

UDC 637.524.2:664.8.047

COMPARATIVE STUDIES OF THE PROPERTIES OF BOILED SAUSAGES OF FUNCTIONAL PURPOSE WITH TOMATO POMACE OR THEIR SUBCRITICAL EXTRACTS

Li Yanping¹, Valerii A. Sukmanov², Nina V. Budnyk², Alla P. Kainash², Viktor M. Yukhno²,
Svitlana E. Moroz², Valentyna O. Nazarenko²

¹Shangqiu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shangqiu city, Henan Province, 464000, China.

²Poltava State Agrarian University, Poltava, str. Skovorody, 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

Received 23 July 2025; accepted 3 November 2025; available online 20 October 2025

Abstract

The development of technologies for functional cooked sausages (CS) involves reducing fat and salt content, eliminating sodium nitrite, and enriching their composition with tomato purée (TP) or their subcritical extracts. The purpose of the work is to investigate the properties of CS made using TP or their subcritical extracts. Methods: subcritical extracts of TP were obtained in a high-pressure reactor RVD-2-500; study of the properties of objects – using generally accepted methods. Results. Replacing 40 % of pork with chicken meat; removing sodium nitrite from the composition of CS, replacing 60–62 % of table salt with a mixture of spices and adding to the recipe composition of TP (in the form of powder – 3 %, 6 %, 9 %) or their subcritical extract (2 %, 4 %, 6 %), with their subsequent organoleptic evaluation allowed us to select samples with the addition of 6 % TP and 4 % TP extract. The improvement of the technology led to the enrichment of CS with dietary fibers, carotenoids (mainly lycopene), made it possible to reduce the hardness of VK by 2.1–8.1 %; improve chewing properties by 1.02–1.07 times; reduce fat content, increase the content of crude fiber, cooking yield and emulsion stability. There was a slight increase in the brightness of CS samples with TP and an increase in red color. The presence of lycopene led to an increase in the antioxidant properties of the samples: after 10 days of storage, the TBARS index for samples with 6 % TP and 4 % TP extract had values of 1.7 and 1.8, and the control sample had 2.3 mg of malondehydrate/kg. Microbiological indicators of all samples met the current requirements. Conclusions: samples with 6% TB and 4 % TP extract were positively perceived by experts and increased the nutritional value and consumer properties of CS.

Keywords: cooked sausages; tomato pomace; subcritical extracts; functional properties; nutritional value; consumer properties; antioxidant properties.

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВАРЕНИХ КОВБАС ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ТОМАТНИМИ ВИЧАВКАМИ АБО ЇХ СУБКРИТИЧНИМИ ЕКСТРАКТАМИ

Лі Янпінг¹, Валерій О. Сукманов², Ніна В. Будник², Алла П. Кайнаш², Віктор М. Юхно²,
Світлана Е. Мороз², Валентина О. Назаренко²

¹Шанцюська академія сільськогосподарських та лісових наук, Шанцю, 476000, Китай

²Полтавський державний аграрний університет, Полтава, вул. Сковороди, 1/3, 36003, Україна

Анотація

Розробка технологій варених ковбас (К) функціонального призначення передбачає зменшення вмісту жиру та солі, відмова від нітриту натрію та збагачення їх складу томатними вичавками (ТВ) або їх субкритичними екстрактами. Мета роботи: дослідити властивості ВК, виготовлених із використанням ТВ або їх субкритичних екстрактів. Методи: субкритичні екстракти ТВ отримували на реакторі високого тиску РВД-2-500; дослідження властивостей об'єктів – з використанням загальноприйнятих методів. Результати. В ході досліджень замінено 40 % свинини на м'ясо курятини; вилучено зі складу ВК нітрит натрію, замінено 60–62 % солі кухонної на суміш спецій та додано до рецептурного складу ТВ (у вигляді порошку – 3 %, 6 %, 9 %) або їх субкритичного екстракту (2 %, 4 %, 6 %). Подальше органолептичне оцінювання дозволило обрати зразки із додаванням 6 % ТВ та 4 % екстракту ТВ. Вдосконалення технології привело до збагачення К харчовими волокнами, каротиноїдами (здебільшого лікопеном), дозволило зменшити твердість К на 2.1–8.1 %; покращити жувальні властивості у 1.02–1.07 рази; зменшити вміст жиру, збільшити вміст сирої клітковини, вихід під час варіння та стабільність емульсії. Мало місце незначне збільшення світлості зразків К з ТВ та посилення червоного кольору. Присутність лікопену посилила антиоксидантні властивості зразків: через 10 днів їх зберігання показник TBARS для зразків із 6 % ТВ та 4 % екстракту ТВ мав значення 1.7 та 1.8 (контрольний зразок – 2.3) мг малондегідрату/кг. Мікробіологічні показники всіх зразків відповідали діючим вимогам. Висновки. Зразки з 6 % ТВ та 4 % екстракту ТВ були позитивно сприйняті експертами та підвищили харчову цінність та споживчі властивості К. Ключові слова: варені ковбаси; томатні вичавки; субкритичні екстракти; функціональні властивості; харчові цінності; споживчі властивості; антиоксидантні властивості.

