

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет Технологій тваринництва та продовольства
Кафедра Харчових технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття рівня вищої освіти
бакалавр

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СОСІСОК З БАРАПИПИ**
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСТРАКТУ КУРКУМИ»

Виконала: здобувачка вищої освіти
за освітньо-професійною
програмою Харчові технології
назва освітньо-професійної програми
спеціальності 181 Харчові технології
код та найменування спеціальності
рівня вищої освіти бакалавр
бакалавр, магістр

групи 181 ХТ Філіп Б.В.
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти

Керівник: Сукманов В.О.
Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: Скришник В.О.
Прізвище та ініціали рецензента

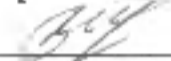
Полтава – 2024року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технологій тваринництва та продовольства
Кафедра харчових технологій

Освітньо-професійна програма Харчові технології
Спеціальність 181 Харчові технології
Рівень вищої освіти бакалаврський

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри харчових технологій

 к.т.н., доцент **Ніна БУДНИК**
« 23 » « вересня » 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Філіп Богдана Віталіївна

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технології сосисок з баранини із використанням екстракту куркуми».

керівник роботи докт. техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій Сукманов В. О.

Затверджено засіданням кафедри, протокол № 11 від «4» «березня» 2024 р.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «27» «травня» 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: при дослідженні віддавати перевагу властивостям, яким віддають перевагу споживачі даної продукції; для екстрагування рекомендовано обрати метод субкритичного екстрагування.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. 1.1. Перспективні напрями вдосконалення технологій сосисок з баранини. 1.2. Традиційні та інноваційні методи екстрагування біологічно активних речовин з рослинної сировини. 1.3. Субкритичне екстрагування як інноваційний метод вилучення біологічно активних речовин з рослинної сировини та фізико-хімічні властивості розчинників у субкритичному стані.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Опис використаної сировини: стандартні та оригінальні методи досліджень.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСПІДЖЕНЬ. 3.1. Дослідження процесу екстрагування куркуми у субкритичному середовищі. 3.2. Загальний вміст фенолів і антиоксидантна здатність екстракту куркуми. 3.3. Хімічний склад досліджуваних зразків сосисок із баранини. 3.4. Дослідження динаміки параметрів рН і кольору. 3.5. Дослідження втрат при варінні та профілю текстури розроблених зразків сосисок. 3.6. Антиоксидантна активність та окислювальна стабільність. 3.7. Сенсорний аналіз сосисок з баранини.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ
ДОДАТКИ

5. Перелік графічного матеріалу: схеми, рисунки, графіки, діаграми за темою та об'єктом дослідження.

6. Дата видачі завдання: « 25 » « вересня » 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Вибір і затвердження теми роботи.	25.09.2023-02.10.2023	викон.
2	Складання і затвердження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу	03.10.2023-06.10.2023	викон.
3	Опрацювання літературних джерел	09.10.2023-06.11.2023	викон.
4	Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи	07.11.2023-15.12.2023	викон.
5	Виконання теоретичного розділу роботи	05.10.2025-12.10.2025	викон.
6	Засвоєння та опробування методик досліджень	22.01.2024-09.02.2024	викон.
7	Виконання власних досліджень	12.02.2024-01.01.2024	викон.
8	Оформлення тексту роботи	04.03.2024-10.05.2024	викон.
9	Попередній захист роботи на кафедрі	13.05.2024-17.05.2024	викон.
10	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій	20.05.2024-22.05.2024	викон.
11	Нормоконтроль	23.06.2024-10.06.2024	викон.
12	Захист кваліфікаційної роботи	17.06.2024-20.06.2024	

Здобувач вищої освіти  Богдана ФІЛІП

Керівник роботи  Валерій СУКМАНОВ

ВСТУП

Аналіз структури ринку ковбасних виробів [1] свідчить, що найбільш популярним є сегмент варених продуктів: варені ковбаси, сосиски, сардельки.

Вітчизняний виробник ковбасних продуктів, у відповідь на вимоги споживачів, змушений постійно вдосконалювати технологію продукту, звертаючи увагу на високу якість продукту, відсутність хімічних домішок та стабільність якісних показників при зберіганні.

Рецептурний склад сосисок з баранини передбачає використання багатьох інгредієнтів природнього або хімічного походження. При виробництві сосисок функціонального призначення хімічні інгредієнти заміняють на продукти рослинного походження.

Серед альтернатив заміни синтетичних антиоксидантів у продуктах харчування є кореневища куркуми (*Curcuma longa L.*), які містять велику кількість біологічно активних речовин та є потужним природнім антиоксидантом. За для підвищення ефективності використання даного продукту в харчових технологіях використовують екстракти з куркуми. Для збереження всіх наявних біологічно активних речовин в екстракті доцільно використовувати інноваційний метод – екстаргування у субкритичному середовищі, а у якості розчинника використовувати етанол, який має низькі значення критичної температури та дозволить зберегти термолабільні сполуки у процесі екстрагування.

Враховуючи вище наведене, слід вважати, що тема дослідження, спрямована на вдосконалення технології сосисок з баранини шляхом їх збагачення екстрактом куркуми, отриманим шляхом субкритичної екстракції етанолом є **актуальною**.

Мета дослідження – вдосконалення технології сосисок з баранини шляхом їх збагачення екстрактом куркуми.

Об'єкт дослідження – технологія сосисок з баранини, виготовлених із додаванням екстракта куркуми.

Предмет дослідження – органолептичні та технологічні властивості сосисок із баранини, хімічний склад, антиоксидантні властивості, вміст поліфенолів, текстура.

Для досягнення мети дослідження нами було сформульовані завдання дослідження:

- дослідити процес екстрагування куркуми у субкритичному середовищі та визначити раціональні параметри процесу;

- визначити загальний вміст фенолів і антиоксидантна здатність екстракту куркуми;

- визначити хімічний склад досліджуваних зразків сосисок з баранини;

- дослідити динаміки параметру рН і кольору зразків сосисок при їх зберіганні;

-дослідити втрати при варінні та профілю текстури розроблених зразків сосисок;

- оцінити антиоксидантну активність і окислювальна стабільність зразків сосисок при їх холодному зберіганні;

- проаналізувати сенсорні властивості зразків сосисок з баранини.

Дана робота виконується в рамках бюджетної теми кафедри харчових технологій ДР №0115U006745 «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв».

Результати досліджень представлені у вигляді кваліфікаційної роботи на 61 сторінці та містять 13 рисунків та 8 таблиць. Список використаних джерел містить 87 позицій.

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Перспективні напрями вдосконалення технологій сосисок з баранини

Аналіз структури ринку ковбасних виробів [1] свідчить, що найбільш популярним є сегмент варених продуктів: варені ковбаси, сосиски, сардельки.

Вітчизняний виробник ковбасних продуктів, у відповідь на вимоги споживачів, змушений постійно шукати оптимальне співвідношення між двома важливими тенденціями: натуралізацією виробленого ним продукту і зниженням його собівартості. Але головною вимогою залишається висока якість продукту, відсутність хімічних домішок та стабільність якісних показників при зберіганні.

На якість м'яса і м'ясопродуктів впливає багато факторів протягом усього терміну зберігання, наприклад, температура, присутність кисню та світло, мікробна активність [2]. Отже, колір, смак, харчова цінність та інші аспекти якості м'яса змінено, впливаючи на прийняття цих продуктів [3, 4]. Окислення (ліпідів і білків) є однією з основних причин погіршення якості м'яса і може викликати інші небажані ефекти, такі як втрата основних жирні кислоти та амінокислоти, текстура, смак і зміна кольору [5, 6].

Крім того, існує відповідне занепокоєння щодо рівня жиру в м'ясі та м'ясні продукти [7] і зростаючий попит на нежирні продукти [2] та/або с покращений ліпідний профіль. Реформуляція ліпідів шляхом повної або часткової заміни тваринного жиру із заміниками ненасичених жирів може забезпечити здоровіше характеристики до м'ясних продуктів, що відповідають вимогам споживачі, які піклуються про своє здоров'я [8 - 10].

ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Загальні технічні умова» у якості сировини передбачено використання м'яса багатьох тварин, в тому числі, і м'ясо баранини.

Рецептурний склад сосисок з баранини передбачає використання багатьох інгредієнтів природнього або хімічного походження. При виробництві сосисок функціонального призначення хімічні інгредієнти заміняють на продукти рослинного походження.

Так, олія тигрового горіха є цікавим дієтичним жиром для переформатування ліпідів через високу кількість ненасичених жирних кислот [11] і може замінити тваринний жир у м'ясних продуктах [12, 13]. Однак дієтичні масла з більшим вмістом ненасичених жирних кислот швидше окислюються, що може призвести до згіркнення. Отже, синтетичні антиоксиданти часто додають в м'ясні продукти для уповільнення реакцій окислення [14]. Як варіант, через попит на натуральні та здорові продукти, оцінили кілька досліджень використання рослинних екстрактів як антиоксидантів у м'ясі та баранині продукти [2, 15 - 18].

Серед альтернатив заміни синтетичних антиоксидантів на продукти харчування продукти є кореневища *Curcuma longa L.* (також відоме як куркума). як один із основних природних варіантів. Походить ця трав'яниста рослина з Індії і поширився в азіатські країни і в даний час. В Україну даний продукт експортується багатьма постачальниками та широко використовується в харчових технологіях.

Куркума (*Curcuma longa L.*) — це трав'яниста багаторічна рослина, що походить із південної Африки і належить до родини *Zingiberaceae*. Його широко використовують в Індії та в кулінарії всього світу завдяки його смаку, барвнику, антимікробним, протизапальним і антиоксидантним властивостям.

Додавання природних антиоксидантів є звичайною стратегією, яка використовується м'ясною промисловістю для стабілізації здорових м'ясних продуктів [17]. Серед альтернатив для заміни синтетичних антиоксидантів куркума виділяється як перспективний природний варіант [19]. Крім того, м'ясні продукти, додані куркумою, можна розглядати як функціональну їжу через користь цього інгредієнта для здоров'я [20].

Результати, представлені в роботі [21] показали, що контрольні зразки яловичого паштету з ріпаковою олією з аскорбатом мали найнижче окислення ліпідів (TBARS; 0,37 мг MDA/кг), за якими йшли зразки з 50 мг/кг куркуми (0,44 мг MDA/кг). Інші зразки (контроль без антиоксиданту та паштет, переформулований з 25 та 75 мг/кг куркуми) не показали відмінностей між ними, зі значеннями в діапазоні від 0,51 до 0,57 мг MDA/кг. Подібні значення TBAR були раніше описані в роботі [22] в оленячому паштеті. У будь-якому випадку значення TBARs у наших зразках були нижчими за необхідні (>0,6 мг/кг) для виявлення споживачем прогірклого смаку [22]. Використання екстракту куркуми у свіжих ковбасах не вплинуло на TBAR на день 0, тоді як під час холодного зберігання спостерігався високий антиоксидантний ефект, навіть більш інтенсивний, ніж зразки ериторбату [23]. Крім того, у зразках яловичого паштету було виявлено три лінійні альдегіди (пентанал, гексанал і нонанал). Добре відомо, що ці сполуки утворилися в результаті реакцій окислення ліпідів [23]. Всупереч результатам, отриманим у значеннях TBAR, вміст пентаналу та гексаналу різко збільшився з додаванням куркуми. Протилежні результати спостерігалися при додаванні екстракту куркуми до свіжих ковбас [22]. У даній роботі показано, що найнижчий вміст пентаналу спостерігався в контрольних зразках без антиоксиданту, тоді як інші 4 партії не показали істотних відмінностей між ними. Що стосується гексаналу, обидва контрольні зразки показали нижчі значення порівняно зі зразками з куркумою, які показали прогресивне збільшення значень гексаналу зі збільшенням кількості куркуми. Нарешті, вміст нонаналу був найрізноманітнішим, з найнижчими значеннями в партії паштетів з аскорбатом і найвищими у зразках із додаванням куркуми в кількості 75 мг/кг.

Таким чином, використання куркуми не виявило чіткого антиоксидантного ефекту в яловичому паштеті. Однак важливо підкреслити, що окислення ліпідів було нижчим за порогові межі, в яких споживачі відчутно прогірклість.

У роботі [24] дослідженні оцінювалося використання куркуми (*Curcuma longa L.*) як природного антиоксиданту в курячих котлетах. Котлети готували з різними концентраціями борошна з куркуми: 0% (контроль), 0,25% (TC0,25%), 0,50% (TC0,50%) і 0,75% (TC0,75%). Готували «звичайну» котлету з 0,25% розчином ериторбату натрію (SE). Куркума показала високий вміст вуглеводів (78,12%), фенольних сполук (8,13 мг GAE г⁻¹) і авоноїдів (29,68 мг QE г⁻¹), а також високу антиоксидантну активність, визначену DPPH (48,71% інгібування) і FRAP (9,11 мг QE г⁻¹). Котлети аналізували через 1, 15, 30 і 45 днів зберігання при -18 °С. Додавання куркуми призвело до отримання менш червонуватих і темніших, більш жовтуватих котлет. Змін хімічного складу, рН або відсотка усадки не спостерігалось. TC0,75% отримав найвищий вихід при варінні (91,27%). TC0,25% був найгіршим, тоді як TC0,75% і контроль мали найнижчу когезію. Відмінностей у стійкості між TC0,25%, TC0,75% і контролем не спостерігалось. Змін пружності та жувальній здатності не спостерігалось. Котлети з куркумою продемонстрували подібну окиснювальну стійкість до препарату SE, відрізняючись від контролю протягом усього періоду зберігання. Куркума запобігає окисненню ліпідів у курячих котлетах такою ж мірою, як і синтетичний антиоксидант, демонструючи потенціал як природного антиоксиданту.

Прагнучи зменшити окисні процеси та збільшити термін зберігання оброблених харчових продуктів, промисловість використовує антиоксиданти, переважно синтетичні [25]. Однак деякі з них пов'язані з шлунково-кишковими розладами, харчовою алергією та канцерогенними ефектами. У зв'язку з цими проблемами, а також через пошук споживачами здоровішої їжі було вивчено заміну синтетичних антиоксидантів природними антиоксидантами [25]. Є повідомлення про трави, фрукти та спеції, які використовуються як природні антиоксиданти, такі як оливкове листя, орегано, базилік, розмарин і часник; борошно з насіння сокири; шкірка граната та порошок багаси [26]; та порошок куркуми [27]. Ці природні антиоксиданти

використовувалися в різних харчових продуктах, таких як хліб [28] і м'ясні продукти [29].

З метою консервації кореневище куркуми зневоднюють і подрібнюють у порошок, багатий вуглеводами та фенольними сполуками, такими як куркумін. Куркумін усуває активні форми кисню, такі як гідроксильні радикали, супероксидні аніони та синглетний кисень, які пов'язані з пошкодженням клітин і окисленням ліпідів [28, 30].

Таким чином, куркума показала високий вміст вуглеводів (78,12%), флавоноїдів (29,68 мг QE г⁻¹) і загальних фенольних сполук (8,13 мг GAE г⁻¹), а також антиоксидантну активність. Використання куркуми, як заміника синтетичних антиоксидантів у курячих котлетах, призвело до отримання м'ясного продукту без змін у хімічному складі чи профілі текстури, покращеного виходу при приготуванні та стійкості до окислення, подібної до синтетичного антиоксиданту.

Дослідження, наведено в роботі [31], мало на меті проаналізувати ефективність екстракту куркуми (*Curcuma longa L.*), застосовуваного як маринад або глазур, як антиоксиданту для замороженого прожилкового філе прохілоду (*Prochilodus lineatus*). Екстракт куркуми містив $5,5 \pm 0,1$ мг куркуміну/мл, і експеримент проводився з використанням розведеного екстракту з 100 мкг куркуміну/мл. Аналіз антиоксидантної активності радикалів 2,2-дифеніл-пікрилгідрозил (DPPH) і 2,2-азінобіс-(3-етилбензотіазолін-6-сульфонової кислоти) (ABTS) підтвердив високу антиоксидантну активність куркуміну. Проте в експериментальних умовах екстракт куркуміну не виявляв ефективності для інгібування окислення ліпідів у замороженому прожилковому філе прохілоду, оскільки концентрація реактивних речовин тіобарбітурової кислоти не відрізнялася між обробленими і контрольному філе. Сенсорна оцінка зовнішнього вигляду філе показала, що зміна в бік більш жовтого кольору обробленого філе негативно вплинула на його сприйняття. Однак прийнятність запаху сирого і вареного філе була подібною для оброблених і контрольних зразків. Ці результати можна

пояснити тим фактом, що хороша ефективність антиоксидантів *in vitro* не завжди відтворюється в харчових продуктах через складність харчових матриць. Крім того, низький вміст ліпідів у рибі та мала кількість куркуміну, застосованого до філе, могли сприяти низької ефективності екстракту куркуми.

Наведений огляд публікацій з проблеми дослідження свідчить, що куркуму в технологіях м'яса та м'ясопродуктів доцільно використовувати у вигляді екстрактів. Та серед багатьох існуючих методів екстрагування доцільно використовувати найбільш інноваційні технології, які забезпечують максимальне вилучення цільової речовини – біологічно активних речовин.

1.2. Традиційні та інноваційні методи екстрагування біологічно активних речовин з рослинної сировини

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Використана сировина та матеріали

М'ясо баранини було придбано в магазині «Свіжина» м. Полтави.

Коріння куркуми (*Curcuma longa L.*) - виробник Перу, придбані в продуктивній інтернет-компанії FRUIT TIME, сушили в сушильній шафі з при 40 °С протягом 24 годин (до постійної ваги), а потім подрібнювали у побутовому ножовому млині.

