

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
магістр

на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ОКИСЛЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ
ЗБЕРІГАННІ КОТЛЕТА З БАРАНИНИ, ВИРОБЛЕНИХ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ НАТУРАЛЬНИХ АНТИОКСИДАНТІВ»

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
Технологія виробництва і переробки
продукції тваринництва
спеціальності 204 Технологія виробництва і
переробки продукції тваринництва
ступеня вищої освіти магістр
групи 204ТВППТ мд_22
Сергій ЩЕРБИНА
Керівник: д.т.н., проф. Валерій СУКМАНОВ
Рецензент: д.т.н., Анатолій ПОЛІЩУК
завідувач кафедри Технології виробництва
продукції тваринництва, ПДАУ

Полтава – 2021 рік

ЗМІСТ

	Стор
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Останні тенденції у використанні натуральних антиоксидантів для м'яса і м'ясних продуктів	9
1.1.1. Якість м'ясних продуктів та антиоксиданти	9
1.1.2. Механізм окислення ліпідів в м'ясі і м'ясних продуктах	10
1.1.3. Антиоксиданти для м'яса і м'ясних продуктів	13
1.1.4. Природні антиоксиданти: механізм дії	15
1.1.5. Використання природних антиоксидантів для м'яса, м'ясних продуктів і модельних систем з м'яса	18
1.2. Методи екстракції антиоксидантів в рослинній сировини	28
1.3. Особливості екстрагування БАР субкритичною водою	30
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	34
2.1. Організація виконання досліджень	34
2.2. Експериментальне обладнання для екстракції субкритичною водою	34
2.3. Методи та методики проведення досліджень	36
2.3.1. Використана сировина та методика отримання екстрактів і середовищі субкритичної води	36
2.3.2. Методика отримання екстракту при заданих параметрах процесу	36
2.3.3. Методика виготовлення зразків котлет з баранини	37
2.3.4. Методика аналітичних досліджень	38
2.3.5. Методика визначення вмісту біологічно активних речовин	38
2.3.6. Методика мікробіологічних досліджень	38
2.3.7. Методика сенсорного оцінювання органолептичних показників	39

2.3.8. Методика обробки результатів експериментальних досліджень	39
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	40
3.1. Визначення раціональних параметрів екстрагування цільових речовин з досліджуваної рослинної сировини	40
3.2. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на значення тіобарбітурової кислоти	44
3.3. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на значення вмісту вільних жирних кислот (ВЖК)	46
3.4. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на значення вмісту міоглобіну (Мб)	46
3.5. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на значення вмісту загального леткого азоту (ЗЛН)	47
3.6. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на мікробіологічні показники	50
3.7. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на сенсорні властивості	53
3.8. Соціально-економічна ефективність впровадження результатів досліджень	58
ВИСНОВКИ	62
ПРОПОЗИЦІЇ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65

ВСТУП

Окислення ліпідів та ріст небажаних мікроорганізмів у харчових продуктах призводять до розвитку псування, відсутності смаку, прогорклості та погіршення стану, роблячи такі продукти неприйнятними для споживання людиною [1,2], і даючи багато сполук, що сприяють патогенезу раку, атеросклерозу, серцевих та алергічних захворювань [3]. Намагаючись загальмувати цей процес, в м'ясній промисловості для продовження терміну зберігання харчових продуктів широко використовуються синтетичні харчові добавки, які гальмують окислення ліпідів та затримують або пригнічують ріст патогенних мікроорганізмів. Останні медичні дослідження обмежують застосування синтетичних антиоксидантів, оскільки існує підозра, що вони є канцерогенними. З цієї причини зростає інтерес до досліджень природних антиоксидантів, серед яких прянощі займають важливе місце [4]. Спеції та трави додавали в їжу з давніх часів не тільки як ароматизатори, але також як засоби народної медицини та консерванти їжі [5]. Крім того, деякі спеції та трави збільшують термін зберігання харчових продуктів, запобігаючи зникненню через їхню антиоксидантну активність або через бактеріостатичну або бактерицидну активність, також до патогенних бактерій, що присутні у їжі [6]. Серед трав розмарин (*Rosmarinus officinalis L.*) є єдиним, який комерційно досліджується як природний антиоксидант [7]. Повідомлялося, що екстракти розмарину, що містять фенольні похідні, мають сильну антиоксидантну дію на варене м'ясо [8] та антимікробну активність [9]. Кореневище імбиру виду *zinger officinale* широко використовується як прянощі та харчова приправа завдяки своєму солодкуватому аромату та їдким смаком. Відомо, що він має антиоксидантну активність [10] та є ефективним протимікробним засобом [11]. Заморожування - один із поширеніших методів, що застосовується для продовження терміну зберігання харчових продуктів. Процес заморожування уповільнює швидкість багатьох фізико-хімічних та мікробіологічних змін. Стабілізація замороженої їжі залежить від її хімічного складу та методу обробки, що застосовується перед заморожуванням [12].

Враховуючи наведені обставини, слід вважати, що дослідження окислювальних процесів при зберіганні котлет з баранини, вироблених із використанням натуральних антиоксидантів є актуальними.

Мета роботи – дослідження впливу використання екстрактів розмарину та імбиру у технології котлет з баранини на окислювальні процеси при їх тривалому зберіганні у замороженому стані (-18 °C).

Завдання дослідження:

- проаналізувати наявну наукову інформацію про об'єкт та предмет дослідження;
- визначити та обґрунтувати раціональні параметри технології екстрагування природніх антиоксидантів субкритичною водою з розмарину та імбиру;
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення тіобарбітурової кислоти;
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення вільних жирних кислот (FFA);
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення міоглобіну (Мб);
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення загального леткого азоту (TVN);
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на мікробіологічні показники;
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на сенсорні властивості;
- провести оцінку соціально-економічної ефективності впровадження результатів досліджень.

Об'єкт досліджень – окислювальні процеси при зберіганні котлета з баранини, вироблених із використанням екстрактів розмарину та імбиру при їх зберіганні у замороженому стані (-18 °C) протягом 150 днів.

Предмет дослідження – екстракти розмарину та імбиру, отримані у середовищі субкритичної води, показники тіобарбітурової кислоти, вільних жирних кислот, міоглобіну, загального леткого азоту, мікробіологічні показники, сенсорні властивості котлет з баранини при їх тривалом зберіганні у замороженому стані.

Практичне значення дослідження. Результати досліджень можуть бути використані м'ясопереробними підприємствами та дозволить виготовляти котлети з баранини з підвищеними споживними властивостями та збільшеним терміном зберігання.

Обсяг та структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, пропозицій, переліку інформаційних джерел. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 78 сторінок комп'ютерного тексту. У тексті кваліфікаційної роботи розміщено 14 таблиць; 13 рисунків; перелік використаних інформаційних джерел містить 123 найменування.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Останні тенденції у використанні натуральних антиоксидантів для м'яса і м'ясних продуктів

Антиоксиданти додають в свіже і перероблене м'ясо і м'ясні продукти, щоб запобігти окисленню ліпідів, уповільнити появу неприємного запаху і поліпшити стабільність кольору. У харчовій промисловості антиоксиданти можна розділити на натуральні і синтетичні. Підтверджено токсикологічну і канцерогенну дію синтетичних антиоксидантів [13]. Таким чином, харчова промисловість тепер воліє використовувати натуральні продукти, а ніж синтетичні. Огляд поточної інформації свідчить про перспективність використання антиоксидантів з природних джерел для потенційного застосування в м'ясі і м'ясних продуктах [13]. Ці природні антиоксиданти містять деякі активні сполуки, які проявляють антиоксидантний потенціал в м'ясі і м'ясних продуктах за рахунок різних механізмів дії. Розробка технологій ефективного вилучення цих антиоксидантів з їх природних джерел, а також визначення їх антиоксидантної активності *in vitro* та *in producto* є актуальною проблемою.

1.1.1. Якість м'ясних продуктів та антиоксиданти

Якісні характеристики м'ясних продуктів погіршуються через окислення ліпідів під час обробки і зберігання. Окислення ліпідів відповідає за утворення продуктів первинного і вторинного окислення, зниження поживної цінності, а також зміну смаку [13], що може викликати небезпеку для здоров'я і економічні втрати з точки зору низької якості продукту [13, 14]. Окислення ліпідів - досить складний процес, при якому фракція ненасичених жирних кислот мембранних фосфоліпідів окислюються і утворюються гідропероксиди, які в подальшому схильні до окислення або розкладанню до вторинних продуктів окислення, таких як коротколанцюгові альдегіди, кетони та інші

окислені сполуки, які можуть негативно вплинути на загальну якість і прийнятність м'яса і м'ясних продуктів.

Антиоксиданти - це сполуки, які здатні віддавати водневі ($H \bullet$) радикали [15] для спарювання з іншими доступними вільними радикалами, щоб запобігти реакцію поширення під час процесу окислення. Це ефективно зводить до мінімуму згіркlostі, уповільнює окислення ліпідів без якого-небудь збитку сенсорним або поживним властивостям, в результаті чого зберігається якість і термін придатності м'ясних продуктів. Однак в живих м'язах є внутрішні чинники, що запобігають окислення ліпідів. Ці фактори часто губляться після забою під час перетворення м'язів в м'ясо, первинної / вторинної обробки, обробки або зберігання м'ясних продуктів, що вимагає використання додаткових добавок зовнішніх антиоксидантів.

З цієї причини синтетичні антиоксиданти, такі як бутильований гідрокситолуол (BHT), широко використовувалися для затримки, уповільнення або запобігання окислення ліпідів шляхом уловлювання пероксильних радикалів, які несуть ланцюг, або придушення утворення вільних радикалів. Однак через побоювання з приводу безпеки цих синтетичних сполук проводиться велика робота з пошуку нових природних сполук, які сповільняють окислительное розкладання ліпідів, покращують якість і підтримують поживну цінність харчових продуктів [16]. Таким чином, природні антиоксиданти мають більший потенціал застосування в м'ясній промисловості через їх сприйняття для споживачів в порівнянні з синтетичними антиоксидантами.

1.1.2. Механізм окислення ліпідів в м'ясі і м'ясних продуктах

Окислення ліпідів описується як кіслородозалежне окислювальне розкладання насичених і ненасичених жирних кислот. Ця модифікація жирної кислоти в основному здійснюється за допомогою автокаталітичного механізму вільних радикалів, званого автоокислення і складається з трьох фаз: ініціації, поширення та припинення (рис. 1.1). У 1-й реакції присутність прооксидантів

(P_0) або активних форм кисню (ROS) або будь-яких інших сприятливих для окислення умов призводить до втрати радикала водню з ненасичених жирних кислот. За відсутності таких сприятливих для окислення умов реакція між жирними кислотами і молекулами кисню не може відбуватися через неоднакового електронного стану і спінового бар'єру, створюваного цими основними станами. Таким чином, ROS або інший P_0 , після термічної, окислювально-відновної або світлової реакції можуть утворюватися вільні радикали і, таким чином, запускається первинна реакція окислення ліпідів.

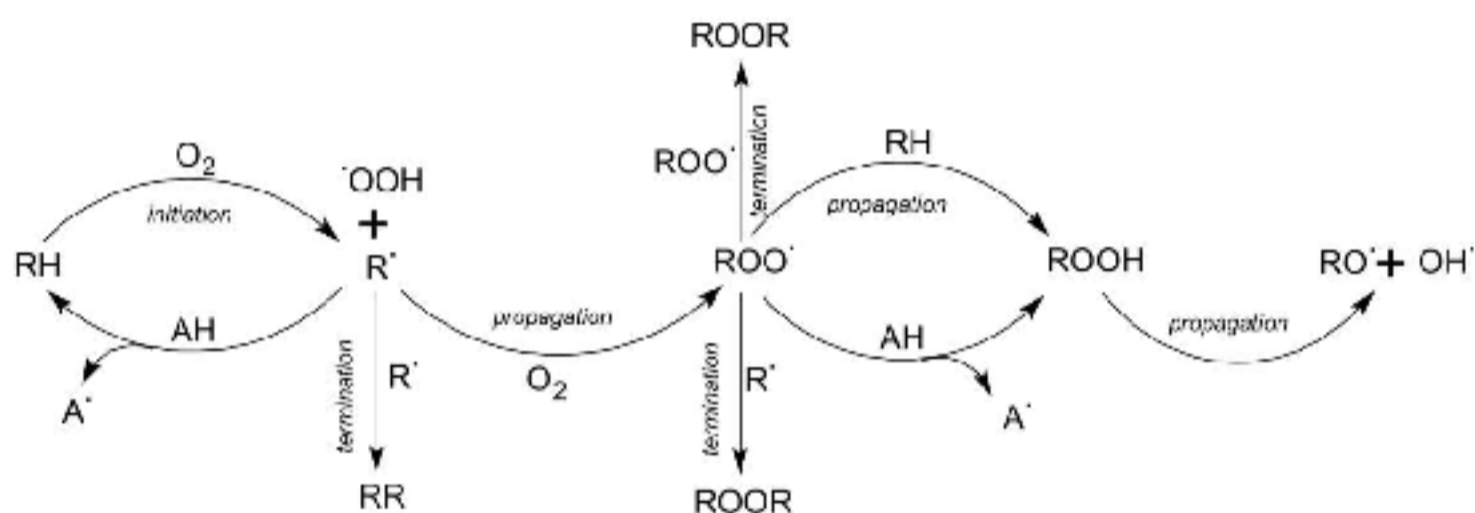


Рис. 1.1. Механізм окислення ліпідів

AH - антиоксидант (поглинач вільних радикалів; інгібітори розриву ланцюга); *A* - радикал-поглинач (щодо дуже стабільний).

На 2-й стадії молекулярний кисень реагує з алкільним радикалом ненасиченої жирної кислоти і призводить до утворення пероксидного радикала (рис. 1.1). У наступній реакції відбувається утворення гідропероксидів. Це первинні продукти окислення ліпідів і відносно стабільні в помірних умовах реакції (низька температура / відсутність прооксидантно іонів металів). Однак через несприятливі умови, присутніх в м'язовій їжі, гідропероксиди стають сприйнятливими до подальших вільнорадикальних ланцюгових реакцій, таким як ізомеризація і розкладання. Це виробляє вторинні продукти, включаючи пентаналь, гексаналь, 4-гідроксіноненаль і малоновий діальдегід (МДА).

Остання стадія відома як реакція припинення, під час якої вільні радикали реагують в різних комбінаціях з утворенням стабільних продуктів

[17]. Під час останньої стадії також утворюються інші нестабільні сполуки, які також впливають на якість м'ясних продуктів і викликають неприємний присмак (смак і запах).

Ліпіди і їх похідні жирні кислоти присутні в м'язах в якості структурних компонентів м'язових мембран, у вигляді крапельок тріацілгліцеріна між м'язовими волокнами і у вигляді жирової тканини. Форма і природа цих жирних кислот визначають стабільність кольору, втрату крапель і розвиток окислювальному прогорклості, що в кінцевому підсумку визначає сенсорне і поживне якість м'ясних продуктів [18]. Привабливість м'яса для покупця в основному пов'язана з кольором і смаком, не рахуючи їх економічної цінності [19]. Коли м'ясо старіє, воно стає коричневим, оскільки міоглобін перетворюється в метміоглобін (MetMb: окислена форма). Це основна причина неприйняття м'яса і м'ясних продуктів споживачами. Окислення ліпідів збільшує швидкість утворення метміоглобіну; метміоглобін діє як каталізатор окислення ліпідів, що додатково збільшує швидкість окислення ліпідів, що призводить до погіршення кольору і смаку продукту. Окислення ліпідів також залежить від: ступеня ненасиченості жирних кислот; рівня антиоксидантів (внутрішніх або зовнішніх); і наявності прооксидантів (P_0), таких як вільне залізо [20]. Швидкість окислення ліпідів прямо пропорційна ненасиченості жирних кислот, яка в кінцевому підсумку визначає колір і стійкість до окислення м'ясних продуктів [21].

Існує 3 стадії, на яких може відбуватися окислення ліпідів: перед забоєм (живі м'язи), під час забою (перетворення м'язів в м'ясо) і після забою (обробка і зберігання). У живих тварин доступні внутрішні чинники, які можуть контролювати реакцію окислення в м'язових тканинах, такі як ферменти (супероксиддисмутаза, каталаза і т. д.) і певні білки і їх механізми (транспортні білки) або антиоксиданти, що порушують окислювальні реакції (вітамін E і C) [22]. Після забою ці фактори втрачають свій антиоксидантний потенціал через різні післязабійні умови, такі, як анаеробна среда, присутність прооксидантів (P_0) і відсутність ферментативних антиоксидантних механізмів [23].

Гемоглобін і міоглобін, які також вважаються прооксидантами [24], поряд з іншими параметрами обробки, призводять до окислення ліпідів під час обробки і зберігання м'яса і м'ясних продуктів.

1.1.3. Антиоксиданти для м'яса і м'ясних продуктів

У різні м'ясні продукти додають антиоксиданти, щоб запобігти окисленню ліпідів, уповільнити появу неприємного запаху і поліпшити стабільність кольору. У харчовій промисловості їх можна розділити на натуральні і синтетичні антиоксиданти. ВНТ (бутильований гідроксіанізол), ВНА, РG (Пропілгалат) і ТВНQ (трет-бутилгідрокінон) є прикладами синтетичних антиоксидантів; в той час як інгредієнти, отримані з природних джерел, які проявляють антиоксидантний потенціал в модельній системі та продуктах харчування, вважаються природними антиоксидантами. Ці антиоксиданти відіграють дуже важливу роль в харчовій промисловості. Однак в деяких дослідженнях синтетичні антиоксиданти були ідентифіковані як токсикологічні і канцерогенні [25]. Таким чином, харчова промисловість вданий час воліє натуральні продукти синтетичним. Отже, продовольчий ринок вимагає натуральних антиоксидантів, що не містять синтетичних добавок і орієнтованих на гальмування процесів окислення в м'ясі і м'ясних продуктах з високим вмістом жиру.

Антиоксиданти розрізняються за хімічною структурою і мають різні механізми дії. Ключовим механізмом є їх реакція з вільними радикалами з утворенням відносно стабільних неактивних продуктів (рис. 1.2) [26]. Таким чином, антиоксиданти затримують окислення ліпідів, вловлюючи вільні радикали, які утворюються в фазі ініціації, фазі поширення або під час розкладання гідропероксидів. Механізм окислення ліпідів показаний раніше на рис. 1.1. Пороговий рівень, кількість використаного антиоксиданта, необхідного для того, щоб такі антиоксиданти були ефективними в даному продукті, визначається його концентрацією, необхідною для пригнічення всіх ланцюгових реакцій, що запускаються процесом ініціювання.