*Corresponding author: e-mail: Sukmanovvaleri@gmail.com

© 2025 Oles Honchar Dnipro National University; doi: 10.15421/jchemtech.v33i4.336084

Вступ

Функціональні продукти для харчування людини крім основного завдання – харчування, впливають на психологічний або фізіологічний стан людини та можуть знижувати рівень холестерину, зміцнювати серцево-судинну та імунну системи, відновлювати мікробіологічний баланс травної системи, мати протизапальну функцію та ін. Варені ковбаси (далі – ковбаси, К) є одним із поширених продуктів переробки м'яса, та завдяки своїм смаковим властивостям та харчовій цінності, зручності споживання, використанню в технологіях різноманітних страв харчування широко споживані і багатьох країнах світу.

Дохід на світовому ринку ковбасних виробів у 2025 р становитиме 116.50 млрд доларів США. Очікується, що обсяг ринку ковбас до 2030 р становитиме 15.74 млрд кг та середній обсяг на людину на ринку ковбасних виробів у 2025 р становитиме 1.8 кг (CAGR 2025–2030) [1]. Виробництво К в Україні у 2024 р досягло 253 тис. тон, з яких близько двох третин попиту припадає на варені ковбаси, сардельки та сосиски [2].

На жаль, даний продукт харчування, виготовлений за традиційною технологією, не може вважатися продуктом функціонального призначення.

Сучасний споживач звертає увагу на своє здоров'я та віддає перевагу продуктам без використання штучних добавок, шкідливих консервантів, синтетичних барвників, підсилювачів смаку та виготовленим із м'яса високої якості. В світі сьогодні зростає попит на продукти харчування з низьким вмістом жирів та високим вмістом клітковини. Харчові звички споживачів зміщуються від червоного до курячого м'яса, оскільки останнє містить менше холестерину.

Значний інтерес на сучасному етапі розвитку технологічної науки становить розроблення комбінованих м'ясних продуктів на основі поєднання м'ясної та рослинної сировини з метою гармонізації їх загального хімічного складу відповідно до існуючих медико-біологічних вимог. Тому перспективним напрямком удосконалення технології варених ковбасних виробів, спрямованим на посилення їх функціональних властивостей через вдосконалення технологій, є використання біологічно активних інгредієнтів та їх розроблення з використанням

технологій [3]. Розроблення К комбінованого складу з м'ясної та рослинної сировини має базуватися на поєднанні функціональності сировини, збагачення її складу, підвищення харчової цінності [4]. Тому важливим завданням під час розроблення варених ковбасних виробів із заданими споживчими властивостями є пошук нових технологічних рішень, здатних покращити та стабілізувати якість ковбасних виробів [5].

До списку харчових консервантів, допущених для використання в м'ясній промисловості, сьогодні входять 33 Е-індекси, водночас дійсно технологічне значення мають: нітрити, сорбінова кислота та її солі, бензойна кислота та її солі, естери параоксибензойної кислоти, піросульфїти, оцтова кислота та її солі, дегідрооцтова кислота та її солі. Головним консервантом, який використовують під час виготовлення великої частини асортименту м'ясної продукції, є нітрит натрію Е250, який забезпечує – в сукупності з кухонною сіллю – стійкість фаршу більшості ковбасних виробів до розвитку мікробіального псування; бере участь в утворенні кольору та аромату. Завдання кухонної солі полягає в покращенні смаку, зміні мікроструктури та формуванні консистенції [6].

Аналіз публікацій, спрямованих на створення м'ясних січених продуктів та, в першу чергу, К з ознаками функціонального впливу на організм людини, дозволяє сформулювати першочергові завдання: зменшення в ковбасах вмісту хлориду та нітриту натрію. На вирішення цього завдання в останні роки приділяється все більше уваги [7]. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) рекомендувала споживання хлориду натрію 4–6 г/добу, але середнє його споживання в більшості країн є набагато вищим. Фактично, вміст хлориду натрію від 1 до 1.5 % може задовольнити більшість потреб споживачів у солоному смаку, однак, щоб задовольнити технологічні потреби в ході виготовлення м'ясних продуктів із желеподібною структурою, зазвичай додають від 2 до 4 %. Надмірне споживання хлориду натрію може спричинити гіпертонію та серцево-судинні захворювання, збільшити ризик захворювань нирок та раку шлунка [8]. Історичний досвід скорочення споживання солі показує, що для зменшення його споживання на душу населення найефективнішим методом є впровадження

нової технології обробки саме м'ясних продуктів, бо саме хлорид натрію відіграє важливу роль у технологіях м'ясних продуктів зі желеподібною структурою. По-перше, іони натрію та хлорид-іони можуть стимулювати смак. По-друге, ним можна екстрагувати міофібрилярний білок для полегшення розчинення та набухання, це збільшує водо- та жирутримуючі властивості гелю, а також покращує вихід продукту, текстуру та збільшує термін зберігання [9; 10].

