



UDC 637.5.05:664.924.2:664.8.03

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR SAUSAGES USING FUNCTIONAL INGREDIENTSSofia D. Pantazi¹, Yuliia A. Matsuk¹, Vasyl M. Pasichnyi², Alina M. Geredchuk³, Olena S. Kovalova⁴¹Oles Honchar Dnipro National University, 72 Nauky Ave., Dnipro, 49010, Ukraine²National University of Food Technologies, 68 Volodymyrska St., Kyiv, 01033, Ukraine³Poltava University of Economics and Trade, 3 Ivan Bank St. Poltava, 36014, Ukraine⁴Dnipro State Agrarian and Economic University, 25 Serhiia Yefremova Street, Dnipro, 49009, Ukraine

Received 29 November 2025; accepted 30 January 2026; available online 23 March 2026

Abstract

The article presents the results of a scientific study aimed at improving the technology of cooked sausage products by introducing functional ingredients of natural origin – rosemary extract and chia seed powder. Particular attention is paid to their effect on physicochemical, technological, microbiological indicators and lipid oxidation indicators (acid and peroxide values) during storage. As part of the experiment, traditional raw materials were partially replaced in two ways: 50 % of vegetable oil was replaced with oil containing 80 % rosemary extract, and semi-fat pork was replaced with gel made from chia seed powder in quantities of 2.5%, 5 % and 7.5 %. The study was conducted on the basis of a control sample manufactured in accordance with the current DSTU. Qualitative and quantitative indicators were assessed using physicochemical, organoleptic, technological and microbiological criteria, as well as oxidative processes dynamics in the lipid fraction of the product. The results showed that the addition of functional ingredients does not worsen, but, stabilises microbiological indicators and does not accelerate oxidative processes during storage. The most balanced functional, technological, sensory and antioxidant properties were found in the sample with 5 % chia powder, where an optimal ratio of moisture retention capacity, structure, oxidation intensity and organoleptic characteristics was observed. The use of oil with rosemary extract provided a pronounced antioxidant effect, increased lipid stability and colour stability, while chia seed powder contributed to a reduction in the proportion of animal fats and an increase in the nutritional and biological value of the products. The practical significance lies in the possibility of implementing the proposed recipe and technological modification in industrial conditions without changing production equipment, which makes the approach technologically and economically feasible. The results obtained can be used to create a line of functional cooked sausage products with improved safety, stability and value.

Keywords: cooked sausage products; functional ingredients; chia seed powder; rosemary extract; microbiological indicators; acid number; peroxide number.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СОСИСОК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ІНГРЕДІЄНТІВСофія Д. Пантазі¹, Юлія А. Мацук¹, Василь М. Пасічний², Аліна М. Гереччук³, Олена С. Ковальова⁴¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Науки, 72, Дніпро, 49010, Україна²Національний університет харчових технологій, вулиця Володимирська, 68, Київ, 01033, Україна³Полтавський університет економіки і торгівлі, вулиця Івана Банка, 3, Полтава, 36014, Україна⁴Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, Дніпро, 49009, Україна**Анотація**

У статті представлені результати комплексного наукового дослідження, спрямованого на удосконалення технології сосисок шляхом введення функціональних інгредієнтів природного походження – екстракту розмарину та порошку насіння чіа. Особливу увагу приділено вивченню їхнього впливу на фізико-хімічні, функціонально-технологічні, мікробіологічні показники, а також на показники ліпідного окиснення (кислотне та перекисне числа) протягом зберігання. В рамках експерименту часткову заміну традиційної сировини здійснено за двома напрямками: 50 % рослинної олії замінено олією з 80 % екстракту розмарину, а свинину напівжирну – гелем із порошку насіння чіа в кількостях 2.5 %, 5 % та 7.5 %. Дослідження проводили на основі контрольного зразку, виготовленого відповідно до чинного ДСТУ. Якісні та кількісні показники оцінено за комплексом фізико-хімічних, органолептичних, технологічних та мікробіологічних критеріїв, а також за динамікою окисних процесів у ліпідній фракції продукту. Отримані результати засвідчили, що введення функціональних інгредієнтів не лише не погіршує, а навпаки, стабілізує мікробіологічні показники й не прискорює окисні процеси впродовж зберігання. Найбільш збалансовані функціонально-технологічні, сенсорні та антиоксидантні властивості визначені в зразку з 5 % порошку чіа, де спостерігалось оптимальне співвідношення вологоутримувальної здатності, структури, інтенсивності окиснення та органолептичних характеристик. Використання олії з екстрактом розмарину забезпечило виразний антиоксидантний ефект, підвищення стійкості ліпідів і стабільності кольору, а порошок насіння чіа сприяв зменшенню частки

*Corresponding author: e-mail: lyly2006@ukr.net

© 2025 Oles Honchar Dnipro National University; doi: 10.15421/jchemtech.v34i1.344952

тваринних жирів і підвищенню харчової та біологічної цінності виробів. Практична значущість полягає в можливості впровадження запропонованої рецептурно-технологічної модифікації у промислових умовах без зміни виробничого обладнання, що робить підхід технологічно й економічно доцільним. Отримані результати можуть бути використані для створення лінійки функціональних сосисок з покращеними показниками безпечності, стабільності та харчової цінності.

Ключові слова: сосиски; функціональні інгредієнти; порошок насіння чіа; екстракт розмарину; мікробіологічні показники; кислотне число; перекисне число.

Вступ

Постановка проблеми в загальному вигляді та актуальність дослідження. Сучасний розвиток м'ясопереробної галузі супроводжується активним впровадженням інноваційних технологій, спрямованих на удосконалення якісних, безпечних та функціональних властивостей продукції. Тенденції на світовому ринку харчування диктують виробникам відмовлятися від синтетичних добавок, а споживачі дедалі частіше надають перевагу продуктам з натуральними добавками, або взагалі без них [1; 2; 3]. У цьому контексті особливого значення набуває застосування природних функціональних інгредієнтів у рецептурах м'ясних виробів, що дозволяє створювати продукти з підвищеною біологічною цінністю, покращеними структурними показниками та підвищеною окиснювальною стабільністю [4]. Традиційно в м'ясних технологіях використовувалися синтетичні антиоксиданти, але альтернативою є екстракт розмарину, який містить високоактивні фенольні сполуки, зокрема карнозинову кислоту та карнозол, здатні інгібувати перекисне окиснення ліпідів та стабілізувати забарвлення м'ясних систем [5]. Перспективним напрямом у технології м'ясних виробів є застосування натуральних гідроколідів рослинного походження, які мають здатність до зв'язування води, емульгування та структуроутворення. В якості такого інгредієнта активно вивчається порошок насіння чіа (*Salvia hispanica*), який характеризується високим вмістом харчових волокон, омега-3 жирних кислот, білків і поліфенольних сполук. Споживачами насіння чіа сприймається як суперфуд і користується попитом серед веганів, вегетаріанців та людей, що слідкують за своїм щоденним харчуванням. Завдяки своїм функціональним та біологічно активним властивостям насіння чіа може виступати не лише як стабілізатор структури продукту, а й як джерело нутрієнтів з позитивним впливом на здоров'я споживачів [6]. Насіння чіа, що використовується на території України, має імпорتنе походження та надходить переважно з країн Латинської

Америци, зокрема Парагваю, Аргентини та Болівії, які є традиційними регіонами промислового вирощування цієї культури. Таким чином, актуальність даного дослідження полягає в необхідності наукового обґрунтування та технологічного впровадження екстракту розмарину та порошку насіння чіа в рецептури сосисок з метою підвищення їх стабільності, біологічної цінності та конкурентоспроможності на ринку функціональних харчових продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасні тенденції розвитку м'ясопереробної галузі спрямовані на створення продуктів підвищеної біологічної цінності, з покращеними функціонально-технологічними властивостями та збалансованим хімічним складом. Зростання інтересу споживачів до здорового харчування обумовлює потребу в упровадженні натуральних інгредієнтів, що не лише покращують якість готової продукції, але й сприяють збереженню її безпечності та харчової привабливості під час зберігання. В цьому контексті особливого значення набуває використання функціональних компонентів природного походження – рослинних білків, гідроколідів, екстрактів, олій, клітковини, а також біологічно активних речовин із насіння, плодів і трав.

Враховуючи зазначене, доцільним є аналіз сучасних наукових праць, у яких розглядаються питання підвищення якості варених ковбас, покращення їх структурно-механічних, сенсорних та функціональних характеристик за рахунок введення нетрадиційних, екологічно безпечних компонентів.