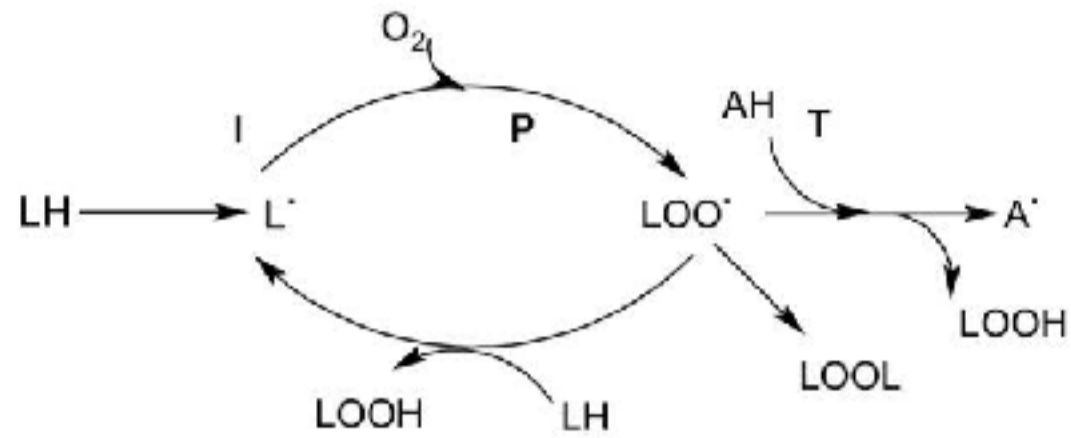


Рис. 1. 2. Реакції автоокислення і антиоксидантна дія (I, P і T = ініціювання, поширення та припинення, відповідно) поліненасичених жирних кислот; LH - ненасичені жирні кислоти; LOO - пероксильні радикали; AH - антиоксидант (поглинач вільних радикалів; інгібітори розриву ланцюга); A - радикал-поглинач (щодо дуже стабільний)

Поки концентрація антиоксидантів вище цього порогового рівня, загальна кількість вільних радикалів підтримується на постійному низькому рівні. Згодом антиоксидант поступово виснажується, і коли його рівень, нарешті, стає нижче порогового рівня, радикали виходять з реакції з антиоксидантом, і концентрація гідропероксидів збільшується. Високий рівень гідропероксидів додатково збільшує концентрацію радикалів, а молекули антиоксиданту що залишилися, повністю витрачаються. Коли все антиоксиданти витрачені, окислювальні процеси прискорюються, і збільшення виробництва продуктів вторинного окислення призводить до прогресуючого погіршення якості м'ясного продукту. Залежно від механізму дії антиоксиданти пригнічують або запобігають окисленню; вони знову діляться на 2 групи. 1-я група - це первинні антиоксиданти, які безпосередньо реагують з ліпідними радикалами і перетворюють їх у відносно стабільні продукти; їх також називають антиоксидантними сполуками, які руйнують ланцюг. Друга група - це вторинні антиоксиданти, які можуть знижувати швидкість окислення по різному механізму дії. Більшість первинних антиоксидантів діють, віддаючи атом водню (H•), який безпосередньо реагують з ліпідними радикалами і перетворюють їх у відносно стабільні

продукти; їх також називають антиоксидантними сполуками, які руйнують ланцюг. Друга група - це вторинні антиоксиданти, які можуть знижувати швидкість окислення по різному механізму дії. Більшість первинних антиоксидантів діють, віддаючи атом водню (H^\bullet). Вторинні антиоксиданти можуть діяти, пов'язуючи іони металів (Fe^{2+} , Fe^{3+} і Cu^{2+}), здатні каталізувати окислювальні процеси, поглинаючи кисень, поглинаючи УФ-випромінювання, інгібуючи ферменти або розкладаючи гідропероксид [27]. Деякі природні фенольні сполуки діють як первинні і вторинні антиоксиданти. Поліфеноли дуже активні в цьому відношенні, і в результаті цього процесу виникає активність галлатів, нордігідрогвайретової кислоти і флавоноїдів з уловлюванням радикалів.

1.1.4. Природні антиоксиданти: механізм дії

Протягом останніх декількох років виник великий інтерес до природних антиоксидантів через негативну увагу, що приділяється синтетичним антиоксидантів, а також з-за всесвітньої тенденції уникати або мінімізувати використання штучних (синтетичних) харчових добавок. Природні антиоксиданти можна знайти в будь-якій частині рослини, наприклад в зернах, фруктах, горіхах, насінні, листі, коренях, шкірка і корі. Більшість природних антиоксидантів - це фенольні сполуки, найбільш важливими з яких є токофероли, флавоноїди і фенольні кислоти. Всі вони зазвичай є загальними для всіх рослинних джерел. Їх додають в найрізноманітніші продукти, щоб запобігти або уповільнити окислення ліпідів.

Фенольні смоли, присутні в природних антиоксидантів, мають сильну H^\bullet -донорську активність [28] або мають високу здатність поглинати радикали. Основними антиоксидантними фенольними сполуками є: фенольні кислоти, фенольні дітерпени, флавоноїди і ефірні масла. Деякі фенольні сполуки запобігають утворенню вільних радикалів і поширення активних форм кисню (ROS), тоді як інші видаляють вільні радикали і хелатні прооксиданти (перехідні метали) [29]. Фенольні кислоти вловлюють вільні радикали;

флавоноїди вловлюють вільні радикали і хелатируючи метали (Fe^{2+} , Fe^{3+} і Cu^{2+}) також. Антиоксидантний потенціал цих природних сполук (фенолів) залежить від їх структури скелета і структури функціональних груп в цьому кістяку [30]. Наприклад, кількість і розташування вільних гідроксильних (-ОН) груп на флавоноїдному скелеті визначають потенціал уловлювання вільних радикалів. Присутність декількох груп -ОН та орто-3,4-дигідрокси-структур підсилює антиоксидантний потенціал фенольних сполук рослинного походження [31]. Полімерні структури (що містять більше -ОН-груп) мають великий антиоксидантний потенціал [32], тоді як глікозилювання функціональних груп (відновлення -ОН груп) зазвичай знижує антиоксидантну ефективність. Пігменти рослинного походження (антоціани і продукти їх гідролізу, антоціанідіни) також містять групи -ОН, які можуть віддавати H^\bullet і, таким чином, мають антиоксидантні властивості. Деякі фенольні сполуки також містять віцинальні групи -ОН, приєднані до ароматичного кільця. Ці фенольні сполуки віддають H^\bullet , а також віциналь групи -ОН, які можуть хелатувати метали, таким чином запобігаючи окислення більш, ніж одним способом. Цей тип природних антиоксидантів (наприклад, карнозінова кислота) має в кілька разів більшу антиоксидантну активність, ніж ВНА і ВНТ, тому що останні не мають віцинальних груп -ОН, таким чином, не хелатуючи метали, а антиоксидантні властивості залежать тільки від механізму донорства H^\bullet . У табл. 1.1. наведний короткий огляд деяких інгредієнтів природних антиоксидантів для м'яса і м'ясних продуктів.

Таблиця 1.1

Активні інгредієнти природних антиоксидантів для м'яса і м'ясних продуктів

Природне джерело	Методи екстракції	Активні інгредієнти	Джерело
1 Ефірні масла материнки звичайної (<i>Origanum vulgare</i>)	гідродистілляції	Тимол, <i>p</i> -кумен, гамма-терпінен, карвакрол	[33]
2. Ефірні масла шавлії (<i>Salvia officinalis</i>)	гідродистілляції	Евкалиптол, камфора, α -пінен	[33]
3. Каррі (<i>Murraya koenigii</i> L.) і листя м'яти (<i>Mentha spicata</i>)	Етанол, гаряча вода, етанол + гаряча вода	Фенолікі	[34]

4. Морквяний сік	Концентрація стиснення / випаровування	Феноли, каротиноїди	[35]
5. Екстракти листя розмарину (<i>Rosmarinus officinalis L.</i>) І материнки (<i>Origanum vulgare L.</i>)	Хлороформ, етанол, хлороформ + етанол	Фенольні смоли, розмаринова кислота, карнозінова кислота, карнозол	[36]
6. Відвар розмарину, шавлії і чебрецю	Відвар, отриманий після перегонки водяної пари	біологічно активні речовини	[37]
7. Хітозан + екстракт м'яти (<i>Mentha spicata L.</i>)	Хлороформ, етанол, хлороформ + етанол	біологічно активні речовини	[38]
8. Гранатовий (<i>Punica granatum, var-kabul</i>) сік, екстракт гранатовий цебри	Помол і фільтрація кип'яченої дистильованої води.	поліфеноли	[39]
9. Антиоксидантна дієтична клітковина винограду (<i>Vitis vinifera var. Cencibel</i>)	сублімації сушіння, подрібнення	Феноли, в основному дубильні речовини, катехіни, флавоноли, антоціанідіни	[40]
10. Фенольні смоли фруктового соку граната (<i>Punica granatum var-kabul</i>)	70% ацетон і діетиловий ефір	Феноли, проантоціанідіни, дубильні речовини	[41]
11. Різні екстракти кимчи	75% етанол	Феноли, флавоноїди	[42]
12. Екстракт кісточок і шкірки винограду (<i>Vitis labrusca L.</i>)	80% етанол	Фенолікі	[43]
13. Екстракт зеленого чаю	Кип'ячена вода	біологічно активні речовини	[44]
14. Екстракт макухи червоного винограду	Метанол, миттева зміна тиску	Загальна кількість поліфенолів, загальна кількість антоціанів	[45]
15. Залишки ягід обліпихи (<i>Hippophae rhamnoides</i>)	Спирт етиловий	Поліфеноли	[46]
16. Екстракт орегано	Діетиловий ефір, етиловий спирт і дистильована вода	біологічно активні речовини	[47]
17. Екстракт листя огуречника (<i>Borago officinalis L.</i>)	Попередньо нагріта (96 °C) вода, обробка ультразвуком	поліфеноли	[48]
18. Меліса лікарська L. екстракт листя	Попередньо нагріта (100 °C) вода при кип'ятінні зі зворотним холодильником	Фенольні речовини, розмаринова кислота	[49]
19. Ягоди суниця (<i>Arbutus unedo L.</i>), глід звичайний (<i>Crataegus monogyna L.</i>), шипшина (<i>Rosa canina L.</i>) ожина вязоволістная (<i>Rubus ulmifolius Schott.</i>)	етанол	біологічно активні речовини	[50]

20. Екстракт шишок тузи (<i>Thuja occidentalis</i>)	Кип'ячена стерилізована дистильована вода	Феноли, флавоноїди	[51]
---	---	--------------------	------

1.1.5. Використання природних антиоксидантів для м'яса, м'ясних продуктів і модельних систем з м'яса

Антиоксиданти з природного джерела являють собою гарну альтернативу звичайним антиоксидантів через високий вміст фенолів і інших активних інгредієнтів, які можуть ефективно запобігати ініціювання або поширення реакцій окиснення ліпідів, як описано в попередніх розділах. Антиоксидантна активність екстракту виноградних кісточок [52], побічних продуктів граната [53], розмарину та орегано [54], і різні інші спеції [55] у продуктах з м'яса і птиці добре зарекомендували себе. Деякі з цих антиоксидантів мають більш сильні антиоксидантні властивості, ніж синтетичні ВНА та ВНТ. Різні природні антиоксиданти роблять позитивний або негативний вплив на колір і сенсорні властивості м'ясних продуктів.

У роботі [56] вивчено вплив додавання шавлії і часнику на окиснення ліпідів і вміст холестерину в курячому м'ясі в присутності солі в якості прооксиданта. Встановлено, що вміст ненасичених жирних кислот не змінювався в присутності шавлії; навпаки, в часнику зміст цих жирних кислот знижувався після приготування і зберігання. Вміст гексаналя і пентаналя було нижче в курячих котлетах з шавлією і вище в котлетах з часником. 7-кетохолестерін був оксидом холестерину, в більшій кількості виявляються в сирій курці в перший день її зберігання, тоді як утворення 7 β - і 7 α -гідроксіхолестеріна було підтверджено тільки з 30 дня. Шавлія ефективний в контролі окиснення ліпідів і холестерину, зводячи до мінімуму прооксидантно ефекти солі, приготування та зберігання.

Антиоксидантну дію водних і метанольних екстрактів часнику (WEEG і MENG) на м'ясний фарш при зберіганні в холодильнику було оцінено в роботі [57]. MENG мав більший загальний вміст фенолів, активність з уловлювання радикалів 1,1-дифеніл-2-пікрілгідрозил (DPPH) і відновлювальну здатність,

ніж WEEG, тоді як останній мав більший вихід і здатність хелатувати залізо, ніж перший. Додавання екстрактів часнику (WEEG, MEEG і їх комбінації) в свинячі котлети знижувало значення рН, почервоніння і та вміст реактивних речовин з тіобарбітуровою кислотою (TBARS).

У роботі [58] оцінили антиоксидантну ефективність 13 екстрактів поширених спецій в ліпосомній системі, а також в приготованих свинячих котлетах. У ліпосомній системі екстракт солодки був найсильнішим інгібітором продукції TBARS (на 70,9%). Решта екстрактів спецій була розділена на 2 основні групи на основі їх здатності пригнічувати TBARS. Група сильніших антиоксидантів з TBARS, рівним або менше 0,85 мг/л або $\geq 40\%$ інгібування (розмарин, мускатний горіх, гвоздика, кора касії і круглий кардамон); і більш слабка група з TBARS більш 0,95 мг/л або $< 36\%$ інгібування (аніс, материнка, колючий зола, перець, дудник, корінь дудника дудника і фенхель). Продукти TBARS були значно пригнічені в свинячих котлетах, оброблених 0,05% екстрактами гвоздики, розмарину або кори касії. Ефективність цих 3 екстрактів спецій була порівнянна з ефективністю ВНА, який також був доданий в концентрації 0,05%. Через 7 днів значення TBARS в оброблених свинячих котлетах було приблизно на 35% менше, ніж в контрольних зразках. Варені свинячі котлети, які містили екстракти гвоздики, розмарину і кори касії, також мали помітно низькі показники неприємного запаху і мали більш стійкий червоний колір під час зберігання.

Автори роботи [59] вивчали антиоксидантний ефект 4 різних екстрактів спецій (1%), [гвоздика (*Syzygium aromaticum* - SA), кориця (*Cinnamomum cassia* - CC), душиця звичайна (*Origanum vulgare* - OV) і гірчиця чорна (*Brassica nigra* - BN)] в сирому курячому м'ясі, що зберігалось при температурі 4 °C протягом 15 діб. ВНТ (0,02%) використовували в якості позитивного контролю. Зразки, оброблені комбінацією SA, CC і OV, показали значно більш високі L^* , a^* і b^* значення і найнижчі значення TBARS серед всіх вибірок. Ці результати показали, що ці екстракти спецій були дуже ефективні проти окислення ліпідів;

і їх комбінація збільшувала антиоксидантний потенціал, швидше за все, через синергічну дію різних антиоксидантних факторів.

Дезодорований водний екстракт кориці (*CinDAE*) був оцінений на предмет його антиоксидантного потенціалу в курячих фрикадельках в залежності від часу зберігання в охолоджених умовах [60]. Був зроблений висновок, що обробка 200 ppm *CinDAE* приводила до більш тривалого індукційного періоду і більшого почервоніння (a^*), тоді як значення пероксиду (PV) і значення TBARS знижувалися протягом усього зберігання (8 ± 1 °C), не надаючи негативного впливу на сенсорну сприйнятливості в порівнянні ступені з аскорбіновою кислотою/ВНА/ВНТ. Антиоксидантний ефект ефірного масла *Cinnamomum zeylanicum* (CZEO) у вареній ковбасі оцінювали у роботі [61]. Був зроблений висновок, що обробка 20 і 40 ppm CZEO приводила до більш низьких значень пероксиду і TBARS, ніж контроль, не впливаючи на сенсорні характеристики зразків м'яса.

Антиоксиданти ефекти ряду продуктів (розмарин, карнозин і таурин разом з аскорбіновою кислотою) досліджували при різних умовах освітлення (стандартна флуоресценція супермаркету, лампа з низьким УФ-балансом кольору і темрява) та вивчали на свіжих яловичих котлетах, упакованих в модифікованій атмосфері і виставлених на 2 °C протягом 20 днів [62]. Був зроблений висновок, що розмарин і, в меншій мірі, карнозин (обидва разом з аскорбіновою кислотою) дуже ефективні в інгібуванні утворення метміоглобіну і окислення ліпідів. Таким чином дані інгредієнти стабілізують колір червоного м'яса і запобігають появі неприємного запаху. Ці ефекти були найбільш помітні в котлетах, які зазнали висвітлення під час демонстрації під стандартною люмінесцентною лампою, або лампою з балансуванням кольору з низьким УФ-випромінюванням. Обробка розмарином і аскорбіновою кислотою за відсутності УФ-випромінювання привела до найнижчих показників окислення. Навпаки, комбінація таурину і аскорбінової кислоти надавала значний прооксидантний ефект.

Автори роботи [63] оцінили антиоксидантну активність розмарину (*Rosmarinus officinalis L.; Nutrox*) і меліси (*Melissa officinalis L.; Meliox*) в котлетах з свинини в умовах зберігання у контролюваному середовищі (70% N₂ + 30% CO₂) протягом 6 днів охолодженого зберігання (4±1 °C). Котлети з натуральним екстрактом показали більш сильне почервоніння (*a**), ніж контрольні зразки і зразки з ВНТ. Обробка антиоксидантами також привела до зниження значень TBARS і вмісту гексаналю протягом усього періоду зберігання. Експертна група не виявила відмінностей в сенсорних атрибутах між партіями. Однак партії з природними антиоксидантами давали найвищу концентрацію вільних тіолових груп в нульовий день і через 3 дня.

Ефект додавання екстрактів розмарину і орегано (400 ppm) на сенсорні якості опроміненого яловичого бургера був досліджений і зрівняний з 200 ppm ВНТ/ВНА в якості контролю при зберіганні в замороженому стані (-20 °C) було досліджено у роботі [64]. Був зроблений висновок, що ці природні антиоксиданти можуть запобігати окислення ліпідів, не впливаючи на сенсорну оцінку оброблених зразків м'яса.