Враховуючи дані факти, слід визнати, що основними способами зменшення вмісту хлориду натрію в м'ясних продуктах з желеподібною структурою є його заміна іншими інгредієнтами зі збереженням харчосмакових властивостей нових продуктів.

Однак потреби сучасного споживача вимагають активних пошуків технологій, придатних замінити ці інгредієнти за умови збереження наявних позитивних ефектів. Можливість заміни нітриту натрію на екстракт ТВ у технологіях К було доведено в роботі [11].

На сьогодні є багато прикладів використання природніх антиоксидантів, які використовуються для пригнічення окиснення в оброблених м'ясних продуктах [12]: екстракт кмину (ковбаса «суха»), екстракти ехінацеї вузьколистої (варене куряче м'ясо), екстракт виноградних кісточок (фарш з курячого стегна), екстракт ялівця звичайного (варені ковбаси), екстракт грибів (яловичини та риби), екстракт орегано (свіжі яловичі стейки). У розробці К функціонального призначення слід враховувати потреби споживачів всіх вікових категорій, в тому числі споживачів похилого віку [13].

Одним з перспективних напрямів розробки К функціонального призначення є зменшення вмісту жиру та солі, відмова від нітриту натрію та збагачення рецептурного складу В інгредієнтами рослинного походження (вторинна сировина агропромислового комплексу), які багаті на харчові волокна, поліфеноли та інші біологічно активні сполуки (БАС). Ці побічні продукти використовуються як нове та економічно ефективно джерело корисних функціональних інгредієнтів у різних харчових рецептурах та технологіях.

Схильність м'яса та м'ясних продуктів, в тому числі і К, до окиснення та мікробного псування створює ризик для поживної якості, безпеки та терміну зберігання продукту [14].

Використання БАС, особливо рослинних антиоксидантів, може зменшити швидкість автоокиснення та зростання (розмноження?) мікробів, тим самим подовжуючи термін придатності К. БАС можуть діяти як консерванти та покращувати сенсорні та фізико-хімічні властивості К за додавання в відповідних умовах і концентраціях [15].

Томатні вичавки (ТВ) завдяки своєму поживному та біоактивному вмісту є перспективним джерелом важливих БАС з антиоксидантним та антимікробним потенціалом. Їх споживання ефективно запобігає певним хронічним захворюванням. Тому використання ТВ як харчового інгредієнта може мати великий інтерес для здоров'я, економіки та навколишнього середовища, а також сприяти покращенню харчування та продовольчої безпеки [16].

Побічні продукти переробки помідорів, ТВ, цінуються як сировина багатоцільового використання завдяки вмісту різноманітних поживних речовин. Томатні шкірки характеризуються вмістом вологи, білків, вуглеводів, ліпідів, кислотністю та енергією, які мають діапазон значень 5.71–90.34 г/100 г, 9.93–23.25 г/100 г, 6.01–64.35 г/100 г, 4.06–16.73 г/100 г, 2.43–5.80 %, 3.59–5.98 та 200.07–344.03 ккал/100 г відповідно.

Помідор (*Lycopersicon esculentum*) є одним з найбільш широко вирощуваних овочів у світі. Світове виробництво помідорів постійно зростає і, виходячи з розрахункових темпів зростання, оцінюється приблизно в 222 млн тон до 2030 р [16]. Приблизно третина загального обсягу виробництва томатів щорічно переробляється [17]. Промислова переробка томатів генерує вологі відходи, які називають ТВ. ТВ є поліфункціональною добавкою, що здатна покращувати консистенцію, адсорбувати вологу, зменшувати втрати маси та збагачувати кінцевий продукт БАР. ТВ м'якоть та насіння, що становить майже 5–30 % (вага/вага) від вихідної сировини [18]. Таким чином, щороку харчова промисловість у всьому світі виробляє близько 5.4–9.0 млн тон ТВ [19]. На жаль, значну частку ТВ відправляють на звалища, використовують як дешеве джерело добрив для ґрунту або для корму худоби [20]. Однак, як ТВ в цілому, так і різні їх частини багаті на макро- та мікроелементи та містять значну кількість різних біоактивних молекул: лікопен є однією з найбільш представлених та найактивніших

молекул у томатах. Його вміст у ТВ (особливо в шкірці, до 864 мг/кг) є більшим, ніж у цілих помідорах [21]. Крім того, ТВ є багатим джерелом інших каротиноїдних сполук і містять значну кількість поліфенолів, полікозанолу, фітостеролів, органічних кислот, харчових волокон, мінералів та вітамінів.