Комплексна стабілізаційна система Prodamul GMP-250 (Noveis, Франція) була придбана в компанія «Prodservis» (Київ, Україна). Дана система розроблена спеціально для емульгованих м'ясних продуктів. Головна область застосування добавки — виробництво сосисок, варено-копчених виробів, м'ясних закусок і сарделюк. Цією емульсією замінюють жирову тканину або топлений жир, завдяки чому отримують продукт, який відрізняють високі структурно-механічні показники. Використання Prodamul GMP 250 допомагає зменшити ефект синерезису і виключити інші дефекти виробництва під час термічної обробки. Склад Prodamul GMP-250: карагенан E 407a, гуарова камедь E 412, ксантанова камедь E 415, камедь рожкового дерева E 410, стандартизуючі агенти: хлориду калію E 508 і декстроза.

Харчова добавка E316 - ериторбат натрію - це сіль, отримана з ериторбінової кислоти. Він виконує дві основні функції в м'ясопереробній промисловості. По-перше, він діє як прискорювач затвердіння, що означає, що він прискорює перетворення нітритів (NO₂) в оксид азоту (NO). Функціонально це означає, що при додаванні до м'ясного продукту не потрібно витримувати цей продукт протягом ночі перед копченням, оскільки засіб почне діяти на м'ясі набагато швидше. Друга важлива функція ериторбату натрію полягає в тому, що він допомагає «спалити» м'ясо гарного червоного кольору. Він досягає цього, зберігаючи міоглобін у продукті у відновленому стані, запобігаючи перетворенню Fe₂ на Fe₃ і набуванню

коричневого кольору. Його рівень використання не повинен перевищувати 500 частин на мільйон.

З метою збереження термолабільних біологічно активних сполук куркуми, в якості екстрагента було використано не воду у субкритичному стані (критичні параметри: температура 374 0C та тиск 21,8 МПа), а етанол (етиловий спирт) (C_2H_5OH), у якого параметри субкритичного стану суттєво нижчі: температура 32 0C (305 K) та тиск 4,9 МПа [50].

2.2. Методика отримання екстракту з куркуми

Субкритичне екстрагування проводили в реакторі високого тиску РВД-2-500 в лабораторії «Субкритичні технології в харчових виробництвах» ПДАУ згідно в Керівництвом на експлуатацію даного приладу.

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

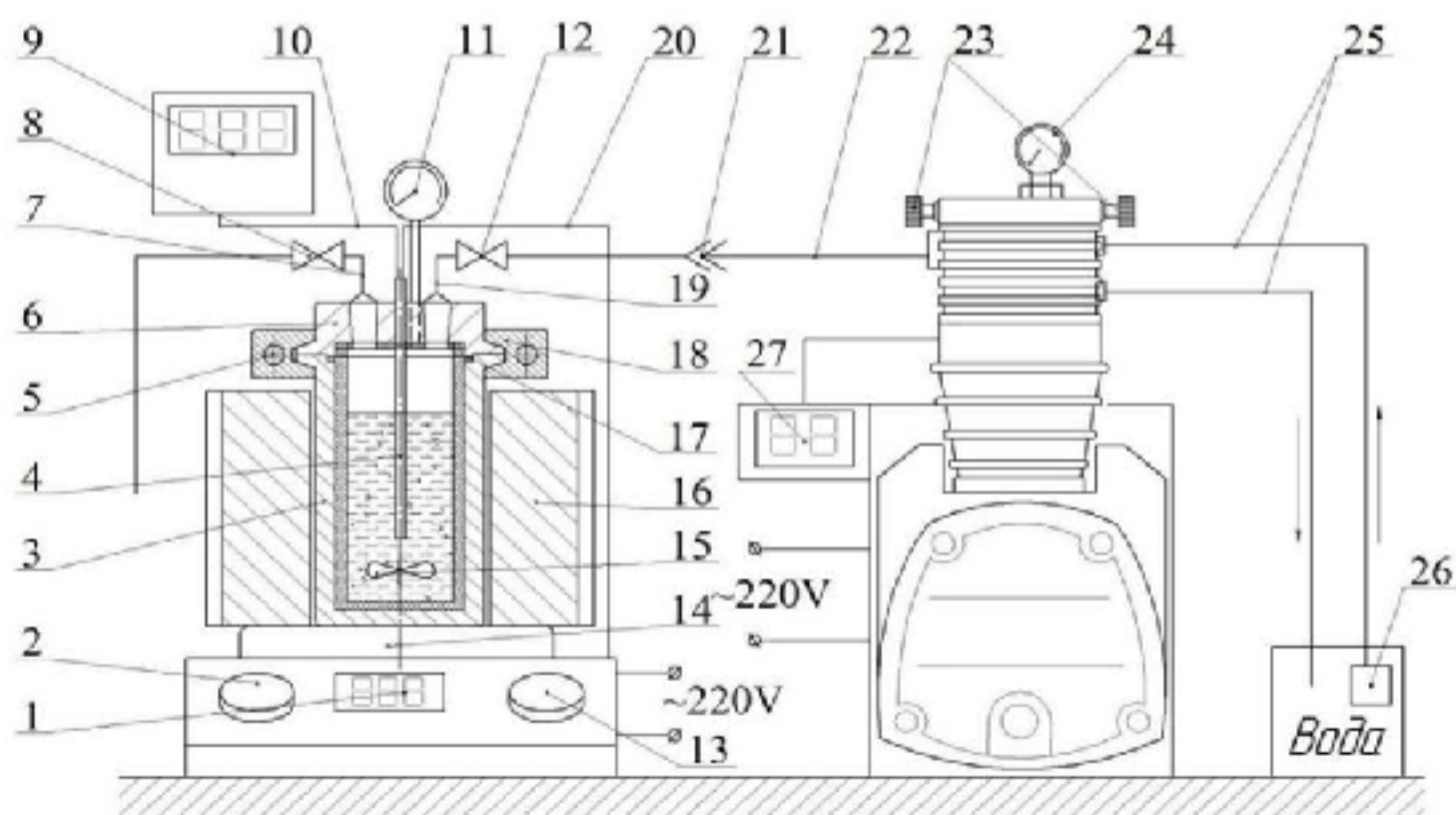


Рисунок 2.2 - Принципова схема приладу для субкритичного екстрагування в середовищі субкритичної води

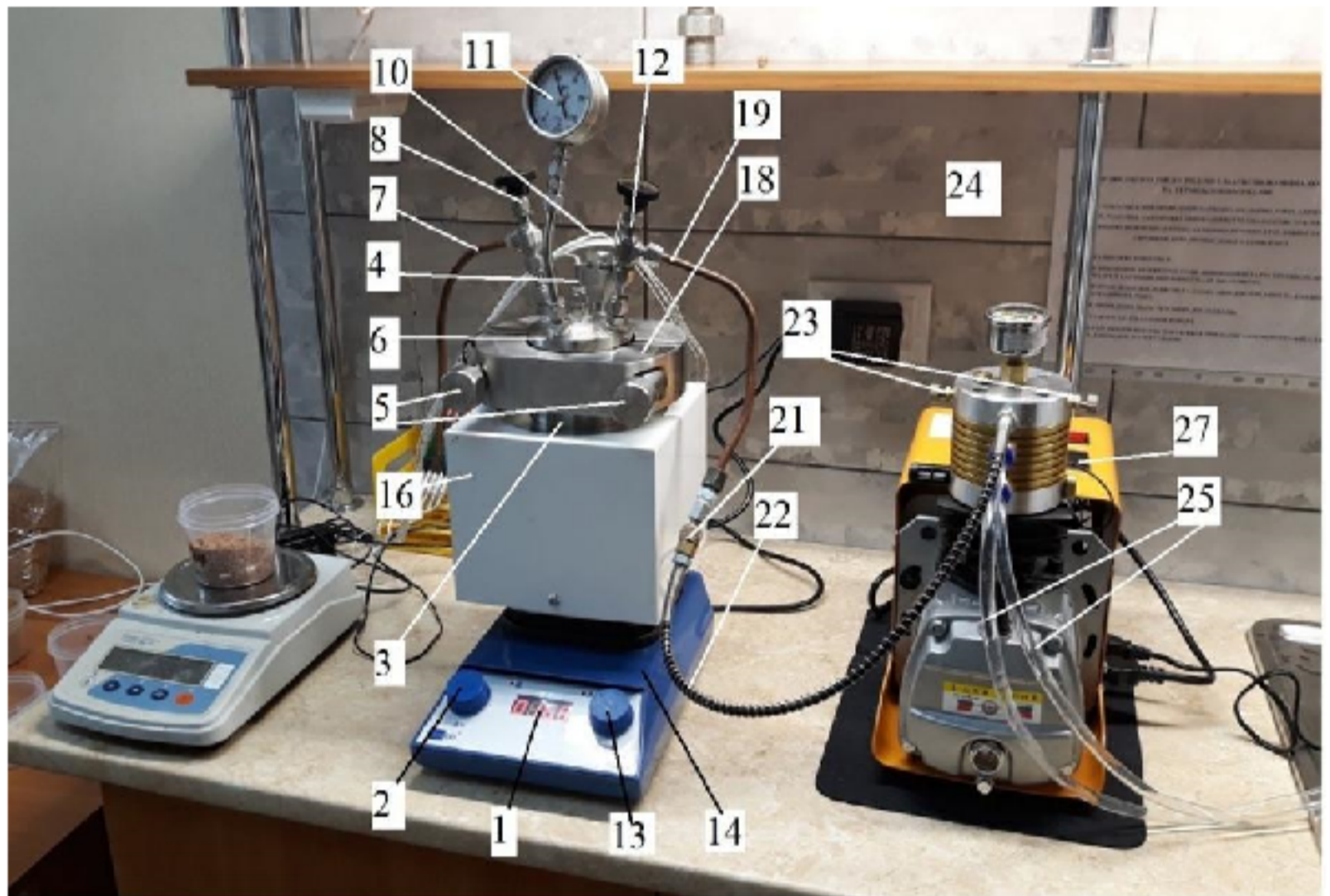


Рисунок 2.3 - Фотографічне зображення приладу субкритичного екстрагування в середовищі субкритичної води

2.3. Методика виробництва сосисок із баранини

Сосиски з баранини традиційно складаються з приблизно 20% тваринного жиру. Однак, щоб виробляти продукт функціонального призначення, нами було зроблено заміну тваринного жиру тигровим горіховим маслом, емульгованим в Prodamul GMP-250 (желуючий агент) і антиоксидантний екстракт куркуми. Було підготовлено 5 партій зразків: контроль (без антиоксиданту), E5316 (500 мг ериторбату натрію/кг сировини), K250 (250 мг екстракту куркуми/кг сировини), K500 (500 мг екстракту куркуми/кг сировини) і K750 (750 мг екстракту куркуми/кг сировини).

При приготуванні використано 3,42 кг м'яса баранини; 0,9 кг жирової емульсії, 0,06 кг солі і 0,09 кг води. Для приготування емульсії тигрового горіха суміш тигрового горіхового масла, порошок Prodamul GMP-250, пшеничний глюкозний сироп (7,4%), стабілізатор (динатрію дифосфат, доданий P_2O_5 : 9,58%) та антиоксидант (аскорбат натрію) і вода була застосована наступним чином: вода (56 г/100 г) і олію тигрового горіха (37,3 г/100 г) змішували протягом 1 хв у побутовому кутері при 3000 об/хв. Додавали порошок GMP-250 (6,7 г/100 г) і гомогенізували протягом 3 хв, потім залишали на 2 год. Нарешті, суміш охолоджували при 4 °С. Олія тигрового горіха характеризується високим вмістом олеїнової кислоти (67-69%), потім пальмітинової кислоти (14%), лінолевої кислоти (10%) і стеаринової кислоти (3,5-5%) [13, 51]. Вибір цієї олії базувався на попередніх дослідженнях враховувати харчові переваги м'ясних продуктів, переформулованих з часткова або повна заміна тваринного жиру цим маслом і цим тигровим горіхом олія не впливає і навіть не покращує сенсорну якість і прийнятність м'ясних продуктів, виготовлених із цією олією [12, 13].

При виробництві сосисок використовували м'ясорубку з діаметрами решіток 8мм і мм. М'ясний фарш змішали разом з рештою інгредієнтів (екстракт куркуми, сіль і вода) до повної гомогенізації. Потім сосиски шприцували в колагенові оболонки (діаметр 30 мм). Всього було виготовлено 200 шт. сосисок з баранини, по 40 зразків за кожною технологією вагою приблизно 35 г кожен. Після виготовлення сосиски упаковували по шість одиниць в упаковці багат шаровою PE-EVOH-PE плівкою (товщина 74 мм, проникність < 2 мл/м² бар/день) за допомогою побутового термозварювача. Зразки зберігали при 2 ± 1 °С під світлом, що імітує умови супермаркету та аналізували на 0, 6, 12 і 18 днів зберігання.

2.4. Методики визначення фізико-хімічних показників сосисок

Вміст білка, вологи та золи визначали згідно вимог діючих НТД.

2.5. Методика визначення рН

Для вимірювання рН ковбаси використовували пенетраційний рН-метр (Hanna Instruments, Іспанія).

2.6. Методика визначення кольору

Параметри кольору вимірювали в системі CIELAB (світлість, L^* ; червоність (+)/зеленість (-), a^* ; жовтизна (+)/блакитність (-), b^* за допомогою портативного колориметра (CR-600d, Minolta, Японія).

Інструментально колір визначали у трьох різних місцях на внутрішній поверхні зразків. Спектральну криву визначали в діапазоні 400-700 нм та значеннях згідно (ISO 11664-2:2007 Колориметрія. Часть 2. Осветители по стандарту CIE).

Відповідно до стандарту, колір виміряли у системі тримірних прямокутних координат X , Y , Z , де одно з двох основних кольорових просторів: L^* - це значення світлості, a^* - протилежність червоного та зеленого кольорів, b^* - протилежність синього та жовтого кольорів (рис. 2.1).

Значення за осі L (світло) висвітлюються за координатою Y . Значення світла ідуть від чорного до білого або за шкалою значень від 0 до 100, де 0 (чорний), а 100 (білий) - зверху. Значення a вичислюють по осі X . Позитивні значення визначають червоні кольори, відмовні - зелені. Так, 50 позначає червоний, а - 50 - зелений. Ось b : від жовтого до синього. Значення b відкладають за осі Z . Позитивні значення це жовті кольори, негативні - сині. Значення по осі b збільшуються від -50 (синій) до 50 (жовтий).

Параметри були відкалібровані в стандартному білому фарфорі з площею вимірювання діаметром 8 мм, кутом спостереження 10° і джерелом світла D65 з включеним дзеркальним компонентом.

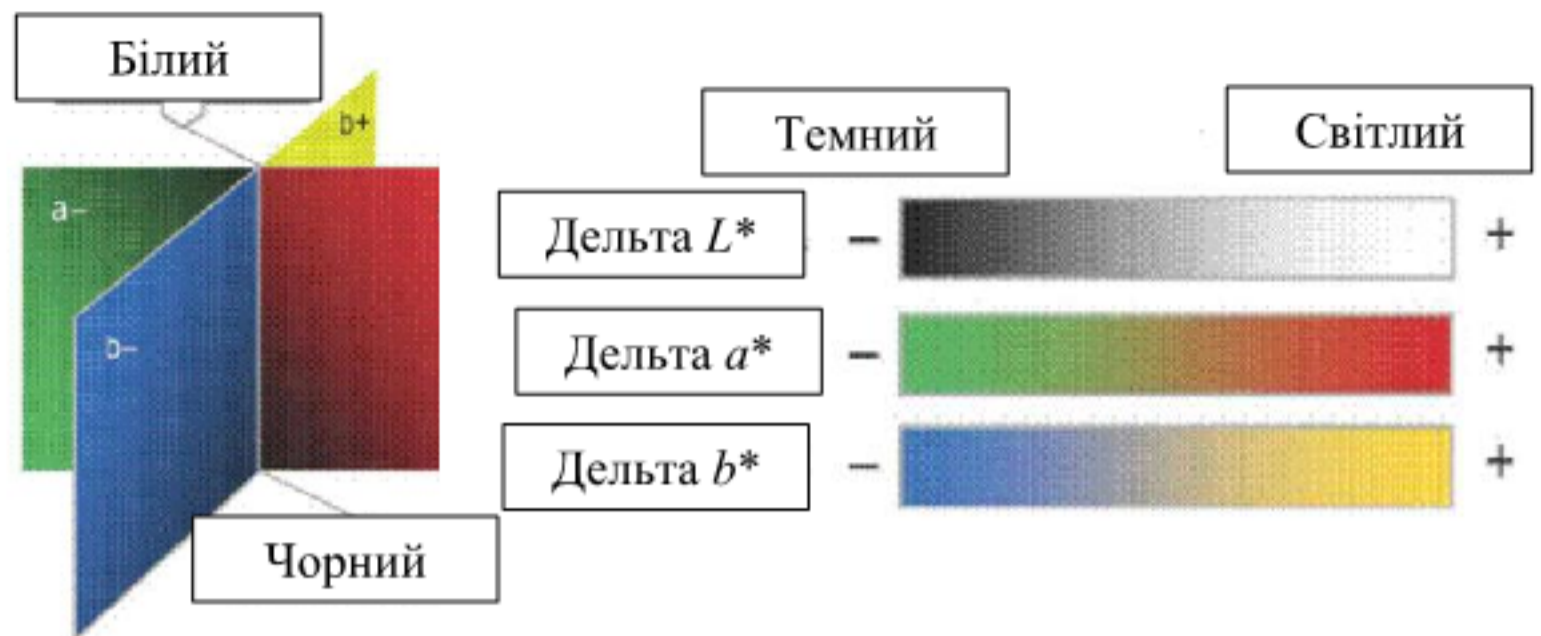


Рисунок 2.1 - Інструментальна оцінка кольору спектроколориметром

2.7. Методика визначення втрат при варінні

Сосиски варили на водяній бані до досягнення температури в центрі батона 70 °С. Температуру контролювали термопарою, підключеною до реєстратора даних. Потім вимірювали втрати при варінні за різницею маси варених і сирих зразків.