Антиоксидантний ефект ефірних масел материнки і шавлії (3%, мас./Мас.) визначали на свинині і яловичому фарші, що зберігається при 4 °C, в сирому і вареному (85 °C протягом 30 хв) стані протягом 12 днів їх зберігання [33]. Результати показали, що обробка ефірною олією значно знизилася окислення, тоді як термічна обробка і час зберігання значно знизили окислювальну стабільність м'яса. Роль антиоксидантів виявилася набагато більш важливою в приготованому стані, ніж в сирому, а білки м'яса сильно впливали на антиоксидантну активність.

В іншому дослідженні [65] антиоксидантний ефект ефірних масел чебрецю і бальзаму оцінювався в свіжому м'ясі курячої грудки, що зберігалася при 4 °C протягом 3 тижнів. Було показано, що чебрець і, в меншій мірі, ефірна олія меліси знижують утворення радикалів DPPH в м'ясі (на 25-30 і 20% відповідно). Обробка ефірними маслами також обмежує перекисне окислення

ліпідів і руйнування саркоплазматичних білків, допомагаючи зберегти м'ясо навіть після 2 тижнів зберігання.

Антиоксидантний ефект екстракту орегано (0,5%, 1%, 2% і 4%) був вивчений на свіжих яловичих стейках при активній системі упаковки [66]. Згідно з цим дослідженням, концентрація екстракту орегано не менше 1% була необхідна для отримання значного збільшення життєздатності яловичини з 14 до 23 днів. Однак концентрація екстракту орегано в упаковці 4% викликала неприйнятний запах орегано, по крайній мірі, в протягом 1-го дня демонстрації. Таким чином, автори прийшли до висновку, що концентрація екстракту орегано від 1% до 2% є найбільш придатною для оптимальної активної упаковки.

Антиоксидантні ефекти шкірки, м'якоті і насіння двох сортів авокадо (*Persea americana* Miller) («Hass» і «Fuerte») були вивчені на котлетах з свинини [67]. Повідомлялося, що шкірка і насіння мали більш високу кількість фенолів і більш інтенсивний антиоксидантний потенціал *in vitro*, ніж м'якоть. Шкірка і насіння були багаті катехинами, проціанідинами і гідроксикоричною кислотою, а м'якоть була особливо багата гідроксибензойною кислотою, гідроксикоричною кислотою і проціанідинами. Таким чином, екстракти авокадо захищають ліпіди і білки м'яса від окислення.

Вплив екстракту чаю ройбуш (0%, 0,25%, 0,50% і 1,00%) як природного антиоксиданту, на ліпідну і білкову стабільність страусиної черви (традиційної південноафриканської сушеної ковбаси) після 15 днів сушіння було досліджено в роботі [68]. Додавання 0,25% екстракту призвело до поліпшеної ліпідної стабільності і сенсорних характеристик продукту.

Антиоксидантний потенціал ройбушу був оцінений в роботі [69]. Три неферментованій (зеленій) формі ройбушу (сушене листя, водний екстракт і ліофілізований екстракт) на рівні 2% в котлетах з страусиною м'яса оцінювали протягом 8 днів зберігання. Автори також оцінили антиоксидантний ефект різних концентрацій (0%, 0,25%, 0,5% і 1%) ферментованого екстракту ройбушу в безнітритній салямі зі страуса. Включення неферментованого

зеленого ройбуша значно знизило вміст TBARS в страусиних котлетах; ферментована форма (0,5% і 1%) також була ефективною в затримці окислення ліпідів в саямі зі страуса до 15 днів дозрівання.

Ефект виноградних кісточок і екстракту зеленого чаю порівнювався з аскорбат натрію на різні параметри якості варених свинячих фрикадельок протягом 16 днів в аеробних умовах роздрібного холодильного зберігання [70]. Зразки, оброблені екстрактом зеленого чаю і виноградних кісточок, показали більш низький рівень TBARS і основних летючих сполук, ніж зразки з аскорбат натрію. Зберігання в холодильнику не вплинуло на колір свинячих фрикадельок; проте додавання екстрактів призвело до коричневих відтінків. Додавання екстракту не вплинуло на сенсорні характеристики, за винятком кольору. Таким чином, був зроблений висновок, що екстракти були більш ефективні, ніж аскорбат натрію, для запобігання окислення ліпідів, не впливаючи на сенсорні властивості фрикадельок.

Вплив натурального екстракту зеленого чаю або товарних виноградних кісточок в поєднанні з синтетичним трет-метил-бутилгідрокіноном в різних концентраціях на окислення ліпідів і почервоніння подрібненого свіжого козячого м'яса, що зберігається при 5 °C протягом 9 днів, було оцінено в роботі [72]. Значення TBARS варіювалися від 0,21 до 1,21 і від 0,31 до 4,57 мг МДА/кг м'яса для зразків сирого і приготованого м'яса, відповідно. Трет-метил-бутилгідрокінон і рослинні екстракти значно знижують окислення ліпідів в козячому м'ясі, при цьому більш високий рівень додавання більш ефективний для мінімізації окислення ліпідів. Екстракт виноградних кісточок значно посилив почервоніння, тоді як екстракт зеленого чаю зменшив його; не спостерігалось впливу трет-метил-бутилгідрокінона на почервоніння козячого м'яса.

В роботі [73] оцінено антиоксидантну активність гідрофільного екстракту, приготованого з їстівних грибів (*Flammulina velutipes*); стабілізуючий ефект на свіжий колір м'яса великоокого тунця (*Thunnus obesus*) був вивчений також в порівнянні з деякими іншими антиоксидантами. На

основі стабільності кольору був зроблений висновок, що обробка екстрактом грибів в дозі 1, 3 або 5 мл/100 г м'яса збільшувала тривалість зберігання льоду більш ніж на 2, 4 і 6 днів відповідно в порівнянні з контрольні зразки. Додавання 5 мл екстракту до 100 г подрібненого м'яса великоокого тунця було більш ефективним, ніж натрієва сіль аскорбінової кислоти (500 частин на мільйон) або α -токоферол (500 частин на мільйон) щодо запобігання окислення ліпідів в м'ясі тунця.

Аналогічним чином, антиоксидантні властивості гідрофільного екстракту, приготованого з плодового тіла їстівного гриба (*Flammulina velutipes*), оцінювалися на яловичині та м'ясі риби [73]. Додавання екстракту грибів до яловичини і риби призвело до меншого окислення ліпідів; і значення кольору не змінювалися протягом більше 12 і 7 днів при зберіганні на льоду яловичини і м'яса риби, відповідно. На відміну від цього, потемніння кольору м'яса спостерігалось в контрольних зразках після 6 і 2 днів зберігання відповідно.

Ефективність звичайних екстрактів метанол/вода і надкритичних рідких екстрактів (SFE) *Echinacea angustifolia* для запобігання окислення ліпідів і білків в приготованому курячому м'ясі оцінювалася під час зберігання в холодильнику [74]. Результати показали захисну дію рослинних екстрактів проти окислення ліпідів, але також з більшою вибірковістю, оскільки спостерігалася більш висока антиоксидантна ефективність SFE, ніж у традиційних екстрактів. Дані показали, що приріст значень TBARS на початку був набагато менше, ніж в кінці зберігання. Така поведінка підтвердило, що антиоксидантна активність з часом знижувалася. Дійсно, в нульовий день у контролю було більш низьке значення TBARS в порівнянні із зразками, що містять екстракти. На 6 день відбулася абсолютно протилежна ситуація; і контроль показав більш високе значення в порівнянні з будь-яким з оброблених зразків. На 10-ту добу значення контролю збільшилася, тоді як значення зразків з будь-яким з екстрактів залишалось більш-менш рівним значенням попереднього тимчасового аналізу, який довів антиоксидантну

ефективність препарата. Екстракти ехінацеї вузьколистої в приготованому курячому м'ясі.

Активність екстракту звіробою *perforatum L.* (Нр) по інгібуванню окислення ліпідів в нагрітому рідкому фарші зі свинини, приготованому з використанням комбінації масел з оливкової, льняної і риб'ячого жиру, оцінювалася в роботі [75]. Антиоксидантну активність при 2 концентраціях (Нр5: 0,0005% і Нр10: 0,001%) Нр в матриці м'яса під час зберігання в охолодженому вигляді порівнювали з комбінацією ВНА і ВНТ, і було показано, що додавання ВНА і ВНТ і Нр запобігає окислювальний процес при приготуванні і зберіганні м'ясного фаршу з найменшим зміною в зразках, що містять ВНА і ВНТ.

Було показано, що водний екстракт мате з сушеного листа падуба парагвайського (*Ilex paraguariensis*) є ефективний проти окислення ліпідів і вітаміну Е в попередньо приготованих курячих фрикадельках з 0,5% NaCl і упакованих в атмосферному повітрі протягом 10 днів холодного зберігання [76]. Висушені листя також порівнювали з сушеними листям розмарину в курячих фрикадельках; і мате (0,05% і 0,10%). Було встановлено що дане листя давали такий, або кращий захист, ніж розмарин проти утворення вторинних продуктів окислення ліпідів при тій же концентрації.

Експерименти, проведені у роботі [77], показали антиоксидантний потенціал різних овочевих порошків (10 г/145 г м'яса) в приготованих котлетах з м'яса індички. Шість (шпинат <жовтий горошок <цибулю <червоний перець <зелений горошок <помідор) з 11 (буряк, брокколі, морква, селера, зелений горошок, цибуля, червоний перець, шпинат, бруква, томат і жовтий горошок) овочевих порошків значно поліпшила окислительну стабільність котлет на 20-30%.

Автори роботи [78] оцінили антиоксидантну активність 70% етанольних екстрактів білокопитника і брокколі (0,1% і 0,5%, мас./мас.) в котлетах з яловичого фаршу в порівнянні з ВНТ протягом 12 днів зберігання в холодильнику. Значення TBARS були значно нижче в зразках, що містять

екстракти рослин або ВНТ, ніж в необробленому контролі. Було показано, що значення TBARS контрольних зразків стабільно збільшувалися в 5,7 рази через 12 днів, тоді як значення TBARS пиріжків з 0,1% і 0,5% екстрактом білокопитника збільшувалися тільки в 3,3 рази і 1,8 рази, відповідно, через 12 днів; які були значно менше контролю. Етанольний екстракт броколі був помірно антиоксидантною - 0,1% і 0,5% в яловичих котлетах, зі значно більш низькими значеннями TBARS, ніж контроль, але він був менш антиоксидантну, ніж екстракт білокопитника або обробка ВНТ. Крім того, 0,5% екстракт білокопитника пригнічує окислення ліпідів так само ефективно, як 0,5% ВНТ в яловичих котлетах. Крім того, яловичі котлети, приготовані з використанням обраних рослинних екстрактів, показали значно кращу стабільність кольору, ніж котлети без екстрактів.

Оцінка антиоксидантної ефективності екстракту чорної смородини (*Ribes nigrum L.*) в сирих свинячих котлетах протягом 9 днів зберігання в охолодженому вигляді була проведена в роботі [79]. Екстракт конденсували і додавали в свинячі котлети в кількості 5, 10 або 20 г/кг для оцінки антиоксидантного потенціалу в порівнянні з ВНА (0,2 г/кг). Використання екстракту значно знизил TBARS, утворення карбоніла, а також зменшила втрату сульфгідрїла свинячими котлетами в залежності від дози, що показало, що екстракт значно пригнічує окислення ліпідів і білків. Продукція TBARS була значно пригнічена на 74,9%, 90,6% і 91,7% в котлетах, оброблених 5, 10 або 20 г/кг екстракту, відповідно, в порівнянні з контролем в протягом 9 днів зберігання. Ефективність екстракту була порівнянна з ефективністю ВНА, яку додавали в дозі 0,2 г / кг, а обробка ВСЕ в дозі 10 і 20 мг/кг знижувала значення TBARS, аналогічні значенням 0,2 г/кг ВНА. Також було продемонстровано, що котлети, вироблені з екстрактом, показали значно більш високе почервоніння, ніж контроль.

Вплив додавання гідродистілірованого ефірного масла озимого чабера (*Satureja montana L.*) (SEO) в концентрації 7,80, 15,60 і 31,25 мкл/г на колір і окислення ліпідів в ковбасах типу Мортаделло вивчалось у роботі [80].

Ковбаси були приготовлені з різними рівнями нітриту натрію (NaNO_2) (0, 100 і 200 мг/кг) і зберігали при 25 °C протягом 30 днів. В SEO авторами було ідентифіковано 26 хімічних сполук; найпомітнішими з них були тимол (28,99 г/100 г), *p*-цимол (12,00 г/100 г), ліналоол (11,00 г/100 г) і карвакрол (10,71 г/100 г). Використання SEO (> 15,60 мкл/г) негативно вплинуло на колір продукту, зменшивши почервоніння і збільшивши жовтизну. Низький рівень TBARS спостерігався в ковбасах Мортаделло, приготованих з найнижчою концентрацією SEO і без додавання нітритів.

В роботі [81] було показано, що додавання казеїнових пептидів (20 мг/мл), отриманих за допомогою протеолітичних ферментів алкалази і *Flavourzyme*, ефективно пригнічує окислення ліпідів в гомогенатах яловичого фаршу і м'яса птиці з механічною обвалкою. Пептиди казеїну інгібували 80% окислення ліпідів при додаванні 5 мг/мл і досягли повного пригнічення окислення ліпідів при 20 мг/мл в гомогенатах яловичого фаршу. Додавання казеїнових пептидів (5 мг/мл) до механічної обвалки викликало інгібування приблизно 21% окислення ліпідів.

Антиоксидантний ефект гідролізованого картопляного білка (0% і 2,5%) був досліджений на сосисках, приготованих з 2 рівнями жиру (15% і 30%) і зберігаються протягом 7 днів [82]. Емульсії м'яса з додаванням картопляного білка були темніше, а також мали більш низькі значення почервоніння і жовтизни, ніж емульсії, приготовані без НРР. Додавання картопляного білка (2,5%) значно зменшило втрати при варінні і зусилля руйнування і зробило значний інгібуючий ефект на окислення ліпідів в приготованих сосисках. Було показано, що показник TBARS в зразках з 2,5% картопляного білка через 7 днів була на 25% і 45% нижче для м'ясних емульсій, що містять 15% і 30% жиру, відповідно, в порівнянні з емульсіями без картопляного білка.

Деякі антиоксиданти добре відомі своїм антиоксидантним потенціалом і комерційно доступні в вигляді сирих інгредієнтів або активних інгредієнтів, таких як екстракт розмарину і виноградних кісточок. Деякі інші природні джерела також були досліджені в багатьох роботах на предмет їх

антиоксидантного потенціалу в м'ясі і м'ясних продуктах: гідролізат соєвого білка, отриманий з мікробних протеаз для приготованого яловичого фаршу [83]; екстракт шкірки граната для продуктів з курячого м'яса [84]; гідролізати рисового білка, отримані за допомогою мікробних протеаз і ультрафільтрації для приготованого яловичого фаршу [85]; виноградні дістичні волокна для сирих і приготовлених гамбургерів з курячої грудки [86]; екстракт виноградних вичавок для вареного курячого м'яса [87]; екстракт виноградних кісточок, олеорезин розмарину і водорозчинний екстракт орегано для приготованих котлет з яловичини і свинини [88]; екстракт лаванди (*Lavandula vera*) для фаршу з курячого м'яса [89]; гідроксітірозол в сосисках [90]; екстракти кимчи з листя гірчиці (*Brassica juncea*) для сирого фаршу зі свинини [91]. У більшості цих досліджень було продемонстровано, що ці природні антиоксиданти були дуже ефективні для запобігання окислення ліпідів в порівнянні з деякими позитивним контролем (ВНА/ВНТ) при різних умовах зберігання.

1.2. Методи екстракції антиоксидантів в рослинній сировині

Хоча концепція використання природних антиоксидантів для запобігання окислення ліпідів в м'ясі і м'ясних продуктах є багатообіцяючою, необхідно розробити безпечні, ефективні і економічні процедури екстракції цих сполук з рослинної сировини, щоб забезпечити комерційну стійкість. Дослідники використовували різні процедури вилучення. Через відмінності в цих процедурах час екстракції коливається від декількох секунд до багатьох годин. Ці зміни включають різні відносини обсягу розчинника до маси зразка, а також різні фізичні параметри, такі як додаток тиску, температури і випромінювання. Той факт, що одна рослина може містити до декількох тисяч вторинних метаболітів, вимагає розробки високоефективних і швидких методів екстракції. Ці методи пов'язані з більш високою витратою розчинника, більш тривалим часом екстракції і більш високим ризиком термічного розкладання лабільних компонентів.

Екстракція органічними розчинниками, такими як етанол, хлороформ, ацетон, діетиловий ефір і метанол, використовувалася різними дослідниками [42]. Комбінація органічних розчинників також успішно використовувалася для екстракції антиоксидантів з різних рослинних джерел [36, 41, 64]. Ефективність екстракції методом екстракції органічним розчинником у багатьох випадках вище, але основним недоліком є проблема видалення залишків органічних розчинників з екстрагуються матеріалів. Як правило, ці органічні розчинники видаляються різними методами випаровування, але це може привести до економічного дисбалансу, а також до проблем зі здоров'ям, якщо не видалити їх повністю. З іншого боку, гідродистіляції [33], парова дистиляція [44] і методи водної екстракції [33, 84] також використовувалися для ефективного вилучення антиоксидантів з різних природних джерел. Основна перевага водної екстракції - це безпечний їстівний продукт, який вона виробляє через відсутність слідів органічних розчинників. Однак добре відомий факт, що на розчинність різних з'єднань впливають різні параметри, які також можуть впливати на екстрагуються цікавить з'єднання в різних умовах обробки.

Деякі з нових методів включають субкритичну екстракцію [74, 92, 93], надкритичну екстракцію [94, 95, 96], прискорену екстракцію розчинником [97], екстракцію за допомогою ультразвуку і екстракцію за допомогою мікрохвильового випромінювання [98]. Крім цього, деякі дослідники також визначили інший метод ефективного вилучення антиоксидантних сполук. Наприклад, автори роботи [35] використовували віджимання і випарне концентрування для екстракції антиоксидантів з морквяного соку. У роботі [16] показали екстракцію антиоксидантних сполук з огірочника (*Borago officinalis*L.) обробкою ультразвуком. Ферментативний гідроліз - ще один метод, недавно застосований для вилучення цих сполук [99].

На жаль, дані методи екстрагування є енергозатратні та не гарантують високої міри вилучення БАР з рослинної сировини. А органічні розчинники мають високі ціни, що є економічно не ефективним, а головне - дані

розчинники є токсичними, їх використання недоцільне у харчових технологіях.