У публікації [7] представлені результати дослідження використання гелю з насіння чіа як альтернативного інгредієнта для заміни яєць у рецептурі свинячих котлет та оцінено його вплив на якісні показники продукції під час зберігання. Встановлено, що введення чіа-гелю сприяє підвищенню вологоутримувальної здатності фаршу, збереженню соковитості та забезпеченню стабільної текстурної структури виробів навіть за тривалого терміну зберігання.

Отримані зразки характеризувалися задовільними органолептичними властивостями, хоча в процесі зберігання відмічалися певні зміни інтенсивності кольору та смакових відтінків. Автори роблять висновок, що гель насіння чіа може не лише ефективно замінювати яйця, але й виконувати функції природного структуроутворювача та стабілізатора, що розширює перспективи його застосування в виробництві м'ясних і ковбасних виробів функціонального спрямування.

В дослідженні [8] проведено порівняння антиоксидантної дії натурального екстракту розмарину з синтетичними добавками ВНА і ВНТ у свинячих ковбасах. Результати показали, що розмарин уповільнює процеси ліпідного окиснення, зберігає природний колір і характерний смак виробів, не поступаючись за ефективністю синтетичним антиоксидантам. Було відзначено, що екстракт розмарину продовжує термін зберігання продукції, знижуючи інтенсивність утворення небажаних ароматичних сполук, пов'язаних із прогірканням жиру. Таким чином, розмарин продемонстрував потенціал як натуральна альтернатива синтетичним антиоксидантам у технології ковбасних виробів.

Огляд [9] систематизує дані щодо використання природних екстрактів із антиоксидантними властивостями в м'ясних продуктах, акцентуючи увагу на розмарині як на найбільш дослідженому компоненті. Автори наводять приклади його ефективності в різних видах виробів – від ковбас і паштетів до напівфабрикатів, підкреслюючи здатність екстракту пригнічувати окиснення ліпідів та білків, зберігати червоний колір м'яса й попереджати втрату смакових властивостей. Окремо відзначено, що розмарин може використовуватись у поєднанні з іншими натуральними екстрактами, підсилюючи антиоксидантний ефект. Узагальнено, що серед природних інгредієнтів саме розмарин має найбільший потенціал для промислового застосування завдяки стабільності та багатофункціональності.

В статтях [10; 11] розглядається техно-функціональний потенціал насіння чіа та його фракцій у складі м'ясних аналогів. Було показано, що чіа покращує водо- й жирозв'язувальну здатність, підвищує в'язкість і гелеутворювальні властивості, що сприяє формуванню щільнішої структури

продуктів. Крім того, завдяки високому вмісту білка, клітковини та омега-3 жирних кислот, чіа підвищує поживну цінність і функціональні властивості виробів. Автори зазначають, що використання чіа дозволяє створювати продукти зі збалансованим складом і кращими сенсорними характеристиками, що робить цей інгредієнт перспективним як для м'ясних, так і для альтернативних рослинних ковбасних виробів.

Метою роботи є удосконалення технології сосисок шляхом часткової заміни традиційної сировини функціональними інгредієнтами – екстрактом розмарину та порошком насіння чіа – для покращення фізико-хімічних, структурних та сенсорних властивостей готової продукції.

Згідно з метою роботи поставлені наступні завдання: проаналізувати сучасний стан технологій виробництва сосисок з акцентом на використання натуральних антиоксидантів та структуроутворювачів; проаналізувати біологічні та технологічні властивості екстракту розмарину та порошку насіння чіа, обґрунтувати доцільність їх використання в рецептурах; розробити експериментальні зразки варених ковбас з додаванням досліджуваних функціональних інгредієнтів; провести порівняльний аналіз фізико-хімічних, органолептичних та функціональних властивостей контрольного і дослідних зразків; визначити оптимальну концентрацію екстракту розмарину та порошку чіа в рецептурі.

Результати та їх обговорення

*Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва сосисок. Предметами дослідження є екстракт розмарину (*Rosmarinus officinalis L.*), порошок насіння чіа (*Salvia hispanica*), сосиски.*

На першому етапі дослідження був здійснений поглиблений аналіз хімічного складу, біологічної активності та технологічних властивостей обраних інгредієнтів, а також проведено їх порівняння з іншими природними антиоксидантами та структуроутворювачами з метою обґрунтування доцільності використання в технології варених ковбас.

Слід зазначити, що екстракт розмарину як ефективний природний антиоксидант є джерелом унікальних сполук: карнозол, карнозинова кислота, розмаринова кислота, урсолова кислота, а також ефірні олії (табл. 1)

[5; 12; 13]. Ці сполуки проявляють здатність до пригнічення вільнорадикальних реакцій у жировій фракції м'ясної сировини, що дозволяє істотно знизити темпи окиснення ліпідів і, відповідно, уповільнити утворення токсичних продуктів вторинного ліпідного розпаду. Така дія забезпечує подовжену стабільність кольору, аромату, смаку м'ясних виробів та зменшує втрати харчової цінності протягом зберігання [14].

Окремі дослідження [15] також свідчать про антимікробну активність екстракту розмарину, що додатково підвищує мікробіологічну безпеку готового продукту.

Екстракт листя розмарину розчиняють у рослинній олії для подальшого використання в харчових технологіях. Отримання екстракту розмарину здійснюється із висушеного листя шляхом екстрагування органічними розчинниками (етанолом, пропіленгліколем або їх сумішами), надкритичної екстракції вуглекислим газом або водно-етанольними розчинами. Надкритична екстракція є найбільш сучасною, оскільки дозволяє одержати концентрат без залишків токсичних речовин і з високим вмістом активних компонентів.

Main biologically active compounds in rosemary extract [5; 12; 13]

Table 1

Таблиця 1

Основні біологічно активні сполуки у складі екстракту розмарину [5; 12; 13]

Компонент	Концентрація (в середньому), мг/г сухої речовини	Біологічна дія
Карнозинова кислота	12-25	Потужний антиоксидант, стабілізує ліпіди, захищає мембрани
Карнозол	5-15	Антиоксидантна та антимікробна активність
Розмаринова кислота	1-8	Антиоксидант, захист білків та ДНК від окислювального стресу
Ефірна олія (1,8-цинеол, камфора, пінен)	До 2 %	Протимікробна дія, характерний аромат
Урсолова кислота	1-3	Протизапальні та гепатопротекторні властивості
Вітамін Е	0.5-1	Жиророзчинний антиоксидант, синергізм із фенольними сполуками
Кальцій	До 400 мг/100 г	Участь у ферментативних процесах
Залізо	До 15 мг/100 г	Сприяє кровотворенню, підтримує окисно-відновні реакції

Після екстрагування отриманий концентрат проходить стадії фільтрації, стандартизації та, за потреби, мікрокапсулювання з метою підвищення стабільності. Хоча в цьому така форма поступається ефірній олії розмарину, проте сприятливо використовується в кулінарії. Екстракт розмарину отримав європейську класифікацію харчових добавок під кодом E392 і описується як стабілізатор кольору, антиоксидант природного походження, а також характеризується стійкістю до високих температур і може використовуватися в м'ясній продукції у кількості до 150-300 мг/кг, залежно від типу продукту [16].

В межах даного дослідження власне процес екстрагування не здійснювався. Для експериментальних зразків використовували готовий стандартизований комерційний екстракт розмарину в соняшниковій олії (Turci, Італія), отриманий промисловим способом відповідно до вимог харчової безпеки ЄС. Застосування готового екстракту дозволило виключити вплив варіабельності

параметрів екстрагування (тип розчинника, температура, тиск, тривалість процесу) на склад і вихід цільових біологічно активних речовин та забезпечити відтворюваність експериментальних результатів.

Використання саме олійної форми екстракту є технологічно обґрунтованим, оскільки така форма забезпечує стабільність фенольних сполук, їх ефективно включення до жирової фази фаршу та зниження ризику негативного впливу на органолептичні показники готового продукту.

Порошок насіння чіа (*Salvia hispanica L.*) є функціональним інгредієнтом природного походження, який активно досліджується в технології харчових продуктів завдяки його хімічному складу та здатності істотно впливати на структурно-механічні, функціональні та органолептичні характеристики харчових систем (таблиця 2) [5; 6; 17].

Насіння чіа, подрібнене до порошкоподібного стану, виявляє принципово нові функціонально-технологічні властивості,

і в м'ясопереробній промисловості розглядається як перспективний природний гідроколоїд з функціями біологічно активного наповнювача. Його здатність до інтенсивної гідратації, утворення в'язких колоїдних систем і зв'язування вологи обумовлює підвищення структурної цілісності фаршевих м'ясних систем.