2.8. Методика визначення реологічних показників зразків сосисок

Твердість та жувальну здатність досліджуваних зразків оцінювали на аналізаторі профілю текстури згідно з інструкцією на даний прилад, використовуючи аналізатор текстури TA-XТ plus з алюмінієвим циліндричним зондом Р/36R (циліндричної форми з діаметром 20 мм і висотою 20 мм) за температури навколишнього середовища (20 – 25 °С).

Аналіз профілю текстури (ТРА) (твердість, пружність, когезія і жувальна здатність) вимірювали на скибочках сосисок товщиною 2 см шляхом стиснення до 50% (циліндричний зонд з площею плоскої поверхні 19,85 см²) і Криві «сила-час» були записані при швидкості траверси 1 мм/с.

Циліндричні зразки були аксіально стиснуті до 40 % від їх початкової висоти за допомогою випробування циклу подвійного стиснення. Сила спуску,

використана для випробування, становила 5 г, швидкість перед випробуванням 2 мм/с, швидкість випробування 2 мм/с, швидкість після випробування 2 мм/с. Між двома циклами стиснення дозволений інтервал 5с. Дані були згенеровані за допомогою програмного забезпечення Exponent (мікросистема Exponent, версія 5.1.2.0, Stable Microsystems Ltd., Великобританія), що постачається разом із приладом. Кожне вимірювання було повторено 5 разів. Комп'ютерне визначення досліджуваних показників проводили наступним чином (рис. 2.2):

- 1). Твердість - найбільший пік при першому стисненні зразка.
- 2). Жувальна здатність - використовується лише для опису зразка в твердому стані, вказуючи на енергію, необхідну для пережовування твердого зразка до стабільного стану під час ковтання. Числове значення виражається добутком липкості та еластичності (липкість \times еластичність).

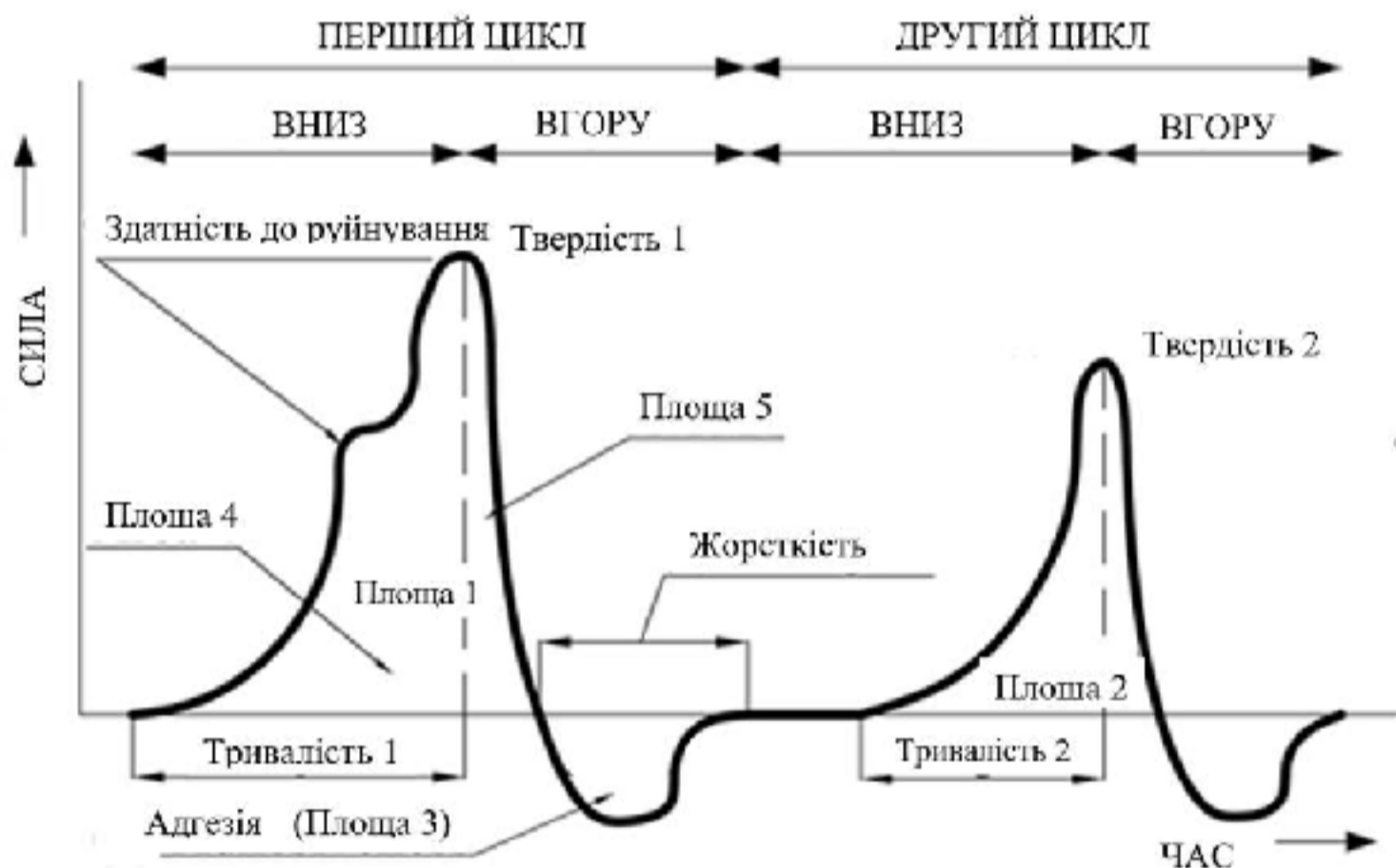


Рисунок 2.2 - Інтерпретація визначення реологічних параметрів аналітичним методом аналізу реологічної кривої [68]

При визначенні жувальної здатності прилад в автоматичному режимі визначає пружність та адгезію (липкість) зразка наступним чином:

- пружність - стійкість зразка в першому циклі стиснення; це відношення пружної енергії, вивільненої зразком у першому циклі стиснення, до енергії, розсіяної зондом у процесі стиснення (площа 5/площа 4); використовується для представлення стійкості на кривій та вимірює ступінь відновлення деформованого зразка за тієї ж швидкості та тиску, що й деформування зразка.

- липкість (адгезія) - енергія, необхідну для пережовування напівтвердої їжі, поки вона не буде готова до ковтання, виражено чисельно через добуток твердості та когезії (твердість \times когезію).

Результати були представлені у вигляді середнього значення з 7 повторів кожного зразка.

2.9. Методика визначення загального вмісту фенолів (TPC)

Загальний вміст фенолів визначали, як описано у роботі [52], з деякими змінами. Загальний фенольний вміст визначали за допомогою реактиву Фоліна-Чокальтеу, з галовою кислотою в якості стандарту. Відповідні розведення готували з водою в пробірках (0,5 мл) і додавали 2,5 мл реактиву Фоліна-Чокальтеу (розведеного 1:10 з води) і 2 мл розчину Na_2CO_3 (7,5%). Реакція відбулася о 50 °C протягом 15 хвилин, і поглинання вимірювали при 760 нм. Загальна сума фенольний вміст виражали в мг еквіваленту галової кислоти (GAE)/100г зразку.

2.10. Антиоксидантна активність і окислювальна стабільність (ліпідів і білків окислення)

Антиоксидантну активність оцінювали за допомогою 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразу. (DPPH), в якому один грам ліофілізованого зразка гомогенізували з 20 мл метанолу за допомогою диспергатора ІКА Т25, центрифугований при 10000г/10 хв і фільтрували.

Антиоксидантна активність була розраховано за стандартною кривою, отриманою з розчину Trolox (0,03 г тролокса в 100 мл метанолу), приготованого в темряві, який був розбавлений у семи різних концентраціях від 0 до 1,2 мМ Trolox для побудови стандартної кривої. Аліквота 3,9 мкл 60 мкМ метанолу. Розчин DPPH додавали до 100 мкл зразка та Trolox, гомогенізували у вортексі та інкубували при 37 °C/10 хв.

Відсоток інгібування радикалів DPPH розраховували за допомогою різниці між вимірюваннями холостого зразка та зразка при 515 нм. Антиоксидантна здатність зразків розраховували шляхом заміни відсотка інгібування на стандартній кривій Trolox, яку виражали як мкг Trolox/г зразка.

Окиснення ліпідів оцінювали за реакцією тіобарбітурової кислоти речовин (TBARS; вторинні продукти окиснення ліпідів) згідно з [53]. Результати були виражені в міліграмах малональдегіду (MDA) на кілограм зразка.

Окиснення білків оцінювали за утворенням карбонілу (продукту окиснення білка) відповідно до рекомендацій [54] і виражали у (нмоль карбонілу/мг білка).

2.11. Методика сенсорного аналізу

Для проведення органолептичного оцінювання зразків сосисок з баранини було залучено 27 споживачів (студенти ПДАУ), які оцінювали органолептичні атрибути у зразках сосисок та під час зберігання готових виробів за 5-бальною гедонічною шкалою (1 = неприйнятно; 5 = відмінно). Використовувані шкали відповідають методології, запропонованій у роботі [55]. Оцінка 3 у сирих зразках сосисок і 4 або вище у варених сосисках було встановлено як межу прийнятності продукту споживачем [56].

2.12. Методика обробки результатів експериментальних досліджень

Усі експерименти були проведені у трьох примірниках, якщо не вказано інше, і результати були виражені як середнє SD (стандартне відхилення).

Розрахунок середніх значень та стандартних відхилень проводили з використанням Microsoft Excel 2018.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження процесу екстрагування куркуми у субкритичному середовищі

Аналіз апріорної інформації [32 - 49] дозволив нам прийняти у якості розчинника етанол та обрати діапазон варіювання параметрів. У якості цільової речовини було обрано вихід сухих речовин, до складу яких входять всі існуючі у сировини біологічно активні речовини. На ефективність субкритичного екстрагування, при обраному розчиннику, впливають температура, тривалість процесу, розмір фракції та гідромодуль, тиск. Але ключовими параметрами є перші чотири показники, які і було досліджено. Результати досліджень впливу температури екстрагування куркуми надкритичним етанолом при різних значеннях розміру фракції сировини на вихід сухих речовин наведено в табл. 3.1 та на рис.3.1.

Таблиця 3.1 - Вплив температури екстрагування надкритичним етанолом при різних значеннях розміру фракції сировини на вихід сухих речовин

Температура екстрагування, °С	Розмір фракції, мм		
	1,00	1,50	2,00
40,00	10,00	10,00	8,00
50,00	13,00	12,00	10,00
60,00	15,00	13,00	11,00
70,00	21,00	17,00	14,00
80,00	24,00	22,00	16,00
90,00	23,00	22,00	15,00

Отримані експериментальні залежності було описано наступними квадратичними залежностями (3.1 – 3.3):

- фракція 1,00 мм $y = -0,2857x^2 + 4,9714x + 4,6$, $R^2 = 0,9416$, (3.1)

- фракція 1,5 мм $y = 0,1071x^2 + 1,9357x + 7,6$, $R^2 = 0,9452$, (3.2)

- фракція 2,00 мм $y = -0,1964x^2 + 2,975x + 4,9$, $R^2 = 0,9373$. (3.3)

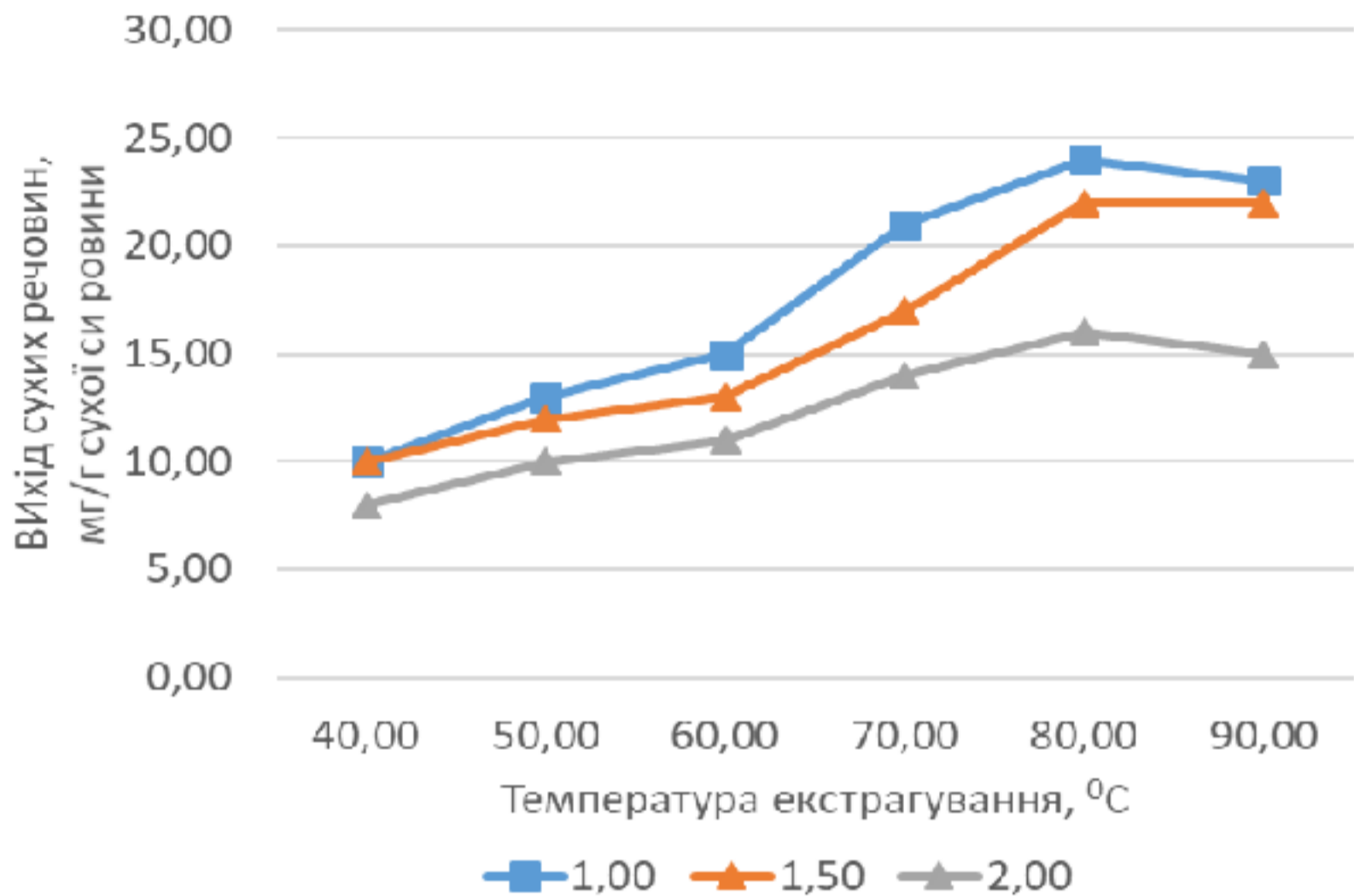


Рисунок 3.1 - Вплив температури екстрагування надкритичним етанолом та розміру фракції куркуми сировини на вихід сухих речовин

Отримані залежності дозволяють у подальшому, за необхідності, визначати вихід сухих речовин при різних значеннях параметрів процесу екстрагування.

Результати досліджень тривалості екстрагування та гідромодуля на вихід сухих речовин при надкритичному екстрагуванні куркуми представлено в табл. 3.2 та на рис. 3.2.

