрямком для харчової промисловості і здорового харчування є широке використання чорноплідної горобини та препаратів з неї для івиробництва продуктів харчування для здорового раціону.

Чорна смородина (*Ribes nigrum L.*), місцевий вид центральної та північної Європи, а також північної Азії, вважається багатим джерелом вітаміну С. Чорна смородина особливо популярна в Європі, де більшість фруктів споживають у обробленому вигляді (соки, пюре, сиропи, джеми, желе тощо) і лише невеликі частини у вигляді свіжих продуктів. Окрім високого вмісту вітаміну С, чорна смородина містить велику кількість біологічно активних сполук із потенційними корисними властивостями (табл. 3.4.)

Фенольні сполуки є вторинними метаболітами рослин і складають одну з найбільш поширених груп природних продуктів у рослинах. Фенольні сполуки мають ароматичне кільце з одним або декількома гідроксильними замісниками. Фенольні сполуки утворюються із звичайного проміжного продукту, фенілаланіну, або його попередника шикімової кислоти [82]. В ягодах, в тому числі і чорної смородини, основними класами фенольних сполук є фенолкарбонові кислоти, флавоноїди, стильбени, дубильні речовини та лігнани.

Таблиця 3.4 – Біологічно активні компоненти ягід чорної смородини

Хімічна сполука	Концентрація в ягодах чорної смородини	Джерело літератури
Аскорбінова кислота	130-200 мг/100 мл соку	[80], [86]
Антоціани		
Ціанідин-3-О-глікозид	25,07 мг/100 г сирих ягід	[81], [82]
Ціанідин-3-О-рутинозид	160,78 мг/100 г	[84], [85]
Дельфінідин-3-О-рутинозид	304,91 мг/100 г	[85], [82]
Дельфінідин-3-О-глікозид	86,68 мг/100 г	[81], [84]
Флаваноли		
(+)-Катехін	0,70 мг/100 г	[86]
(-)-Епікатехін	0,47 мг/100 г	[86]
Флавоноли		
Міріцетин-3-О-глікозид	2,71 мг/100 г	[83], [86]
Міріцетин-3-О-рутинозид	3,14 мг/100 г	[83], [86]
Кверцетин-3-О-глікозид	2,61 мг/100 г	[83], [86]
Кверцетин-3-О-рутинозид	4,65 мг/100 г	[83], [86]
Фенольні кислоти		
3-кофеоїлхінова кислота	4,30 мг/100 г	[83], [86]
Кофеоїл глюкоза	2,79 мг/100 г	[83], [86]
3-р-кумароїлхінова кислота	1,73 мг/100 г	[83], [86]

Серед різних видів фенольних сполук у чорній смородині спостерігаєть найвища кількість саме антоціанів, серед яких винайдено ціанідин-3-О-глюкозид, ціанідин-3-О-рутинозид, дельфінідин-3-О-глюкозид і дельфінідин-3-О-рутинозид [81, 84, 85]. Авторами [87] було встановлено, що загальна кількість антоціанів у свіжих ягодах різних сортів коливає від 1,81 до 5,48 мг/100 г.

Найбільш поширеними флаван-3-олами є катехін, епікатехін, епігалокатехін та їх галоїлзаміщені похідні. Флаван-3-оли присутні в багатьох продуктах харчування, наприклад, виноград і червоне вино. Проантоціанідини, традиційно відомі як конденсовані таніни, є олігомерами або полімерами флаванолів, продельфінідинів і проціанідинів. Звичайними флава-3-олами, присутніми в різних частинах рослин чорної смородини, є

епігалокатехін, галокатехін, катехін, епікатехін і епігалокатехінгалат [86]. Значна кількість проантоціанідинів також міститься в чорній смородині.

Найбільш поширені флавоноли містяться в рослинній їжі, в т.ч ягодах чорної смородини, є кверцетин, мірицетин, кемпферол і ізорамнетин [83, 86], а також їх глікозиди. Флавоноли зустрічаються у вигляді глікозидів з моно-, ди-, три- та тетрасахаридами глюкози, галактози, рамнози, арабінози, ксилози та глюкуронової кислоти. В ягодах чорної смородини присутні мірицетин і кверцетин у формі глікозидів і рутинозидів. Найбільшу концентрацію в ягодах чорної смородини має кверцетин-3-О-рутинозид, яка становить 4,65 мг/100 г свіжих плодів [83].

Авторами експериментально визначено, що загальна концентрація поліфенолів у свіжих ягодах чорної смородини становить $39,70 \pm 2,42$ мг/100 г за галовою кислотою, що зумовлює її високі антиокислювальні властивості [87]. З точки зору антиоксидантної здатності, доведено, що сорти чорної смородини характеризуються найвищою антиоксидантною здатністю ($499,26 \pm 17,00$ і $438,85 \pm 67,26$ мкмоль екв Тролокс/100 г свіжих ягід), тоді як певний сорт мав одну з найнижчих антиоксидантних характеристик – $219,24 \pm 53,18$ мкмоль екв Тролокс/100 г свіжих ягід ($6,53 \pm 0,71$ мкмоль екв Тролокс/мл соку) [87].

Також було виявлено [87], що сорти темнішого кольору мають найвищі концентрації всіх чотирьох основних антоціанів у чорній смородині, серед яких цианідин-3-О-рутинозид позитивно корелює з кольоровістю, дельфінідин-3-О-глікозид, дельфінідин-3-О-рутинозид та загальними антоціанами. Крім того, доведено, що відсоток шкірки та насіння негативно корелює з в'язкістю соку та концентраціями дельфінідин-3-О-глікозиду та цианідин-3-О-глікозиду. Експериментально встановлено, що сік чорної смородини пригнічував активність ферментів дипептидилпептидази-IV, α -амілази, α -глюкозидази, синтази оксиду азоту та циклооксигенази-2, які є встановленими біохімічними маркерами діабету 2 типу та запалення [87].

Таким чином, можна зробити висновок, що ягоди чорної смородини багаті на поліфенольні речовини, які показують високу антиоксидувальну активність, можуть бути запропоновані для використання в харчуванні різних верст населення з лікувально-профілактичною метою при таких захворюваннях як діабет 2-го типу, хронічні запалення тощо. Антиоксидувальні властивості ягід чорної смородини також дозволяють включати їх та продукти їх переробки, такі як екстракти, в якості функціональних інгредієнтів в м'ясній промисловості.

3.2 Дослідження ефективності корекції перекісного окислення ліпідів в напівкопчених ковбасах з використанням біофлавоноїдного комплексу ягід

3.2.1 Результати дослідження впливу екстрактів ягід на окислювальні процеси в напівкопчених ковбасках

Результати досліджень зміни кислотного числа у дослідних зразках напівкопчених ковбас наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати досліджень кислотного числа в зразках напівкопчених ковбас з використанням біофлавоноїдного комплексу ягід, мг КОН

Шифр дослідного зразка	1 доба зберігання	5 доба зберігання	15 доба зберігання	25 доба зберігання
К	0,021±0,001	0,417±0,02	0,701±0,03	1,001±0,03
ЕЧГ(0,2)	0,019±0,001	0,311±0,02	0,388±0,02	0,567±0,02
ЕЧГ(0,3)	0,019±0,001	0,301±0,03	0,354±0,02	0,561±0,00
ЕЧГ(0,5)	0,019±0,002	0,247±0,01	0,301±0,11	0,391±0,06
ЕЧС(0,2)	0,019±0,002	0,378±0,02	0,513±0,02	0,813±0,02
ЕЧС(0,3)	0,019±0,002	0,341±0,02	0,533±0,01	0,689±0,00
ЕЧС(0,5)	0,019±0,001	0,295±0,01	0,470±0,03	0,601±0,05

Аналіз таблиці 3.5. 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 зростає.

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.