Зазначені властивості узгоджуються з результатами досліджень Senna C. et al. (2024) [18], які експериментально підтвердили зниження виділення вільної вологи та зростання стабільності емульгованих м'ясних систем за умови введення компонентів насіння чіа, що свідчить про його ефективну роль у формуванні стійкої білково-ліпідно-полісахаридної структури продукту.

Біохімічний склад порошку насіння чіа вирізняється високим вмістом дієтичних волокон (до 34 %), значною часткою повноцінного білка (16–20 %), присутністю

поліфенольних сполук, а також унікальним профілем жирних кислот, серед яких домінують омега-3 поліненасичені жирні кислоти – альфа-ліноленова кислота (ALA), що становить до 60 % від загального вмісту ліпідів [6].

Високий вміст водорозчинних і нерозчинних волокон у чіа зумовлює її здатність до зв'язування великої кількості води – до 12-кратного об'єму від власної маси. Це дозволяє використовувати порошок чіа як ефективний натуральний гідроколоїд, що діє за принципом харчового гелю. Його полімерна структура сприяє утворенню гелеутворювального каркасу, який ефективно утримує жир і білок у фаршевій системі, запобігаючи виділенню вільної вологи та жирових фракцій під час нагрівання. Завдяки цьому текстура варених ковбас з добавкою чіа стає більш щільною, пружною, однорідною.

Table 2

Main nutrients and functional components of chia seed powder [17]

Таблиця 2

Основні нутрієнти та функціональні компоненти порошку насіння чіа [17]

Показник	Вміст у 100 г сухої речовини	Біологічна та технологічна дія
Харчові волокна	34–40 г	Формування гелевої структури, покращення травлення
Білок	16–23 г	Джерело амінокислот, підвищення харчової цінності
Насичені жирні кислоти (Σ SFA)	\approx 2.80 г	Забезпечують структурну стабільність ліпідної фази; надмірний вміст обмежують у продуктах оздоровчого призначення
Пальмітинова кислота (C16:0)	1.89 г	Структурний компонент ліпідів; у помірних кількостях впливає на пластичність жирової фази
Стеаринова кислота (C18:0)	0.84 г	Метаболічно нейтральна насичена кислота, не підвищує рівень холестерину
Мононенасичені жирні кислоти (Σ MUFA)	\approx 1.69 г	Сприяють окисній стабільності жиру та формуванню м'якої текстури продукту
Олеїнова кислота (C18:1 n9)	1.50 г	Підвищує харчову цінність, сприяє зниженню рівня ЛПНЩ
Поліненасичені жирні кислоти (Σ PUFA)	\approx 23.57 г	Визначають високу біологічну цінність та функціональність чіа
Лінолева кислота (ω -6, C18:2 n6)	5.28 г	Структурний компонент клітинних мембран
α -ліноленова кислота (ω -3, C18:3 n3)	\approx 18.2 г	Протизапальна дія, кардіопротекторний ефект, підвищення функціональної цінності м'ясних виробів
Співвідношення ω -6 : ω -3	1 : 3.5	Оптимальне для продуктів здорового харчування
Загальний вміст ліпідів	\approx 30–33 г	Формування енергетичної цінності, участь у структуроутворенні фаршевих систем
Поліфеноли (в т. ч. хлорогенова, ферулова, кверцетин)	До 2 г	Антиоксидантна активність, гальмування вільнорадикальних реакцій
Кальцій	До 600 мг	Формування кісткової тканини, підтримка ферментативної активності
Магній	До 330 мг	Регуляція енергетичного обміну
Залізо	До 7 мг	Кровотворення, транспорт кисню

Показники жирнокислотного складу у 100 г сухої речовини не є абсолютними значенням для будь-якого порошку насіння чіа, а наведені

як діапазон, отриманий шляхом узагальнення даних літературних джерел, у яких вміст кислот в жировій фракції насіння чіа

коливається залежно від сорту, умов вирощування, ступеня подрібнення та знежирення сировини [17].

Заміна до 5 % тваринного жиру на гелеву форму чіа дозволяє зменшити загальний вміст ліпідів у продуктах без погіршення сенсорних характеристик. А додавання 2–3 % порошку насіння чіа до ковбасного фаршу значно підвищує водоутримувальну здатність та знижує втрати маси після термічної обробки на 15–20 % у порівнянні з контролем [6; 14; 19; 16; 20].

Разом екстракт розмарину та порошок насіння чіа формують синергічну систему природних стабілізаторів, здатну повністю або частково замінити синтетичні антиоксиданти та стабілізатори в рецептурах сосисок. Це забезпечує перспективний напрям для розроблення нових функціональних м'ясних виробів із покращеними показниками стабільності, безпечності та споживчої привабливості.

На основі аналізу сучасної наукової літератури здійснено порівняння найбільш

перспективних натуральних інгредієнтів, які застосовуються в м'ясній технології (табл. 3,4). Найбільш ефективним серед антиоксидантів для м'ясних продуктів визнано екстракт розмарину, який демонструє високу термостабільність, комплексну антиоксидантну дію та узаконений у ЄС (E392). Зелений чай також має сильні антиоксидантні властивості, але може впливати на колір і смак продукту. Чебрець і гранат ефективні в поєднанні з іншими добавками, але мають обмеження за органолептичним профілем [9; 21].

Серед натуральних структуроутворювачів порошок насіння чіа виділяється своєю здатністю формувати стабільні гелі, забезпечувати добру водоутримуючу здатність та збагачувати продукт функціональними сполуками. Інулін ефективно використовується як жирозамінник та пребіотик, але не має гелеутворювальної здатності.

Table 3

Comparative characteristics of the effectiveness of natural antioxidants

Таблиця 3

Порівняльна характеристика ефективності природних антиоксидантів

Інгредієнт	Основні активні сполуки	Механізм антиоксидантної дії	Ефективність
Екстракт розмарину	Карнозол, карнозинова кислота, урсолова кислота	Знешкодження вільних радикалів, хелатування металів	Значне зниження окиснення ліпідів у ковбасах на 40–60 %
Екстракт чебрецю	Тимол, карвакрол	Антиоксидантна та антимікробна активність, інгібування пероксидаз	Зниження окиснення ліпідів у сирокочених ковбасах на 30 %
Екстракт зеленого чаю	Катехіни (EGCG), галлат епігалокатехіну	Потужний донор протонів, захист білково-ліпідних структур	Подовження терміну зберігання ковбас на 5–7 діб
Екстракт гранату	Елагова кислота, антоціани, таніни	Інгібування ліпоксигенази, антиоксидантний щит	Зниження інтенсивності вторинного окиснення на 35 %

Псиліум відзначається високою в'язкістю, що може бути корисним у рецептурах зі зниженим вмістом тваринних білків. Целюлозні волокна є дешевшими, але технологічно менш гнучкими в порівнянні з іншими загущувачами. Природні компоненти повинні вводитися з урахуванням технологічного процесу (наприклад, попередня гідратація чіа або інуліну). Європейська асоціація харчової безпеки (EFSA) та українське законодавство (наказ МОЗ №533/2021) дозволяють використання зазначених інгредієнтів у складі м'ясних виробів у межах рекомендованих доз без

необхідності токсикологічного маркування [10].

Внесення змін до рецептури та заміна традиційних інгредієнтів функціональними компонентами зумовлені необхідністю підвищення біологічної цінності продукту, посилення його антиоксидантної стабільності та зменшення вмісту насичених жирних кислот за умови збереження належного рівня технологічних і органолептичних характеристик.

Такий підхід є перспективним у контексті сучасної харчової політики, орієнтованої на створення безпечних, функціональних та біологічно цінних м'ясних продуктів.

Comparative characteristics of the effectiveness of natural structure-forming agents

Таблиця 4

Порівняльна характеристика ефективності природних структуроутворювачів

Інгредієнт	Основні активні сполуки	Механізм антиоксидантної дії	Ефективність
Насіння чіа (порошок)	Омега-3 (α -ліноленова к-та), діетичні волокна, білки	Желеутворення, водоутримання, покращення текстури	Покращення стабільності емульсій, зниження втрат при варінні до 25 %
Інулін	Фруктоолігосахариди	Формування гелю, заміна жиру, пребіотичний ефект	Підвищення соковитості та зменшення калорійності на 20 %
Псиліум (лушпиння насіння подорожника)	Розчинні волокна	Стабілізація водно-жирової емульсії, желеутворення	Підвищення в'язкості фаршу, зниження синерезису
Целюлозні волокна (мікрокристалічна целюлоза, харчова целюлоза)	Нерозчинні волокна	Збільшення в'язкості, утримання вологи	Поліпшення структури при зниженому вмісті жиру

У якості контрольного зразка були обрані сосиски «Дитячі», виготовлені відповідно до рецептури, регламентованої ДСТУ 4436:2005. З метою досягнення поставленої мети та реалізації експериментальної частини дослідження здійснена часткова заміна традиційного напівжирного свинячого жиру на порошок із насіння чіа в кількостях, що відповідали 2.5 %, 5 % та 7.5 % від загальної маси жиру. Крім того, в усіх дослідних варіантах рецептури 50 % звичайної рослинної олії було замінено на олію, що містить 80 % екстракту розмарину

Вибір саме 80 %-го екстракту розмарину зумовлений поєднанням трьох ключових факторів: антиоксидантна ефективність, технологічна сумісність, практична доцільність. Згідно з літературними даними [8; 9], саме концентровані екстракти розмарину з високим вмістом карнозинової кислоти (не менше 12–15 мг/г сухої речовини) демонструють максимальну здатність до інгібування перекисного окиснення ліпідів у м'ясних емульсіях. Зменшення концентрації екстракту в олії нижче 70 % призводить до зниження антиоксидантного ефекту на 20–35 %.