Таблиця 3.2 - Вплив тривалості екстрагування та гідромодуля на вихід сухих речовин при надкритичному екстрагуванні куркуми

Тривалість екстрагування, хв.	Гідромодуль			
	1:05	1:10	1:15	1:20
5	4,1	5,2	8,9	7,1
10	9,2	10,6	13,7	11,3

15	11,2	15,4	22,4	17,3
20	13,2	20	24,8	18,9
25	20,5	21,7	26,4	15,7
30	22,1	22,7	25,3	13,8

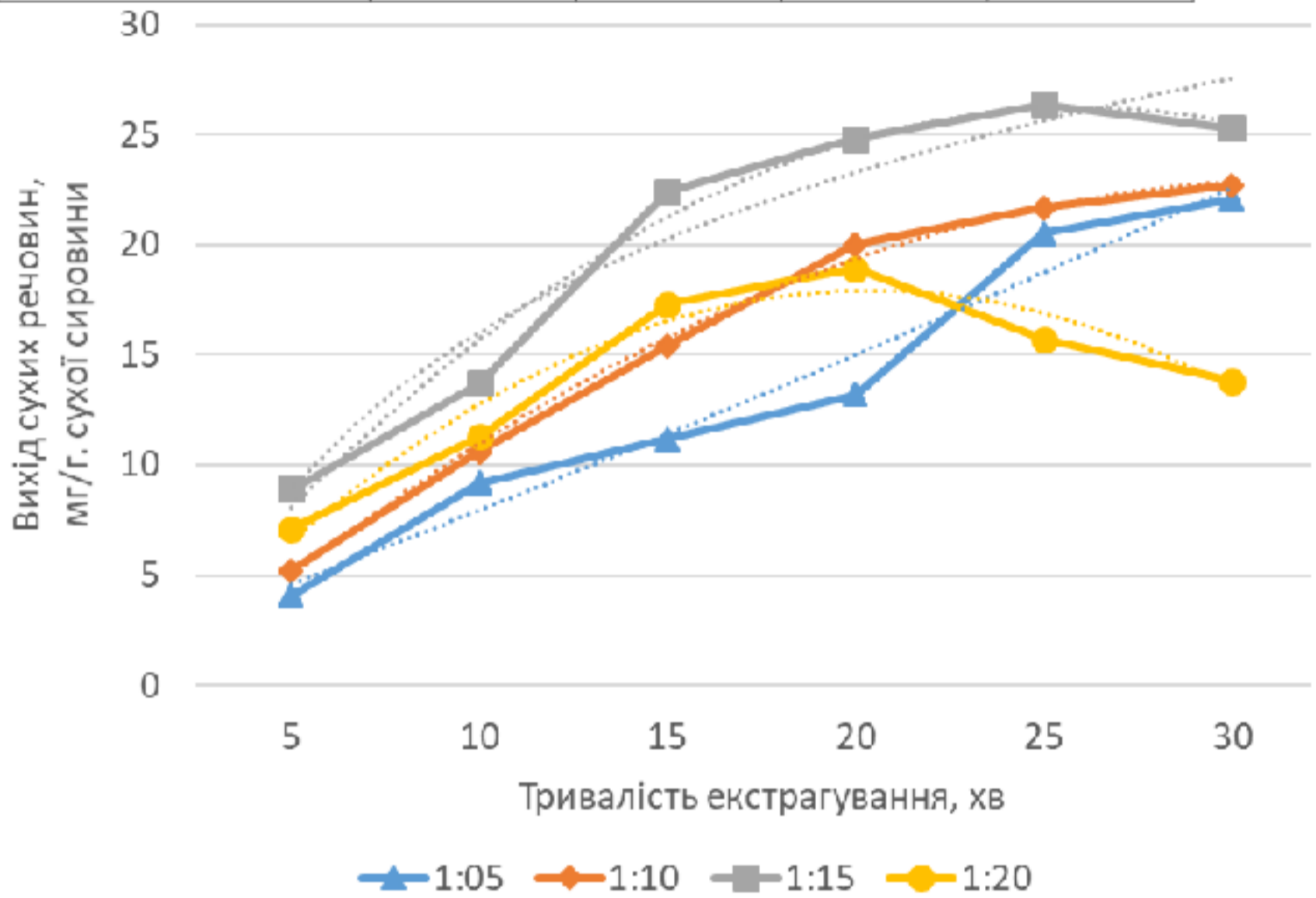


Рисунок 3.2 - Вплив тривалості екстрагування та гідромодуля (при температурі екстрагування надкритичним етанолом 80 °С та розмірі фракції сухої сировини 1,00мм), на вихід сухих речовин при надкритичному екстрагуванні куркуми

Отримані експериментальні залежності було описано квадратичними функціями (3.4 – 3.7):

$$y = 0,0661x^2 + 3,1346x + 1,41, \quad R^2 = 0,9638, \quad \text{при гідромодулі 1:05,} \quad (3.4)$$

$$y = -0,6143x^2 + 7,8829x - 2,34, \quad R^2 = 0,9967, \quad \text{при гідромодулі 1:05,} \quad (3.5)$$

$$y = -1,0339x^2 + 10,738x - 1,65, \quad R^2 = 0,9766, \quad \text{при гідромодулі 1:15,} \quad (3.6)$$

$$y = -1,2018x^2 + 9,7925x - 2,03, \quad R^2 = 0,9409, \quad \text{при гідромодулі 1:20.} \quad (3.7)$$

Високі значення коефіцієнтів кореляції для всіх отриманих залежностей свідчать про стабільність та достовірність даних функцій.

3.2. Загальний вміст фенолів і антиоксидантна здатність екстракту куркуми

Дослідження інших авторів показали, що фенольні сполуки є основними, що сприяють антиоксидантній активності [57, 58]. Вміст ТРС, отриманий у цьому дослідженні, був вищим, ніж отримані в інших екстрактах куркуми (5018,42 проти 67,90 мг GAE/100 г відповідно) іншими авторами [59]. Це може бути пов'язано з відмінностями у використовуваних методах екстракції [60]. Тому ми можемо підтвердити, що техніка субкритичної екстракції вплинула на якість і склад отриманого екстракту, збільшуючи вилучення фенол сполуки у порівнянні з іншими методами екстрагування [61, 62]. Знайдені значення куркуми були нижчими, ніж значення інших природних антиоксидантів, таких як орегано та екстракти розмарину (517,21 та 115 мг GAE/г) [63, 64].

Що стосується антиоксидантної активності, різними авторами було використано кілька методів, щоб урозуміти, які види механізмів беруть участь у діяльності природних екстрактів [65].

Однак, на нашу думку, серед різноманітних методи, які використовуються для визначення антиоксидантної здатності, ті, що були використані нами, є найбільш використовуваними. Екстракт куркуми показав високий рівень антиоксидантної здатності із значеннями DPPH і ABTS 42,92 мг Тролокс/г та 1490,53 мг аскорбінової кислоти/100 г відповідно. Аналіз FRAP відобразив значення 980,27 мкмоль Fe^{+2} /100 г. Ці значення були схожі до тих, що були знайдені авторами роботи [66], які зафіксували значення FRAP 972 мкмоль Fe^{+2} /100 г для екстрактів куркуми, отриманих з метанолом і використанням традиційної екстракція.

На додаток до попередніх методів, аналізу екстракту куркуми зазвичай використовується для оцінки антиоксидантної здатності також метод ORAC,

який широко використовується для оцінки антиоксидантна активність фенольних сполук. Отримані результати показали значення 71,72 мг тролокса/г, які були вищими у порівнянні з даними інших авторів у водних і етанолових екстрактах, починаючи від від 10 до 25 мкмоль тролокса/г [67].

3.3. Хімічний склад досліджуваних зразків сосисок з баранини

Вплив концентрації екстракту куркуми на склад зразків сосисок із повним заміщенням жиру олією тигрового горіха показано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Вплив додавання екстракту куркуми на склад сосисок з баранини

	Зразки				
	Контроль	E316	K250	K500	K750
Волога	70.20 ± 0.84	70.54 ± 0.58	70.54 ± 0.41	70.52 ± 1.13	69.45 ± 1.26
Жир	9.49 ± 1.01	8.54 ± 0.63	8.47 ± 0.67	8.68 ± 0.99	9.36 ± 1.13
Білок	15.16 ± 1.01	15.95 ± 0.49	15.58 ± 0.43	15.92 ± 0.89	15.80 ± 0.70
Зола	2.89 ± 0.07	2.90 ± 0.02	2.91 ± 0.04	2.87 ± 0.08	2.87 ± 0.06

Слід констатувати, що хімічний склад істотно не відрізнявся у досліджуваних зразках і мав значення в діапазоні 69,45–70,54% вологи, 8,47–9,49% жиру, 15,16–15,92 % білка і 2,87–2,91 % золи. Ці результати узгоджуються з даними у науковій літературі про хімічний склад сосисок з баранини, виготовлених з натуральним антиоксидантом [68].

3.4. Дослідження динаміки параметру рН і кольору

На значення рН впливав час зберігання. Показник рН збільшувався на 6-й день для всіх зразків, а потім залишався практично постійним до кінця терміну зберігання (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 - Вплив додавання екстракту куркуми на параметри рН і колір сосисок з баранини при холодному зберіганні

Показ- ник	Термін зберігання	Зразки				
		Контроль	E316	K250	K500	K750
рН	0	5.53 ± 0.05	5.57 ± 0.02	5.57 ± 0.04	5.57 ± 0.12	5.59 ± 0.03
	6	5.73 ± 0.09	5.76 ± 0.06	5.75 ± 0.05	5.72 ± 0.08	5.73 ± 0.03
	12	5.55 ± 0.12	5.58 ± 0.15	5.58 ± 0.13	5.53 ± 0.17	5.55 ± 0.15
	18	5.51 ± 0.05	5.57 ± 0.05	5.58 ± 0.05	5.61 ± 0.03	5.63 ± 0.04
L*	0	50.78 ± 2.82	50.23 ± 2.87	48.38 ± 2.78	49.40 ± 2.54	48.38 ± 2.89
	6	50.70 ± 2.47	50.44 ± 3.43	49.64 ± 2.19	47.49 ± 2.02	47.85 ± 2.76
	12	53.24 ± 2.76	51.06 ± 2.33	50.93 ± 2.40	49.18 ± 3.37	48.97 ± 2.33
	18	50.96 ± 2.29	50.90 ± 1.65	50.36 ± 2.50	48.18 ± 1.71	46.46 ± 1.84
a*	0	10.44 ± 0.87	11.44 ± 0.94	9.11 ± 1.10	7.02 ± 1.41	8.16 ± 1.41
	6	7.87 ± 0.83	8.92 ± 0.98	6.98 ± 0.80	7.62 ± 1.57	8.25 ± 1.18
	12	7.73 ± 0.91	7.01 ± 0.81	5.48 ± 0.89	6.27 ± 1.16	7.55 ± 1.15
	18	7.94 ± 0.96	8.13 ± 1.13	6.18 ± 0.96	6.36 ± 0.83	5.98 ± 0.56
b*	0	17.56 ± 1.41	18.54 ± 1.14	26.32 ± 4.90	31.87 ± 2.69	35.32 ± 2.99
	6	17.66 ± 1.32	18.36 ± 1.24	29.67 ± 2.76	32.56 ± 2.40	35.04 ± 3.55

	12	18.09 ± 0.95	16.54 ± 1.37	29.22 ± 3.13	32.46 ± 3.35	35.45 ± 2.68
	18	17.22 ± 1.21	17.38 ± 1.23	28.61 ± 2.67	31.62 ± 3.35	35.01 ± 1.82

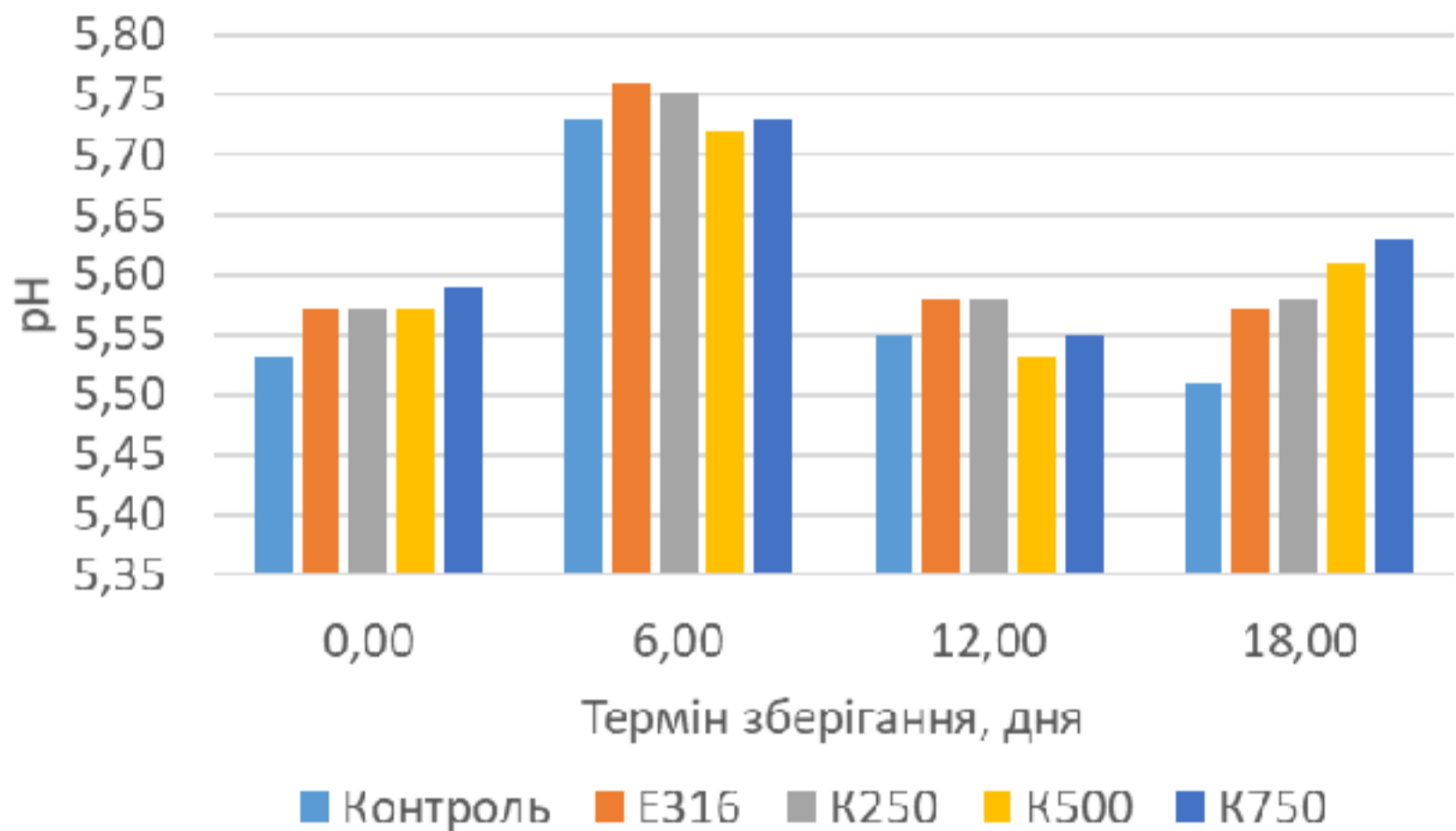


Рисунок 3. 3 - Динаміка рН у зразках сосисок з баранини при додаванні екстракту куркуми

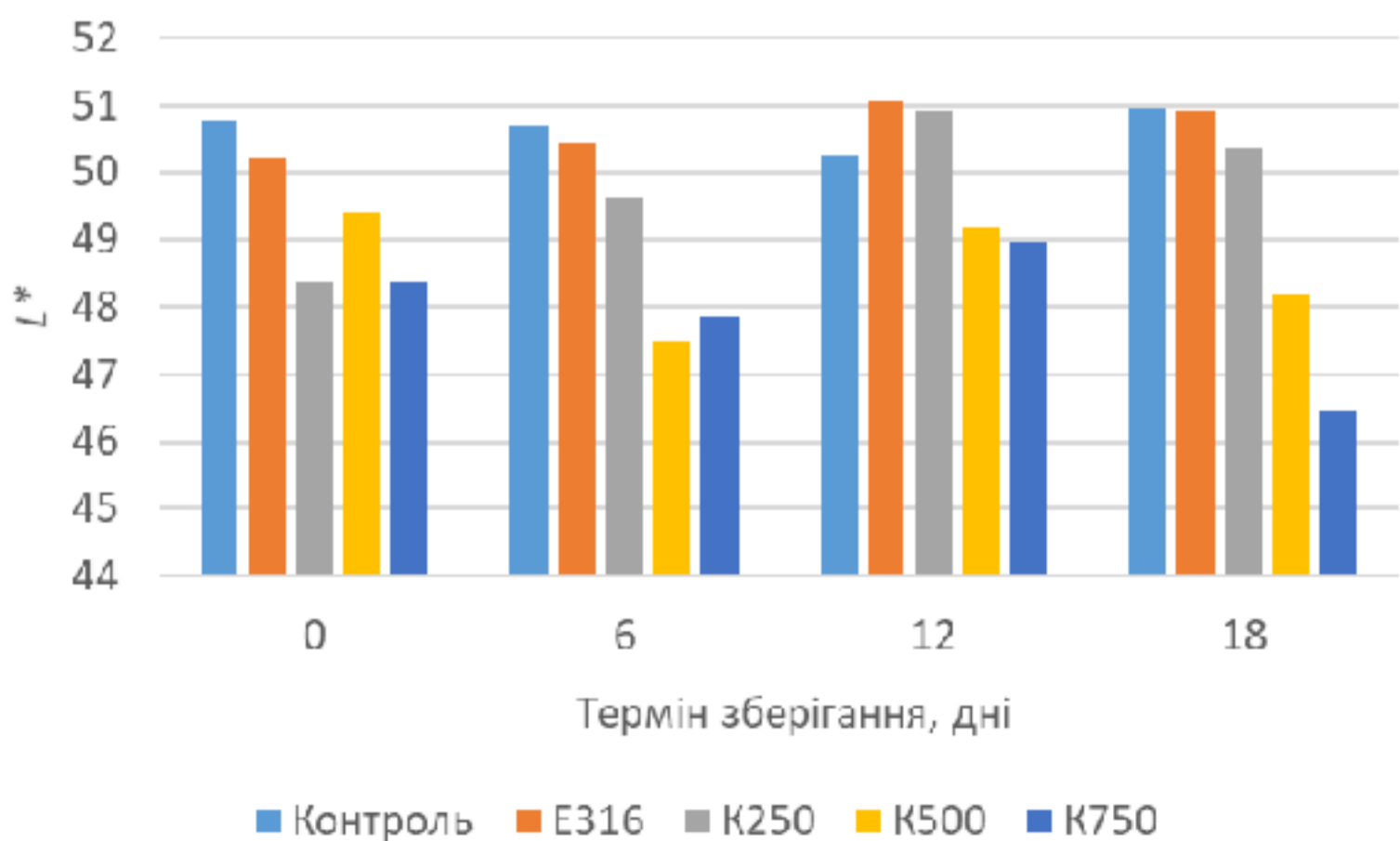


Рисунок 3.4 - Динаміка світлості (значення показника L^*) у зразках сосисок з баранини при додаванні екстракту куркуми