Встановлено [88, 89], що антиоксиданти, які синтезовані штучно, потенційно шкідливі, тому застосування натуральних препаратів є вигідною альтернативою в технології переробки м'яса. Відомо, що ягідні екстракти, переважно темного кольору, містять сполуки поліфенольного ряду, які володіють високою антиоксидантною активністю [90]. Більше того, завдяки антиоксидантній та антибактеріальній дії фенольних речовин рослинні екстракти є безпечною альтернативою хімічним добавкам консервуючої дії, що застосовуються в м'ясній промисловості, особливо нітратам (III). Вони можуть пригнічувати ріст патогенної мікрофлори, окислення м'ясних конститuentів (ліпідів і білків) і запобігати зміні кольору [91-93]. Під час вибору цільової добавки враховують концентрацію діючих речовин, жирнокислотний склад м'ясного продукту, масову частку жиру, співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот. Ефективність антиоксидантного препарату визначається його здатністю пригнічувати

швидкість гідролітичного розпаду жиру, перекісного окислення і утворення вторинних продуктів окислення ліпідів м'яса під час зберігання [93].

Аналіз динаміки КЧ показав, що протягом зберігання відбувається поступове акумулювання кінцевих метаболітів розпаду тригліцеридів, концентрація яких до кінця строку придатності досягає максимуму, що підтверджується даними [94]. Порівняльний аналіз ефективності різних антиоксидантів показав, що найбільшу позитивну дію на пригнічення первинної стадії окислення надає екстракт чорноплідної горобини в концентрації 0,5%. Це підтверджується результатами досліджень авторів [95], які встановили антиоксидантну та антимикробну ефективність екстракту чорноплідної горобини при використанні в продуктах зі свинини.

У таблиці 3.6. наведено результати дослідження накопичення вторинних пероксидів у напівкопчених ковбасах.

Таблиця 3.6 – Результати досліджень перекісного числа в зразках напівкопчених ковбас з використанням біофлавоноїдного комплексу ягід, % J₂

Шифр дослідного зразка	1 доба зберігання	5 доба зберігання	15 доба зберігання	25 доба зберігання
К	0,015±0,001	0,019±0,000	0,037±0,001	0,046±0,003
ЕЧГ(0,2)	0,015±0,001	0,015±0,007	0,018±0,003	0,019±0,003
ЕЧГ(0,3)	0,015±0,001	0,015±0,001	0,016±0,003	0,017±0,002
ЕЧГ(0,5)	0,015±0,001	0,015±0,001	0,015±0,001	0,017±0,003
ЕЧС(0,2)	0,015±0,003	0,015±0,002	0,019±0,001	0,027±0,001
ЕЧС(0,3)	0,015±0,003	0,015±0,007	0,019±0,001	0,018±0,003
ЕЧС(0,5)	0,015±0,003	0,015±0,001	0,017±0,0013	0,018±0,001

Як бачимо з таблиці, наприкінці терміну зберігання протягом 25 діб ПЧ у контрольному зразку досягало 0,046±0,003 % J₂, тоді як у дослідних зразках цей показник був у межах 0,017-0,027 % J₂. 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.

В другій фазі окислювального псування відбувається подальше окиснення вивільнених вільних жирних кислот. Відомо, що гідропероксиди ліпідів не змінюють якості їжі, оскільки вони не мають запаху та смаку [96]. Однак гідропероксиди є нестабільними сполуками, тому вони мають тенденцію розкладатися на алкільні та пероксидні радикали [97]. Ці радикали далі розщеплюються на вторинні сполуки, які відповідають за порушення чутливості, наприклад запахи та смаки, пов'язані з окисненням 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 [98].

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 [99]. Чорноплідна горобина містить високі концентрації фенольних сполук, проантоціанідів, антоціанів і фенольних кислот з високою антиоксидантною активністю [100, 101].

На ранніх стадіях окислення використання пероксидів як індикатора окислювального псування призводить до недооцінки ступеня окислення [102], тому цей параметр не гарантовано надійний у м'ясі з високим ступенем окислення [103]. У зв'язку з цим, хоча величина перекису є широко використовуваним параметром для визначення ступеня окислення, вона ефективна лише на початкових стадіях окислювальних процесів [104]. Відповідно, для оцінки стадій глибокого окислення визначаю

Для встановлення ступеня накопичення вторинних продуктів окислення в останній день зберігання зразків ковбас було досліджено ТБЧ, результати якого представлені на рис.3.1.

За даними рисунку, 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 ЕЧГ(0,5), 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.

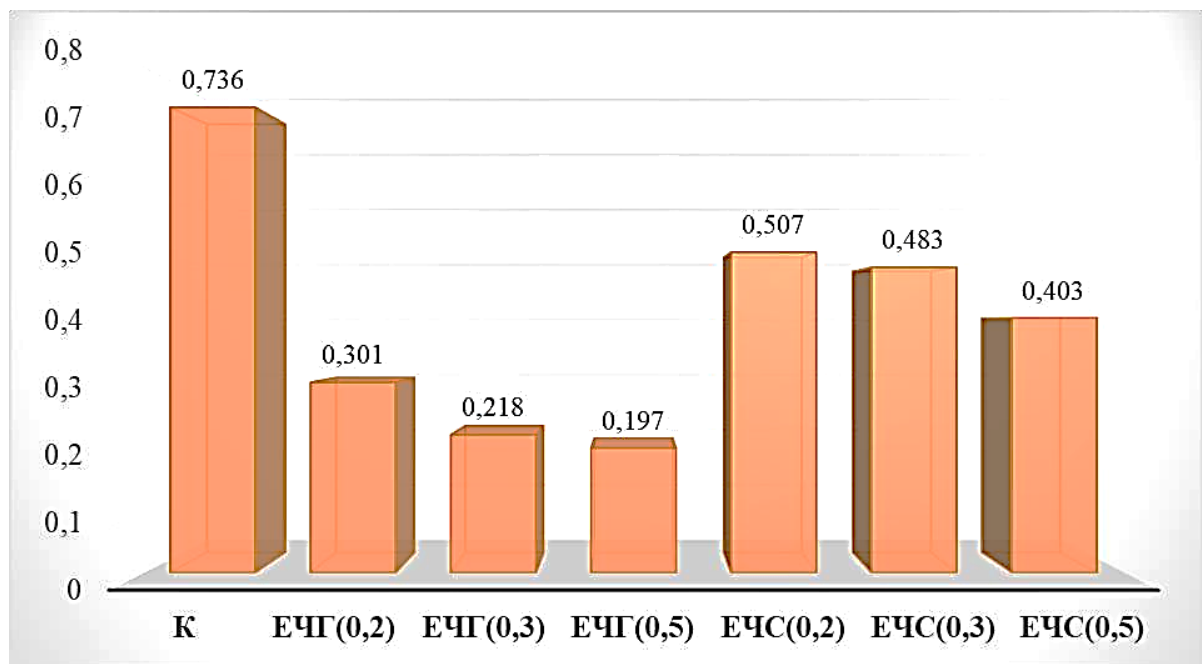


Рисунок 3.1 – Вплив біофлавоноїдного комплексу ягідних екстрактів на накопичення вторинних продуктів окислення ліпідів напівкопченої ковбаси, мг МА/кг

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°C. Концентрація вторинних продуктів окислення була найвищою в контрольному зразку, а в дослідних знижувалася пропорційно концентрації доданої антиоксидантної добавки.

Відомо, що вторинні продукти окислення є носіями неприємного смаку та запаху окислених жирів [105-107]. В результаті проведених досліджень встановлено, що введення екстрактів ягід сприяє уповільненню накопичення вторинних продуктів окислення. 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 [108].

3.2.2 Результати дослідження впливу екстрактів ягід на мікробіологічні процеси в напівкопчених ковбасках

Результати мікробіологічних досліджень дослідних зразків представлені в таблиці 3.7.

Як видно з таблиці 3.3., мікробіологічні показники всіх зразків відповідали нормі або ДСТУ для напівкопчених ковбас. Різниця між дослідними зразками та контрольною спостерігалася в показнику КМАФАнМ.

Найменше загальне обсіменіння було зафіксована в зразку з найбільшою концентрацією екстракту чорноплідної горобини - 0,5 % в зразку.

Тенденція до зменшення КМАФАнМ була відзначена у всіх дослідних зразках. Інтенсивність такого зменшення залежала від концентрації екстрактів.