1.3. Особливості екстрагування БАР субкритичною водою

Сучасною та безпечною для здоров'я людини альтернативою вищевказаних методів є екстрагування субкритичною водою (ЕСКВ), який являє собою метод, в якому, в якості екстрагенту використовується вода в субкритичному стані (субкритична вода - СКВ), при температурі вище атмосферної точки кипіння води ($100\text{ }^{\circ}\text{C}/273\text{K}$, $0,1\text{MPa}$), але нижче критичної точки води ($374\text{ }^{\circ}\text{C}/647\text{K}$, $22,1\text{ MPa}$). В свою чергу СКВ або перегріта вода являє собою воду в рідкому стані під тиском в температурному діапазоні звичайною точкою кипіння ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) і критичною температурою ($374\text{ }^{\circ}\text{C}$). СКВ залишається стійкою до критичної температури через прикладений зовнішній тиск, який піднімає точку кипіння при нагріванні рідини в закритій посудині, де рідка вода знаходиться в рівновазі з паром [100].

Екстрагування БАР з рослинної сировини є складним фізико-хімічним тепломасообмінним процесом, на перебіг та ефективність якого впливають такі чинники: властивості сировини, природа та властивості екстрагенту, ступінь подрібнення рослинного матеріалу (фракція сировини), температура, тривалість процесу, співвідношення сировини та екстрагенту (гідромодуль).

Вода у субкритичному стані має унікальні хімічні та фізичні властивості такі, як ніякий інший розчинник [101,102]. При температурі навколишнього середовища, вода є полярною рідиною, яка дисоціює на іон гідроксонію (H_3O^+) і гідроксид-іона (OH^-), як описано його константою дисоціації (K_d), яка становить від $1,0 \times 10^{-14}$ при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Крім того, вода має надзвичайно високу відносну діелектричну проникність, статичну ϵ_r , (до 80) при температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це означає, що вода створює електростатичні зв'язки з іншими молекулами, тим самим зменшуючи або усуваючи міжмолекулярні взаємодії між іонами (таблиця 1.2) [64].

Найбільш важливим фізико-хімічним параметром, який визначає можливості води як розчинника для екстракції БАР є відносна діелектрична проникність. Залежність діелектричної проникності від температури - це унікальна властивість води. Вода при кімнатній температурі - дуже полярний розчинник з діелектричною проникністю ϵ близько 80 при атмосферному тиску. Для полярних речовин- сполук, молекули яких мають електричний дипольний момент, в порівнянні з неполярними, характерні висока діелектрична проникність, підвищені температура кипіння і температура плавлення. Дипольний момент зазвичай виникає внаслідок різної електронегативності складових молекулу атомів, через що зв'язки в молекулі набувають полярність. Однак, для утворення дипольного моменту потрібно не тільки полярність зв'язків, а й відповідне їх розташування в просторі).

Окрім даних преваг, СКВ, як розчинник, має низьку собівартість; вона технологічна і екологічно безпечна у виробництві; має високу чутливість розчинної здатності СКВ до зміни тиску або температури, простота поділу СКВ і розчинних в ній речовин при скиданні тиску; високий коефіцієнт вилучення БАР з рослинної сировини.

Таблиця 1.2

Хімічні та фізичні властивості рідкої води при різних температурах і тисках насичення [101,102]

Властивість	T = 298 K (25 °C, 0,1 МПа)	T = 373 K (100 °C, 0,1 МПа)	T = 473 K (200 °C, 1,5 МПа)	T = 623 K (350 °C, 17 МПа)
Константа дисоціації, K_d	$1,0 \times 10^{-14}$	$5,6 \times 10^{-13}$	$4,9 \times 10^{-12}$	$1,2 \times 10^{-12}$
pK_d	13.99	12.25	11.31	11.92
Відносна статична діелектрична проникність, ϵ_r	78,5	55,4	34,8	14,1
Дипольний момент	1,85	1,85	1,85	1,85

Властивість	T = 298 K (25 °C, 0,1 МПа)	T = 373 K (100 °C, 0,1 МПа)	T = 473 K (200 °C, 1,5 МПа)	T = 623 K (350 °C, 17 МПа)
Питома теплоємність, C_p , (г ⁻¹ К ⁻¹)	4,18	4,22	4,51	10,1
Теплота пароутворення, H_V (кДж/моль)	44,0	40,7	35,0	15,6
Густина (г/см ³)	0,997	0,958	0,865	0,579
Динамічна в'язкість, η (мПа с)	0,891	0,282	0,134	0,067
Поверхневий натяг (дин/см)	72,0	58,9	37,6	3,7
Коефіцієнт самодифузії, D (м ² /с)	$2,3 \times 10^{-9}$	$8,6 \times 10^{-9}$	$23,8 \times 10^{-9}$	-

Даний метод дозволяє отримувати екстракти з високою концентрацією БАР, а також вилучати БАР з сировини, які не розчинні у екстрагентах, таких як вода у звичайному, або гарячому стані.

Проведений аналітичний огляд науково-технічної інформації дозволяю стверджувати, що обрана тема є актуальною.

Мета дослідження - удосконалення технології котлет з баранини, вироблених із використанням натуральних антиоксидантів (екстрактів розмарину та імбиру), шляхом дослідження окислювальних процесів при їх тривалому зберіганні у замороженому стані (-18 °C).

Завдання дослідження:

- проаналізувати наявну наукову інформацію про об'єкт та предмет дослідження;
- визначити та обґрунтувати раціональні параметри технології екстрагування природніх антиоксидантів субкритичною водою з розмарину та імбиру;
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення тіобарбітурової кислоти;
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення вільних жирних кислот (FFA);

- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення міоглобіну (Мб);
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення загального леткого азоту (TVN);
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на мікробіологічні показники;
- дослідити вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на сенсорні властивості;
- провести оцінку соціально-економічної ефективності впровадження результатів досліджень.

Об'єкт досліджень – окислювальні процеси при зберіганні котлета з баранини, вироблених із використанням екстрактів розмарину та імбиру при їх зберіганні у замороженому стані (-18 °С) протягом 150 днів.

Предмет дослідження – екстракти розмарину та імбиру, отримані у середовищі субкритичної води, показники тіобарбітурової кислоти, вільних жирних кислот, міоглобіну, загального леткого азоту, мікробіологічні показники, сенсорні властивості.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Організація виконання проекту

При виконанні даного проекту була реалізована наступна структурно-логічна послідовність роботи:

1. Аналіз науково-технічної інформації з проблеми дослідження. Обґрунтування актуальності виконання роботи.
2. Формулювання мети дослідження та завдань, які необхідно вирішити для її досягнення, об'єкту та предмету дослідження.
3. Вибір і обґрунтування використаного лабораторного обладнання та методик проведення експериментальних досліджень.
4. Проведення експериментальних досліджень з метою визначення раціональних параметрів процесу вилучення цільових компонентів з розмарину та імбирю. Аналіз отриманих зразків екстрактів та ідентифікація біологічно активних сполук.
5. Дослідження вплив додавання екстрактів до котлет з баранини на значення тіобарбітурової кислоти, вільних жирних кислот, міоглобіну, загального леткого азоту, мікробіологічні показники та сенсорні властивості.
6. Оцінка соціально-економічної ефективності впровадження результатів досліджень.

2.2. Експериментальне обладнання для екстракції субкритичною водою

Експериментальні дослідження процесу екстрагування субкритичною водою були проведені в науково-дослідній лабораторії ПДАУ «Субкритичні технології в харчових виробництвах» на лабораторному стенді, який складається з дисплея магнітної мішалки (1); регулятора температуру (2); стакана реактора (3); термопари (4); гвинтів (5); кришки стакану реактора (6); спускного каналу (7); вентиля спускного каналу (8); додаткового датчика температур (9); провіда додаткового датчика температури (10) манометра

2.3. Методи та методики проведення досліджень

При проведенні досліджень були використані наступні методи та методики.

2.3.1. Використана сировина та методика отримання екстрактів і середовищі субкритичної води

Розмарин (*R. officinalis*) та імбирні кореневища (*Zingiber officinal*) були отримані з місцевого ринку в м. Полтава. Сировину висушували у сушильній шафі до вологості 4% та подрібнювали на кавомолці до розміру фракції $0,5 \pm 0,1$ мм.

Екстрагування цільових речовин проводили згідно Інструкції на використання реактора високого тиску РВД-02-500.

2.3.2. Методика отримання екстракту при заданих параметрах процесу

Підготовку лабораторної установки до роботи, встановлення параметрів температури та тиску та значення обертів магнітної мішалки, проведення екстрагування та видалення отриманого екстракту з робочого стакану реактора високого тиску проводили згідно з «Керівництвом по експлуатації лабораторного реактора високого тиску РВД-2-500» та «Інструкції з експлуатації мішалки магнітної з підігрівом платформи» (НПО «Укрорганітез» та ООО «РИВА-СТАЛЬ», Україна).

Деіонізовану (бідистильовану) воду розігрівали до $95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Встановлювали мірну склянку з термостійкого скла на ваги та доводили об'єм вихідної суміші для отримання екстракту до заданого гідромодуля.

Встановлювали робочу камеру РВД в термоблок, розігрітий до заданої температури. Встановлювали мірну склянку з підготовленою сумішшю для екстрагування в робочу камеру РВД. Заповнювали простір між внутрішніми стінками робочої камери РВД і мірним стаканом деіонізованою водою $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, заливаючи її в простір між стінками. Закривали і фіксували кришку РВД затягуванням кріпильних гвинтів рукою. Включали магнітну мішалку,

встановивши швидкість перемішування відповідно до умов експерименту, керуючись Інструкцією по експлуатації «Магнітна мішалка з підігрівом платформи». Включали компресор високого тиску і доводили тиск в робочій камері РВД до необхідного значення шляхом короткочасно включення компресора. Після досягнення заданого тиску встановлювали на платформі термоблока задану температуру екстрагування. Фіксували час початку процесу екстрагування. При зростанні тиску в камері РВД газовідвідним гвинтом доводили тиск на манометрі до заданого значення згідно умов експерименту.

Після закінчення заданої тривалості екстрагування відключали підігрів установки. При досягненні температури 95 °С, обережно відкручували газовідводний гвинт і скидали надмірний тиск камери РВД, відключали магнітну мішалку. Відкручували кришку робочої ємності, витягули мірну склянку з робочої камери і переливали її вміст в ємність для збору готових екстрактів із заздалегідь наклеєним стікером з зазначенням параметрів процесу, дати та часу проведення експерименту.

2.3.3. Методика виготовлення зразків котлет з баранини

Для приготування зразків було використано 3 кг шиї та 3 кг лопатки верхньої зі свіжої баранини. Через 24 години охолодженого зберігання (4 °С) надлишки жиру та сполучної тканини обрізали з м'яса, потім подрібнювали через 0,8 см решітку в м'ясорубці. Суміш 70% NaCl та 30% KCl додавали до фаршу у кількості 1,5%. М'ясний фарш був розділений на п'ять рівних частин (по 1 кг кожна). Контрольний зразок (С) була виготовлено без додавання рослинних екстрактів.

Зразок 2 змішували з 0,05% екстракт розмарину (RE), зразок 3 змішували з 0,50% екстракту імбиру (GE), зразок 4 - 0,050% екстракту розмарину + 3% лактату натрію (RE + SL), та зразок 5 - 0,50% екстракту імбиру + 3% лактат натрію (GE + SL). Фарш добре перемішували і формували котлети (50 г) із застосуванням формувача м'яса (шириною 10 см та товщиною 1 см кожна).

Отримані разки поміщали на пластикові пінопластові лотки для м'яса, обгортали поліетиленовою плівкою, витримували в холодильнику при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 5 місяців, разморожували, готували та оцінювали на хімічні, мікробні та сенсорні показники після 1, 60, 90, 120 і 150 днів зберігання у замороженому стані.

2.3.4. Методики аналітичних досліджень

Окислення ліпідів у вигляді тіобарбітурової кислоти (ТВА) визначали спектрофотометром (6400 - JENWAY, UK) згідно з методикою, описаною у роботі [79]. Результати виражали у мг малональдегіду (МДА)/кг зразка м'яса.

Вільні жирні кислоти (FFA) та загальний леткий азот (TNV мг N/100 г м'яса) визначали, застосовуючи методи, описані у роботі [103]. FFA розраховували (як олеїнову кислоту) наступним чином:

$$FFA\% = 0,282 \times \text{мл NaOH (0,1N)} \times 100/\text{вага зразка (г)} \quad (2.1)$$

Загальний леткий азот (TNV) розраховували за наступним рівнянням:

$$TNV (\text{мг N/100 г м'яса}) = \text{Титрування (мл 0,1 N H}_2\text{SO}_4) \times 14 \quad (2.2)$$

2.3.5. Методика визначення вмісту біологічно активних речовин

Біологічно активні речовини з екстракту розмарину та імбіру були аналізовані методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) за загальноприйнятими методами (Хроматограф рідинний Agilent Infinity II 1260).

2.3.6. Методика мікробіологічних досліджень

Мікробіологічні дослідження були проведені згідно вимог ДСТУ 8381:2015 «М'ясо та м'ясні продукти. Організація та методи мікробіологічних досліджень», ДСТУ 8720:2017 «Вироби ковбасні та продукти з м'яса. Методи

визначення мікробного забруднення», ДСТУ 4671:2006. «Продукти з яловичини, баранини варені, копчено-варені, сирокочені».

2.3.7. Методика сенсорного оцінювання органолептичних показників

Досліджувані зразки оцінювали за допомогою панельного тесту.

2.3.8. Методика обробки результатів експериментальних досліджень

При проведенні експериментальних досліджень була забезпечена не менш як 3-кратка повторність дослідів та кінцевий результат представляли з урахуванням числа дослідів n у вигляді середнього арифметичного з квадратичним (стандартним) відхиленням S (середньою квадратичною похибкою).

$$X = \sum x_i/n \quad (2.3)$$

де x_i – значення окремого показника;

Середнє значення похибки:

$$S_m = S\sqrt{n} \quad (2.4)$$

Таким чином, результати дослідів записували у вигляді:

$$X \pm S \text{ або } X \pm S_m. \quad (2.5)$$

Статистичну обробку результатів досліджень виконували у програмі STATISTICA 10.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Визначення раціональних параметрів екстрагування цільових речовин з досліджуваної рослинної сировини

Аналіз апріорної інформації про параметри процесу субкритичного екстрагування біологічно активних речовин з розмарину та імбирю дозволив визначити діапазон варіювання параметрів процесу екстрагування: температура – від 125 до 175 °С; тривалість процесу – від 15 до 30 хв.; розмір фракції – $0,5 \pm 0,1$ мм; тиск – 4-8 МПа; гідромодуль (співвідношення маси сировини до маси розчинника) – від 1: 15 до 1: 25.

Серед вищезазначених параметрів найбільший вплив має температура процесу екстрагування, тривалість процесу та розмір використаної фракції сировини.

При субкритичному екстрагуванні високий тиск підтримує рідину у рідкому стані та забезпечує руйнування матриці сировини, що пришвидшує проникання екстрагенту у її структуру та вилучення з неї цільових речовин. Згідно фазової діаграми стану води, для того, щоб вона залишалася у рідкому стані при температурі до 200 °С потрібно прикласти тиск 4 МПа. Але, як показали експериментальні дослідження, подальше підвищення тиску до 6 МПа сприяє підвищенню виходу цільових речовин (у даному випадку – сухих речовин), що може бути результатом саме руйнування структури матриці сировини та прискорення вилучення цільової речовини. Подальше підвищення тиску вже не впливає на темпи руйнування структури матриці і подальше підвищення тиску не впливає на ефективність процесу (Рис. 3.1).

Залежності виходу сухих речовин при екстрагуванні розмарину та імбирю від температури субкритичної води та тривалості екстрагування наведені на рис. 3.2 та 3.3.