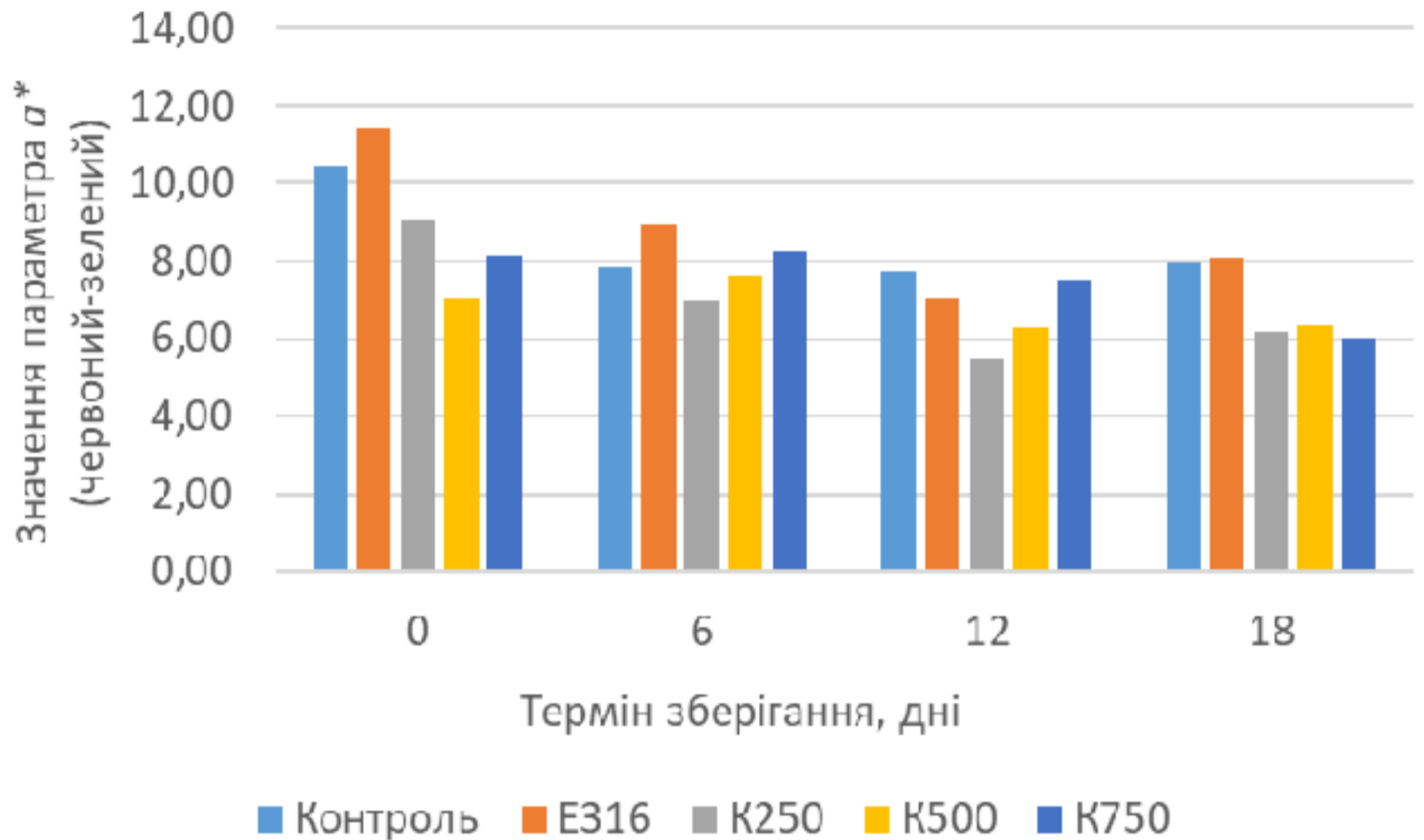


Рисунок 3.5 Динаміка показника a^* (червоний – зелений) у зразках сосисок з баранини при додаванні екстракту куркуми

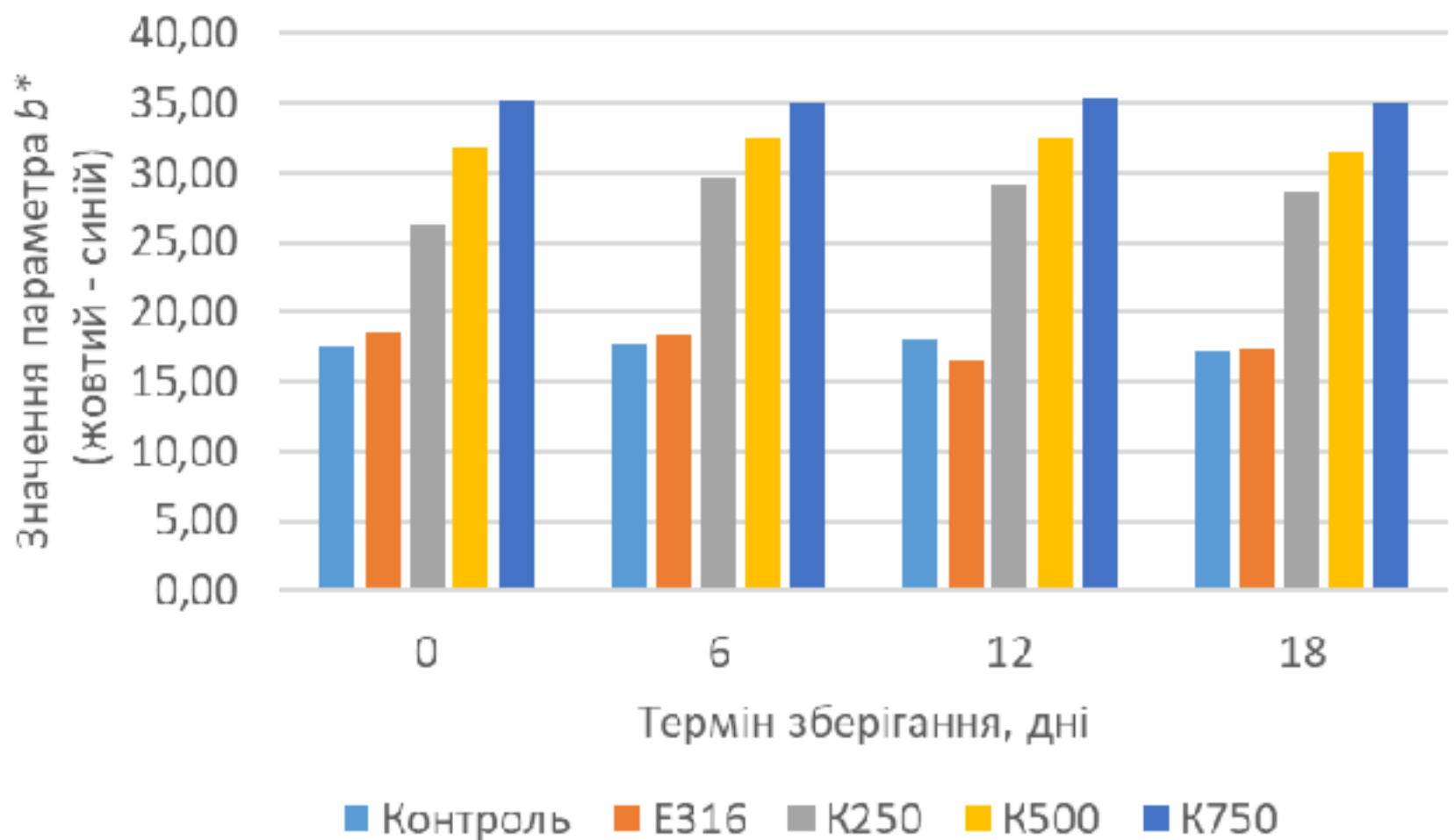


Рисунок 3.6 - Динаміка показника b^* (жовтий – синій) у зразках сосисок з баранини при додаванні екстракту куркуми

Серед досліджуваних зразків були значні відмінності на початку і в кінці в період відображення. Сосиски з антиоксидантами мали вищі значення, ніж ті, що спостерігалися в контролі, зі значеннями 5,57 або вище у зразках з антиоксидантами (E316 і зразки з куркумою). до нижчих значень у контрольних зразках. Подібний результат було зафіксовано на 18 день, знову контрольні зразки показали нижчі значення, ніж експериментальні (5,51 проти 5,57, 5,58, 5,61 та 5,63 для Контролю, проти E316, K250, K500 і K750 відповідно).

Значення, отримані в цнашому дослідженні узгоджуються з даними інших авторів [2, 16], які оцінили вплив натуральних екстрактів на термін придатності м'ясних продуктів. Крім того, ці припущення можуть бути пов'язані з протеолітичними процесами, які відбуваються під час зберігання. За даними [9], значення рН можуть впливати на деградацію білків і вивільнення пептидів, амінокислот, аміаку та амінів під час зберігання.

Стосовно параметрів кольору, час зберігання не вплинув на значення L^* . Зокрема на 12 і 18 добу контрольні зразки показали найвищі значення (50,96 і 46,46 відповідно). В випадку значень a^* , спостерігалось значне зниження протягом усього періоду зберігання для всіх досліджуваних зразків, крім сосисок K500. Зразки, що містять екстракти куркуми, показали найнижчі значення a^* в дні 0 і 18 (значення в діапазонах 7,02–9,11 і 5,98–6,36 відповідно). Незважаючи на найнижче значення a^* , слід визнати той факт, що відсутність змін a^* у зразках K500 під час зберігання свідчать про більшу стабільність і може бути перевагою перед іншими зразками, оскільки зміна кольору продукту не бажана споживачами. Про зменшення значення a^* у м'ясних продуктах з додаванням природних антиоксидантів під час зберігання також повідомляли інші автори [6, 69].

У випадку значень b^* були достовірні відмінності, які спостерігалися лише в сосисках з E316 під час зберігання. Доречно згадати що, як і очікувалося, відбулося поступове збільшення значення b^* у зразках з додаванням екстракту куркуми. Партія K750 мала найвищі значення на початку і в кінці терміну зберігання (35,32 а 35.01 відповідно). Ці результати можна віднести до характерного жовтого коліру куркуми.

У харчовій промисловості порошок куркуми зазвичай використовується як жовтий барвник. Повідомлялося про схожий результат авторами роботи [70], які помітили вищі значення a^* в бургері з кроликом з порошок куркуми, ніж у контрольній обробці.

3.5. Дослідження втрат при варінні та профілю текстури розроблених зразків сосисок

Що стосується втрат під час приготування їжі, у день 0 спостерігалось відхилення від 21,16% до 26,67% серед груп, коли сосиски K250 показали менші втрати при варінні, ніж контрольні зразки (табл. 3.5 та рис. 3.7).

Таблиця 3.5 - Вплив додавання екстракту куркуми на втрати при варінні та показники профілю текстури сосисок з баранини

Показник	Термін зберігання	Зразки				
		Контроль	E316	K250	K500	K750
Втрати при варінні, %	0	26.67 ± 2.60	22.79 ± 2.50	21.16 ± 1.82	23.85 ± 2.97	23.68 ± 2.77
	6	24.22 ± 2.14	20.45 ± 2.50	24.33 ± 2.01	22.92 ± 2.33	23.86 ± 2.48
	12	24.11 ± 2.85	20.48 ± 1.89	23.33 ± 2.09	21.88 ± 2.08	23.04 ± 3.12
	18	25.28 ± 0.94	21.78 ± 2.85	25.95 ± 1.56	25.73 ± 2.51	23.14 ± 1.88
Твердість, Н	0	37.18 ± 4.77	39.60 ± 4.01	33.89 ± 3.90	39.50 ± 3.31	37.51 ± 3.13
	6	53.14 ± 5.56	60.65 ± 6.19	52.46 ± 5.94	54.45 ± 5.47	52.98 ± 5.55
	12	56.78 ± 3.78	65.70 ± 6.26	59.58 ± 5.53	63.34 ± 6.80	55.74 ± 5.01
	18	64.62 ± 6.62	64.32 ± 6.92	56.24 ± 5.72	64.69 ± 6.32	51.90 ± 5.77
Пружність, мм	0	0.75 ± 0.02	0.77 ± 0.02	0.76 ± 0.04	0.79 ± 0.03	0.78 ± 0.03
	6	0.80 ± 0.02	0.82 ± 0.01	0.80 ± 0.05	0.81 ± 0.01	0.82 ± 0.02
	12	0.80 ± 0.03	0.83 ± 0.03	0.83 ± 0.01	0.83 ± 0.01	0.82 ± 0.02
	18	0.80 ± 0.02	0.82 ± 0.01	0.82 ± 0.02	0.82 ± 0.01	0.81 ± 0.04
Когезія	0	0.51 ± 0.03	0.51 ± 0.03	0.51 ± 0.04	0.52 ± 0.03	0.51 ± 0.03
	6	0.55 ± 0.06	0.51 ± 0.04	0.53 ± 0.04	0.53 ± 0.04	0.53 ± 0.05

	12	0.55 ± 0.03	0.54 ± 0.04	0.54 ± 0.04	0.53 ± 0.02	0.53 ± 0.04
	18	0.54 ± 0.03	0.55 ± 0.03	0.52 ± 0.03	0.53 ± 0.05	0.51 ± 0.05
Розжовуваність, Н мм	0	14.19 ± 1.87	15.54 ± 1.33	13.12 ± 1.78	16.19 ± 1.86	14.86 ± 1.75
	6	23.00 ± 2.62	25.95 ± 2.90	22.35 ± 2.65	23.39 ± 2.31	22.89 ± 2.57
	12	24.74 ± 2.92	29.79 ± 2.92	26.88 ± 2.79	27.82 ± 2.22	24.23 ± 2.97
	18	27.91 ± 3.1	28.97 ± 3.66	24.00 ± 3.23	27.90 ± 3.17	21.67 ± 3.67

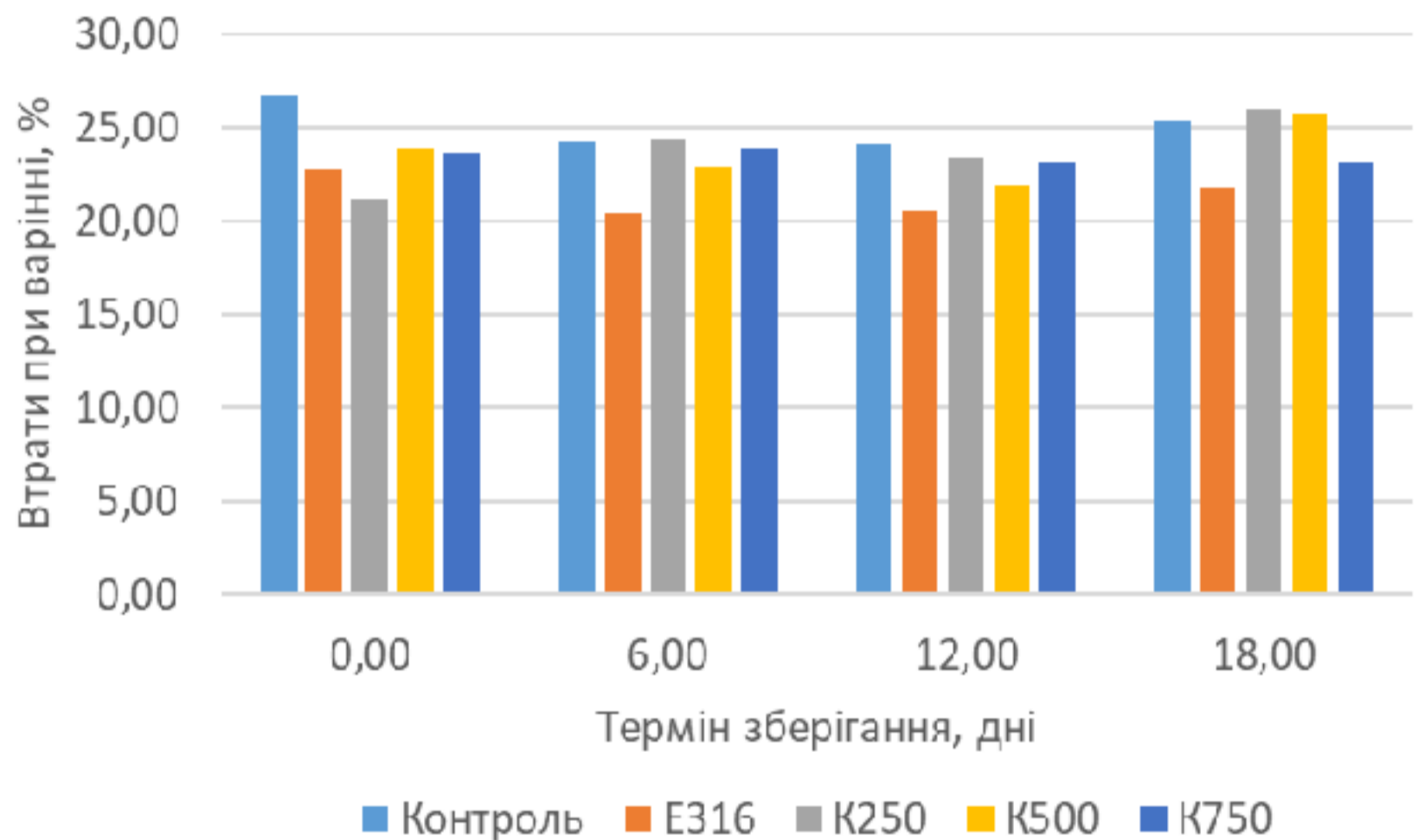


Рисунок 3.7 - Динаміка впливу додавання екстракту куркуми на втрати при варінні сосисок з баранини під час зберігання в холодильнику