Використання рослинної олії як середовища введення екстракту забезпечує його ефективну інтеграцію в жирову фазу фаршу та сприяє рівномірному розподілу фенольних сполук у білково-жировій матриці продукту. Такий підхід підвищує стабільність антиоксидантного ефекту та мінімізує ризик фазового розшарування системи.

Водночас збільшення концентрації екстракту понад 80–85 % може призводити до локального збагачення фаршу фенольними компонентами, що негативно відображається на органолептичних показниках готового

продукту, зокрема проявляється в вигляді гіркоти та небажаного трав'янистого присмаку. З огляду на це, концентрація екстракту на рівні 80 % є технологічно обґрунтованою, оскільки забезпечує раціональне поєднання антиоксидантної активності та сенсорної стабільності м'ясних виробів.

Застосування концентрованого екстракту розмарину в складі рослинної олії дозволяє дотримуватися допустимого рівня введення антиоксиданту E392 (до 150–300 мг/кг готового продукту відповідно до EFSA), не змінюючи стандартної рецептурної структури та без потреби в додатковому обладнанні.

Таким чином, використання соняшникової олії з 80 %-го екстракту розмарину є технологічно обґрунтованим і забезпечує максимальний антиоксидантний ефект без негативного впливу на сенсорні характеристики готових виробів.

У проведеному дослідженні було використано стандартизований промисловий продукт – порошок клітковини насіння чіа виробництва ТОВ «Земледар», який виготовляється шляхом механічного тонкого подрібнення та фракціонування після вилучення частини ліпідної фази. Згідно з технічною специфікацією виробника та даними сертифіката якості, даний продукт характеризується середнім розміром частинок у діапазоні 80–150 мкм, що відповідає категорії тонкодисперсних харчових волокон.

Саме така фракція була принципово обрана для дослідження, оскільки, як показано в роботах Vázquez-Ovando et al. (2009) [22] та Muñoz et al. (2012) [23], зменшення розміру частинок клітковини чіа до мікронного діапазону суттєво підвищує питому поверхню, гідратаційну здатність, водо- та

жироутримувальні властивості, а також здатність до формування просторово-розгалуженого гелю за рахунок муциляжних полісахаридів оболонки насіння. Саме ці структурні особливості зумовлюють формування стабільного гелеутворювального каркасу в білково-ліпідних матрицях м'ясних систем.

Використання промислово стандартизованого порошку клітковини чіа замість лабораторного подрібнення має принципову методичну перевагу: воно забезпечує відтворюваність дисперсного складу, стабільність функціональних

властивостей і технологічну релевантність отриманих результатів для промислових умов. Як показано Senna et al. (2024) [24] та Rani et al. (2024) [25], саме тонкодисперсні фракції чіа (менше 200 мкм) найефективніше інкорпорується в м'ясні емульсії, зменшують синерезис, підвищують емульсійну стабільність і формують більш однорідну, пружну та висококогезійну текстуру готових виробів.

Рецептури контрольного зразка та дослідних зразків сосисок в перерахунку на 100 кг готового продукту представлені в (табл. 5).

Table 5

Recipes of the control sample and experimental sausage samples per 100 kg of finished product

Таблиця 5

Рецептури контрольного зразка та дослідних зразків сосисок в перерахунку на 100 кг готового продукту

Інгредієнт, кг	Контрольний	Дослідний 1 (2.5 % чіа)	Дослідний 2 (5 % чіа)	Дослідний 3 (7.5 % чіа)
Яловичина знежилowana вищого сорту	30.0	30.0	30.0	30.0
Яловичина знежилowana 1 сорту (молоді тварини)	20.0	20.0	20.0	20.0
Свинина напівжирна	40	37.5	35.0	32.5
Порошок насіння чіа	-	2.5	5.0	7.5
Молоко сухе знежирене	2.0	2.0	2.0	2.0
Яйця курячі	3.0	3.0	3.0	3.0
Олія соняшникова рафінована	5	2.5	2.5	2.5
Олія соняшникова з екстрактом розмарину (80%)	-	2.5	2.5	2.5
Цукор білий	1.0	1.0	1.0	1.0
Перець духмянний мелений	0.3	0.3	0.3	0.3
Горіх мускатний	0.4	0.4	0.4	0.4
Сіль кухонна	2.0	2.0	2.0	2.0
Нітрит натрію	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025

Під час проведення досліджень фізико-хімічних показників контрольного та експериментальних зразків були визначені основні параметри якості, передбачені вимогами ДСТУ 4436:2005 [27], а саме: масову частку вологи – згідно з ДСТУ ISO 1442:2005 методом висушування; масову частку білка – згідно з ДСТУ ISO 937:2005 методом К'ельдаля; масову частку жиру – згідно з ДСТУ 8380:2015 методом Сокслета; масову частку кухонної солі – згідно з ДСТУ ISO 9297:2007 методом Мора; вміст залишкового нітриту натрію – згідно з ДСТУ ISO 2918:2005 спектрофотометричним методом із використанням реактиву Грісса; органолептичну оцінку – відповідно до ДСТУ 4823.2:2007.

Додатково визначали масову частку лактози згідно з ДСТУ ISO 5554:2005 модифікованим йодометричним методом після кислотного гідролізу, а також активну кислотність (pH) відповідно до ДСТУ ISO

2917:2001 потенціометричним методом. Вміст харчових волокон визначали методом Кюршнера і Ганнека. Вміст золи визначали методом сухого озолення зразків продукту з подальшим прокалюванням мінерального залишку за температури 500–600 °C до сталої маси. Масову частку золи встановлювали шляхом зважування отриманого зольного залишку з подальшим узагальненням та аналізом результатів.

Водопоглинальну здатність (ВПЗ) та жиропоглинальну здатність (ЖПЗ) визначали шляхом розрахунку відношення маси зразка після поглинання води або жиру до його початкової маси. Вологоутримувальну (ВУЗ) та жиротримувальну здатність (ЖУЗ) оцінювали як різницю між масовою часткою вологи (жиру) в фарші та кількістю вологи (жиру), що виділялася в процесі термостатичного витримання зразків на водяній бані.

Мікробіологічні показники визначали відповідно до вимог ДСТУ 8720:2017 [28]. Кислотне число жирів встановлювали методом нейтралізації вільних жирних кислот, а перекисне число – йодометричним методом.

У таблиці 6 представлені фізико-хімічні показники контрольного та дослідних зразків сосисок.

Physico-chemical indicators of the control and experimental samples of sausages

Table 6

Таблиця 6

Фізико-хімічні показники контрольного та дослідних зразків сосисок					
Показник, %	Норма за ДСТУ, %	Контрольний	Дослідний 1 (2.5 % чіа)	Дослідний 2 (5 % чіа)	Дослідний 3 (7.5 % чіа)
Білки	від 12.0	16.90±0.62	16.58±0.62	15.39±0.62	14.71±0.62
Жири	до 17.0	12.17±0.78	11.72±0.78	11.69±0.78	11.67±0.78
Волога	до 68.0	69.0±0.72	69.46±0.72	69.98±0.72	70.55±0.72
Вуглеводи:		0.23±0.02	0.44±0.02	1.04±0.02	1.07±0.02
в тому числі клітковина	-	0.1±0.01	0.29±0.01	0.58±0.01	0.65±0.01
Вміст золи		1.7±0.02	1.8±0.02	1.9±0.02	2±0.02
Лактоза	-	1.9±0.5	2.0±0.5	2.0±0.5	2.0±0.5
Сіль	до 2.0	1.46±0.29	1.45±0.29	1.43±0.29	1.44±0.29
Нітрит натрію	до 0.0030	0.0018±0.0002	0.0017±0.0002	0.0016±0.0002	0.0017±0.0002

Найвищий вміст білка зафіксовано в контрольному зразку (16.9%). Поступове зниження цього показника в дослідних зразках зумовлене частковим заміщенням білковмісної тваринної сировини порошком насіння чіа, який, незважаючи на наявність білка в своєму складі, поступається за його вмістом традиційним м'ясним інгредієнтам.