Таблиця 3.7 – Результати мікробіологічних досліджень напівкопчених ковбасок з використанням біофлавоноїдного комплексу ягід

Шифр дослідного зразка	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 знайдено	не знайдено
К	1.98×10^3	не знайдено	не знайдено
ЕЧГ(0,2)	1.40×10^3	не знайдено	не знайдено
ЕЧГ(0,3)	1.20×10^3	не знайдено	не знайдено
ЕЧГ(0,5)	0.96×10^3	не знайдено	не знайдено
ЕЧС(0,2)	1.64×10^3	не знайдено	не знайдено
ЕЧС(0,3)	1.59×10^3	не знайдено	не знайдено
ЕЧС(0,5)	1.31×10^3	не знайдено	не знайдено

При дослідженні показників мікробіологічної безпеки було встановлено, що у всіх дослідних зразках спостерігалось зменшення КМАФАМ. Інтенсивність такого зменшення залежала від концентрації екстрактів. Як показують дослідження останніх років, фенольні сполуки рослинних екстрактів забезпечують антимікробні властивості рослинної сировини у складі м'ясопродуктів [109, 110]. Додавання екстрактів ягід з метою гальмування окислювального псування одночасно дозволяє забезпечити мікробіологічну безпеку продуктів, що швидко псуються, і продовжити термін зберігання.

3.3 Дослідження ефективності корекції перекісного окислення ліпідів в посічених напівфабрикатах з використанням біофлавоноїдного комплексу ягід

3.3.1 Результати дослідження впливу екстрактів ягід на окислювальні процеси в посічених напівфабрикатах

З метою запобігання окисленню ліпідів було досліджено антиокислювальну ефективність екстрактів ягід у технології м'ясо-містких січених напівфабрикатів з м'ясом свинини та сріблястого карася.

Результати вивчення динаміки окислювальних процесів протягом зберігання заморожених котлет при температурі представлені на рисунку 3.2. Аналіз даних рисунку показав, що при зберіганні напівфабрикатів при температурі -18°C протягом 100 діб відбувається поступове накопичення вільних жирних кислот в результаті гідролізу жиру в усіх зразках. Однак, в зразку без антиоксидантів швидкість накопичення вища. Так, КЧ в контролі на 45 добу зберігання становило $0,974 \pm 0,030$ мг КОН, тоді як у дослідних зразках цей показник коливався від $0,344 \pm 0,033$ до $0,931 \pm 0,033$ мг КОН, що на 4,41-64,68 % нижче ніж в котлетах без додавання антиокислювальних препаратів. В кінці терміну зберігання різниця залишилася і збільшилася до 68,10 %.

При порівнянні ступеня інгібування окислення ліпідів в залежності від виду екстракту слід відмітити, що найбільш ефективним виявився екстракт чорниці в концентрації 0,20 %. Так, в кінці терміну зберігання, тобто на 100 добу цей показник в зразку ЕЧ(0,20) становив $0,355 \pm 0,013$ мг КОН, що майже втричі нижче порівняно з контрольним.

Аналогічна ситуація спостерігалася і при вивченні динаміки ПЧ. В кінці періоду зберігання кількість первинних продуктів окислення становила в контролі $0,097 \pm 0,011$ % J_2 , що на 41,23-57,73 % вище порівняно з дослідними зразками. Серед трьох препаратів більш ефективними виявилися екстракт журавлини та екстракт чорниці у концентраціях 0,20 % до маси сировини.

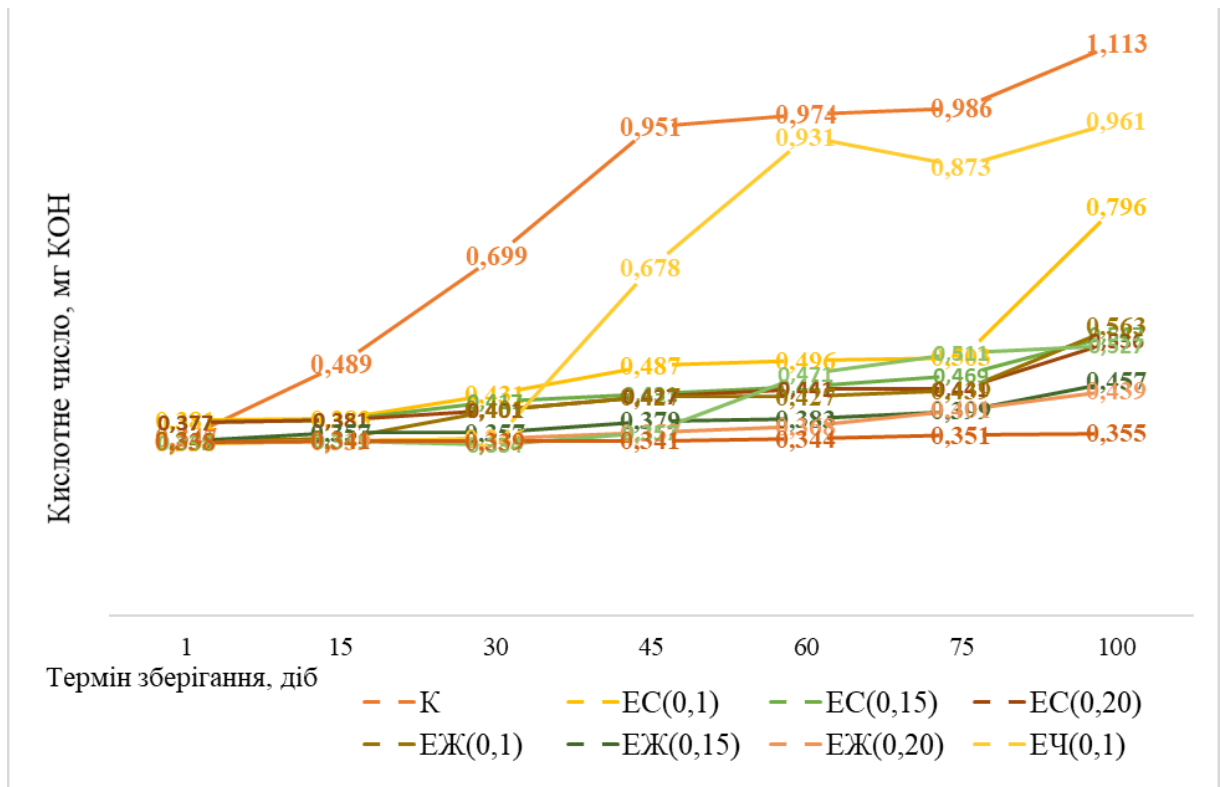


Рисунок 3.2 – Динаміка гідролітичних процесів окислювання жиру у м'ясомістких січених напівфабрикатах з використанням буюфлавоноїдного комплексу ягід протягом тривалого зберігання