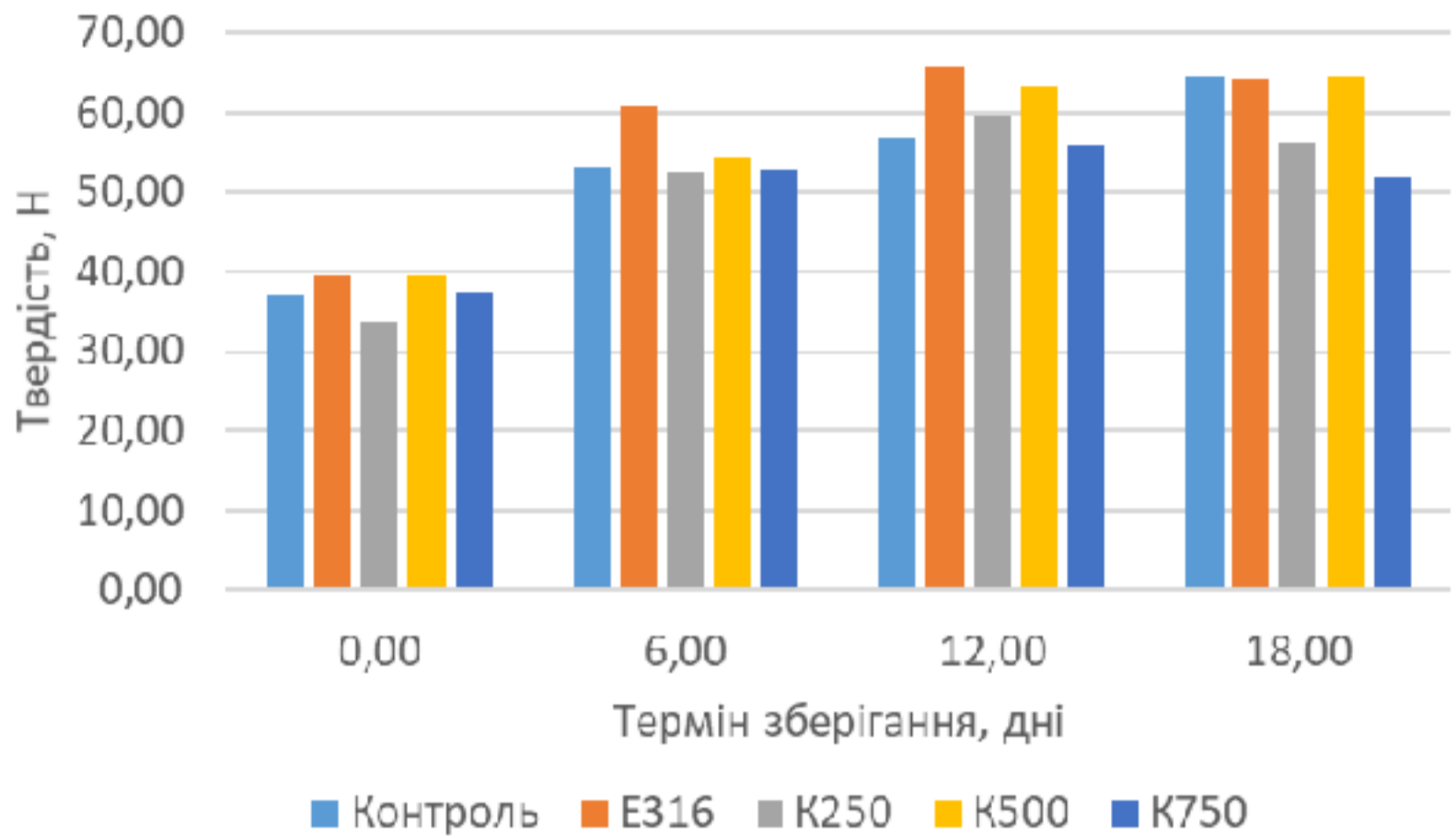


Рисунок 3.8 - Динаміка впливу додавання екстракту куркуми на твердість сосисок з баранини під час зберігання в холодильнику

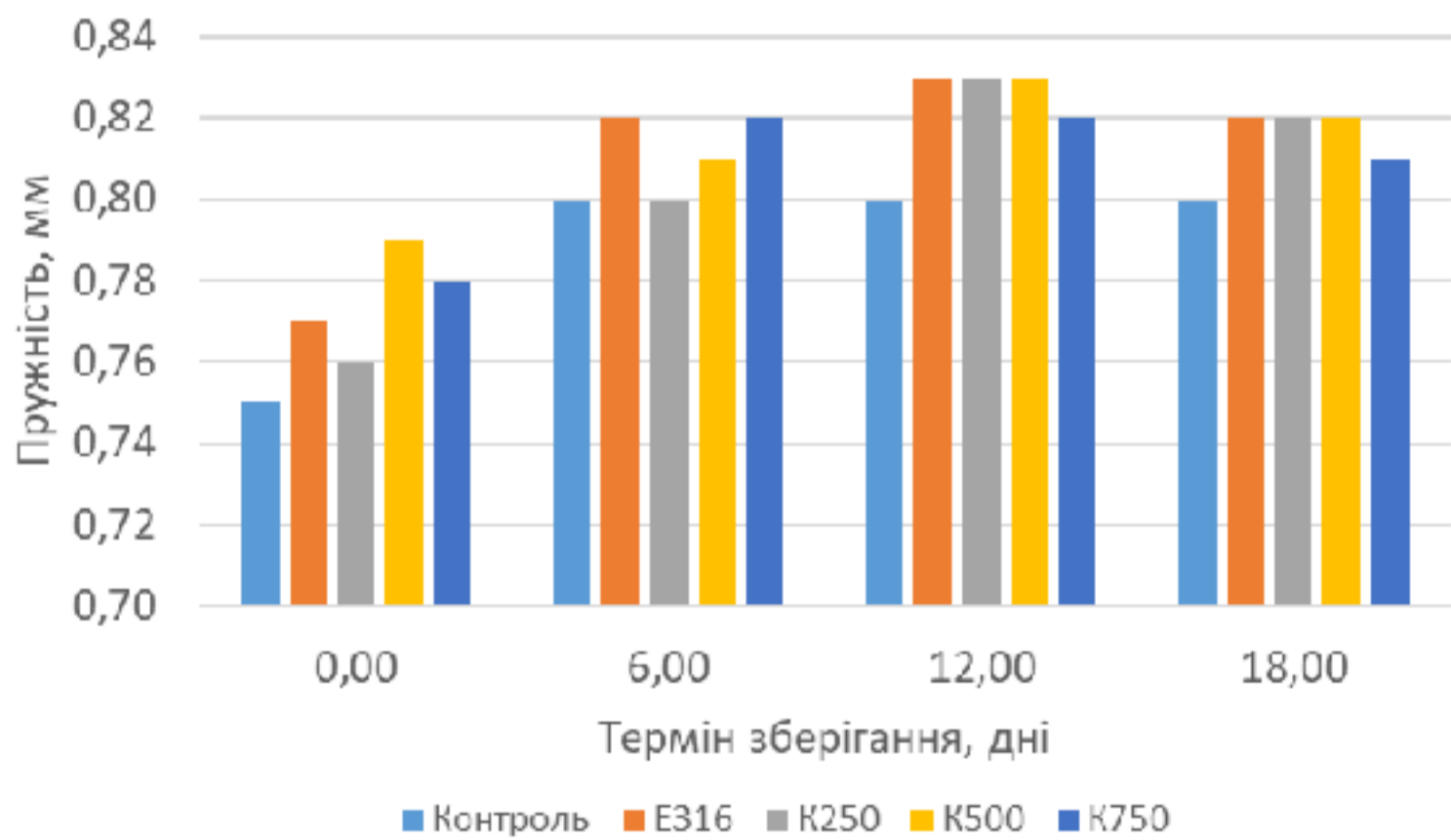


Рисунок 3.9 - Динаміка впливу додавання екстракту куркуми на пружність сосисок з баранини під час зберігання в холодильнику

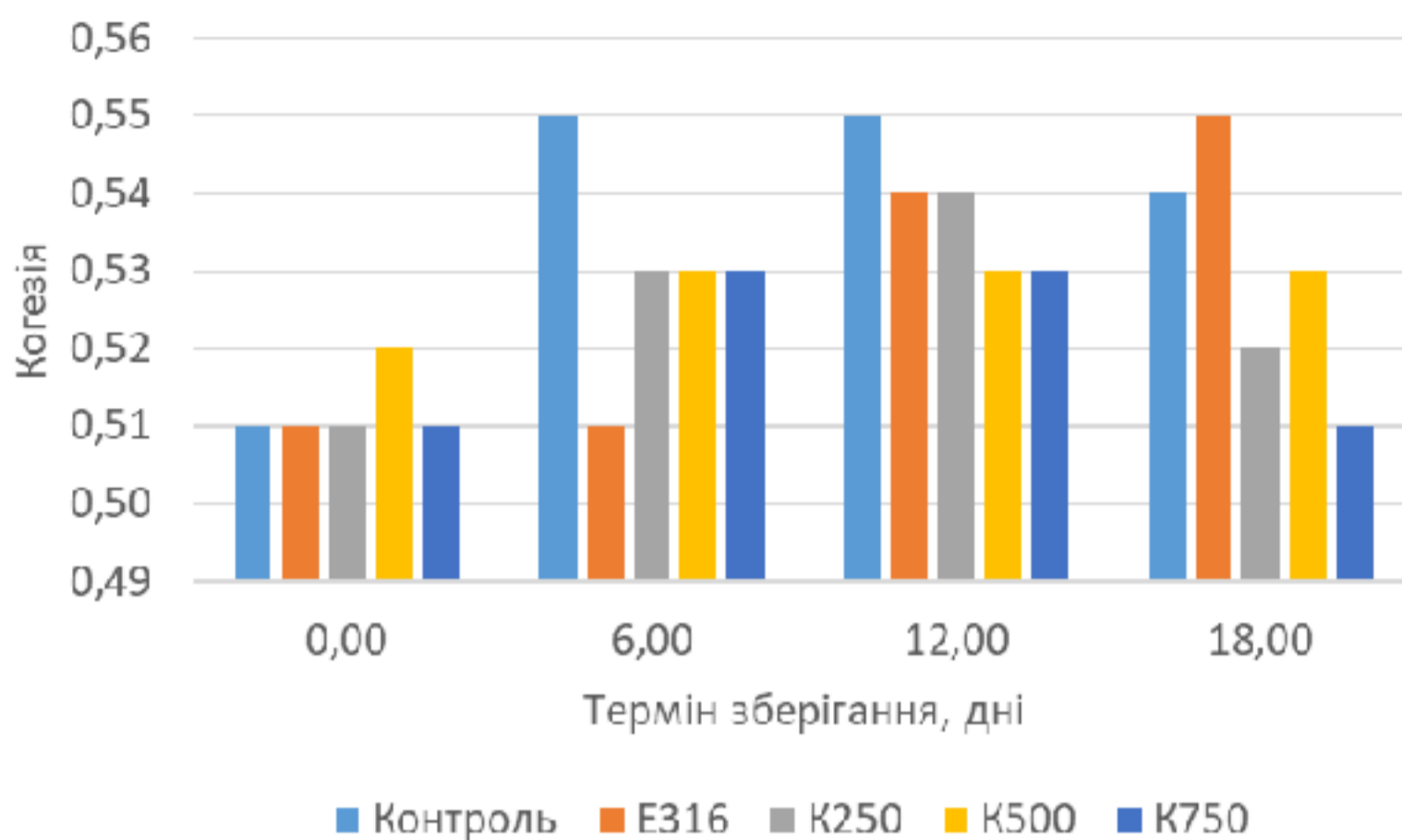


Рисунок 3.10 - Динаміка впливу додавання екстракту куркуми на когезію сосисок з баранини під час зберігання в холодильнику

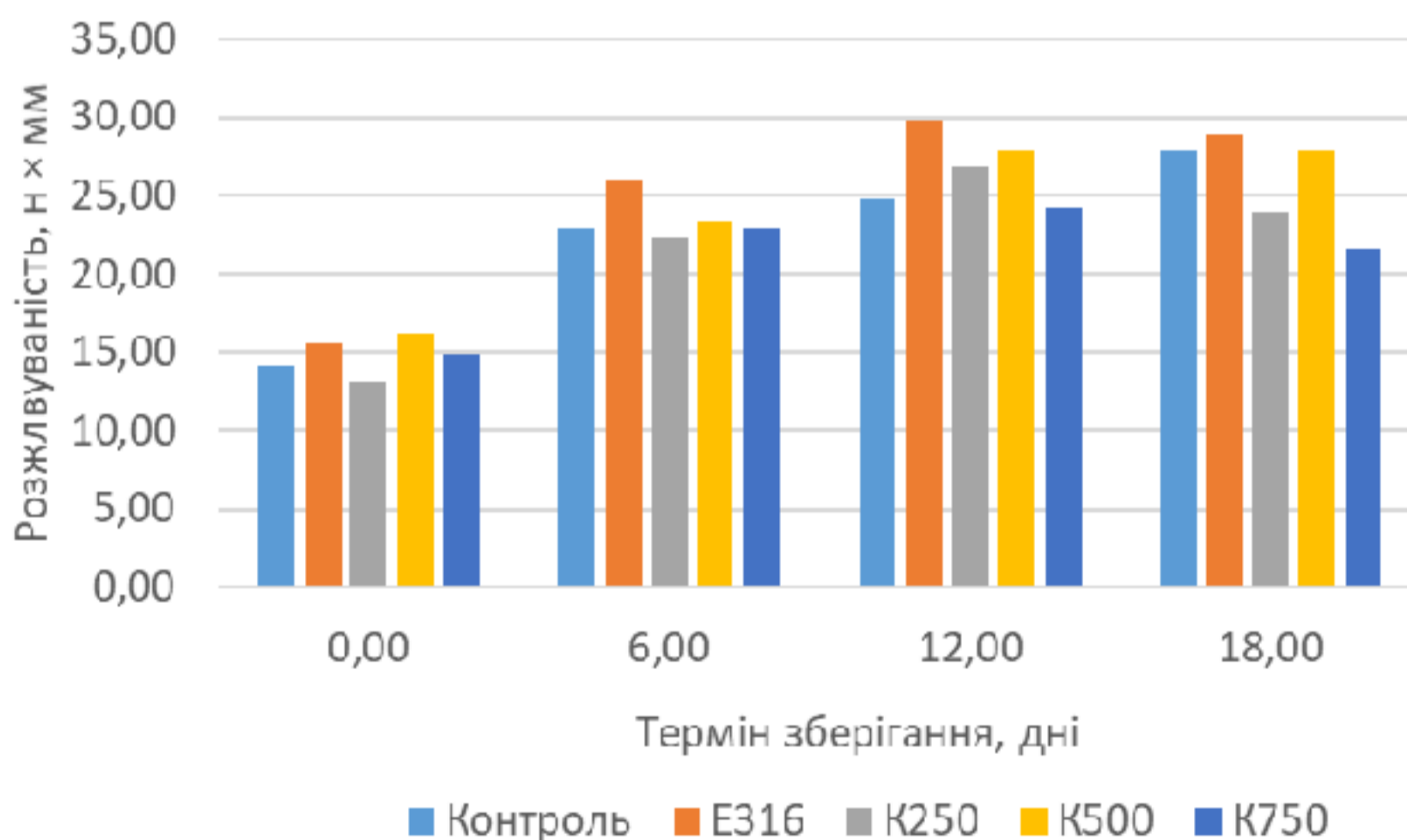


Рисунок 3.11 - Динаміка впливу додавання екстракту куркуми на розжовуваність сосисок з баранини під час зберігання в холодильнику

Сосиски, виготовлені з екстрактом куркуми, досягли значень, подібних до контроль (25,08%), але вище, ніж партія E316 (21,78%) наприкінці терміну зберігання. Автори роботи [71] також повідомили про збільшення втрат при варінні протягом періоду зберігання за рахунок додавання порошку з листя каррі (*Murraya koenigii*) у варене мелене козяче м'ясо. Відповідно до [72], можна вплинути на втрату їжі при варінні та здатність білкової матриці стабілізуватися та/або іммобілізувати молекули жиру і води. Крім того, фенольні сполуки можуть взаємодіяти з білковими тіолами, змінюючи здатність утримувати воду, особливо при високих концентраціях [73].

Додавання антиоксидантів не вплинуло на параметри текстури протягом періоду зберігання. З іншого боку, твердість, пружність і жувальна здатність з часом збільшувалися. Твердість сосисок мала мінімальне значення 33,89 Н в день 0 і максимум 64,62 Н на 18 день, тоді як для пружності та жувальної здатності мінімальні значення становили 0,75 мм і 13,12 Н·мм, а максимальні були 0,82 мм і 28,97 Н·мм відповідно. Ці результати можуть бути пояснені можливою втратою вологи під час зберігання.

Автори роботи [74] помітили значні кореляції між показниками твердість, жувальна здатність та зв'язність із вмістом вологи ($r = -0,67$, $r = -0,48$, $r = -0,26$ відповідно). Крім того, згідно з роботою [75] окислення білка може спричинити збільшення твердості через втрату білкової функціональності та формування білкових зшивок. Ці автори повідомили про значну кореляцію між вмістом карбонілів і твердістю ($r = 0,56$).