У всіх дослідних зразках спостерігається зменшення масової частки жиру (до 11.67%) порівняно з контрольним зразком (12.17%). Це пояснюється використанням рослинної олії з 80%-вим екстрактом розмарину, яка характеризується нижчим вмістом насичених жирних кислот та більш сприятливим жирнокислотним складом.

Зі збільшенням частки насіння чіа в рецептурі відзначено зростання масової частки вологи (до 70.55%), що підтверджує виражені гідрофільні властивості даної рослинної сировини. Наявність слизистих полісахаридів та харчових волокон у складі чіа сприяє інтенсивному зв'язуванню та утриманню води, що позитивно впливає на консистенцію та структурні характеристики фаршу.

Усі зразки відповідають вимогам за вмістом солі та нітриту натрію. Калорійність найвища в контрольному зразку – 178,05 ккал/100 г, найнижча в зразку з 7.5% чіа – 168.15 ккал/100 г. Це свідчить про помірне зниження енергетичної цінності водночас із

підвищенням функціональної цінності (табл. 7).

Вміст клітковини та золи в дослідних зразках демонструє чітку тенденцію, що безпосередньо відображає вплив насіння чіа на хімічний склад готового продукту. Порівняно з контролем (0.1% клітковини), у зразках із внесенням 2.5; 5.0 та 7.5% чіа цей показник зріс відповідно до 0.29; 0.58 та 0.65%, що свідчить про майже 3–6, 5-кратне збагачення продукту харчовими волокнами. Зростання кількості клітковини є очікуваним, адже насіння чіа характеризується високим вмістом нерозчинних волокон, які не лише підвищують біологічну цінність, але й модифікують функціонально-технологічні властивості м'ясної системи, зокрема вологозв'язуючу здатність та структурну стабільність.

Паралельно спостерігається поступове збільшення мінерального залишку: вміст золи зростає з 1.7% у контролі до 1.8; 1.9 та 2.0% у дослідних зразках. Це закономірне підвищення пов'язане з природною мінералізацією насіння чіа, яке є джерелом кальцію, магнію та фосфору. Таким чином, збільшення як клітковини, так і золи свідчить про формування більш збагаченого нутрієнтного профілю без відхилень від вимог ДСТУ, що підтверджує доцільність використання чіа як перспективного функціонального інгредієнту в рецептурах варених сосисок.

Nutritional and energy value of the control and experimental sausage samples

Таблиця 7

Харчова та енергетична цінність контрольного і дослідних зразків сосисок

Показник, г/100 г	Контрольний	Дослідний 1 (2.5 % чіа)	Дослідний 2 (5 % чіа)	Дослідний 3 (7.5 % чіа)
Білки	16.90	16.58	15.39	14.71
Жири	12.17	11.72	11.69	11.67
Вуглеводи	0.23	0.44	1.04	1.07
Калорійність	178.05	173.56	170.93	168.15

Функціонально-технологічні дослідження (табл. 8) були проведені з метою науково обґрунтованої оцінки впливу насіння чіа на структурно-механічні та емульсійні властивості м'ясної системи, а також для визначення оптимального рівня його внесення, який забезпечує підвищення якості та стабільності ковбасних виробів без погіршення їх органолептичних характеристик. Саме ці показники є ключовими для прогнозування поведінки фаршу під час кутерування, термічної обробки та зберігання, а також визначають соковитість, пружність і цілісність готового продукту.

Отримані експериментальні дані засвідчили чітко виражений позитивний вплив насіння чіа на основні функціонально-технологічні параметри. Вологопоглинаюча здатність зростала пропорційно рівню введення: від 32.15 % у контролі до 36.78 % за 7.5 % чіа, що свідчить про високу гідрофільність полісахаридних компонентів чіа та їхню здатність формувати водозв'язувальні структури. Жиропоглинаюча здатність зростала ще більш виражено – з 17.86 % до 35.0 %, що відображає посилення сорбції жирової фази та стабілізацію емульсії.

Table 8

Functional and technological indicators of control and experimental sausage samples

Таблиця 8

Функціонально-технологічні показники контрольного і дослідних зразків сосисок

Найменування показників	Контрольний	Дослідний 1 (2.5 % чіа)	Дослідний 2 (5 % чіа)	Дослідний 3 (7.5 % чіа)
ВПЗ	32.15	33.05	34.85	36.78
ЖПЗ	17.86	27.47	33.15	35
ВУЗ	1.12	1.13	1.42	1.15
ЖУЗ	0.125	0.25	0.37	0.27

Вологоутримуюча здатність досягла максимального значення за 5 % чіа (1.42), що вказує на оптимальне ущільнення білково-полісахаридної матриці. Подальше збільшення дозування не дало додаткового ефекту, що свідчить про досягнення межового рівня структурної стабілізації. Аналогічно, жирутримуюча здатність була найвищою також у зразку з 5 % чіа (0.37), перевищуючи контроль майже утричі й забезпечуючи мінімальні втрати жиру під час теплової обробки.

Узагальнюючи отримані результати, можна зробити висновок, що оптимальний рівень внесення насіння чіа становить 2.5–5 %, оскільки саме за цих концентрацій досягається найбільш раціональне поєднання показників волого- та жирутримувальної здатності, формується стабільна структурно-механічна система фаршу та забезпечується

відтворюваність технологічних властивостей готового продукту.

Органолептичний аналіз у даному дослідженні має принципове значення, оскільки саме сенсорні властивості визначають споживчу прийнятність сосисок – продукту, який традиційно характеризується високими вимогами до смаку, аромату, текстури та зовнішнього вигляду. Введення екстракту розмарину як природного антиоксиданта та порошку чіа як джерела харчових волокон потенційно може впливати на формування запаху, смакових відтінків, колір та консистенцію, модифікуючи традиційні властивості ковбасної матриці. Саме тому органолептичне оцінювання проведено з метою комплексного визначення ефекту цих рослинних компонентів на гармонійність смаку, виразність аромату, структурну однорідність та зовнішню привабливість ковбасних виробів, що

дозволяє науково обґрунтувати доцільні межі їх внесення та підтвердити технологічну ефективність обраних добавок.

Аналіз результатів дослідження здійснювали на основі інтегральної оцінки комплексу показників, що охоплював органолептичні характеристики (зовнішній вигляд, аромат, смак і консистенцію) відповідно до ДСТУ 4823.2:2007.

У процесі дослідження встановлено, що додавання гідратованого порошку чіа сприяє підвищенню щільності й однорідності м'ясної системи без застосування синтетичних стабілізаторів. Такий ефект зумовлений високою гідрофільністю насіння чіа та його здатністю формувати міцну полісахаридно-білкову матрицю, що оптимізує структуроутворювальні механізми фаршу.

Водночас було відзначено покращення ароматичного профілю готових виробів.

Інтенсивніший, більш гармонійний аромат, імовірно, зумовлений синергійною дією природних ароматичних компонентів розмарину та легкими горіховими нотами чіа, що підсилюють загальну сенсорну привабливість продукту. Сукупність цих спостережень підтверджує доцільність використання рослинних інгредієнтів як функціональних підсилювачів якості м'ясних систем (табл. 9) [14; 19; 26; 29; 30].

У класичній технології на етапі варіння сосиски піддають термічній обробці за температури 80–85 °С упродовж 20–30 хв, або до досягнення температури 72 °С в центрі продукту. В дослідних зразках із чіа та розмариною олією рекомендовано знижувати температуру варіння до 78–80 °С із відповідним збільшенням часу до 30–35 хв [12].