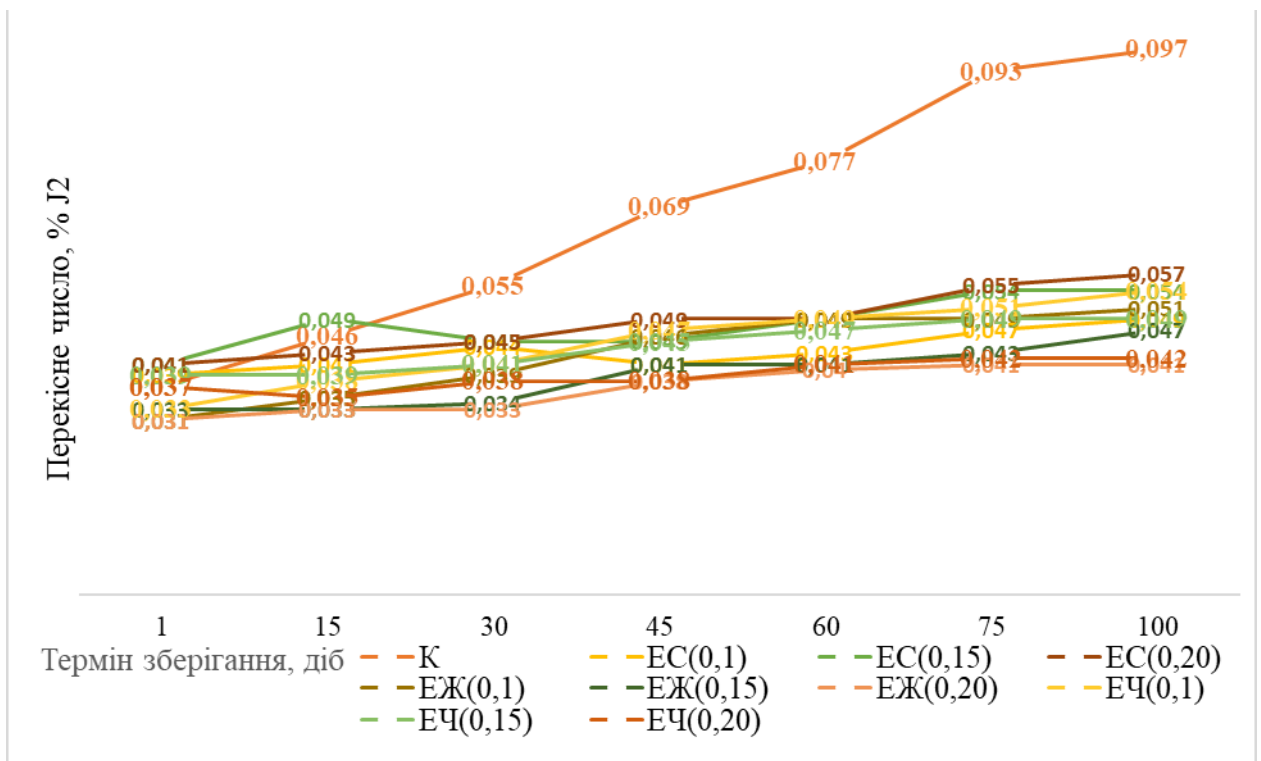


Рисунок 3.3 – Динаміка перекісного окиснення жиру у м'ясомістких січених напівфабрикатах з використанням флавоноїдного комплексу ягід протягом тривалого зберігання

На рисунку 3.4 наведені результати дослідження накопичення вторинних продуктів окислення, що реагують з тіобарбітуровою кислотою.

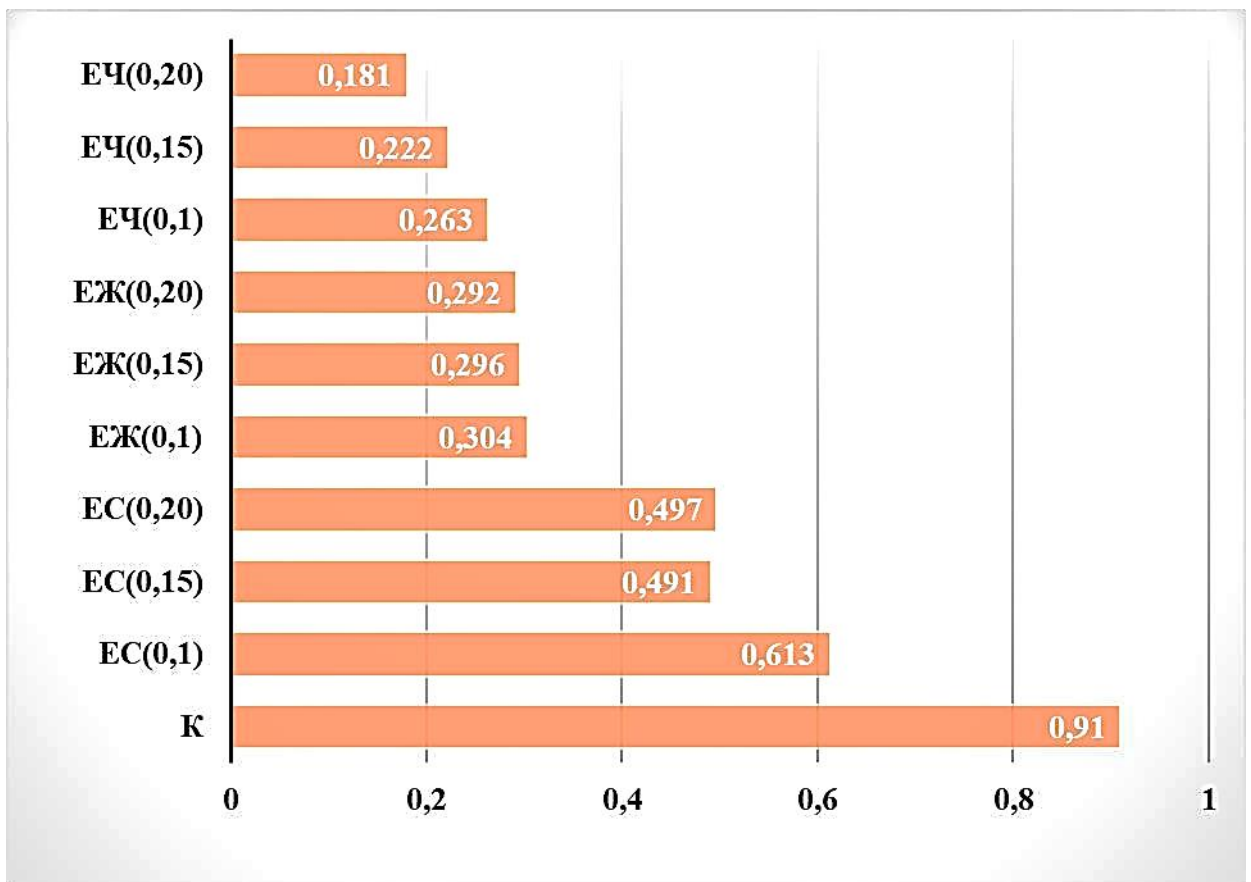


Рисунок 3.4 – Вплив біофлавоноїдного комплексу ягід на ТБЧ м'ясо-містких січених напівфабрикатів, мг МА/кг

Встановлено, що в усіх зразках концентрація речовин, що реагують з тіобарбітуровою кислотою була в межах норми: ТБЧ < 1,0 мг МА/кг. Але слід відмітити, що в котлетах з препаратами з біофлавоноїдним комплексом ягід ТБЧ коливало від $0,181 \pm 0,001$ до $0,613 \pm 0,003$ мг МА/кг, що на 32,64-80,11 % нижче порівняно з котлетами без антиокислювальних препаратів. Найбільш ефективними виявилися екстракт чорниці та екстракт журавлини в концентрації 0,20 %.

Ефективність екстрактів ягід при використанні в технології продуктів тривалого зберігання пояснюється наявністю флавонів, флавонолів і

флавоноїдів. Журавлина багата на фенольні сполуки, такі як фенольні кислоти, флавоноїди, антоціани, р-гідроксибензойна кислота та їх похідні [111].

Зріла журавлина має загальний вміст фенолу 4745 мг / кг в еквівалентах галової кислоти та загальний вміст мономерних антоціанів 111,0 мг/кг. Антиоксидантна здатність журавлини пов'язана з вмістом у ній фенольних та антоціанін – антоціанідинових речовин.

Відомо також, що журавлина та її побічні продукти містять різні класи поліфенолів, включаючи фенольні кислоти, глікозиди флавонолів, антоціани та проантоціанідини. Доведено, що фенольні сполуки журавлини приносять користь здоров'ю завдяки їхньому впливу на інгібування окислення ліпопротеїнів низької щільності.

Вплив екстракту журавлини та його фракцій на окислення ліпідів вивчався раніше [112]. Ці автори отримали шість різних фракцій з екстракту журавлини. Фракція 1 містила фенольні кислоти, фракція 2 антоціани, фракції 3 і 4 флавоноли, а фракції 5 і 6 проантоціаніди. У цьому дослідженні свинину подрібнювали і змішували з цілим екстрактом журавлини або отриманими фракціями.

Показано, що концентрований порошок журавлинного соку мав високі антиоксидантні властивості, демонструючи потенціал уповільнення зростання ТБЧ та розвитку згірклості під час зберігання. Інше дослідження показало, що кислотна сироватка в поєднанні з ліофілізованою журавлиною може зменшити окисні зміни в ковбасах без нітратів [113]. Було використано цікавий підхід для запобігання окисленню м'язових продуктів шляхом годування свиней порошком журавлинного соку з метою підвищення стабільності продуктів зі свинини. Цей підхід продемонстрував покращення стабільності бекону, але не відбивних р корейки. Було висловлено припущення, що тривале годування може стабілізувати продукти зі свинини, однак це має бути додатково підтверджено додатковими

дослідженнями [114]. Тому екстракти цієї ягоди можна використовувати для запобігання окисленню м'яса та м'ясних продуктів.