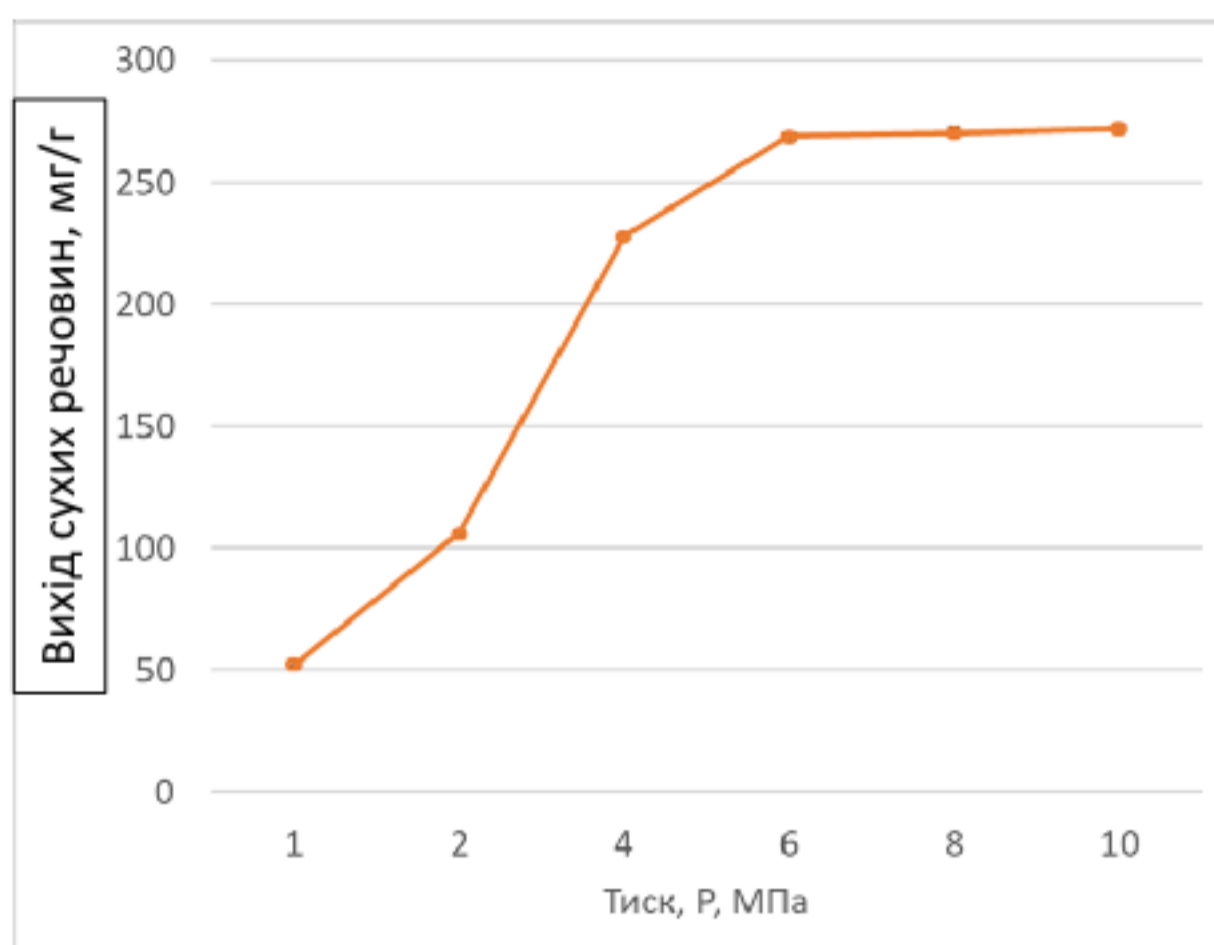


Рис. 3.1. Залежність виходу сухих речовин від тиску при температурі субкритичної води 150 °С, гідромодулі 1: 20; та розміру фракції сировини 0,5 мм

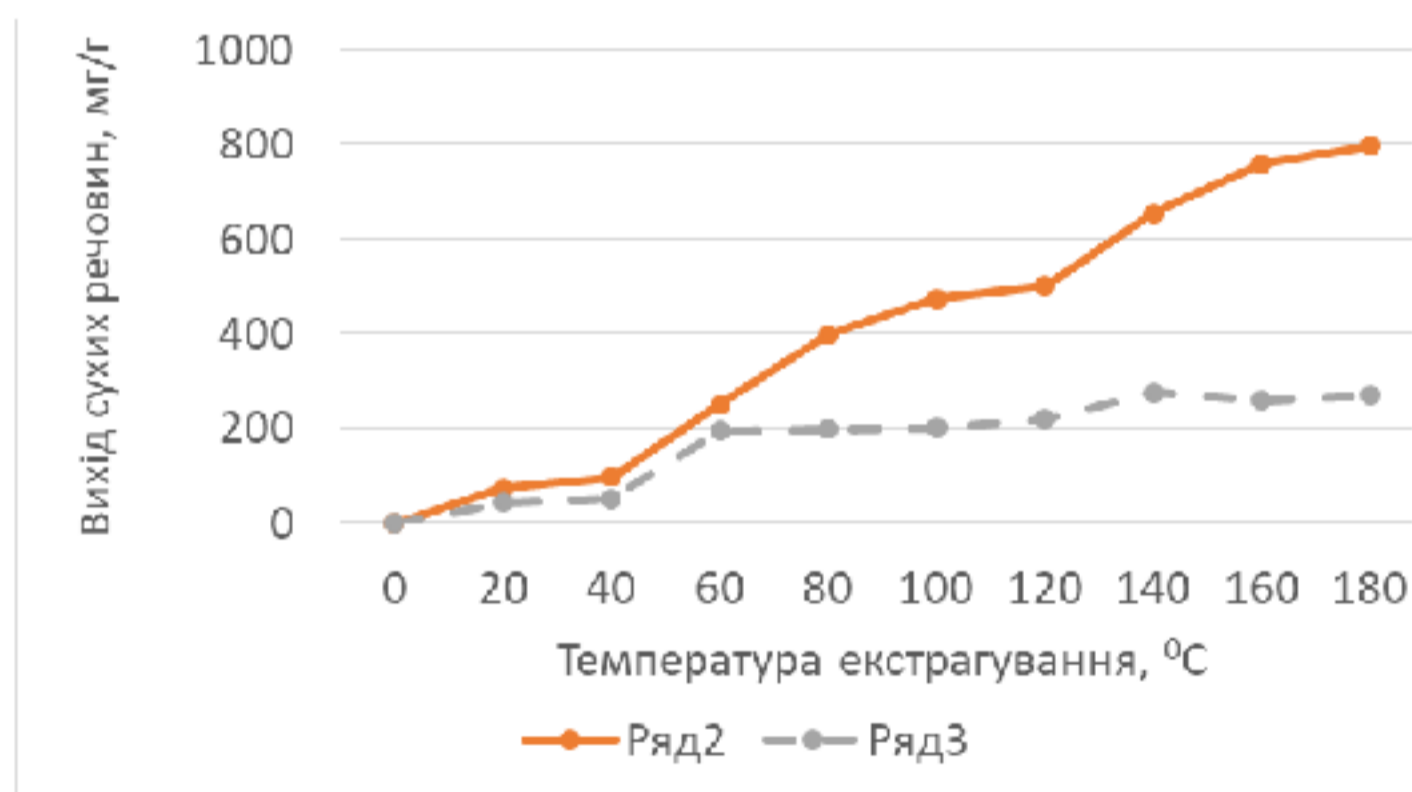
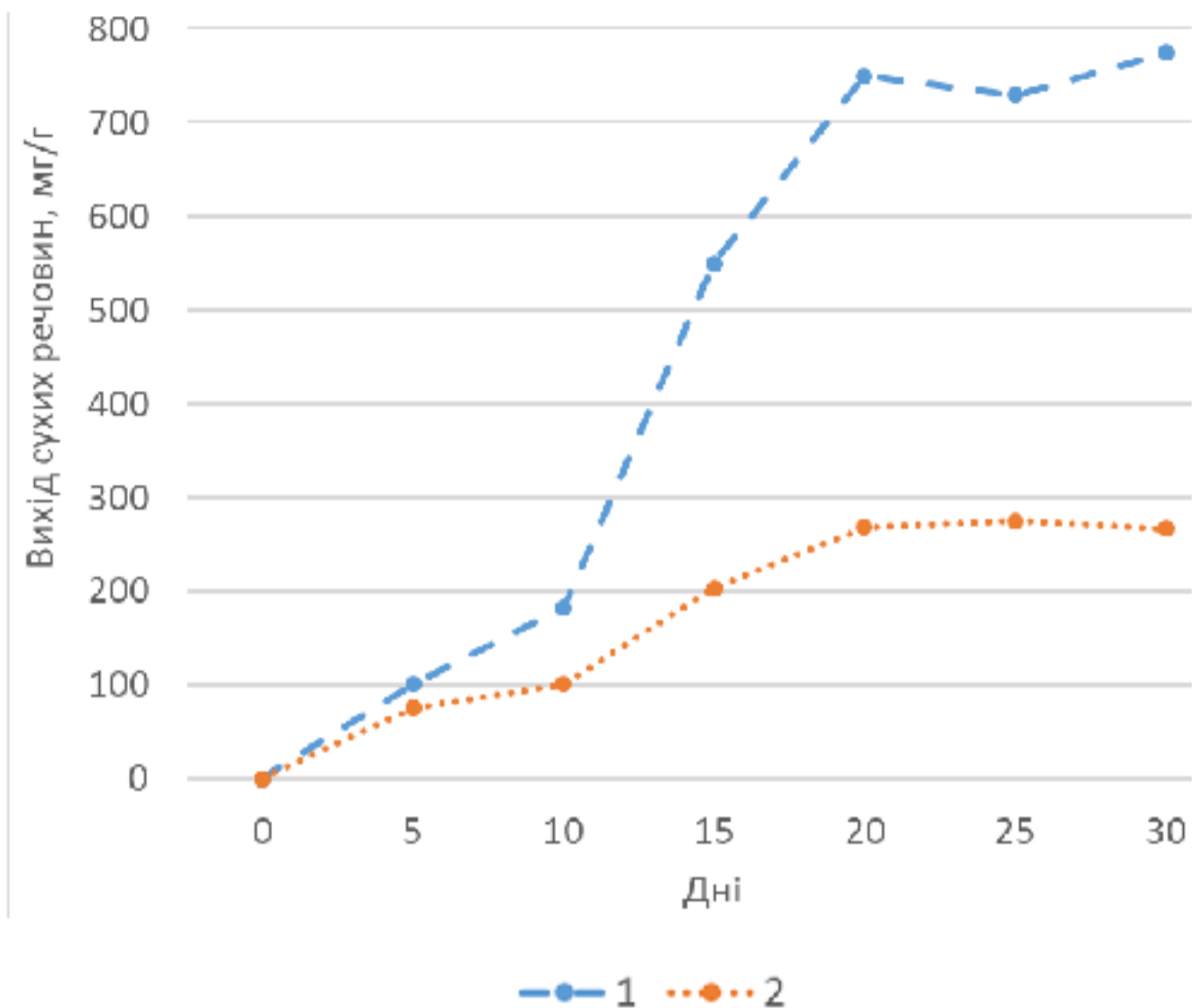


Рис. 3.2. Залежності виходу сухих речовин при екстрагуванні розмарину та імбирю від температури субкритичної води при тиску 6 МПа, гідромодулі 1: 20; та розміру фракції сировини 0,5 мм
2 – з імбиря; 3 – з розмарину



*Рис. 3.3. Залежності виходу сухих речовин при естрагуванні розмарину та імбирю від тривалості естрагування при тиску 6 МПа, гідромодулі 1: 20; - та розміру фракції сировини 0,5 мм
1 – з імбиря; 2 – з розмарину*

Аналіз та узагальнення результатів експериментальних досліджень дозволили обрати раціональні значення параметрів процесу естрагування розмарину та імбирю: температура – 160 ± 2 °С; тривалість процесу – 20 хв.; - розмір фракції – $0,5 \pm 0,1$ мм; тиск – 6 МПа; гідромодуль від 1: 20.

Для подальших досліджень були естраговані зразки екстрактів саме при таких параметрах та за допомогою вискоєфективної рідинної хроматографії було ідентифіковано вміст отриманих екстрактів (табл. 3.1 та 3.2).

Біологічно активні речовини з екстракту розмарину та імбіру були аналізовані методом вискоєфективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) за методом, описаним у роботі [Торсеном і Гільдебрандт (2003)].

Окрім ідентифікованих сполук були вилучені інші, неідентифіковані сполуки, про що свідчить порівняння максимального виходу сухих речовин (Рис. 3.2 та 3.3) з питомою кількістю вилучених ідентифікованих сполук (табл. 3.1. та 3.2).

Таблиця 3.1

Вміст активних сполук в екстракті розмарину

активні сполуки в екстракті розмарину	Концентрація, мг/100 мг екстракта розмарину
Карнозол	38,90
Карнозова кислота	27,17
Розманол	18,25
Кірсімарітин	92,32
Генкванін	64,93

Таблиця 3.2

Вміст активних сполук в екстракті імбиря

активні сполуки в екстракті імбиря	Концентрація, мг/100 мг екстракта імбиря
Гінгерол	38,03
Зінгиберен	182,84
β -бісаболен	80,06
α -фарнезе	127,13
β -сесквіфелландрен	162,40
α -куркумен	147,12

Отримані екстракти зберігали у холодильнику та були використані при виготовленні дослідних зразків котлет з баранини згідно з методикою, викладеною у п. 2.3.3.

3.2. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на значення тіобарбітурової кислоти

Значення тіобарбітурової кислоти (ТБК) у контрольних зразків котлет почало значно зростати з 1,75 (день 1) та досягнення 3,84 мг ТБК/кг м'яса в кінці періоду зберігання. В той же час, максимальні значення для котлет з баранини, оброблених екстрактами GE або GE + SL, становили 1,32 та 1,19 мг ТБК/кг на кінець періоду зберігання. Таким чином, очевидно, що додавання екстрактів значно уповільнює окисне прогіркнення порівняно з контролем на 65,6 та 69% для GE та GE + SL, відповідно (табл. 3.3).

Отримані результати були порівняно з результатами аналогічних досліджень. Так, автори [104] повідомили, що екстракт імбиру як антиоксидант був ефективним проти утворення ТБК при введенні в м'ясо під час зберігання в замороженому. Більше того, поліфенольні екстракти є прекрасними донорами електронів і протонів, а їх проміжні радикали є досить стабільними як через явища електронної делокалізації, так і через відсутність позиції, що атакується O_2 [105]. Також отримані зразки котлет з RE та RE + SL при гальмуванні окисного процесу на 58,8% наприкінці періоду зберігання порівняно з необробленими (контрольними) зразками (табл. 3.1). Цей результат узгоджується з дослідженнями ковбаси для свиней [106] та попередньо обсмаженого ростбіфу [107]. У роботі [108] дійшли висновку, що екстракти розмарину містять фенольні первинні речовини антиоксиданти, які реагують з ліпідними або гідроксильними радикалами та перетворюють їх у стабільні продукти. Також дослідники [109] продемонстрували, що екстракти розмарину можуть хелатувати іони металів, такі як *Fe*, що призводить до зниження швидкості утворення активованого кисню. У цьому дослідженні, оскільки природні екстракти, що використовуються для приготування баранини з ягняти, містять фенольні сполуки, ці речовини можуть спричинити гальмування ланцюгових реакцій під час окислення ліпідів. Більше того, оскільки значення ТВА розглядаються як показники прогоркання в жирних

продуктах, у [110] вказано на те, що концентрації ТБК від 1,0 до 2,0 мг/кг може бути прийнята як порогові значення прогорклості.

Таблиця 3.3

Вплив додавання екстрактів розмарину або імбиру з лактатом натрію або без нього до котлет з баранини на значення ТБК (мг (ТБК)/кг м'яса), що зберігалися при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 150 днів

Дні	1	60	90	120	150
Речовина, що додана	Екстракт розмарину				
C	1.75± 0.07	2.33±0.004	3.00±0.07	3.10±0.02	3.84± 0.004
RE	0.64±0.00	0.86±0.03	1.06±0.01	1.37±0.05	1.58±0.01
RE+SL	0.57±0.04	0.71±0.006	0.95±0.005	1.37±0.05	1.59±0.01
	Екстракт імбиру				
C	1.75±0.07	2.33±0.004	3.00±0.07	3.10±0.02	3.84±0.004
GE	0.53±0.01	0.60±0.01	0.65±0.01	1.01±0.001h	1.32±0.01
GE + SL	0.55±0.02	0.60±0.00	0.62±0.01	1.00±0.001	1.19±0.01

C = контроль, RE = екстракт розмарину, SL = лактат натрію, GE = екстракт імбиру.

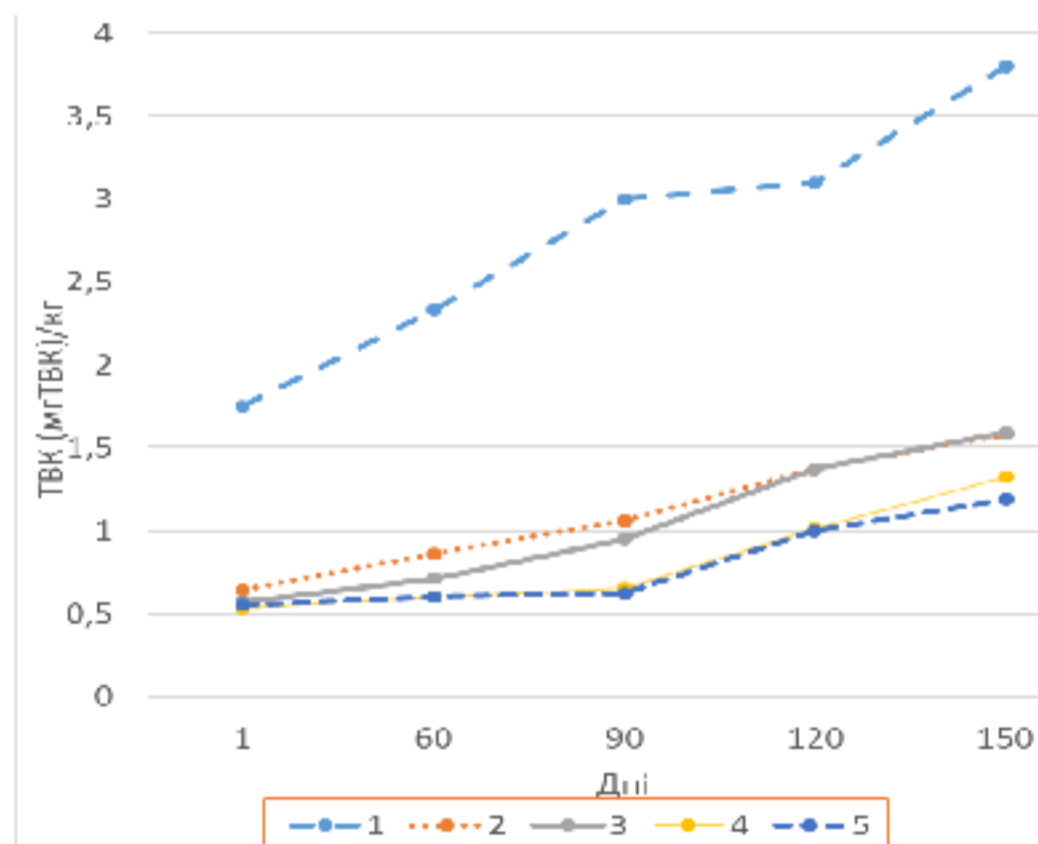


Рис. 3.4. Вміст тіобарбітурової кислоти при додаванні екстрактів розмарину або імбиру з лактатом натрію або без нього до котлет з баранини при їх зберіганні при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1- контроль (C); 2 - екстракт розмарину (RE), 3 - екстракт розмарину + лактат натрію (RE+SL); 4 - екстракт імбиру (GE); 5 - екстракт імбиру + лактат натрію (SL = (GE + SL))

3.3. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на значення вмісту вільних жирних кислот (ВЖК)

Початкові значення вмісту ВЖК коливались від 1,03 до 1,07 для всіх оброблених та контрольних зразків. Зареєстровано значне зростання зі збільшенням періоду зберігання, яке досягло максимальних значень 2,27; 2,17, 2,24; 2,24 та 2,27 для контрольних, RE, RE + SL GE та GE + SL, відповідно, наприкінці періоду зберігання. Збільшення ВЖК (ліполіз) є результатом ферментативних гідролізів етерифікованих ліпідів [111]. Це збільшення ВЖК із збільшенням терміну зберігання узгоджується з показниками, про які повідомляли інші дослідники [112, 113]. Однак результати показали, що додавання RE або GE з або без SL не робило значного впливу на ВЖК протягом усього періоду зберігання. З іншого боку, у роботі [112] помітили значні відмінності у ВЖК між контрольною групою та групами, обробленими розмарином, у гамбургерах із скумбрії. Крім того, автори [113] зазначили, що додавання імбирного порошку до яловичого бургера призвело до зменшення значення ВЖК наприкінці 120 днів зберігання порівняно з контрольним необробленим зразком. Ця розбіжність у результатах може бути пов'язана з різницею у типі м'яса, рівні та способі додавання антиоксиданту.