Comparative characteristics of organoleptic indicators of the control and experimental samples

Table 9

Таблиця 9

Порівняльна характеристика органолептичних показників контрольного і дослідних зразків

Показник	Контрольний	Дослідний 1 (2.5 % чіа)	Дослідний 2 (5 % чіа)	Дослідний 3 (7.5 % чіа)
Зовнішній вигляд	Батончики з чистою сухою поверхнею без пошкоджень оболонки та інших зауважень	Батончики з чистою сухою поверхнею без пошкоджень оболонки та інших зауважень	Батончики з чистою сухою поверхнею без пошкоджень оболонки та інших зауважень	Батончики з чистою сухою поверхнею без пошкоджень оболонки та інших зауважень
Колір	Рожевий, однорідний, рівномірно перемішаний	Темно-рожевий	Темно-рожевий, з вкрапленнями чіа	Сіро-рожевий, значні вкраплення чіа
Консистенція	Соковита і пружна	Соковита і пружна	Соковита, дещо щільна, але пружна	Соковита, консистенція щільна, пружність знижена
Смак	Ніжний, властивий даному виду виробів	Приємний, але слабковиражений	Збалансований, приймний, помірний розмариновий відтінок	Нейтральний, слабковиражений
Запах	Слабовиражений, але характерний	Досить виражений, відчувається запах розмарину	Насичений, приймний м'ясний аромат із трав'яними нотками	Слабовиражений, майже відсутній

Доцільність помірного зниження температури варіння для дослідних зразків із порошком чіа та розмариною олією має технологічне обґрунтування і базується на фізико-хімічних властивостях цих інгредієнтів.

Порошок насіння чіа, зокрема його муциляжні полісахариди та харчові волокна, формує в фаршевій системі термочутливу гідроколідну сітку, яка інтенсивно набухає та утворює гель у діапазоні 60–75 °С. За температур вище 80–82 °С можливе часткове руйнування водоутримувальної структури гелю, що призводить до зростання синерезису

та втрат вологи. Це узгоджується з даними Muñoz et al. (2012) [23] та Senna et al. (2024) [24], які показали, що муциляж і волокниста фракція чіа мають оптимум структурної стабільності в середньому діапазоні теплової обробки.

Крім того, розмаринова ефірна олія містить термолабільні фенольні сполуки (карнозол, карнозова кислота), антиоксидантна й ароматична активність яких знижується після тривалого нагрівання понад 80–85 °С. Тому зменшення температури термічної обробки за одночасного збільшення її тривалості є технологічно доцільною стратегією

збереження як структурних, так і сенсорних переваг дослідних зразків.

Рекомендація щодо режиму 78–80 °C протягом 30–35 хв була сформульована на основі: експериментальних спостережень за стабільністю структури та втратами вологи у дослідних зразках; термореологічної поведінки систем, що містять гідроколоїдні волокна чіа; загальновідомих принципів

адаптації теплових режимів під час введення гідроколоїдних і ліпофільних біоактивних компонентів.

Профілограма органолептичних показників контрольного і дослідних зразків сосисок представлена на рис. 1.

Технологічна схема приготування дослідних зразків сосисок представлена на рис. 2.

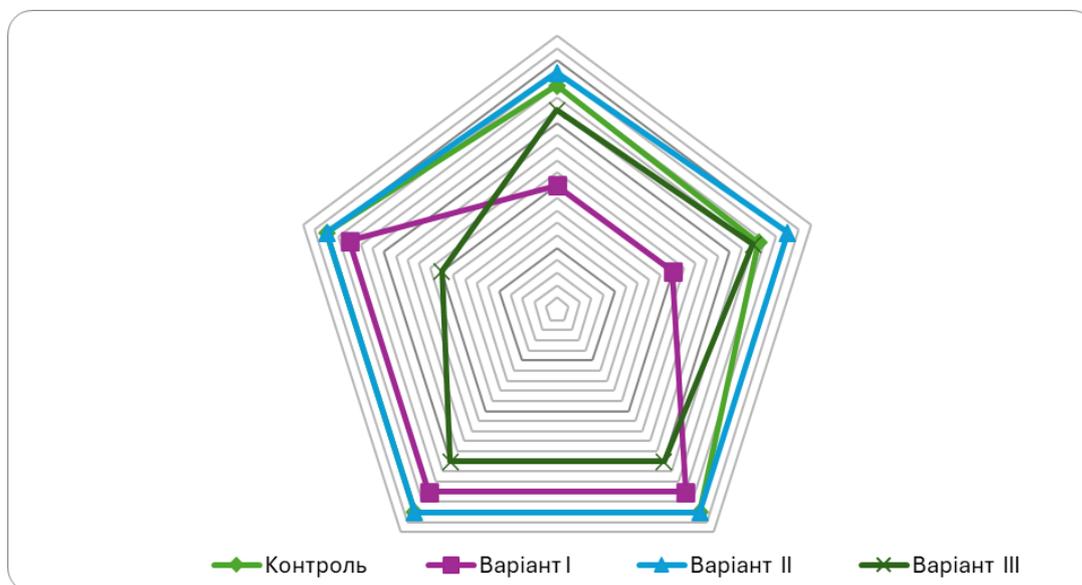


Fig. 1. Profile of organoleptic indicators of control and experimental sausage samples
Рис. 1. Профілограма органолептичних показників контрольного і дослідних зразків сосисок

Це єдина відмінність в технології, яка пов'язана з необхідністю запобігання руйнуванню структурного гелю чіа та уникнення розшарування фаршу. Всі зразки показали високу вологозв'язувальну здатність та структурну стабільність, проте оптимальне поєднання цих параметрів із приємною текстурою і смаковим сприйняттям було досягнуто саме в зразку з 5% порошку чіа. Такий рівень заміни забезпечує баланс між стабілізацією структури, покращенням харчової цінності та відсутністю негативного впливу на органолептичні властивості. Застосування олії з екстрактом розмарину та насіння чіа в рецептурі сосисок не погіршило смакових характеристик продукту.

У сучасній технології варених ковбас одним із ключових викликів залишається забезпечення їх тривалої якісної стабільності, адже ця група м'ясопродуктів є надзвичайно

вразливою до мікробіологічних порушень, а також до гідролітичних та окисних змін, що інтенсивно розвиваються упродовж зберігання. Одним із перспективних напрямів підвищення стійкості м'ясних систем є цілеспрямоване застосування природних функціональних компонентів рослинного походження, здатних одночасно виконувати антиоксидантні, структуроутворювальні та стабілізуювальні функції.

Окремою технологічною інновацією стало використання олійного концентрату, збагаченого 80%-вим екстрактом розмарину, який характеризується високим вмістом поліфенольних сполук. Такі компоненти добре відомі як ефективні інгібітори первинних і вторинних продуктів ліпідного окиснення, що забезпечує стабільність жирової фракції упродовж зберігання і сприяє гальмуванню небажаних ароматичних та смакових змін.

уповільнення перекисного окиснення та помірне зростання кислотного числа, що залишалось нижчим або на рівні контролю. Це підтверджує антиоксидантну дію розмарину та структурно-захисний ефект харчових волокон чіа.

Узагальнені результати свідчать, що розроблені сосиски демонструють стабільні мікробіологічні та окисні характеристики протягом 6 діб зберігання і не поступаються традиційним аналогам за безпечністю та терміном придатності. Додатково простежується тенденція до підвищення окисної стійкості, що підтверджує доцільність застосування природних антиоксидантів.

Кислотне число (рис. 3) є одним із ключових індикаторів первинного гідролізу ліпідів та накопичення вільних жирних кислот у м'ясних

системах. Зростання цього показника під час зберігання свідчить про інтенсифікацію ліполітичних процесів, що, в свою чергу, може впливати на смакову стабільність і загальну якість готового продукту. В ході дослідження простежена еволюція кислотного числа контрольного зразку та чотирьох варіантів із використанням рослинних інгредієнтів протягом 6 діб охолодженого зберігання (4–8 °С).

На початковому етапі всі зразки характеризувалися мінімальними розбіжностями: кислотне число коливалося в межах 0.72–0.76 мг КОН/г жиру, що відповідає стабільному стану ліпідної фази. Це свідчить про коректне проведення технологічного процесу та відсутність інтенсивного гідролізу одразу після виготовлення.