Чорна смородина містить ціанідин-глікозид – 138,72 мг/100 г, епікатехін – 11,48 мг/100 г, з фенольних кислот відмічений високий вміст елагової кислоти – 43,67 мг/100 г [115]. Чорниця відрізняється високою концентрацією хлорогенової кислоти та її ізомерів – 131,18 мг/100 г [116]. Сукупність поліфенольних сполук з різним механізмом антиоксидантної дії і зумовлює високу антиокислювальну здатність ягід та їх екстрактів при застосуванні у технології м'ясо-містких напівфабрикатів. Оскільки фенольні сполуки є хорошими донорами електронів і протонів, пероксид водню може перетворюватися ними у воду сполуки, що перешкоджає утворенню вторинних продуктів перекисного окислення в м'ясних продуктах [117].

3.3.2 Результати дослідження впливу екстрактів ягід на мікробіологічні процеси в посічених напівфабрикатах

Результати мікробіологічних досліджень січених м'ясомістких напівфабрикатів з м'ясом прісноводної аквакультури (сріблястого карася) наведені в таблиці 3. 8.

Аналіз таблиці 3.4 показує, що мікробіологічні показники котлет з антиоксидантними препаратами відповідають вимогам встановленим ДСТУ 4437:2005 для м'ясних посічених напівфабрикатів.

За результатами проведених досліджень встановлено, що бактерії групи кишкової палички в 0,001 г та патогенні мікроорганізми в 25 г напівфабрикатів з антиоксидантними препаратами не виявлені; кількість МАФAM в 1 г після зберігання в замороженому стані протягом 90 діб склала $1,61-2,96 \times 10^4$, що не перевищує допустимий рівень. Як бачимо з даних таблиці, екстракти ягід мають не тільки антиокислювальні властивості, але й здатні гальмувати ріст мікроорганізмів. Багато дослідників продемонстрували, що комерційно доступні поліфеноли та рослинні

екстракти, багаті поліфенолами, можуть використовуватися як антиоксиданти та природні протимікробні засоби [118-120].

Таблиця 3.8 – Результати мікробіологічних досліджень м'ясо-містких січених напівфабрикатів з біофлавоноїдним комплексом ягід після заморожування та зберігання 100 діб

Зразок	Кількість МАФнАМ, КУО в 1 г, не більше ніж	БГКП (coliforms), в 0,001 г	Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г
Допустимий рівень	1×10^7	не допускається	не допускається
К	$3,54 \times 10^5$	не виявлено	не виявлено
ЕС(0,1)	$2,96 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено
ЕС(0,15)	$2,87 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено
ЕС(0,20)	$2,73 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено
ЕЖ(0,1)	$2,68 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено
ЕЖ(0,15)	$2,35 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено
ЕЖ(0,20)	$2,31 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено
ЕЧ(0,1)	$1,98 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено
ЕЧ(0,15)	$1,75 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено
ЕЧ(0,20)	$1,61 \times 10^4$	не виявлено	не виявлено

Дослідження *in vitro* показали, що поліфеноли мають протимікробну активність проти грампозитивних та грамнегативних бактерій. Механізми протимікробної активності поліфенолів ще не до кінця вирішені.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично встановлено, що журавлина (*Oxycoccus palustris*) є багатим джерелом фенольних речовин, які включають антоціани, фенольні кислоти, флавоноли, флаван-3-оли, проантоціанідини, тритерпеноїди, які мають ефективну антиоксидантну дію. Доведено, що журавлина є потенційно багатим джерелом антиокислювальних речовин, завдяки яким, журавлина є перспективним ресурсом для контролю окислювальних процесів у харчових продуктах із високим вмістом ліпідів.

2. Встановлено, що чорноплідна горобина (*Aronia melanocarpa*) є одним із найбагатших рослинних джерел дуже цікавих фенольних фітохімічних речовин, включаючи проціанідини та антоціани. Високий вміст фенольних компонентів відповідають за широкий спектр потенційних лікарських, терапевтичних та антиокислювальних ефектів горобини, що робить її перспективною сировиною для харчової промисловості і здорового харчування.

3. Теоретично доведено, що ягоди чорної смородини (*Ribes nigrum L.*) багаті на поліфенольні речовини, які демонструють високу антиокислювальну активність. Отже, можуть бути запропоновані для використання в харчуванні різних верст населення з лікувально-профілактичною метою. Антиокислювальні властивості ягід чорної смородини також дозволяють включати плоди та продукти їх переробки, такі як екстракти, в якості функціональних інгредієнтів в м'ясній промисловості.

4. Дослідження підтвердили високу антиоксидантну активність екстрактів чорноплідної горобини та 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. Додавання екстракту чорної смородини також має антиоксидантну дію, але слабше.

5. Підтверджено, що стабілізація перекісного окислення ліпідів у напівкопчених ковбасах 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.

6. Доведено, що кількість вторинних продуктів окислення, що реагують з тіобарбітуровою кислотою, була найменшою наприкінці терміну зберігання готового продукту з концентрацією екстракту чорноплідної горобини 0,5% і становила $0,197 \pm 0,001$ мг МА/кг, що нижче, ніж у контролі в 3,74 рази.

7. Введення екстрактів дозволяє зменшити мікробіологічне забруднення та досягти бактеріостатичного ефекту. Найбільший ефект дає внесення екстракту чорноплідної горобини в кількості 0,5%, що зменшує окислювальне пошкодження жиру більш ніж у три рази.

8. Проведені дослідження ефективності екстрактів ягід при зберіганні заморожених напівфабрикатів із комбінованої м'ясної і рибної сировини доводять високі антиокислювальні властивості обраних ягідних екстрактів.

9. Встановлено, що додавання екстракту чорної смородини до фаршу м'ясо-містких напівфабрикатів запобігає гідролітичному окисленню жиру під час тривалого зберігання протягом 100 діб при від'ємних температурах. Внаслідок зменшення гідролізу жиру знижується перекісне окиснювання вільних жирних кислот. Екстракт ефективний в дозах 0,1-0,2 % до маси фаршу.

10. Доведено, що внесення екстракту журавлини до рецептури м'ясо-містких напівфабрикатів призводить до гальмування окислювальних процесів в ліпідній фракції продукту під час зберігання. Кількість пероксидів, що утворюються в продукті протягом 100 днів, зменшується на 41,23-57,73 %. Аналогічний інгібуючий ефект на реакції перекісного окислення мав екстракт чорниці в концентрації 0,20 %.

11. Експериментально встановлено, що використання екстрактів ягід в концентраціях 0,1-0,2 % до маси сировини на 32,64-80,11 % знижують кількість вторинних продуктів окислення (малоновий альдегід). Найбільший ефект отримано від використання екстракту чорниці.

12. Результати досліджень підтверджують антимікробну активність екстрактів ягід, багатих на поліфенольні сполуки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Pohl, F.; Lin, P.K.T. The potential use of plant natural products and plant extracts with antioxidant properties for the prevention/treatment of neurodegenerative diseases: In vitro, in vivo and clinical trials. *Molecules* 2018, 23, 3283.
2. Kizhakekuttu, T.J.; Widlansky, M.E. Natural antioxidants and hypertension: Promise and challenges. *Cardiovasc. Ther.* 2010, 28.
3. Zatalia, S.R.; Sanusi, H. The role of antioxidants in the pathophysiology, complications, and management of diabetes mellitus. *Acta Med. Indones.* 2013, 45, 141–147.
4. Mates, J.; Segura, J.; Alonso, F.; Marquez, J. Natural Antioxidants: Therapeutic Prospects for Cancer and Neurological Diseases. *Mini-Reviews Med. Chem.* 2009, 9, 1202–1214.
5. Williams, R.J.; Spencer, J.P.E.; Rice-Evans, C. Flavonoids: Antioxidants or signalling molecules? *Free Radic. Biol. Med.* 2004, 36, 838–849.
6. Ho, H.H.; Chang, C.S.; Ho, W.C.; Liao, S.Y.; Wu, C.H.; Wang, C.J. Anti-metastasis effects of gallic acid on gastric cancer cells involves inhibition of NF- κ B activity and downregulation of PI3K/AKT/small GTPase signals. *Food Chem. Toxicol.* 2010, 48, 2508-2516.
7. Al-Rasheed, N.M.; Fadda, L.M.; Ali, H.M.; Abdel Baky, N.A.; El-Orabi, N.F.; Al-Rasheed, N.M.; Yacoub, H.I. New mechanism in the modulation of carbon tetrachloride hepatotoxicity in rats using different natural antioxidants. *Toxicol. Mech. Methods* 2016, 26, 243-250.
8. Angeloni, C.; Malaguti, M.; Rizzo, B.; Barbalace, M.C.; Fabbri, D.; Hrelia, S. Neuroprotective Effect of Sulforaphane against Methylglyoxal Cytotoxicity. *Chem. Res. Toxicol.* 2015, 28, 1234–1245.
9. Moongkarndi, P.; Srisawat, C.; Saetun, P.; Jantaravinid, J.; Peerapittayamongkol, C.; Soi-Ampornkul, R.; Junnu, S.; Sinchaikul, S.; Chen, S.T.; Charoensilp, P.; et al. Protective effect of mangosteen extract against