3.4. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на значення міоглобіну (Мб)

У поточній роботі кольорові значення помітно зменшувались протягом періоду зберігання (табл. 3.4). Подібним чином, у [56] показано зменшення кольору протягом замороженого часу зберігання, незалежно від використовуваної обробки. Більше того, додавання екстракту RE або GE до ягнячих пиріжків стабілізує колір відповідно до 90 та 60 днів зберігання. Втрата почервоніння відбулася через окислення міоглобіну до метаміоглобіну, і розмарин затримує цей процес, щоб довше підтримувати почервоніння м'яса. Також було помічено зменшення утворення метаміоглобіну та інтенсивний червоний колір отримані в стейках зі свіжої яловичини, поверхню яких

обприскували розмарином під час охолодження [114]. Більше того, результати показали покращення кольору м'яса, коли SL додавали до зразків, оброблених розмарином або імбиром. Було помічено додавання SL для стабілізації кольору та збільшення тривалості збереження кольору м'яса під час зберігання. Така стабілізація кольору м'яса при зберіганні, швидше за все, пов'язана з більш високим рН, який забезпечує певний захист від окислення під час зберігання м'яса. Варто зазначити, що значення рН в нашій роботі значно зросли зі збільшенням терміну зберігання від їх початкових значень (5,56) до максимуму (5,77) в кінці терміну зберігання в оброблених зразках [115].

Таблиця 3.4

Вплив додавання екстрактів розмарину або імбиру з лактатом натрію або без нього до котлет з баранини на значення міоглобіну (Мб) (мг/г м'яса), що зберігаються при -18 °С

Дні	1	60	90	120	150
Речовина, що додана	Екстракт розмарину				
C	3.93±0.001	2.54± 0.02	2.30±0.11	1.27±0.001	1.03±0.01
RE	4.52±0.001	3.19± 0.01	2.56±0.06	1.37±0.02	1.05±0.02
RE+SL	4.68± 0.05	3.20± 0.007	2.67±0.06	1.69±0.00	1.37±0.05
	Екстракт імбиру				
C	3.93±0.001	2.54± 0.02	2.30±0.11	1.27±0.001	1.03±0.01
GE	4.24± 0.07	2.29± 0.02	1.79±0.06	1.06±0.02	1.04±0.001
GE + SL	4.05±0.001	3.21± 0.05	2.39±0.01	1.36±0.01	1.16±0.001

C = контроль, RE = екстракт розмарину, SL = лактат натрію, GE = екстракт імбиру.

3.5. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на значення загального леткого азоту (ЗЛН)

Результат вказує на те, що із збільшенням періоду зберігання значення ЗЛН значно зросли (табл. 3.5) для всіх зразків м'яса з різними показниками в залежності від характеру обробки, і зокрема в контролі, що досягає найвищого значення 20,72 мг Н/100г м'яса. Це може бути пов'язано з розщепленням білків в результаті активності мікробних та протеолітичних ферментів [116].

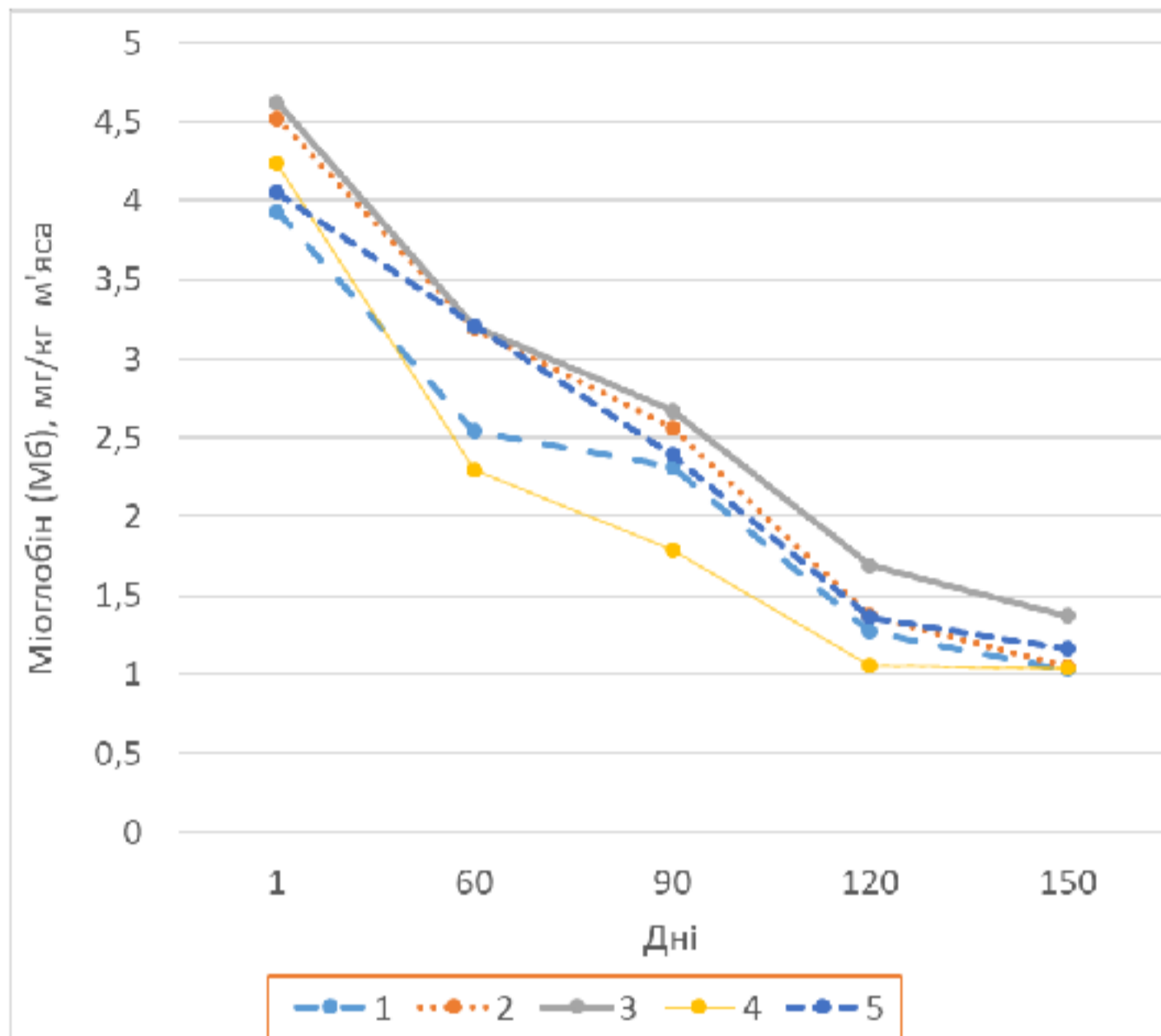


Рис. 3.5. Вміст міоглобіну при додаванні екстрактів розмарину або імбиру з лактатом натрію або без нього до котлет з баранини при їх зберіганні при -18°C .

1- контроль (C); 2 - екстракт розмарину (RE), 3 - екстракт розмарину + лактат натрію (RE+SL); 4 - екстракт імбиру (GE); 5 - екстракт імбиру + лактат натрію (GE + SL)

Цей результат відповідає висновкам інших робітників [117]. Здається, що додавання розмарину або імбиру з лактатом натрію або без нього призвело до суттєво нижчих значень ЗЛН порівняно з контролем. Так само і у роботі [113] повідомили, що додавання імбиру до яловичого гамбургера покращує значення ЗЛН. Також було встановлено, що розмарин, доданий до фаршу, мав триваліший термін зберігання порівняно з контролем.

Таблиця 3.5

Вплив додавання екстрактів розмарину або імбиру з лактатом натрію або без них до котлет з баранини на значення загального леткого азоту (ЗЛН) (мг N/100 г м'яса), що зберігається при -18 °С

Дні	1	60	90	120	150
Речовина, що додана	Екстракт розмарину				
C	16.96±0.001ef	17.05±0.09c	17.82±0.05	19.35±0.06	20.72±0.07
RE	16.44±0.17	16.83±0.05f	17.11±0.09e	19.27±0.01	19.48±0.04b
RE+SL	16.27±0.08	16.49±0.03	16.53±0.02g	19.24±0.001	19.46±0.01b
	Екстракт імбиру				
C	16.96±0.001	17.05±0.09e	17.82±0.05	19.35±0.06c	20.72±0.07a
GE	16.37±0.06	16.56±0.03f	17.14±0.17	19.24±0.001c	19.58±0.00
GE + SL	16.35±0.02	16.56±0.05	16.69±0.01	19.41±0.06	

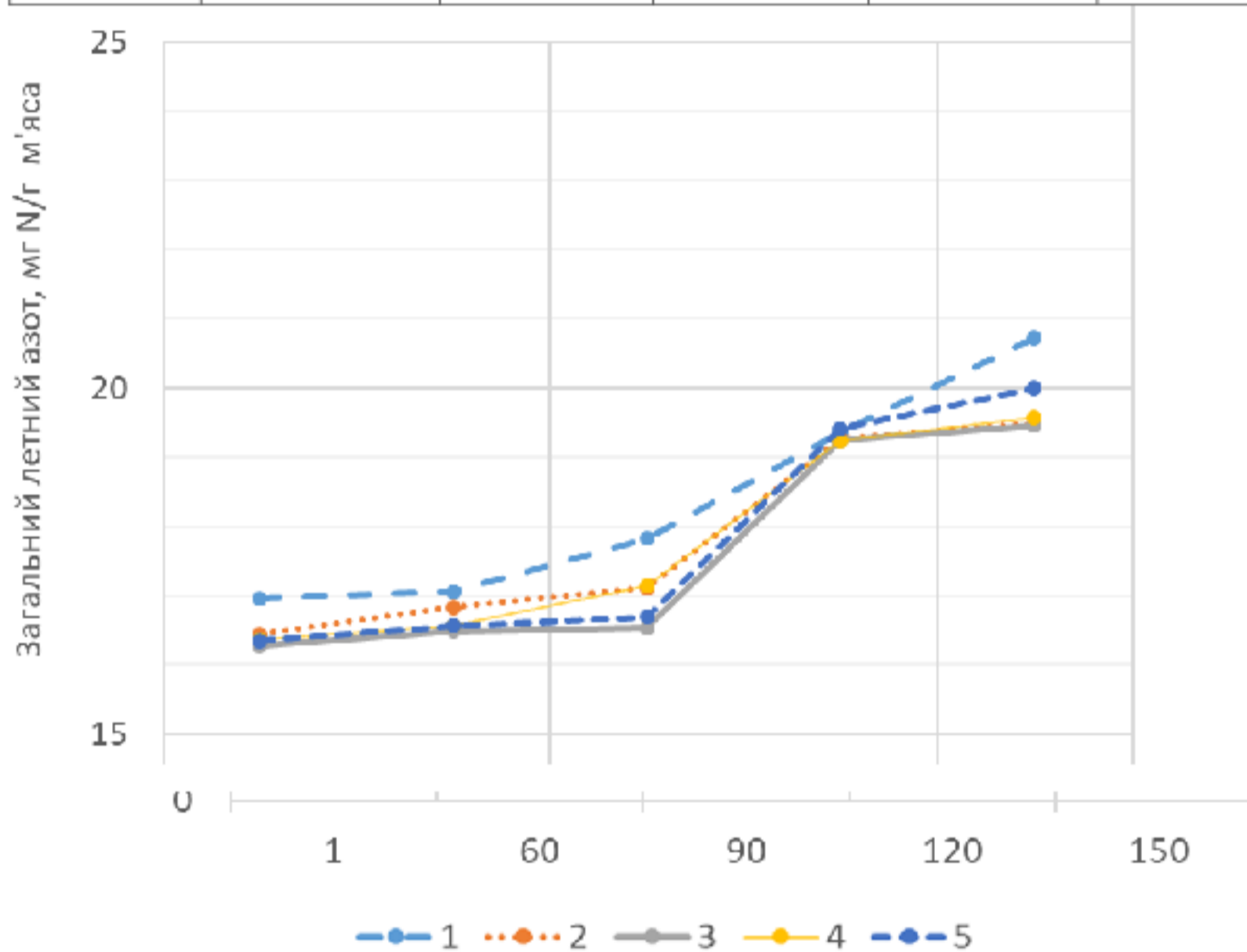


Рис. 3.6. Вміст загального леткого азоту (мг N/100 г м'яса) при додаванні екстрактів розмарину або імбиру з лактатом натрію або без них до котлет з баранини, при їх зберіганні при -18 °С

1- контроль (C); 2 - екстракт розмарину (RE), 3 - екстракт розмарину + лактат натрію (RE+SL); 4 - екстракт імбиру (GE); 5 - екстракт імбиру + лактат натрію (GE + SL)

3.6. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на мікробіологічні показники

Аналіз результатів мікробіологічних досліджень показав (табл. 3.6, 3.7), що у необробленій пробі спостерігалось значне стійке зростання із збільшенням терміну зберігання до 150 днів від їх початкових значень у КУО (39 проти 78×10^5), БГКП (88 проти $141,66 \times 10^2$), психрофільні бактерії ($14,76$ проти $70,00 \times 10^5$), протеолітичні ($29,00$ проти $62,00 \times 10^5$) та ліполітичні бактерії ($27,70$ проти $52,00 \times 10^5$) (таблиці 3.6 та 3.7). Крім того, результати вказують, що додавання розмарину, імбиру та їх поєднання з лактатом натрію призвело до помітного значущості зниження за всіма кількістю досліджуваних бактерій. Найбільше зниження було зафіксовано в оброблених зразках м'яса з імбиром та лактатом натрію, що становило $87,00\%$ у КУО та БГКП, 91% у психрофільних та $86,2\%$ у протеолітичних бактерій та $84,6\%$ ліполітичних бактерій порівняно з контрольною необробленою групою. Однак, хоча спосіб дії натрію лактату для пригнічення росту мікробів залишається незрозумілим, було запропоновано два можливі механізми. По-перше, лактат натрію є слабкою ліпофільною кислотою, і він може пройти крізь клітинну мембрану у своїй недисоційованій формі та дисоціювати всередині клітини до підкислюють внутрішню клітину. По-друге, лактат натрію може мати здатність знижувати активність води середовища, роблячи його менш придатним для росту бактерій [118]. Подібним чином, автори [119] відзначають, що лактат натрію має протимікробну дію на різні м'ясні продукти. Крім того, інгібуючу дію розмарину чи імбиру проти мікробної інфекції задокументовано багатьма іншими авторами.

Графічні залежності впливу додавання екстрактів розмарину або імбиру та лактату натрію на динаміку загальної кількості КУО/см³ котлет з баранини при їх тривалому зберіганні у замороженому стані наведено на рис. 3.7; на динаміку показника БГКП у $0,1$ г котлет – на рис. 3.8; на динаміку показника психрофільні бактерії котлет – на рис. 3.10; динаміку показника ліполітичні бактерії котлет – на рис. 3.11.

Таблиця 3.6

Вплив екстрактів розмарину та лактату натрію на зміну загальної кількості КУО, БГКП, психрофільних, протеолітичних та ліполітичних бактерій у котлетах з баранини, що зберігалися при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Дні	1	60	90	120	150
Обробка	КУО/см ³ , $\times 10^5$				
C	39,00 \pm 0,57	45.00 \pm 0.57	55.00 \pm 0.57	67.00 \pm 2.30	78.00 \pm 1.73
RE	11.50 \pm 0.28	12.80 \pm 0.11	14.20 \pm 0.20	17.60 \pm 0.17	20.30 \pm 0.17
RE + SL	6.40 \pm 0.05	7.83 \pm 0.37	8.90 \pm 0.05	11.50 \pm 0.20	12.40 \pm 0.11
	БГКП у 0,1 г, $\times 10^2$				
C	88.00 \pm 1.15	96.66 \pm 0.88	115.33 \pm 1.76	125.0 \pm 0.5	141.66 \pm 1.45
RE	16.56 \pm 0.23	19.5 \pm 0.25	26.53 \pm 0.14	28.73 \pm 0.40f	30.50 \pm 0.28
RE + SL	12.86 \pm 0.13	14.63 \pm 0.20	16.66 \pm 0.17	19.33 \pm 0.44	20.40 \pm 0.23
	Психрофільні бактерії/см ³ $\times 10^5$				
C	14.76 \pm 0.14	25.00 \pm 1.73	44.00 \pm 2.30	62.00 \pm 0.57	70.0 \pm 0.57
RE	6.20 \pm 0.11	7.20 \pm 0.00	8.60 \pm 0.11	11.10 \pm 0.20	14.10 \pm 0.20
RE + SL	4.10 \pm 0.15	4.90 \pm 0.05	6.90 \pm 0.11	7.80 \pm 0.11	8.20 \pm 0.05
	Протеолітичні батерії/см ³ $\times 10^5$				
C	29.0 \pm 0.57	32.00 \pm 0.57	41.0 \pm 0.57	44.33 \pm 0.88	62.0 \pm 1.15
RE	9.20 \pm 0.11	11.10 \pm 0.11	12.70 \pm 0.05	14.20 \pm 0.15	16.30 \pm 0.15
RE + SL	4.00 \pm 0.05	4.20 \pm 0.17	5.00 \pm 0.11	6.20 \pm 0.11	8.20 \pm 0.11
	Ліполітичні бактерії/см ³ $\times 10^5$				
C	27.70 \pm 0.17	34.00 \pm 1.15	38.0 \pm 1.15	41.0 \pm 1.15	52.0 \pm 1.15
RE	10.33 \pm 0.33	11.80 \pm 0.11	12.20 \pm 0.10	12.80 \pm 0.20	14.30 \pm 0.05
RE + SL	4.96 \pm 0.08	5.30 \pm 0.11	6.20 \pm 0.11	6.50 \pm 0.05	8.30 \pm 0.15