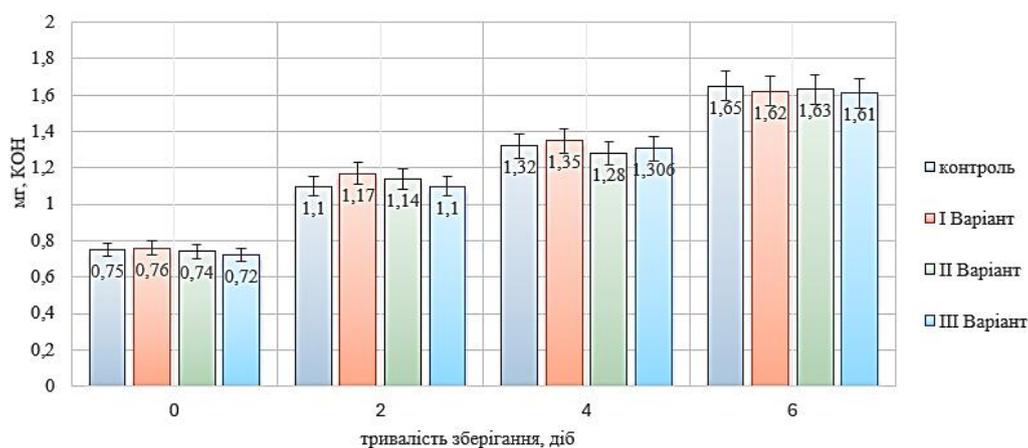


Fig. 3. Acid number of sausage products during storage
Рис. 3. Кислотне число ковбасних виробів під час зберігання

На другу добу зберігання спостерігається загальне підвищення кислотного числа для всіх варіантів, що є природною реакцією ліпідів у процесі охолодженого зберігання. Важливо, що зразки з порошком насіння чіа (I–III варіанти) демонструють дещо помірніший приріст показника порівняно з контролем, тоді як IV варіант – з максимальною концентрацією функціональних інгредієнтів – характеризується дещо вищим значенням (1.30), що може бути пов'язано з різною початковою активністю ліполітичних ферментів або особливостями взаємодії розмарину з ліпідною фазою.

На четверту добу закономірно продовжується зростання кислотного числа в усіх варіантах. Дослідні зразки II та III демонструють нижчу інтенсивність накопичення вільних жирних кислот (1.28–1.306), що свідчить про певний стабілізуючий ефект клітковинної

структури насіння чіа, яка може адсорбувати частину вологи та обмежувати контакт ферментів із ліпідною фазою. У контрольному зразку приріст дещо вищий (1.32), тоді як IV варіант зберігає тенденцію до максимальних значень (1.47).

На шосту добу зберігання кислотне число в усіх зразках досягає пікових значень у межах 1.61–1.65, що відповідає природному розвитку ліполітичних процесів у варених ковбасах під час зберігання. Примітним є те, що дослідні варіанти I–III практично ідентичні між собою та не перевищують контроль, що підтверджує гіпотезу про можливу структурно-захисну роль чіа щодо ліпідів. IV варіант, незважаючи на попередні вищі показники, на шосту добу демонструє значення, практично тотожне контролю (1.64), що свідчить про певну стабілізацію процесів.

У підсумку, аналіз динаміки кислотного числа засвідчує, що введення розмаринового

екстракту та порошку насіння чіа не прискорює гідролітичного розщеплення ліпідів, а в ряді випадків навіть сповільнює його. Отримані дані підтверджують доцільність застосування рослинних функціональних інгредієнтів у технології варених ковбас як факторів підвищення окисної стабільності та структурної рівноваги готового продукту.

Аналіз перекисного числа (рис. 4), яке виступає ключовим маркером перебігу окиснювальних процесів у ліпідній фракції, продемонстрував чітку тенденцію до зменшення інтенсивності утворення первинних гідроперекисів у дослідних зразках у порівнянні з контролем. На початку зберігання перекисне число контрольного зразка становило 0.015, тоді як у зразків із додаванням чіа і розмаринової олії – від 0.013 до 0.010, що свідчить про вищу первинну антиоксидантну активність модифікованої

ліпідної системи. Уже на другій добі зберігання інтенсивність зростання перекисного числа в контрольному зразку була вищою, ніж у дослідних, а максимальний ступінь інгібування окиснення спостерігався в варіанті з найбільшим вмістом чіа (7.5 %), де показник становив 0.018 проти 0.021 у контролі. В середині терміну зберігання, на четверту добу, різниця між варіантами зберігалася, хоча й дещо нівелювалася, що пояснюється стабілізаційною дією біополімерів насіння чіа, які підтримують рівновагу між вільними радикалами та антиоксидантами системи. На шосту добу перекисне число контрольного зразку досягло 0.045, тоді як у модифікованих зразках – від 0.045 до 0.042, причому найнижчий рівень знову демонстрував варіант із 7.5 % порошку чіа та збагаченою розмарином олією.

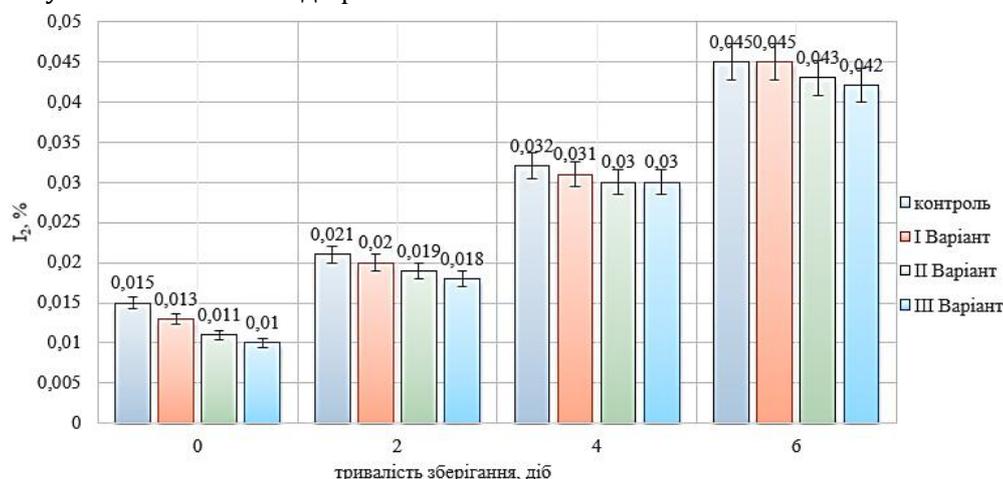


Fig. 4 Peroxide value of sausage products during storage

Рис. 4 Перекисне число ковбасних виробів під час зберігання

Отримані результати засвідчують, що комплексне застосування порошку насіння чіа та екстракту розмарину формує синергетичний ефект, який проявляється в сповільненні темпів ліпідної пероксидації протягом усього періоду зберігання. Саме завдяки поєднанню антиоксидантних механізмів – фенольної стабілізації з боку розмарину та структурно-функціонального впливу чіа на організацію ліпідно-білкової матриці – модифіковані ковбасні вироби зберігають низький рівень первинних продуктів окиснення. Таким чином, отримані дані науково підтверджують доцільність використання природних рослинних інгредієнтів у технології варених ковбас не лише як функціональних збагачувачів, але й як ефективних стабілізаторів якості під час

зберігання. Дослідження демонструє перспективність формування нових рецептур ковбасних виробів підвищеної біологічної цінності, що характеризуються поліпшеною антиоксидантною стійкістю та потенційно подовженим терміном придатності без застосування синтетичних добавок.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Удосконалення технології сосисок сьогодні нерозривно пов'язане з упровадженням інноваційних функціональних інгредієнтів природного походження, здатних не лише стабілізувати структуру продукту, а й істотно підвищувати його антиоксидантні, харчові та мікробіологічні характеристики. В рамках проведених досліджень особливу увагу

приділено використанню порошку насіння чіа як перспективного натурального структуроутворювача та соняшникової олії з 80 %-им вмістом екстракту розмарину як природного антиоксиданту з високою термостабільністю та широким спектром інгібування вільнорадикальних процесів. Ці компоненти були введені до рецептури варених ковбас у різних концентраціях, а їхній вплив оцінено за повним комплексом функціонально-технологічних, мікробіологічних і окисних показників.

Одним із ключових об'єктів дослідження став порошок насіння чіа, який серед натуральних гелеутворювачів вирізняється здатністю формувати стабільні трикомпонентні колоїдні структури на основі розчинних і нерозчинних харчових волокон. Завдяки цьому чіа забезпечує високий рівень гідратації, добру водоутримувальну здатність та стабільність консистенції у системах «м'ясо-вода-жир». Для забезпечення максимальної функціональності порошок насіння чіа попередньо гідратували в співвідношенні 1 : 8 за масою упродовж 20 хв за температури 20–25 °С, що забезпечувало рівномірне набухання, утворення щільного гелю та покращення подальших структурно-механічних характеристик фаршу. Уведення порошку в кількостях 2.5 %, 5 % та 7.5 % дозволило оцінити вплив концентрації гелеутворювача на консистенцію, емульгувальну здатність, вологозв'язувальні властивості, вихід готової продукції та сенсорні показники.

Важливою складовою дослідження став аналіз функціонально-технологічних показників. Установлено, що зразки з 5 %-им вмістом чіа демонстрували оптимальне співвідношення щільності структури, пружності та вологоутримувальної здатності, що позитивно позначалось і на органолептичних характеристиках – текстура була більш соковитою, рівномірною та стабільною під час зберігання.