amyloid-induced cytotoxicity, oxidative stress and altered proteome in SK-N-SH cells. *J. Proteome Res.* 2010, 9, 2076–2086.

10. Angeloni, C.; Leoncini, E.; Malaguti, M.; Angelini, S.; Hrelia, P.; Hrelia, S. Role of quercetin in modulating rat cardiomyocyte gene expression profile. *Am. J. Physiol. Hear. Circ. Physiol.* 2008, 294.

11. Giusti, L.; Angeloni, C.; Barbalace, M.C.; Lacerenza, S.; Ciregia, F.; Ronci, M.; Urbani, A.; Manera, C.; Digiacomio, M.; Macchia, M.; et al. A proteomic approach to uncover neuroprotective mechanisms of oleocanthal against oxidative stress. *Int. J. Mol. Sci.* 2018, 19, 2329.

12. Izzo, S.; Naponelli, V.; Bettuzzi, S. Flavonoids as Epigenetic Modulators for Prostate Cancer Prevention. *Nutrients* 2020, 12, 1010.

13. Carrera, I.; Martínez, O.; Cacabelos, R. Neuroprotection with Natural Antioxidants and Nutraceuticals in the Context of Brain Cell Degeneration: The Epigenetic Connection. *Curr. Top. Med. Chem.* 2019, 19, 2999–3011.

14. Zhang, W.; Xiao, S.; Samaraweera, H.; Joo, E.; Ahn, D.U. Improving functional value of meat products. *Meat Sci.* 2010, 86, 15–31.

15. Bohrer, B.M. Review: Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends Food Sci. Technol.* 2017, 65, 103-112.

16. Purriños, L.; Bermúdez, R.; Franco, D.; Carballo, J.; Lorenzo, J.M. Development of volatile compounds during the manufacture of dry-cured “Lacón,” a Spanish traditional meat product. *J. Food Sci.* 2011, 76, C. 89-97.

17. Amaral, A.B.; da Silva, M.V.; da Lannes, S.C.S. Lipid oxidation in meat: Mechanisms and protective factors - A review. *Food Sci. Technol.* 2018, 38, 1-5.

18. Chaijan, M.; Panpipat, W. Mechanism of oxidation in foods of animal origin. In *Natural Antioxidants. Applications in Foods of Animal Origin*; Banerjee, R., Verma, A.K., Siddiqui, M.W., Eds.; Apple Academic Press, Inc.: Boca Raton, FL, USA, 2017; pp. 1–38. ISBN 978-1-315-36591-6.

19. Pereira, A.L.F.; Abreu, V.K.G. Lipid peroxidation in meat and meat products. In *Lipid Peroxidation*; Mansour, M.A., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2018; pp. 1-14.
20. Broncano, J.M.; Petró, M.J.; Parra, V.; Timón, M.L. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *Latissimus dorsi* muscle of Iberian pigs. *Meat Sci.* 2009, 83, 431–437.
21. Angeli, J.P.F.; Garcia, C.C.M.; Sena, F.; Freitas, F.P.; Miyamoto, S.; Medeiros, M.H.G.; Di Mascio, P. Lipid hydroperoxide-induced and hemoglobin-enhanced oxidative damage to colon cancer cells. *Free Radic. Biol. Med.* 2011, 51, 503-515.
22. Sottero, B.; Leonarduzzi, G.; Testa, G.; Gargiulo, S.; Poli, G.; Biasi, F. Lipid oxidation derived aldehydes and oxysterols between health and disease. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2019, 121, 1700047.
23. Ross, C.F.; Smith, D.M. Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2006, 5, 18-25.
24. Barden, L.; Decker, E.A. Lipid oxidation in low-moisture food: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2016, 56, 2467-2482.
25. Erickson, M.C. Lipid oxidation of muscle foods. In *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*; Akoh, C.C., Min, D.B., Eds.; Marcel Dekker, Inc.: New York, NY, USA, 2002; pp. 384–430. ISBN 9781315151854.
26. Chen, B.; McClements, D.J.; Decker, E.A. Minor components in food oils: A critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2011, 51, 901-916.
27. Ghnimi, S.; Budilarto, E.; Kamal-Eldin, A. The new paradigm for lipid oxidation and insights to microencapsulation of omega-3 fatty acids. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2017, 16, 1206–1218.
28. Lorenzo, J.M.; Domínguez, R.; Carballo, J. Control of lipid oxidation in muscle food by active packaging technology. In *Natural Antioxidants: Applications in Foods of Animal Origin*; Banerjee, R., Verma, A.K., Siddiqui,

M.W., Eds.; Apple Academic Press Inc.: Boca Raton, FL, USA, 2017; pp. 343-382. ISBN 9781771884600.

29. Wasowicz, E.; Gramza, A.; Hes, M.; Jelen, H.H.; Korczak, J.; Malecka, M.; Mildner-Szkodlarz, S.; Rudzinska, M.; Samotyja, U.; Zawirska-Wojtasiak, R. Oxidation of lipids in food. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2004, 13, 87-100.

30. Schilstra, M.J.; Veldink, G.A.; Vliegthart, J.F.G. Kinetic analysis of the induction period in lipoxygenase catalysis. *Biochemistry* 1993, 32, 7686-7691.

31. Halliwell, B. Vitamin C: Antioxidant or pro-oxidant in vivo? *Free Radic. Res.* 1996, 25, 439-454.

32. Xu, D.P.; Li, Y.; Meng, X.; Zhou, T.; Zhou, Y.; Zheng, J.; Zhang, J.J.; Li, H. Bin Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *Int. J. Mol. Sci.* 2017, 18, 96.

33. Swanson, B.G. Tannins and Polyphenols. *Encycl. Food Sci. Nutr.* 2003, 5729-5733.

34. Shirmohammadli, Y.; Efhamisizi, D.; Pizzi, A. Tannins as a sustainable raw material for green chemistry: A review. *Ind. Crops Prod.* 2018, 126, 316-332.

35. Amarowicz, R.; Pegg, R.B. *Natural Antioxidants of Plant Origin*, 1st ed.; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, 2019; Volume 90.

36. Panche, A.N.; Diwan, A.D.; Chandra, S.R. Flavonoids: An overview. *J. Nutr. Sci.* 2016, 5, 1-15.

37. Pietta, P.G. Flavonoids as antioxidants. *J. Nat. Prod.* 2000, 63, 1035-1042.

38. Lotito, S.B.; Frei, B. The increase in human plasma antioxidant capacity after apple consumption is due to the metabolic effect of fructose on urate, not apple-derived antioxidant flavonoids. *Free Radic. Biol. Med.* 2004, 37, 251-258.

39. Heck, R.T.; Vendruscolo, R.G.; de Araújo Etchepare, M.; Cichoski, A.J.; de Menezes, C.R.; Barin, J.S.; Lorenzo, J.M.; Wagner, R.; Campagnol, P.C.B. Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n ω 6/n ω 3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties? *Meat Sci.* 2017, 130, 16-25.

40. Da Silva, S.L.; Amaral, J.T.; Ribeiro, M.; Sebastião, E.E.; Vargas, C.; de Lima Franzen, F.; Schneider, G.; Lorenzo, J.M.; Fries, L.L.M.; Cichoski, A.J.; et

al. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Sci.* 2019, 149, 141-148.