Таблиця 3.7

Вплив екстрактів імбиру та лактату натрію на зміну загальної кількості КУО, БГКП, психрофільних, протеолітичних та ліполітичних бактерій у котлетах з баранини, що зберігалися при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Дні	1	60	90	120	150
Обробка	КУО/см ³ , $\times 10^5$				
C	39,00 \pm 0,57	45.00 \pm 0.57	55.00 \pm 0.57	67.00 \pm 2.30	78.00 \pm 1.73
GE	10.33 \pm 0.44	14.00 \pm 0.28	15.30 \pm 0.50	17.60 \pm 0.17	20.30 \pm 0.17
GE + SL	4.73 \pm 0.14	5.70 \pm 0.05	6.50 \pm 0.20	8.40 \pm 0.15	10.10 \pm 0.10
	БГКП у 0,1 г, $\times 10^2$				
C	88.00 \pm 1.15	96.66 \pm 0.88	115.33 \pm 1.76	125.0 \pm 0.5	141.66 \pm 1.45
GE	16.66 \pm 0.20	19.50 \pm 0.32	26.86 \pm 0.14	28.03 \pm 0.43	30.13 \pm 0.35
GE + SL	11.83 \pm 0.08	12.56 \pm 0.28	14.43 \pm 0.20	16.60 \pm 0.20	18.53 \pm 0.20
	Психрофільні бактерії/см ³ $\times 10^5$				
C	14.76 \pm 0.14	25.0 \pm 1.73	44.0 \pm 2.3	62.00 \pm 0.57	70.0 \pm 0.57
GE	6.10 \pm 0.05	6.70 \pm 0.17	7.80 \pm 0.46	10.40 \pm 0.23	13.40 \pm 0.23
GE + SL	3.00 \pm 0.17	3.60 \pm 0.23	5.60 \pm 0.23	6.20 \pm 0.10	6.30 \pm 0.05

Продовження табл 3.7

	Протеолітичні бактерії/см ³ ×10 ⁵				
C	29.0 ± 0.57	32.0± 0.57	41.0±0.57	44.33±0.88	62.0±1.15
GE	8.2 ± 0.11	11.1± 0.4	12.8± 0.11	14.4± 0.23	17.6± 0.34
GE + SL	4.2± 0.11	4.60±0.11	6.2± 0.11	7.20±0.23	8.50± 0.001
	Ліполітичні бактерії/см ³ ×10 ⁵				
C	27.70± 0.17	34.0±1.15	38.0± 1.15	41.0± 1.15	52.0± 1.15
GE	9.20± 0.98	9.20± 0.23	11.0±0.50	12.1± 0.11	12.80± 0.15
GE + SL	3.30± 0.17	4.50± 0.11	5.20± 0.11	5.60± 0.001	8.0± 0.11

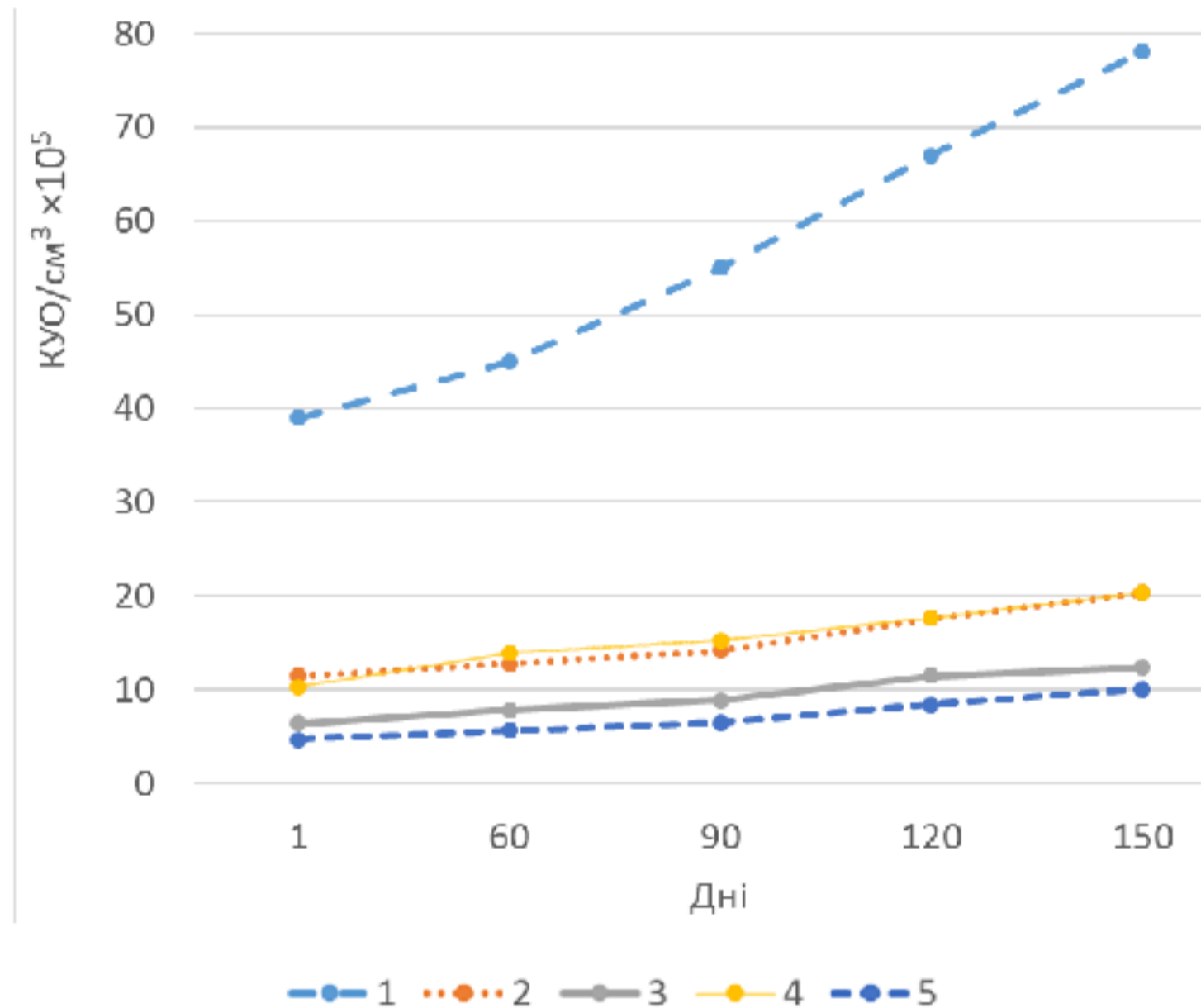


Рис. 3.7. Вплив додавання екстрактів розмарину або імбиру та лактату натрію на динаміку загальної кількості КУО/см³ котлет з баранини, що зберігаються при -18 °С

1- контроль (C); 2 - екстракт розмарину (RE), 3 - екстракт розмарину + лактат натрію (RE+SL); 4 - екстракт імбиру (GE); 5 - екстракт імбиру + лактат натрію (GE + SL)

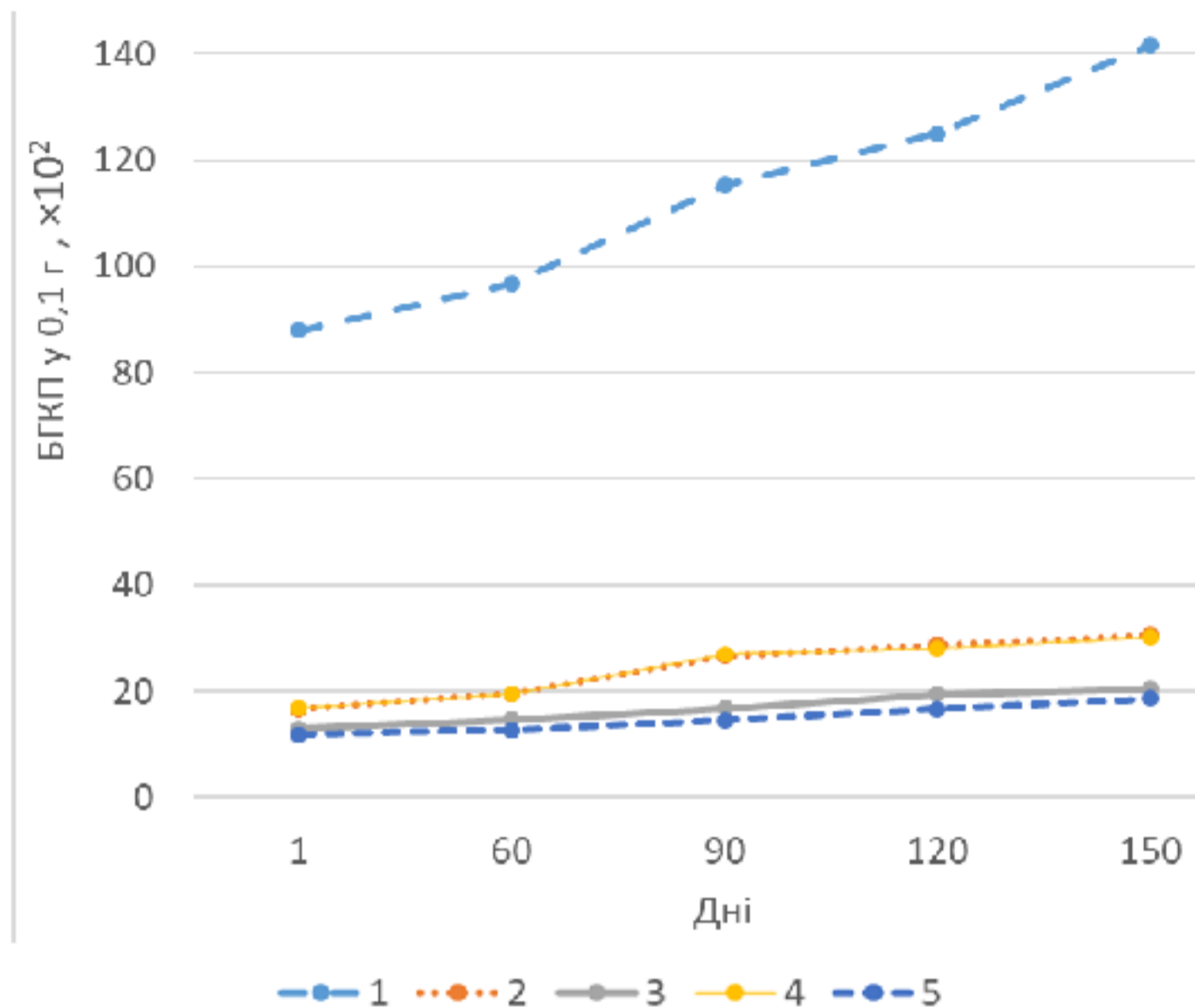


Рис. 3.8. Вплив додавання екстрактів розмарину або імбиру та лактату натрію на динаміку показника БГКП у 0,1 г котлет з баранини, що зберігаються при -18°C

1- контроль (С); 2 - екстракт розмарину (RE), 3 - екстракт розмарину + лактат натрію (RE+SL); 4 - екстракт імбиру (GE); 5 - екстракт імбиру + лактат натрію (GE + SL)

3.7. Дослідження впливу додавання екстрактів до котлет з баранини на сенсорні властивості

Дані сенсорної оцінки ягнячих котлет, що зберігаються протягом 150 днів при -18°C , наведені в таблицях 3.8 і 3.9. Загальне враження, колір і смак продуктів були найвищими в оброблених зразках порівняно з контрольною обробкою в кінці періоду зберігання. Подібним чином у роботі [120] повідомляють про значне поліпшення смаку, ніжності та загальної смакової якості зразків, оброблених GE, порівняно з контролем. Таке збільшення смаку зразків, оброблених GE, можна віднести до виробництва ароматизаторів

реакція, яка виникає під час варіння. Більше того, у [121] зазначили, що органолептичні властивості видобутої яловичини, обробленої розмарином, були прийнятними учасниками дискусії порівняно з необробленими зразками.

Додавання екстрактів GE та RE з або без SL також покращило показники соковитості та ніжності зразків котлет (табл. 3.8 та 3.9). Поліпшення соковитості в оброблених зразках може бути обумовлено збільшення вмісту води за рахунок покращення вологоутримуючої здатності та властивості утримання вологи доданого екстракту.

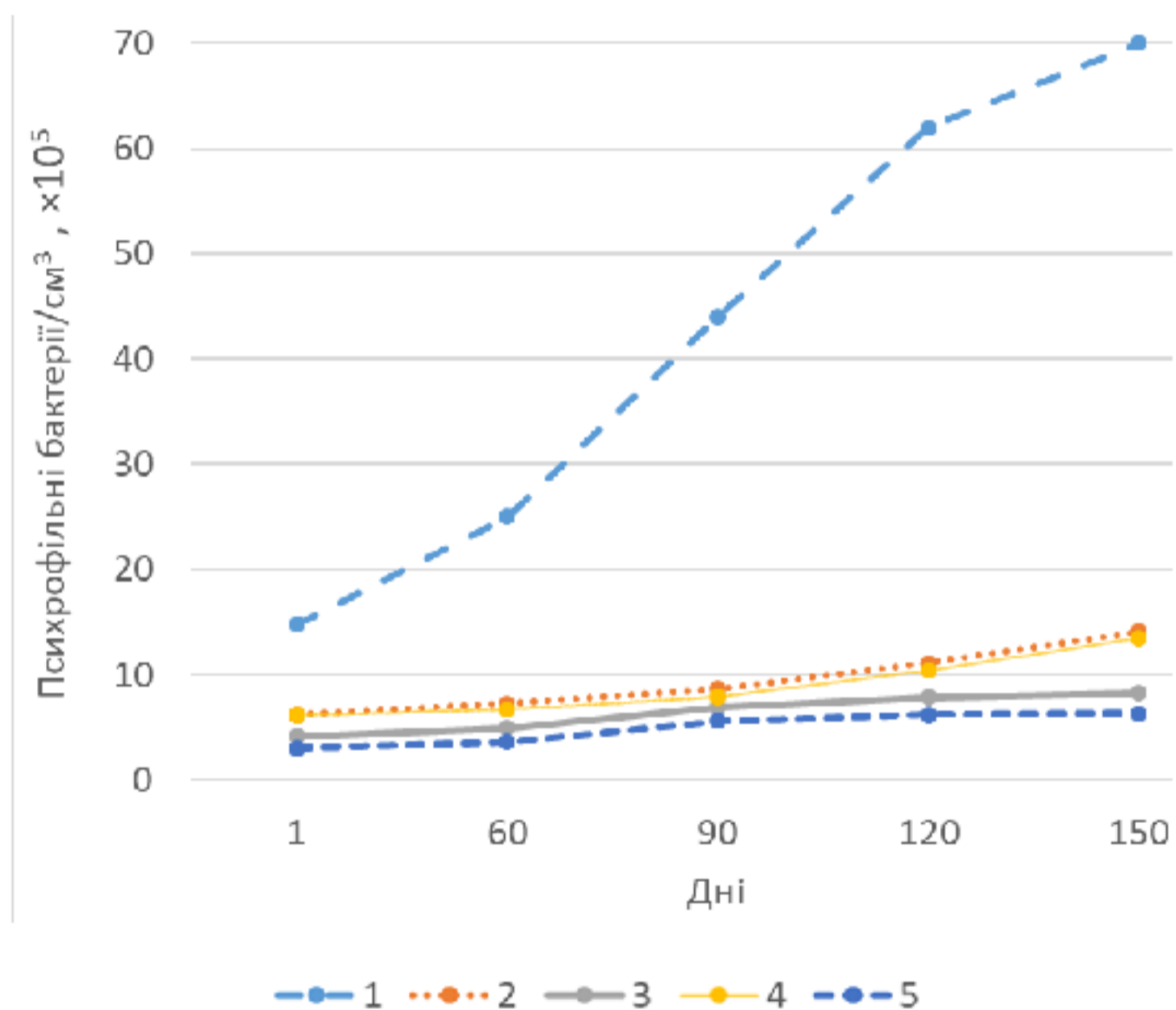


Рис. 3.9. Вплив додавання екстрактів розмарину або імбиру та лактату натрію на динаміку показника психрофільні бактерії котлет з баранини, що зберігаються при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

1- контроль (C); 2 - екстракт розмарину (RE), 3 - екстракт розмарину + лактат натрію (RE+SL); 4 - екстракт імбиру (GE); 5 - екстракт імбиру + лактат натрію (GE + SL)

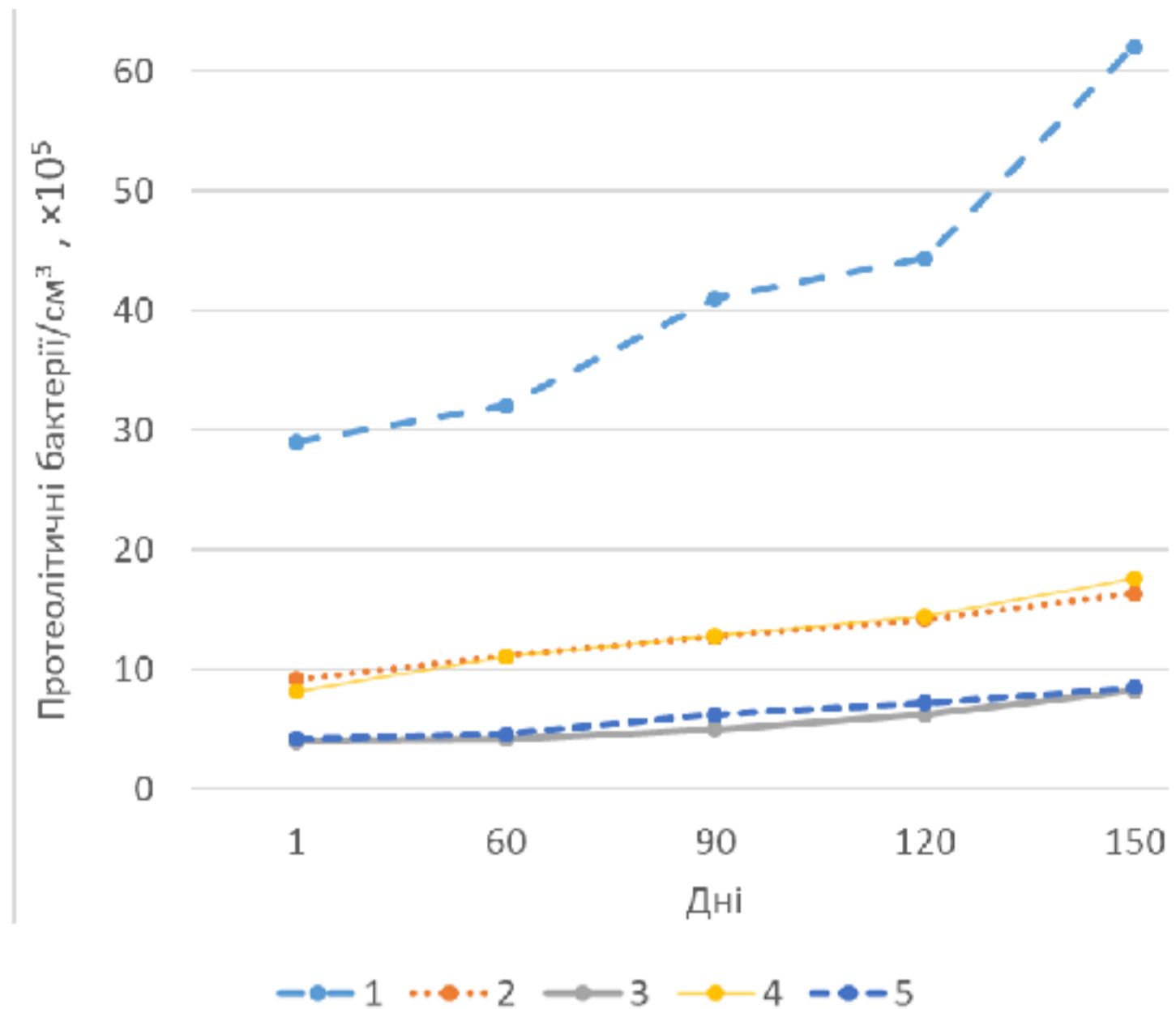


Рис. 3.10. Вплив додавання екстрактів розмарину або імбиру та лактату натрію на динаміку показника протеолітичні бактерії котлет з баранини, що зберігаються при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

1- контроль (С); 2 - екстракт розмарину (RE), 3 - екстракт розмарину + лактат натрію (RE+SL); 4 - екстракт імбиру (GE); 5 - екстракт імбиру + лактат натрію (GE + SL)

Також про покращення соковитості зразків м'яса, оброблених GE або SE, повідомляли інші дослідники [120, 121]. У цьому дослідженні результати показали, що додавання SL як до GE, так і до RE покращує всі вивчені сенсорні показники (табл. 3.8 та 3.9). Крім того, було показано, що зразки, оброблені SL на 2%, перевершували показники якості. Більше того, у роботі [122] заявили, що соковитість м'яса, що містить лактат натрію звичайна, а м'ясо цільного м'яса, що містить SL, було більш ніжним. Додавання лактату натрію

асоціюється із збільшенням рН, що призводить до збільшення здатності утримувати воду (вологоутримуюча здатність) і менших втрат поживних властивостей, а отримане м'ясо буде більш ніжним. Було показано, що лактат натрію покращує смак приготовленої свинини та обмежує подальший спад ароматичних речовини під час зберігання в холодильнику та зменшує розвиток негативного присмаку, пов'язаного з окисленням ліпідів [122].