3.6. Антиоксидантна активність і окислювальна стабільність (ліпідів і білків окислення)

Результати дослідження динаміки зміни антиоксидантної активності сосисок з баранини методами DPPH та TBARS показані в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Еволюція антиоксидантної активності (DPPH), значень TBARS і вмісту карбонілу у сосисках з баранини

Показник	Термін зберігання	Зразки				
		Контроль	E316	K250	K500	K750
DPPH (мг Тролокс/г)	0	198,15	750,18	582,37	749,29	995,50
	6	146,11	211,19	183,14	314,88	500,11
	12	122,14	152,11	141,01	252,00	421,05
	18	92,31	88,14	120,21	262,12	408,37
TBARS (мг МДА/кг)	0	0,36	0,32	0,39	0,26	0,23
	6	1,27	0,58	0,50	0,39	0,42
	12	1,70	1,13	0,51	0,50	0,50
	18	2,76	1,57	0,68	0,49	0,46
Карбоніли (нмоль/мг)	0	5,66	5,50	5,96	5,42	5,67
	6	5,12	5,22	5,50	4,92	5,02
	12	5,78	6,48	5,98	5,22	5,28
	18	6,98	6,98	6,48	6,42	6,77

Аналіз наведених даних свідчить, що значення DPPH зменшувалося з часом у всіх партіях до 6 дня, коли антиоксидантна активність ковбасних виробів була стабільною до кінця зберігання.

Протягом усього терміну спостереження зразки K750 показали найвищі значення, що змінюються від 995,5 до 408,37 мкг тролокса/г на початку та в кінці часу зберігання. Важливо підкреслити, що зразки K750 продемонстрували вищі значення, ніж зразки E316 протягом усього періоду зберігання. Подібна поведінка спостерігалася в інших зразках з екстрактом куркуми, хоча лише в деяких випадках відбору проб. Таким чином зразки K500 показали більшу антиоксидантну активність DPPH, ніж зразки E316 з 6 дня відбирання проб до кінця періоду зберігання, тоді як зразки K250 мали лише вищі значення в останніх двох точках відбору зразків протягом терміну

придатності. Цей результат підтверджує ефективність використання екстракту куркуми для покращення та підтримування антиоксидантного потенціалу сосисок з баранини під час зберігання.

Кілька інших досліджень оцінювали ефект включення натурального антиоксидантів у м'ясні продукти [15, 18, 44, 61, 76 - 78]. Однак, як правило, потрібна була вища доза, ніж синтетичний антиоксидант. У нашому дослідженні при меншій дозі, ніж у ериторбат натрію, ми спостерігали високу антиоксидантну здатність у сосисках, розроблених з екстрактом куркуми та підтримування високого рівня з часом, порівняно зі зразками з синтетичним антиоксидантом.

Основними антиоксидантними сполуками куркуми є куркуміноїди, серед яких куркумін є найбільш дослідженим [70]. За даними роботи [71], куркумін є потужним гальмівним елементом кисню і може бути відновленим вторинним антиоксидантом. Цей радикал знаходиться в клітинній мембрані, де перехоплює ліпідні радикали і стає фенокиським радикалом. Причому цей радикал більш полярний, ніж куркумін, і може рухатися до поверхні мембрани і бути відновленим будь-яким водорозчинним антиоксидантом, таким як аскорбінова кислота [79]. Крім того, автори роботи [80] повідомили, що два інших куркуміноїди (деметоксикуркумін і бісдеметоксикуркумін) були також виявлені як ефективні антиоксидантні сполуки в куркумі.

Окислення ліпідів є одним із основних факторів, що обмежують термін придатності м'ясні продукти [81]. Еволюція значення TBARS сосисок з баранини з екстрактом куркуми за певний час показано в табл. 3.6. На представлені результати вплинуло додавання антиоксиданту (вміст MDA) та час зберігання. Як і очікувалося, у день 0 спостерігалися незначущі відмінності між досліджуваними зразками. Рівні показника TBARS з часом зросли в партіях Контроль (від 0,36 до 2,76 мг MDA/кг у дні 0 і 18 відповідно) та E316 (від 0,32 до 1,57 мг MDA/кг у дні 0 і 18 відповідно), тоді як зразки з куркумою демонстрували стабільну динаміку. Слід звернути увагу на

монотонне збільшення даного параметра в зразках K500 і K750 до 12 дня, а потім деяке зниження до кінця терміну зберігання.

Зразки з малим вмістом куркуми показали стадію стабілізації між 6 і 12 днями, а потім показник продовжував збільшуватися. Значення у цих зразків були нижчими, ніж спостережувані в контролі та зразках E316, але трохи вище, ніж зразки з більш високим вмістом куркуми. Слід зазначити, що така поведінка обернено пропорційна значенню DPPH відповідних процедур, що підтверджує ефективність антиоксидантних властивостей куркуми.

На 6 день зберігання зразків з додаванням антиоксиданту зафіксовано нижчі рівні MDA порівняно з контролем, але відмінності, що спостерігалися серед них, були несуттєвими. На 12 і 18 день контрольна партія мала найвищі рівні MDA (1,70 мг MDA/кг і 2,76 мг MDA/кг, відповідно) у порівнянні зі зразками E316 (1,13 мг MDA/кг і 1,57 мг MDA/кг відповідно), тоді як сосиски з екстрактом куркуми показав кращу окислювальну стабільність навіть у порівнянні зі зразками E316. Серед зразків з екстрактом куркуми найвище значення TBARS спостерігалось у зразках K250 на 18 день (0,68 мг MDA/кг), що було нижчим, ніж значення, отримані для контрольних партій і партій E316 (2,76 мг - MDA/кг і 1,57 мг MDA/кг відповідно) після 18 днів зберігання. Цікаво підкреслити, що автори роботи [82] повідомили про MDA концентрації від 1 до 2 мг/кг слід розглядати як граничні значення для сенсорного сприйняття прогірклості. Таким чином, контрольні зразки та зразки E316 будуть сприйматися як згірклі на шостий день зберігання та на 12-й день. При цьому зразки, що містять екстракт куркуми не перевищувала граничних значень до кінця терміну зберігання.

Аналіз зразків K500 і K750 навіть показав значення нижче 0,6 мг MDA/кг, що розглядається як більш обмежувальний рівень псування прогірклого смаку у м'ясних продуктах [83].

Карбоніли білків є одними з основних продуктів окислення білків, і карбонільний радикал зазвичай використовують як індикатор для оцінки прогресування окислення білка [5]. Зміни загального карбонільного вмісту

сосисок з баранини під час зберігання представлений у табл. 3.6. Рівні карбонілів знизилися протягом перші 6 днів, а потім їх рівні поступово зростали до кінця часу зберігання. Це збільшення було значним у зразках E316, K500 і K750, з результатами в діапазоні від 5,66, 5,42 і 5,67 нмоль/мг на день 0 до 6,98, 6,42 і 6,77 нмоль/мг через 18 днів відповідно.

Отримані нами результати збігаються з результатами, отриманими для свинячих котлет з екстрактом з насінням гуарани, як природнього антиоксиданта [18]. Ці автори повідомили про зниження вмісту карбонілів протягом перших 7 днів у зразках з екстрактом гуарани, а потім спостерігали прогресуюче збільшення під час зберігання. Таким чином, наші результати свідчать про те, що на початкових стадіях відбувається деградація карбонілів в інших окисних сполуках. Ця теорія була досліджена іншими авторами у філе вареній баранини, в якому виявлено деградацію карбонілів внаслідок реакцій з іншими сполуками, які сприяли відновленню карбонілів [84]. Навпаки, інші автори повідомили про збільшення карбонілів протягом усього терміну спостереження. Автори роботи [85], які перевірили дію екстрактів фукусу пухирчастого як натуральних антиоксидантів у свинячих котлетах, сформованих з олеогелями протягом 18 днів зберігання виявили прогресивне і постійне збільшення вмісту карбонілів.

Нарешті, інші автори повідомляли про овечі гамбургери [13], гамбургери з баранини [19] і овечі сосиски [38], коли різна зміна показників вмісту карбонілів (збільшення або зменшення) залежала від точки відбору. На відміну від наведених даних, інші автори повідомили, що використання екстракту орегано в бургері з бараниною [15, 65, 68], використання екстракту гуарани в низьких концентраціях [18] або екстракту листя пітанги [16] у котлети зі свинини призвели до значного зменшення утворення карбонілів протягом часу зберігання.

Згідно з даними роботи [5], механізм окиснення білків відбувається через вільнорадикальну ланцюгову реакцію, порівнянну з окисненням ліпідів, але з більшою складністю шляху та більшою різноманітністю продукти

окислення. У складній матриці, такій як м'ясо, зв'язки між перекисним окисленням ліпідів і окисненням білків досі невідомі [86]. Крім того, автори роботи [45], стверджували, що карбонілювання білка може впливати на функціональність білків, включаючи водоутримуючу здатність і текстуру. У цьому зв'язку, автори роботи [87] досліджували інтенсивність карбонілювання білка при зниженні зв'язування води здатність білків м'яса. Хоча деякі автори вказували на кореляцію між окисненням білків і ліпідів цей зв'язок не спостерігався у нашому дослідженні. У цьому сенсі це може свідчити про те, що вміст карбонілів більше пов'язаний з параметрами текстури, ніж ліпідів окислення.

3.7. Сенсорний аналіз зразків сосисок з баранини

Дослідження органолептичних показників показало, що всі вироблені зразки відповідають вимогам ДСТУ 4436:2005 (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 - Відповідність органолептичних показників вимогам ДСТУ 4436:2005

Назва показника	Вимога ДСТУ	Конт- роль	E316	K250	K500	K750
Зовнішній вигляд	Батони з чистою сухою поверхнею, без пошкоджень, бульйонних та жирових набряків	Відп.	Відп.	Відп.	Відп.	Відп.
Консистенція	Ніжна та соковита та пружна	Відп.	Відп.	Відп.	Відп.	Відп.
Вигляд фаршу на розрізі	Фарш рівномірно перемішаний без порожнини і сірих плям	Відп.	Відп.	Відп.	Відп.	Відп.
Запах і смак	Власний даному виду продукту з ароматом прянощів без стороннього запаху та присмаку	Відп.	Відп.	Відп.	Відп.	Відп.

Але, щоб оцінити, наскільки сосиски вважалися прийнятними, споживачі оцінювали колір, зміну кольору поверхні та запах сировини продукту в часі (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 - Сенсорні оцінки органолептичних показників сосисок із баранини під час зберігання.

Використана гедонічна шкала: 1 = непринятно; 2 = навряд чи прийнятно; 3 = прийнятно; 4 = добре; 5 = відмінно

Показник	Термін зберігання	Зразки				
		Контроль	E316	K250	K500	K750
Зовнішній вигляд	0	4,45	4,59	4,51	4,44	4,09
	6	4,41	4,50	4,44	4,01	3,68
	12	3,98	4,02	4,12	3,77	3,25
	18	3,33	3,60	3,59	3,20	3,13
Консистенція	0	4,67	4,45	4,22	4,65	4,56
	6	4,45	4,22	4,21	4,45	4,45
	12	3,99	4,23	4,19	4,12	4,12
	18	3,98	4,23	4,09	4,08	4,00
Вигляд фаршу на розрізі	0	4,23	4,22	4,22	4,22	4,22
	6	-	-	-	-	-
	12	-	-	-	-	-
	18	-	-	-	-	-
Запах	0	4,21	3,91	3,88	3,72	3,61
	6	3,88	3,88	3,70	3,68	3,52
	12	3,00	2,94	3,28	3,40	3,33
	18	1,98	2,80	3,12	3,11	3,01
Смак	0	4,12	4,44	4,23	4,24	4,23
	6	4,02	4,12	3,89	4,11	4,09

	12	3,33	3,88	3,44	3,99	3,67
	18	2,12	3,54	3,22	3,45	3,12

У день 0 колір усіх зразків був прийнятним (бали вище 3), де вищі значення спостерігалися для контрольних партій і партій E316, можливо, через вищий рівень a^* значення, що спостерігалися в цих зразках. Потім бали знизилися до кінця зберігання, коли зразки контроль, K250 і K500 отримали оцінки 3. Знебарвлення поверхні сприймалося як прийнятне протягом усього часу спостереження з подібною поведінкою серед партій зразків. Стосовно ознака запаху, контроль, зразки E316 і K500 вважалися прийнятними до 6 дня, тоді як партії K250 і K750 були прийнятні протягом 12 днів. На 18 день всі досліджувані зразки, окрім зразків з екстрактом куркуми, розглядалися як неприпустимі з точки зору запаху. Це може бути пов'язано з ліпідами окислення, згадане вище.

Щодо сенсорного аналізу варених сосисок, все групи отримали оцінку приймального тесту вище 4 (прийнятність межа гедонічної шкали, використаної в цьому дослідженні) для всіх атрибутів. Там були незначущі відмінності у смаку, консистенції та загальну якість сосисок, демонструючи, що добавка екстракту куркуми не вплинуло на прийнятність цих властивостей варених сосисок з баранини. Однак на колір вплинуло доповнення і концентрація екстракту куркуми. Контроль і зразки K500 отримали найвищі бали, у той час як поступове зниження балів спостерігалось як функція концентрації екстракту.

Найнижчі показники для кольору спостерігалися у зразках K750. Цей результат, можливо, пов'язаний із більш жовтуватим кольором сосисок з додаванням екстракту куркуми, про що свідчать високі значення b^* представлені цими групами. Однак показники запаху були вищими в зразках, що містить екстракт куркуми (5,84, 5,72, 5,66 проти 5,25 і 5,22 для зразків K500,

К750, К250, Контроль та Е316 відповідно), які підтвердить, що даний інгредієнт цінують за його смак у кулінарії.

Таким чином, цей результат свідчить про можливе покращення, пов'язані з використанням екстрактів куркуми як інгредієнта при виготовленні сосисок із баранини.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз сучасної науково-технічної літератури з проблеми підвищення якості сосисок з баранини підтвердив, що одним зі шляхів вирішення цього завдання є їх збагачення екстрактом куркуми, як антиоксиданта та сировини, які містять біологічно активні речовини.

Викристання технології субкритичного екстрагування біологічно активних речовин з куркуми та етанолу у якості розчинника дозволило отримати новий інгредієнт для побільшого використання в технології сосисок з баранини.

Виготовлення та дослідження зразків за запропонованою технологією показало, що розроблені зразки сосисок мають певні переваги, у порівнянні з контрольними зразками.

Так, наші дослідження продемонстрували потенціал екстракту куркуми для збільшення термін зберігання сосисок з баранини, діючи як природний антиоксидант і не впливаючи на фізико-хімічні властивості навіть при нижчих дозах, ніж ті, що використовуються для синтетичного антиоксиданту (ериторбат натрію). Екстракт куркуми у сосисках з баранини показав вищу антиоксидантну дію протягом усього періоду зберігання і, отже, уповільнюючи окислення ліпідів, що підтверджено результатами методами DPPH, TBARS та карбонілів білків, які є одними з основних продуктів окислення білків, і карбонільний радикал зазвичай використовують як індикатор для оцінки прогресування окислення білка.

Сосиски з додаванням екстракту куркуми відповідають вимогам діючого ДСТУ в розрізі органолептичних показників. Крім того, екстракт куркуми суттєво подовжив прийнятність атрибуту аромату при зберіганні сосисок.

Додавання екстракту куркуми дозволяє відмовитися від хімічного антиоксиданта E316 та покращити такі показники, як втрати при варінні, твердість зразків, їх пружність, когезія та розжовуваність під час їжі.

Таким чином, використання екстракту куркуми як природного антиоксиданту дозволяє замінити синтетичний антиоксидант ериторбат натрію, що відповідає перспективній стратегії вдосконалення якоті сососок з баранини в розрізі подовження терміну їх зберігання та збереження якісних характеристик.

Отримані результати мають практичне значення та їх доцільно використовувати на підприємствах м'ясопереробної промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз ринку ковбасних виробів в Україні. <https://inventure.com.ua/uk/analytics/investments/analiz-rinku-kovbasnih-virobiv-v-ukrayini>.
2. de Carvalho, F. A. L., Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Bermúdez, R., Purriños, L., & Trindade, M. A. (2019). Effect of guarana (*Paullinia cupana*) seed and pitanga (*Eugenia uniflora* L.) leaf extracts on lamb burgers with fat replacement by chia oil emulsion during shelf life storage at 2 °C. *Food Research International*, 125.
3. Chauhan, P., Das, A. K., Nanda, P. K., Kumbhar, V., & Yadav, J. P. (2018). Effect of *Nigella sativa* seed extract on lipid and protein oxidation in raw ground pork during refrigerated storage. *Nutrition & Food Science*, 48(1), 2–15.
4. Lorenzo, José M., Batlle, R., & Gómez, M. (2014). Extension of the shelf-life of foal meat with two antioxidant active packaging systems. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 181–188.
5. Lund, M. N., Heinonen, M., Baron, C. P., & Estévez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular Nutrition and Food Research*, 55(1), 83–95.
6. Zamuz, S., López-Pedrouso, M., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Domínguez, H., & Franco, D. (2018). Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: Evaluation of their impact on physicochemical properties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential. *Food Research International*, 112, 263–273.
7. Monteiro, G. M., Souza, X. R., Costa, D. P. B., Faria, P. B., & Vicente, J. (2017). Partial substitution of pork fat with canola oil in Toscana sausage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 44, 2–8.
8. Agregán, R., Franco, D., Carballo, J., Tomasevic, I., Barba, F. J., Gómez, B., Muchenje, V., & Lorenzo, J. M. (2018). Shelf life study of healthy pork liver pâté with added seaweed extracts from *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. *Food Research International*, 112, 400–411.