Уведення олії з екстрактом розмарину як природного антиоксиданту стало окремим напрямом технологічного удосконалення. Завдяки високому вмісту фенольних терпенів (карнозолу, карнозинової кислоти, розмаринової кислоти), екстракт розмарину ефективно гальмує автоокиснення ліпідів, що підтверджено результатами визначення кислотного та перекисного чисел протягом усього періоду зберігання. Порівняно з

контролем, зразки з екстрактом розмарину характеризувалися значно нижчою інтенсивністю утворення первинних і вторинних продуктів окиснення, що забезпечувало стабільність аромату. Комбінація екстракту розмарину з гідратованою чіа створює синергетичний ефект, завдяки якому емульсія залишається стабільною, а жирові кульки – рівномірно розподіленими в білково-вуглеводній матриці.

Мікробіологічні дослідження також засвідчили позитивний вплив запропонованих інгредієнтів. Зразки, в яких 50 % рослинної олії було замінено на олію з екстрактом розмарину, демонстрували нижчі показники загальної бактеріальної контамінації, що може бути спричинено антимікробними властивостями розмарину, зокрема впливом на грампозитивні бактерії та інгібуванням росту деяких спороутворювачів. Жоден із дослідних зразків не мав відхилень за регламентованими критеріями безпечності, а показники мікробної стабільності протягом зберігання перевищували контрольні значення.

В межах комплексного дослідження встановлено, що найкращим зразком за сукупністю як функціонально-технологічних, так і органолептичних, мікробіологічних та антиоксидантних властивостей став варіант з рецептурною часткою порошку насіння чіа 5 % і використанням олії, збагаченої 80 %-вим екстрактом розмарину. Саме цей зразок вирізнявся оптимальною структурною стабільністю, гармонійним смаковим профілем, вираженим антиоксидантним ефектом та збалансованою текстурою, що було високо оцінено дегустаційною комісією.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що застосування натуральних структуроутворювачів та природних антиоксидантів у виробництві варених ковбас є перспективним напрямом удосконалення технології, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування та підвищених вимог до якості продуктів. Порошок насіння чіа продемонстрував високу ефективність як гелеутворювач і стабілізатор структури, а екстракт розмарину – як природний антиоксидант із вираженими протикорозійними та мікробіостатичними властивостями. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення реологічних характеристик гелів чіа в різних

температурних режимах, оптимізацію поєднання чіа з іншими рослинними інгредієнтами, а також розроблення нових рецептур м'ясних виробів з підвищеною

харчовою та біологічною цінністю, адаптованих до вимог спеціальних дієт та функціонального харчування.

References

- [1] European Parliament and Council of the European Union. (2008). *Regulation (EC) No 1333/2008 on food additives*. Official Journal of the European Union, L354/16.
- [2] Chernyushok, O., & Biryuk, Y. (2024). Improving the technology of boiled sausages using plant and milk proteins. *Scientific Works of NUFT*, 30(1), 119–128. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2024-30-1-12>
- [3] Matsuk, Y., Geredchuk, A., & Bleskov, I. (2024). Improving the technology of pate products by using additives from non-traditional raw materials of plant origin. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 26(102), 54–59. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10208>
- [4] European Parliament and Council of the European Union. (2008). *Regulation (EC) No 1334/2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods*. Official Journal of the European Union, L354/34.
- [5] Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). Natural antioxidants from seeds and their application in meat products. *Antioxidants*, 8(11), 429. <https://doi.org/10.3390/antiox8110429>
- [6] Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., Sayas-Barberá, M. E., Navarro-Rodríguez de Vera, C., Lucas-González, R., Roldán-Verdú, A., ... Pérez-Alvarez, J. A. (2020). Chia, quinoa, and their coproducts as potential antioxidants for the meat industry. *Plants*, 9(10), Article 1359. <https://doi.org/10.3390/plants9101359>
- [7] Karpińska-Tymoszczyk, M., Danowska-Oziewicz, M., & Draszanowska, A. (2021). Effect of the addition of chia seed gel as egg replacer and storage time on the quality of pork patties. *Foods*, 10(8), Article 1744. <https://doi.org/10.3390/foods10081744>
- [8] Sebranek, J. G., Sewalt, V. J. H., Robbins, K. L., & Houser, T. A. (2005). Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Science*, 69(2), 289–296. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.010>
- [9] Bellucci, E. R. B., Bis-Souza, C. V., Domínguez, R., Bermúdez, R., & Barretto, A. C. d. S. (2022). Addition of natural extracts with antioxidant function to meat products. *Biomolecules*, 12(10), 1506. <https://doi.org/10.3390/biom12101506>
- [10] Senna, C., Soares, L., Egea, M. B., & Fernandes, S. S. (2024). The techno-functionality of chia seed and its fractions as ingredients for meat analogs. *Molecules*, 29(2), 440. <https://doi.org/10.3390/molecules29020440>
- [11] Strashynskiy, I., Pasichnyi, V., & Hrechko, V. (2019). The studying of the influence of chia seeds grinding degree to the gelatinization ability. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University*, 30(69), 102–107. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/19>
- [12] Atashkar, M., Hojjatoleslamy, M., & Boroujeni, L. S. (2018). The influence of fat substitution with κ-carrageenan, konjac, and tragacanth on the textural properties of low-fat sausage. *Food Science & Nutrition*, 6(4), 1015–1022. <https://doi.org/10.1002/fsn3.620>
- [13] Álvarez-Martínez, F. J., Barrajón-Catalán, E., Herranz-López, M., Micol, V. (2021). Antibacterial plant compounds, extracts and essential oils: An updated review on their effects and putative mechanisms of action. *Phytomedicine*, 90, 153626. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153626>
- [14] Talukder, S. (2017). Effect of dietary fiber on properties and acceptance of meat products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(7), 1005–1011. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.682230>
- [15] El Adab, L., Essarioui, A., & Abid, M. (2020). Essential oils as natural food preservatives: Mode of action, stability, and industrial applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(12), 2380–2394. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1632258>
- [16] García, M. L., Dominguez, R., Galvez, M. D., Casas, C., & Selgas, M. D. (2002). Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Science*, 60(3), 227–236. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(01\)00125-5](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(01)00125-5)
- [17] Vera-Cespedes, N., Muñoz, L. A., Rincón, M. Á., & Haros, C. M. (2023). Physico-chemical and nutritional properties of chia seeds from Latin American countries. *Foods*, 12(16), 3013. <https://doi.org/10.3390/foods12163013>
- [18] Novgorodska, N., Bernyk, I., & Ovsienko, S. (2024). Chopped meat semi-finished with quinoa seeds and pumpkin fiber. *Food Resources*, 12(22), 132–142. <https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-14>
- [19] Pasichnyi, V., Shevchenko, O., Tischenko, V., Bozhko, N., Marynin, A., Strashynskiy, I., & Matsuk, Y. (2024). Substantiating the feasibility of using hemp seed protein in cooked sausage technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11), 56–66. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310668>
- [20] Bozhko, N., Pasichnyi, V., Marynin, A., Tischenko, V., Strashynskiy, I., & Kyselov, O. (2020). The efficiency of stabilizing the oxidative spoilage of meat-containing products with a balanced fat-acid composition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11), 38–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205201>
- [21] Vázquez-Ovando, A., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.012>
- [22] Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*, 108(1), 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.037>
- [23] Rani, R., Yadav, S., Thakur, N., Kumar, S., Han, H., Alturki, H. A., Raposo, A. (2024). Effect of incorporation on storage stability of fiber-enriched chicken meat nuggets. *LWT - Food Science and Technology*, 191, Article 115574. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115574>

- [24] Cofrades, S., Serdaroğlu, M., Egbert, W. R., Utrera, M., & Jiménez-Colmenero, F. (2017). Fat reduction in emulsified meat systems by using gellan gum and psyllium fiber: Effects on physicochemical and sensory quality. *Meat Science*, 133, 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.014>
- [25] Derzhspozhyvstandart of Ukraine. (2005). *Boiled sausages. General specifications* (DSTU Standard No. 4436:2005).
- [26] Derzhspozhyvstandart of Ukraine. (2017). *Sausage products and meat products. Methods for determination of microbial contamination* (DSTU Standard No. 8720:2017).
- [27] Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Domínguez, R., Pateiro, M., Saraiva, J. A., & Franco, D. (2018). Main groups of microorganisms of relevance for food safety and stability: General aspects and overall description. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.05.019>
- [28] Bozhko, N., Pasichnyi, V., Tischenko, V., Marynin, A., Shubina, Y., & Strashynskyi, I. (2021). Determining the nutritional value and quality indicators of meat-containing bread made with hemp seeds flour (*Cannabis sativa* L.). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11), 58–65. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237806>