41. Ahmad, S.R.; Gokulakrishnan, P.; Giriprasad, R.; Yattoo, M.A. Fruit-based natural antioxidants in meat and meat products: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2015, 55, 1503–1513.

42. Rupasinghe, H.P.V.; Jayasankar, S.; Lay, W. Variation in total phenolics and antioxidant capacity among European plum genotypes. *Sci. Hortic. (Amsterdam)* 2006, 108, 243–246.

43. Nuñez de Gonzalez, M.T.; Hafley, B.S.; Boleman, R.M.; Miller, R.M.; Rhee, K.S.; Keeton, J.T. Qualitative effects of fresh and dried plum ingredients on vacuum-packaged, sliced hams. *Meat Sci.* 2009, 83, 74–81.

44. Vатtem, D.A.; Ghaedian, R.; Shetty, K. Enhancing health benefits of berries through phenolic antioxidant enrichment: Focus on cranberry. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 2005, 14, 120–130.

45. Çelik, H.; Özgen, M.; Serçe, S.; Kaya, C. Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stages of cranberry fruit. *Sci. Hortic. (Amsterdam)* 2008, 117, 345–348.

46. Bozhko, N., Tischenko, V., Pasichnyi, V., Matsuk, Y. (2020). Analysis of the possibility of fish and meat raw materials combination in products. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 14, p. 647-655.

47. Божко Н.В., Тищенко В.І., Кожедуб М.М., Пасічний В.М. Функціонально-технологічні властивості модельних фаршів м'ясомістких січених напівфабрикатів із малоцінної прісноводної риби.//Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції» (6-7 листопада 2018 р.). Київ, НУХТ, 2018, с.178-181.

48. Tischenko, V. I., Bozhko, N. V., Pasichnyi, V. M. Optimization of the recipes of meat loaves using hydrobionts. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 2017, vol. 19(80), 38-42.

49. Bozhko, N., Tishchenko, V., Pasichnyi, V., Svyatnenko, R. Effectiveness of natural plant extracts in the technology of combined meat-containing breads. *Ukrainian Food Journal*, 2019, vol. 8(3), pp. 522-532.

50. Pasichnyi, V. M. Theory of variational modeling of meat and meat-containing products quality: dissertation theses. Kyiv, Ukraine: National University of food technologies, 2013, 46 p.

51. Kumar Y. Yadav D., 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*. vol. 14. pp. 796-812.

52. Gupta A. D., Bansal V. K., Babu V., Maithil N.J. (2013). Chemistry, antioxidant and antimicrobial potential of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. V. 11. pp. 25-31.

53. Bozhko, N., Pasichnyi, V., Marynin, A., Tishchenko, V., Strashynskiy, 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*, vol. 3, no.11, pp. 38-45.

54. 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*, vol. 2016, p.1-6.

55. Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів: ДСТУ 8446:2015. - [Чинний від 01-07-17]. - К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. - 14 с. - (Національні стандарти України).

56. Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій групи кишкових паличок (коліформних бактерій): ГОСТ 30518-97.- [Чинний від 24-04-2001]. - К.: ДП «УкрНДНЦ», 2000. - 15 с. - (Національні стандарти України).

57. Cape Cod Cranberry Grower's Association. 2021. Available online: <https://www.cranberries.org> (accessed on 21 September 2021).

58. Česonienė, L.; Daubaras, R. Phytochemical composition of the large cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) and the small cranberry (*Vaccinium oxycoccos*). In *Nutritional Composition of Fruit*; Simmonds, M.S.J., Preedy, V.R., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2016; pp. 173-194, Chapter 8.

59. Česonienė, L.; Daubaras, R.; Paulauskas, A.; Žukauskienė, J.; Zych, M. Morphological and genetic diversity of European cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L., Ericaceae) clones in Lithuanian reserves. *Acta Soc. Bot. Pol.* 2013, 82, 211-217.

60. The Cranberry Institute. About Cranberries. 2021. Available online: <https://www.cranberryinstitute.org/about-cranberries> (accessed on 21 September 2021).

61. United States Department of Agriculture. Food Data Central. Cranberries, Raw. Available online: <https://fdc.nal.usda.gov/falcapp.html#/food-details/171722/nutrients> (accessed on 27 September 2021).

62. Oszmiański, J.; Kolniak-Ostek, J.; Lachowicz, S.; Gorzelany, J.; Matlok, N. Phytochemical compounds and antioxidant activity in different cultivars of cranberry (*Vaccinium Macrocarpon* L.). *J. Food Sci.* 2017, 82, 2569- 2575.

63. Česonienė, L.; Daubaras, R.; Jasutiene, I.; Miliauskiene, I.; Zych, M. Investigations of anthocyanins, organic acids, and sugars show great variability in nutritional and medicinal value of European cranberry (*Vaccinium oxycoccos*) fruit. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 2015, 88, 295-299.

64. Jurikova, T.; Skrovankova, S.; Mlcek, J.; Balla, S.; Snopek, L. Bioactive compounds, antioxidant activity, and biological effects of European cranberry (*Vaccinium oxycoccos*). *Molecules*, 2019, 24, 24.

65. Blumberg, J.B.; Camesano, T.A.; Cassidy, A.; Kris-Etherton, P.; Howell, A.; Manach, C.; Ostertag, L.M.; Sies, H.; Skulas-Ray, A.; Vita, J.A. Cranberries and their bioactive constituents in human health. *Adv. Nutr.* 2013, 4, 618-632.

66. Diaconeasa, Z.; Florica, R.; Rugina, D.; Lucian, C.; Socaciu, C. HPLC/PDA-ESI/MS identification of phenolic acids, flavonol glycosides and

antioxidant potential in blueberry, blackberry, raspberries and cranberries. *J. Food Nutr. Res.* 2014, 2, 781-785.

67. Kylli, P.; Nohynek, L.; Puupponen-Pimiä, R.; Westerlund-Wikström, B.; Leppänen, T.; Welling, J.; Moilanen, E.; Heinonen, M. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and European cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) proanthocyanidins: Isolation, identification, and bioactivities. *J. Agric. Food Chem.* 2011, 59, 3373–3384.

68. Borowska, E.J.; Mazur, B.; Kopciuch, R.G.; Buszewski, B. Polyphenol, anthocyanin and resveratrol mass fractions and antioxidant properties of cranberry cultivars. *Food Technol. Biotechnol.* 2009, 47, 56–61.

69. Tanaka T, Tanaka A. Chemical components and characteristics of black chokeberry. *J Jpn Soc Food Sci Technol.* 2001; 48 606-10.

70. Lehmann H. Die Aroniabeere und ihre Verarbeitung. *Flüssiges Obst.* 1990; 57 746-52.

71. Stralsjo L, Ahlin H, Witthoft C.M, Jastrebova J. Folate determination in Swedish berries by radioprotein-binding assay (RPBA) and high performance liquid chromatography (HPLC). *Eur Food Res Technol.* 2003; 216 264-9.

72. Razungles A, Oszmianski J, Sapis J C. Determination of carotenoids in fruits of *Rosa sp.* (*Rosa canina* and *Rosa rugosa*) and of chokeberry (*Aronia melanocarpa*). *J Food Sci.* 1989; 54 774-5.

73. Mayer-Miebach E, Adamiuk M, Behsnilian D. Research project Dietary procyanidins – From a better understanding of human health effects to functionalised foods. Process engineering to improve procyanidin stability and extractability. Internal Report 2008

74. Oszmianski J, Wojdylo A. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur Food Res Technol.* 2005; 221 809-13

75. Wu X L, Gu LW, Prior R L, McKay S. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and their antioxidant capacity. *J Agric Food Chem.* 2004; 52, 7846-56.

76. Benvenuti S, Pellati F, Melegari M, Bertelli D. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. J Food Sci. 2004; 69 FCT164-FCT9.

77. Seidemann J. Chokeberries a fruit little-known till now. Dtsch Lebensmitt Rundsch. 1993; 89 149-51.

78. Strigl A W, Leitner E, Pfannhauser W. Die schwarze Apfelbeere (*Aronia melanocarpa*) als natürliche Farbstoffquelle. Dtsch Lebensmitt Rundsch. 1995; 91 177-80.