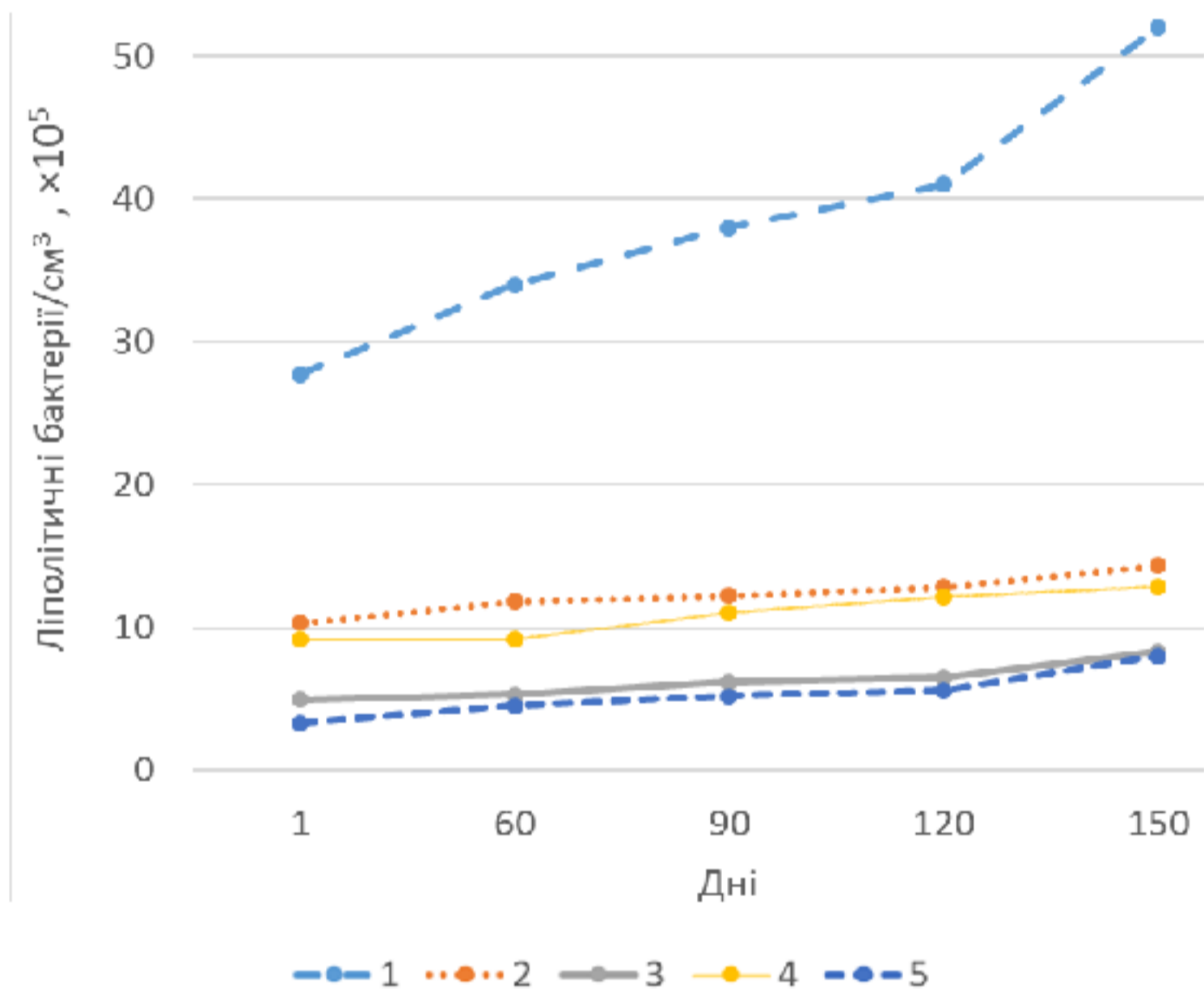


Рис. 3.11. Вплив додавання екстрактів розмарину або імбиру та лактату натрію на динаміку показника ліполітичні бактерії котлет з баранини, що зберігаються при -18°C

1- контроль (C); 2 - екстракт розмарину (RE), 3 - екстракт розмарину + лактат натрію (RE+SL); 4 - екстракт імбиру (GE); 5 - екстракт імбиру + лактат натрію (GE + SL)

Таблиця 3.8

Вплив додавання екстрактів розмарину та лактату натрію на зміну сенсорних властивостей котлет з баранини під час зберігання при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Дні	1	60	90	120	150
Обробка	Колір				
C	3.25±0.25	2.75±0.25	2.50±0.28	2.50±0.28	1.75±0.25
RE	4.25±0.25	3.50±0.28	3.25±0.25	3.00±0.001	2.00±0.001
RE + SL	5.00±0.00	3.75±0.25	3.50±0.28	3.25±0.25	3.0±0.001
	Запах				
C	3.25±0.25	2.75±0.47	2.50 ±0.28	2.50±0.28	1.75±0.25
RE	4.50±0.28	4.0±0.001	3.75 ±0.25	3.50±0.28	3.25 ±0.25
RE + SL	4.75±0.25	4.25± 0.25	4.0 ± 0.001	3.75±0.25	3.50±0.28
	Ніжність				
C	3.25±0.25	3.0± 0.40	2.75 ±0.25	2.50±0.28	2.0± 0.40
RE	4.50±0.28	4.25±0.25	4.0±0.001	3.75±0.25	3.50±0.28
RE + SL	5.0±0.001	4.50±0.28	4.25 ±0.25	4.0±0.001	3.75±0.25
	Соковитість				
C	3.25±0.25	2.75± 0.25	2.75 ±0.25	2.25±0.25	2.0± 0.40
RE	4.50±0.28	4.25±0.25	4.0±0.001	3.75±0.25	3.25 ± 0.25
RE + SL	4.75±0.25	4.50± 0.28	4.25 ± 0.25	4.0±0.001	3.75±0.25
	Загальне враження				
C	3.25±0.25	2.75±0.47	2.50 ±0.28	2.25±0.47	2.0 ±0.4
RE	4.62±0.23	4.25±0.47	4.25 ±0.47	4.0±0.001	3.50 ± 0.28
RE + SL	4.87±0.12	4.75± 0.25	4.75 ± 0.25	4.25±0.25	3.75 ±0.25

Таблиця 3.9

Вплив додавання екстрактів імбиру та лактату натрію на зміну сенсорних властивостей котлет з баранини під час зберігання при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Дні	1	60	90	120	150
Обробка	Колір				
C	3.25±0.25	2.75±0.25	2.50 ± 0.28	2.50±0.28	1.75 ±0.25
GE	4.0 ±0.001	3.50 ±0.28	3.25±0.25	3.00 ±0.00	2.50± 0.28
GE + SL	4.75± 0.25	4.0 ±0.00	4.0 ± 0.00	3.75± 0.25	3.25±0.25
	Запах				
C	3.25 ±0.25	2.75± 0.47	2.50± 0.28	2.50 ± 0.28	1.75±0.25
GE	4.50± 0.28	4.25± 0.25	4.00±0.00	3.75± 0.25	3.50 ±0.28
GE + SL	5.00 ±0.00	4.50± 0.28	4.25± 0.25	4.00±0.00	3.75±0.25
	Ніжність				
C	3.25±0.25	3.00± 0.40	2.75±0.25	2.50± 0.25	2.00±0.40
GE	4.50±0.28	4.25±0.25	4.00± 0.00	3.75± 0.25	3.75±0.25
GE + SL	5.00± 0.00	4.50±0.28	4.25±0.25	4.00± 0.00	4.00±0.00
	Соковитість				
C	3.25± 0.25	2.75±0.25	2.75 ± 0.25	2.25 ±0.25	2.00±0.40
GE	4.50±0.28	4.25±0.25	3.75 ±0.25	3.75 ±0.25	3.50±0.28
GE + SL	4.75± 0.25	4.25±0.25	4.25± 0.25	4.00±0.00	4.00±0.00

	Загальне враження				
C	3.25± 0.25	2.75±0.25	2.50 ± 0.28	2.25 ± 0.47	2.00± 0.40
GE	4.25±0.25	4.00 ±0.00	4.00 ±0.00	3.75 ±0.25	3.50± 0.28
GE + SL	4.50±0.28	4.25 ±0.25	4.25 ±0.25	4.25±0.25	4.00±0.00

3.8. Соціально-економічна ефективність впровадження результатів досліджень

Аналіз існуючих методик визначення ефективності від випуску харчових продуктів з покращеними споживчими властивостями утруднений, так як основні витрати на освоєння нового продукту - в сфері виробництва, що не дозволяє однозначно визначити сумарний соціально-економічний ефект; відсутня точна кількість підприємств, які готові перейти на випуск продуктів за розробленою технологією; відсутні дані про ринкову ціну екстрактів і м'ясних продуктів, вироблених з його використанням.

З огляду на дані обставини, для визначення сумарного соціально-економічного ефекту був застосований метод експертних оцінок [123]:

- обрання експертів з фахівців м'ясопереробної галузі, санітарно-епідеміологічної служби та споживачів;
- надання експертам інформації про процедуру експертного оцінювання, зміст анкет оцінювання та про предмет експертизи;
- проведення тестування та перевірка узгодженості їх думок.

Перевірка надійності та достовірності оцінок різних експертів до однієї і тієї ж генеральної сукупності оцінок була виконана за критерієм Фішера. Узгодженість думки експертів була оцінена за коефіцієнтом конкордації W. Даний показник склав 0,95, що свідчить про високий ступінь узгодженості між експертами.

Методика оцінювання полягала у порівнянні в відносних одиницях (існуюча технологія виробництва котлет без використання природних рослинних антиоксидантів прийнята за 1,0) зміни статей при виробництві, споживанні м'ясопродуктів і позитивні соціальні ефекти в суспільстві від споживання даного продукту. Обробка результатів експертного опитування

полягала у визначенні середнього значення оцінки, середнього квадратичного відхилення σ_i і коефіцієнта варіації V_i .

Таблиця 3.10

Порівняння статей витрат на виробництво котлет з використанням екстрактів з розмарину та імбирю в сфері виробництва (в умовних показниках)

Розглянуті статті витрат в сфері виробництва	Експертна оцінка витрат		
	базовий варіант	Виробництво котлет з запропонованим антиоксидантом	Відхилення
повна вартість обладнання	1	1,1	+0,1
основна і додаткова заробітна плата	1	1,012	+0,012
технологічні витрати електроенергії	1	1,02	+0,02
витрати, пов'язані з підготовкою і освоєнням нової продукції	1	1,05	+0,05
витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1	1,04	+0,04
загальновиробничі витрати	1	1,005	+0,005
загальногосподарські витрати (реклама нової продукції та ін.)	1	1,002	+0,002
ІТОГО (Повна собівартість)	1	1,148	+0,148

Аналіз даних таблиці 3.10 показав, що собівартість виробництва котлет з використання природніх екстрактів за розробленою технологією збільшується на 14,8%. Даний факт пояснюється додатковими витратами на виробництво екстрактів методами субкритичного екстрагування. Однак, враховуючи, що позитивні ефекти від виробництва котлет за розробленою технологією досягаються в сфері споживання і за соціальними статтями слід проаналізувати дані таблиць 3.10 та 3.11.

Таблиця 3.11

Порівняння статей витрат в сфері споживання м'ясопродуктів з використанням екстрактів з розмарину та імбирю (в умовних показниках)

	Експертна оцінка позитивних ефектів
--	-------------------------------------

Розглянуті статті витрат в сфері споживання	базовий варіант	Виробництво котлет з антиоксидантами	Відхилення
Скорочення охолоджуваних складських приміщень (стратегічні запаси і т.п.)	1	1,08	-0,08
Скорочення енерговитрат на охолодження складів-холодильників	1	1,10	-0,1
Зниження транспортних витрат	1	1,02	-0,02
ІТОГО	1	1,20	-0,20

Таблиця 3.12

Порівняння умовних показників соціального ефекту від споживання м'ясопродуктів, вироблених за розробленою технологією

Соціальний ефект	Експертна оцінка ефектів		
	базовий варіант	Виробництво котлет з антиоксидантами	Відхилення
Підвищення споживчої якості продукту	1	1,1	+0,1
Підвищення харчової цінності продукту	1	1,1	+0,1
Підвищення рівня життя споживачів даної продукції	1	1,1	+0,1
Зниження захворюваності населення від вживання недоброякісної продукції	1	1,05	+0,05
Збільшення ринку збуту даної продукції експедиціями, туристами і ін.	1	1,03	+0,03
ІТОГО	1	1,38	+0,38

Порівняння умовних показників соціального ефекту від споживання м'ясопродуктів, вироблених за розробленою технологією (табл. 3.12) свідчить, що у сфері споживання котлет, вироблених з використанням екстрактів з антиоксидантами, забезпечується 20% збільшення прибутку; позитивний соціальний ефект від випуску продукту харчування високої споживчої якості тривалого терміну зберігання був оцінений в 38% в порівнянні з ефектом від

споживання котлет, вироблених в даний час без використання природніх антиоксидантів.

Таким чином, очікуваний соціально-економічний ефект від впровадження результатів досліджень може скласти до 38% від обсягу виробництва і споживання котлет.

ВИСНОВКИ

М'ясна промисловість вимагає антиоксидантів з природних джерел для заміни синтетичних антиоксидантів через негативних наслідків для здоров'я або переконань щодо деяких синтетичних антиоксидантів. Фрукти, овочі, побічні продукти і інші рослинні матеріали є гарною альтернативою. Деякі з цих антиоксидантів, крім пригнічення окислення, можуть також позитивно або негативно впливати на інші характеристики якості і, в кінцевому підсумку, впливати на прийнятність продукту для споживачів. Аналіз інформаційних джерел підтвердив, що обрана тема досліджень є актуальною.

Проведені дослідження мають наукову новизну, яка полягає у отриманні нових залежностей впливу використання екстрактів з розмарину та імбиря на окислювальні процеси при зберіганні котлет з баранини при їх зберіганні у замороженому стані та покращення їх споживних властивостей.

Аналіз та узагальнення результатів експериментальних досліджень дозволили обрати раціональні значення параметрів процесу екстрагування розмарину та імбирю: температура – 160 ± 2 °C; тривалість процесу – 20 хв.; - розмір фракції – $0,5 \pm 0,1$ мм; тиск – 6 МПа; гідромодуль від 1: 20.

Ідентифіковано та встановлено вміст активних сполук у отриманих екстрактах:

- в екстракті розмарину, мг/100 мг екстракта (карнозол - 38,90; карнозова кислота - 27,17; розманол - 18,25; кірсімарітин - 92,32; генкванін - 64,93) та

- в екстракті імбиря, мг/100 мг екстракта (гінгерол - 38,03; зінгиберен - 182,84; β -бісаболен - 80,06; α -фарнезе - 127,13; β -сесквіфелландрен - 162,40; α -куркумен - 147,12).

Експериментально встановлено, що використання даних екстрактів у технологіях котлет з баранини, що зберігаються у замороженому стані (-18 °C) протягом 150 днів, позитивно впливає на значення тіобарбітурової кислоти, вільних жирних кислот, міоглобіну, загального леткого азоту.

Результати дослідження продемонстрували, що додавання природних антиоксидантів (розмарину та імбиру) з лактатом натрію до м'яса баранини демонструє ефект збереження у відварених м'ясних котлетах, що зберігаються у замороженому стані (-18 °C) протягом 150 днів, надає захисний ефект проти окислення ліпідів і пригнічує ріст мікробів та покращує їх сенсорні властивості.

ПРОПОЗИЦІЇ

Результати досліджень можуть бути використані м'ясопереробними підприємствами та дозволить виготовляти котлети з баранини з підвищеними споживними властивостями.

Реальність перспектив практичного впровадження ґрунтується на достовірності отриманих даних та результатах сенсорного оцінювання якості продукції, виробленої за запропонованою технологією.

Очікуваний соціально-економічний ефект від впровадження результатів досліджень може скласти до 38% від обсягу виробництва і споживання котлет.