- Orellana, S., Mattar, J., Rimac Brnčić, S., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2019). Replacement of meat by spinach on physicochemical and nutritional properties of chicken burgers. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(5), (e13935)1-8.
10. Lorenzo, Jose M., Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Campagnol, P. C. B., & Domínguez, R. (2016). Healthy Spanish salchichón enriched with encapsulated n-3 long chain fatty acids in konjac glucomannan matrix. *Food Research International*, 89, 289-295.
11. Hu, B., Zhou, K., Liu, Y., Liu, A., Zhang, Q., Han, G., Liu, S., Yang, Y., Zhu, Y., & Zhu, D. (2018). Optimization of microwave-assisted extraction of oil from tiger nut (*Cyperus esculentus L.*) and its quality evaluation. *Industrial Crops and Products*, 115, 290-297.
12. Barros, J. C., Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Patciro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Trindade, M. A., & Lorenzo, J. M. (2020). Use of tiger nut (*Cyperus esculentus L.*) oil emulsion as animal fat replacement in beef burgers. *Foods*, 9(1), 44.
13. Vargas-Ramella, M., Pateiro, M., Barba, F. J., Franco, D., Campagnol, P. C. B., Munekata, P. E. S., Tomasevic, I., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2020). Microencapsulation of healthier oils to enhance the physicochemical and nutritional properties of deer pâté. *LWT*, 125, Article 109223.
14. Pateiro, M., Lorenzo, J. M. M., Amado, I. R. R., & Franco, D. (2014). Effect of addition of green tea, chestnut and grape extract on the shelf-life of pig liver pâté. *Food Chemistry*, 147, 386-394.
15. Fernandes, R. P. P., Trindade, M. A., Tonin, F. G., Pugine, S. M. P., Lima, C. G., Lorenzo, J. M., & de Melo, M. P. (2017). Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. *Food Chemistry*, 233, 101-109.
16. Lorenzo, Jose M., Vargas, F. C., Strozzi, I., Pateiro, M., Furtado, M. M., Sant'Ana, A. S., Rocchetti, G., Barba, F. J., Domínguez, R., Lucini, L., & do Amaral

- Sobral, P. J. (2018). Influence of pitanga leaf extracts on lipid and protein oxidation of pork burger during shelf-life. *Food Research International*, 114, 47–54.
17. Munekata, Paulo Eduardo S, Rocchetti, G., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2020). Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: An overview. *Current Opinion in Food Science*, 31, 81–87.
18. Pateiro, M., Vargas, F. C., Chíncha, A. A. I. A., Sant'Ana, A. S., Strozzi, I., Rocchetti, G., Barba, F. J., Domínguez, R., Lucini, L., do Amaral Sobral, P. J., & Lorenzo, J. M. (2018). Guarana seed extracts as a useful strategy to extend the shelf life of pork patties: UHPLC-ESI/QTOF phenolic profile and impact on microbial inactivation, lipid and protein oxidation and antioxidant capacity. *Food Research International*, 114, 55–63.
19. de Carvalho, F. A. L., Munekata, P. E. S., Lopes de Oliveira, A., Pateiro, M., Domínguez, R., Trindade, M. A., & Lorenzo, J. M. (2020). Turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on oxidative stability, physicochemical and sensory properties of fresh lamb sausage with fat replacement by tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil. *Food Research International*, 136, 109487.
20. Munekata, Paulo E.S., Pateiro, M., Zhang, W., Domínguez, R., Xing, L., Fierro, E. M., & Lorenzo, J. M. (2021). Health benefits, extraction and development of functional foods with curcuminoids. *Journal of Functional Foods*, Vol. 79, p. 104392.
21. Rubén Domínguez, Mirian Pateiro, Noemi Echeagaray, Roberto Bermúdez, Márcio Vargas-Ramella, Paulo E.S. Munekata, José M. Lorenzo. Use of turmeric as natural antioxidant in healthy beef pâté: Effect on lipid oxidation and lineal aldehydes. 67th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST).
22. Martínez, L., Cilla, I., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (2006). Antioxidant effect of rosemary, borage, green tea, pu-erh tea and ascorbic acid on fresh pork sausages packaged in a modified atmosphere: influence of the presence of sodium chloride. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(9), 1298–1307.

23. Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 429.
24. Isabela Dante Alves Negrão, Fernanda Jéssica Mendonça, Ana Clara Longhi Pavanello, Adriana Lourenço Soares. (2023). Preparation, characterization, and evaluation of antioxidant activity of turmeric flour in chicken patties. *Food Sci. Technol, Campinas*, 43, e53222.
25. Restrepo-Osorio, J., Nobile-Correa, D. P., Zuñiga, O., & Sánchez-Andica, R. A. (2020). Determination of nutritional value of turmeric flour and the antioxidant activity of *Curcuma longa* rhizome extracts from agroecological and conventional crops of Valle del Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 49(1), 26-32.
26. Zhang, H., Wu, J., & Guo, X. (2016). Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. *Food Science and Human Wellness*, 5(1), 39-48.
27. Mancini, S., Preziuso, G., Dal Bosco, A., Roscini, V., Szendrő, Z., Fratini, F., & Paci, G. (2015). Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) Negrão et al. *Food Sci. Technol, Campinas*, 43, e53222.
28. Lim, H. S., Park, S. H., Ghafoor, K., Hwang, S. Y., & Park, J. (2011). Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chemistry*, 124(4), 1577-1582.
29. Patriani, P., Hellyward, J., Hafid, H., Apsari, N. L., & Hasnudi. (2021). Application of sweet basil (*Ocimum basilicum*) on physical and organoleptic qualities of chicken meatballs. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science, 782(2), 022083.
30. São Paulo: Científica Digital. Sueth-Santiago, V., Mendes-Silva, G. P., Decoté-Ricardo, D., & de Lima, M. E. F. (2015). Curcumina, o pó dourado do açafraão-da-terra: introspecções sobre química e atividades biológicas. *Química Nova*, 38(4), 538-552.

31. Mirela Garcia Fernandes, Camila Bitencourt Cervi, Rosemary Aparecida de Carvalho & Judite Lapa-Guimarães. Evaluation of Turmeric Extract as an Antioxidant for Frozen Streaked Prochilod (*Prochilodus lineatus*) Fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. Volume 26, 2017 - Issue 9. Pages 1057-1069.
32. S.B. Hawthorne, M.L. Riekkola, K. Sreenius, Y. Holm, R. Hiltunen, K. Hartonen, Comparison of hydrodistillation and supercritical fluid extraction for the determination of essential oils in aromatic plants, *J. Chromatography A* 634 (1993)297–308.
33. R. Soto Ayala, M.D. Luque de Castro, Continuous subcritical water extraction as a useful tool for isolation of edible essential oils, *Food Chemistry* 75 (2001)109–113.
34. S. Rovio, K. Hartonen, Y. Holm, R. Hiltunen, M.L. Riekkola, Extraction of clove using pressurized hot water, *Flavour and Fragrance J.* 14 (1999) 399–404.
35. A. Kubátová, A.J. Lagadec, D.J. Miller, S.B. Hawthorne, Selective extraction of oxygenates from savory and peppermint using subcritical water, *Flavour and Fragrance J.* 16 (2001) 64–73.
36. M. Herrero, A. Cifuentes, E. Ibanz, Sub-and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: plants, food-by-products, algae and microalgae: a review, *Food Chemistry* 98 (2006) 136–148.
37. Hassas-Roudsari M, Chang PR, Pegg RB, Tyler RT. Antioxidant capacity of bioactives extracted from canola meal by subcritical water, ethanolic and hot water extraction. *Food Chem.* 2009;114:717–26.
38. Lee M-A, Choi J-H, Choi Y-S, Kim H-Y, Kim H-W, Hwang K-E, Chung H-K, Kim C-J. (2011). Effects of kimchi ethanolic extracts on oxidative stability of refrigerated cooked pork. *Meat Sci* 89: 405– 11.
39. Brown JE, Kelly MF. (2007). Inhibition of lipid peroxidation by anthocyanins, anthocyanidins and their phenolic degradation products. *Eur J Lipid Sci Technol* 109(1): 66– 71.

40. Vaithiyanathan S, Naveena BM, Muthukumar M, Girish PS, Kondaiah N. (2011). Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4°C). *Meat Sci* 88: 409–14.
41. Субкритична екстракція біологічно активних речовин із виноградних вичавок: моногр. В.О. Сукманов, А.І. Українець, В.Л. Зав'ялов та ін. К.: НУХТ, 2019. 415 с.
42. Gallo M, Ferracane R, Naviglio D. (2012). Antioxidant addition to prevent lipid and protein oxidation in chicken meat mixed with supercritical extracts of *Echinacea angustifolia*. *J Supercrit Fluids* 72: 198–204.
43. Marqués JL, Porta GD, Reverchon E, Renuncio JAR, Mainar AM. (2013). Supercritical antisolvent extraction of antioxidants from grape seeds after vinification. *J Supercrit Fluids* 82: 238–43.
44. Pereira P, Bernardo-Gil MG, Cebola MJ, Mauricio E, Romano A. (2013). Supercritical fluid extracts with antioxidant and antimicrobial activities from myrtle (*Myrtus communis L.*) leaves. Response surface optimization. *J Supercrit Fluids* 83: 57–64.
45. Richter BE, Raynie D. (2012). 2.06 - Accelerated solvent extraction (ASE) and high-temperature water extraction. In: J Pawliszyn, editor. *Comprehensive sampling and sample preparation*. Oxford: Academic Press. p 105–15.
46. Zhang G, Hu M, He L, Fu P, Wang L, Zhou J. (2013). Optimization of microwave-assisted enzymatic extraction of polyphenols from waste peanut shells and evaluation of its antioxidant and antibacterial activities in vitro. *Food Bioprod Process* 91: 158–68.
47. Badr HM, Mahmoud KA. (2011). Antioxidant activity of carrot juice in gamma-irradiated beef sausage during refrigerated and frozen storage. *Food Chem* 127: 1119–30.
48. Ciriano MG-Id, Rehecho S, Calvo MI, Cavero RY, Navarro Í, Astiasarán I, Ansorena D. (2010). Effect of lyophilized water extracts of Melissa

- functional ingredient in meat products. *Meat Sci* 85: 373–7.
49. Sun W, Zhao M, Cui C, Zhao Q, Yang B. (2010). Effect of Maillard reaction products derived from the hydrolysate of mechanically deboned chicken residue on the antioxidant, textural and sensory properties of Cantonese sausages. *Meat Sci* 86: 276–82.
50. Bittencourt, G. M., Firmiano, D. M., Fachini, R. P., Lacaz-Ruiz, R., Fernandes, A. M., & Oliveira, A. L. (2019). Application of Green Technology for the Acquisition of Extracts of Araçá (*Psidium grandifolium* Mart. ex DC.) Using Supercritical CO₂ and Pressurized Ethanol: Characterization and Analysis of Activity. *Journal of Food Science*, 84(6), 1297–1307.
51. Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Dominguez, R., Pateiro, M., Mañes, J., & Moltó, J. C. (2019). Evaluating the impact of supercritical-CO₂ pressure on the recovery and quality of oil from “horchata” by-products: Fatty acid profile, α -tocopherol, phenolic compounds, and lipid oxidation parameters. *Food Research International*, 120, 888–894.
52. Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In Lester Packer (Ed.). *Methods in Enzymology* (pp. 152–178). Academic Press.
53. Vyncke, W. (1975). Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 77(6), 239–240.
54. Mercier, Y., Gatellier, P., & Renerre, M. (2004). Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from Charolais cows finished on pasture or mixed diet. *Meat Science*, 66(2), 467–473.
55. Lago, A. M. T., Vidal, A. C. C., Schiassi, M. C. E. V., Reis, T., Pimenta, C., & Pimenta, M. E. S. G. (2017). Influence of the addition of minced fish on the preparation of fish sausage: Effects on sensory properties. *Journal of Food Science*, 82(2), 492–499.

56. Camo, J., Lorés, A., Djenane, D., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (2011). Display life of beef packaged with an antioxidant active film as a function of the concentration of oregano extract. *Meat Science*, 88(1), 174–178.
57. Lorenzo, J. M., & Munekata, P. E. S. (2016). Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(8), 709–719.
58. Şahin, S., Elhoussein, E., Bilgin, M., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., & Roohinejad, S. (2018). Effect of drying method on oleuropein, total phenolic content, flavonoid content, and antioxidant activity of olive (*Olea europaea*) leaf. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, Article e13604.
59. Maizura, M., Aminah, A., & Wan Aida, W. M. (2011). Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. *International Food Research Journal*, 18(2), 526–531.
60. Braga, M. E. M., Leal, P. F., Carvalho, J. E., & Meireles, M. A. A. (2003). Comparison of Yield, Composition, and Antioxidant Activity of Turmeric (*Curcuma longa* L.) Extracts Obtained Using Various Techniques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6604–6611.
61. Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Sant'Ana, A. S., Khaneghah, A. M., Gavahian, M., Gómez, B., & Lorenzo, J. M. (2018). Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 113, 156–166.
62. Žlabur, J.Š., Žutić, I., Radman, S., Pleša, M., Brnčić, M., Barba, F. J., Rocchetti, G., Lucini, L., Lorenzo, J. M., Domínguez, R., Brnčić, S. R., Galić, A., & Voća, S. (2020). Effect of Different Green Extraction Methods and Solvents on Bioactive Components of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) Flowers. *Molecules*, 25(4), 810.
63. Fernandes, R. P. P., Trindade, M. A., Lorenzo, J. M., & de Melo, M. P. (2018). Assessment of the stability of sheep sausages with the addition of different

- concentrations of *Origanum vulgare* extract during storage. *Meat Science*, 137, 244–257.
64. Pires, M. A., Munekata, P. E. S., Villanueva, N. D. M., Tonin, F. G., Baldin, J. C., Rocha, Y. J. P., Carvalho, L. T., Rodrigues, I., & Trindade, M. A. (2017). The antioxidant capacity of rosemary and green tea extracts to replace the carcinogenic antioxidant (BHA) in chicken burgers. *Journal of Food Quality*, 2409527, 1–6.
65. Huang, D., Boxin, O. U., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841–1856.
66. Jang, H. Der, Chang, K. S., Huang, Y. S., Hsu, C. L., Lee, S. H., & Su, M. S. (2007). Principal phenolic phytochemicals and antioxidant activities of three Chinese medicinal plants. *Food Chemistry*, 103(3), 749–756.
67. Tilak, J. C., Banerjee, M., Mohan, H., & Devasagayam, T. P. A. (2004). Antioxidant availability of turmeric in relation to its medicinal and culinary uses. *Phytotherapy Research*, 18(10), 798–804.
68. Fernandes, R. P. P., Trindade, M. A., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., & de Melo, M. P. (2016). Effects of oregano extract on oxidative, microbiological and sensory stability of sheep burgers packed in modified atmosphere. *Food Control*, 63, 65–75.
69. Alirezalu, K., Hesari, J., Nemati, Z., Munekata, P. E. S., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2019). Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. *Food Research International*, 120, 839–850.
70. Mancini, S., Preziuso, G., Dal Bosco, A., Roscini, V., Szendrő, Z., Fratini, F., & Paci, G. (2015). Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers. *Meat Science*, 110, 93–100.

71. ... A. K., Rajkumar, V., & Dwivedi, D. K. (2011). Antioxidant effect of curry leaf (*Murraya koenigii*) powder on quality of ground and cooked goat meat. *International Food Research Journal*, 18, 563–569.
72. Kumar, Y., Kairam, N., Ahmad, T., & Yadav, D. N. (2016). Physico-chemical, microstructural and sensory characteristics of low-fat meat emulsion containing aloe gel as potential fat replacer. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(2), 309–316.
73. Pateiro, M., Lorenzo, J., Vázquez, J., & Franco, D. (2015). Oxidation Stability of Pig Liver Pâté with Increasing Levels of Natural Antioxidants (Grape and Tea). *Antioxidants*, 4(1), 102–123.
74. Pateiro, M., Bermúdez, R., Lorenzo, J., & Franco, D. (2015). Effect of Addition of Natural Antioxidants on the Shelf-Life of “Chorizo”, a Spanish Dry-Cured Sausage. *Antioxidants*, 4(1), 42–67.
75. Estévez, M., Ventanas, S., & Cava, R. (2005). Protein Oxidation in Frankfurters with Increasing Levels of Added Rosemary Essential Oil: Effect on Color and Texture Deterioration. *Journal of Food Science*, 70(7), c427–c432.
76. Cunha, L. C. M., Monteiro, M. L. G., Lorenzo, J. M., Munckata, P. E. S., Muchenje, V., de Carvalho, F. A. L., & Conte-Junior, C. A. (2018). Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. *Food Research International*, 111, 379–390.
77. Domínguez, Rubén, Gullón, P., Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2020). Tomato as potential source of natural additives for meat industry. A review. *Antioxidants*, 9(1), 73.
78. Echegaray, N., Gómez, B., Barba, F. J., Franco, D., Estévez, M., Carballo, J., Marszałek, K., & Lorenzo, J. M. (2018). Chestnuts and by-products as source of natural antioxidants in meat and meat products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 82, 110–121.
79. Ak, T., & Gülçin, I. (2008). Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. *Chemico-Biological Interactions*, 174(1), 27–37.