79. Zheng W, Wang S Y. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. J Agric Food Chem. 2003; 51 502-9.

80. Paunović, S. M., & Mašković, P. (2020). Phenolic compounds, antioxidant and cytotoxic activity in berry and leaf extracts of black currant (*Ribes nigrum L.*) as affected by Soil Management Systems.

81. Cao, L., Park, Y., Lee, S., Kim, D. O. (2021). Extraction, identification, and health benefits of anthocyanins in blackcurrants (*Ribes nigrum L.*). Applied Sciences.

82. Bender, C., Killermann, K. V., Rehmann, D., Weidlich, H. H. (2017). Effect of mash enzyme and heat treatments on the cellular antioxidant activity of black currant (*Ribes nigrum*), raspberry (*Rubus idaeus*), and blueberry (*Vaccinium myrtilus*) juices. CyTA-Journal of Food, 15(2), 277-283.

83. Benn, T., Kim, B., Park, Y. K., Wegner, C. J., Harness, E., Nam, T. G., Lee, J. Y. (2014). Polyphenol-rich blackcurrant extract prevents inflammation in diet-induced obese mice. Journal of Nutritional Biochemistry, 25(10), 1019–1025.

84. Shaw, O. M., Nyanhanda, T., McGhie, T. K., Harper, J. L., Hurst, R. D. (2017). Blackcurrant anthocyanins modulate CCL11 secretion and suppress allergic airway inflammation. Molecular Nutrition and Food Research, 61 (9).

85. Kim, B., Bae, M., Park, Y. K., Ma, H., Yuan, T., Seeram, N. P., Lee, J. Y. (2018). Blackcurrant anthocyanins stimulated cholesterol transport via post-

transcriptional induction of LDL receptor in Caco-2 cells. *European Journal of Nutrition*, 57(1), 405–415.

86. Oczkowski, M. (2021). Health-promoting effects of bioactive compounds in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) Berries. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 72(3), 229-238.

87. Kowalski, R., de Mejia, E. G. (2021). Phenolic composition, antioxidant capacity and physical characterization of ten blackcurrant (*Ribes nigrum*) cultivars, their juices, and the inhibition of type 2 diabetes and inflammation biochemical markers. *Food chemistry*, 359, 129889.

88. Papuc, C., Predescu, C. N., Tudoreanu, L., Nicorescu, V., Gâjâilă, I. (2018). 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 98, no. 4, pp. 1346-1361.

89. Efenberger-Szmechtyk, M., Nowak, A., Czyzowska, A. (2021). Plant extracts rich in polyphenols: Antibacterial agents and natural preservatives for meat and meat products. *Critical reviews in food science and nutrition*, vol. 61, no. 1, pp. 149-178.

90. Munekata, P. E., 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*, vol. 98, pp. 171-205.

91. 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*, vol. 40, no. 3, e12782.

92. Márquez-Rodríguez, A. S., Nevárez-Baca, S., Lerma-Hernández, J. C., Hernández-Ochoa, L. R., Nevárez-Moorillon, G. V., Gutiérrez-Méndez, N., Salas, E. (2020). In Vitro Antibacterial Activity of *Hibiscus sabdariffa* L. Phenolic

Extract and Its In Situ Application on Shelf-Life of Beef Meat. *Foods*, vol. 9, no. 8, p. 1080.

93. 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*, vol. 9, no. 12, p. 1215.

94. 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*, vol. 45, no. 3, e15220.

95. 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*, vol. 150, p. 111943.

96. 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*, vol. 8(10), pp. 429.

97. Talbot, G. The stability and shelf life of fats and oils. In the stability and shelf life of food; Subramaniam, P., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016; pp. 461-503. eBook ISBN: 9781630670573.

98. Estévez, M.; Morcuente, D.; Ventanas, S. Determination of oxidation. In *Handbook of Muscle Foods Analysis*; Nollet, L.M.L., Toldrá, F., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2009; pp. 221-240.

99. Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F. J., Putnik, P., Kovačević, D. B., Franco, D. (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, vol. 106, pp. 1095-1104.

100. 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*, vol. 16, no. 6, pp. 1243-1268.

101. Barbieri, G., Bergamaschi, M., Saccani, G., Caruso, G., Santangelo, A., Tulumello, R., Barbieri, G. (2019). Processed meat and polyphenols: opportunities, advantages, and difficulties. *Journal of AOAC International*, vol. 102, no. 5., p. 1401–1406.

102. 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*, vol. 89, p. 45-60.

103. Sidor, A., Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry *Aronia melanocarpa* L. - A qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential. *Molecules*, vol. 24, no. 20, p. 3710.

104. 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*, vol. 5, p. 18-25.

105. Agregán, R.; Franco, D.; Carballo, J.; Tomasevic, I.; Barba, F.J.; Gómez, B.; Muchenje, V.; Lorenzo, J.M. (2018). Shelf life study of healthy pork liver pâté with added seaweed extracts from *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. *Food research international journal*, vol. 112, p. 400-411.

106. 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*, vol. 72, p. 303-311.

107. Shahidi, F., Blackie Ed. (1998). Assessment of lipid oxidation and flavour development in meat, meat products and seafoods. In *Flavor of Meat, Meat Products, and Seafoods*; Academic & Professional: London, UK.; pp. 373-394. ISBN 9780751404845.

108. Bozhko, N. V., Tischenko, V., Pasichnyi, V., Shubina, Y., Kyselov, O., Marynin, A., Strashynskiy, I. (2021). The quality characteristics of sausage prepared from different ratios of fish and duck meat. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 15, p. 26-32.

109. Qin, F., Yao, L., Lu, C., Li, C., Zhou, Y., Su, C., Shen, Y. (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*, vol. 129, p. 354-364.
110. Qu Min, Chen Qiang, Sun Bingyu, et al. (2021). Advances in Studies on the Functional Properties of Polyphenols and Their Interactions with Proteins and Polysaccharides [J]. *Science and Technology of Food Industry*, vol. 42, no. 11, p.405-413. (in Chinese with English abstract).
111. Ehala S., Vaher M., Kaljurand M. Characterization of Phenolic Profiles of Northern European Berries by Capillary Electrophoresis and Determination of their Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, vol. 53, pp. 6484-6490.
112. Lee, C.-H., Reed, J. D., & Richards, M. P. (2006). Ability of various polyphenolic classes from cranberry to inhibit lipid oxidation in mechanically separated turkey and cooked ground pork. *Journal of Muscle Foods*, 17(3), 248-266.
113. Karwowska, M., Dolatowski, Z. J. (2017). Effect of acid whey and freeze-dried cranberries on lipid oxidation and fatty acid composition of nitrite-/nitrate-free fermented sausage made from deer meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(1), 85–93.
114. Larraín, R. E., Krueger, C. G., Richards, M. P. and Reed, J. D. (2008). Color changes and lipid oxidation in pork products made from pigs fed with cranberry juice powder. *Journal of Muscle Foods*, 19, 17–33.
115. Cho, M.J., Howard L.R., Prior R.L., Clark J.R. Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry, blueberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2004, vol. 84, pp. 1771-1782.
116. Zheng W., Wang S.Y. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, vol. 51, pp. 502-509.

117. Papuc C., Goran G. V., Predescu C. N., Nicorescu V., Stefan G. 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*, 2017, vol.16, pp. 1243-1268.

118. Maqsood S, Manheem K, Abushelaibi A, Kadim IT. Retardation of quality changes in camel meat sausages by phenolic compounds and phenolic extracts. *Animal Science Journal*, 2016, vol. 87(11), pp. 1433-42.

119. Mhalla D, Bouaziz A, Ennouri K, Chawech R, Smaoui S, Jarraya R, Tounsi S, Trigui M. Antimicrobial activity and bioguided fractionation of *Rumex tingitanus* extracts for meat preservation. *Meat Science*, 2017, vol. 125, pp. 22-29.

120. Puupponen- Pimiä, R., Nohynek, L., Meier, C., Kähkönen, M., Heinonen, M., Hopia, A., Oksman- Caldentey, K. M. (2001). Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. *Journal of applied microbiology*, 90(4), 494-507.