Використання ТВ, окрім ефективного використання агропромислових відходів у м'ясних продуктах, може принести користь для здоров'я споживачів. У стиглих томатах більше 90 % лікопину сконцентровано в шкірці [22]. Насіння томатів також має додаткову цінність завдяки своєму фізико-хімічному складу, демонструючи характеристики вмісту вологи, білка, вуглеводів, ліпідів, кислотності, рН та енергії на рівні 12.97–22.42 г/100 г, 12.94–16.19 г/100 г, 10.60–38.50 г/100 г, 18.32–22.62 г/100 г, 4.67–5.66 г/100 г, 5.76–6,08 та 269,96–400,59 ккал/100 г відповідно [22]. Шкірка має високий вміст білка, вуглеводів та ліпідів, що робить її ціннішою за насіння. Томатну пасту широко використовують у виробництві цілого спектру харчових продуктів. Її вміст вологи, білку, жиру, харчових волокон та золи становить 62.27–70.14 %, 16.81–23.25 г/100 г, 11.17–16.73 г/100 г, 48.62–53.97 г/100 г та 3.33–4.02 г/100 г відповідно [22].

Під час використання ТВ у технологіях м'ясних виробів вони можуть бути включені в рецептурний склад як у якості сухого порошку, так і у якості екстрактів, отриманих з ТВ.

Значна кількість традиційних та інноваційних методів екстрагування БАС вимагає певного обґрунтування обраного методу, особливо для харчових і фармацевтичних застосувань, оскільки вони, очевидно, можуть впливати на функціональні, органолептичні та поживні властивості кінцевого продукту [23].

Більша частина лікопену (72–92 %) пов'язана з нерозчинною в воді фракцією і шкіркою [24]. Тому екстракти шкірки особливо багаті на лікопін, та серед інноваційних методів екстракції БАР заслуговує на увагу метод екстрагування у середовищі субкритичної води. Доведена висока біологічна та антиоксидантна активність екстрактів з ТВ (ЕТВ) завдяки багатому вмісту біоактивних молекул та підвищеному вмісту каротиноїдів [25].

Субкритична вода (СКВ) – вода в рідкому стані під тиском у температурному діапазоні 100 °C – 374 °C. СКВ залишається стійкою до

критичної температури через прикладений зовнішній тиск [26]. За кімнатної температури навколишнього середовища вода є полярною рідиною, яка дисоціює на іон гідроксонію (H_3O^+) і гідроксид-іон (OH^-); константа дисоціації (K_d) становить близько 1.0×10^{-14} за 25 °C. Крім того, вода має надзвичайно високу відносну статичну діелектричну проникність ϵ_r , – до 80. На додаток до діелектричних властивостей і густини, процес самоіонізація води, коли вода іонізується до іонів гідроксонію та гідроксид-іонів, також залежить від температури. Константа дисоціації води збільшується двома блоками від 1.0×10^{-14} за 25 °C до 1.2×10^{-12} за 350 °C, з максимальним значенням 4.9×10^{-12} за 250 °C. Це означає, що рН змінюється від 7.0 до 5.5, а іонна сила гідроксонію і гідроксид-іонів значно вища за 250 °C, ніж за кімнатної температури [27]. Коефіцієнт дифузії сполук, що екстрагуються в рідину, залежить від в'язкості: коефіцієнт дифузії зростає з підвищенням температури і зменшенням в'язкості. Значення коефіцієнта самодифузії збільшується в 10 разів за збільшення температури від 25 до 200 °C. Поверхневий натяг води в контакті з повітрям зменшується за збільшення її температури від 25 до 200 °C практично на 50 %. [27]. Дані обставини були ключовими під час обрання метода екстрагування ТВ.

Слід зазначити, що використання СКВ замість органічних розчинників підвищує екологічну безпеку виробництва, а також ступінь чистоти одержуваних продуктів, враховуючи відсутність у них слідів токсичних органічних розчинників і наявних домішок; проявляє хімічну інертність до вилучених речовин.

Ефективність застосування суб- та надкритичних методів екстрагування лікопену з ТВ було підтверджено в роботі [28]. Важливість вилучення лікопену з ТВ сприяє активним пошукам нових, енергосберігаючих «зелених» технологій, оскільки від ефективності використаної технології залежить кількість та якість видобутого пігменту [29]. Під час екстрагування, в тому числі і субкритичного, ефективність процесу залежить від типу розчинника або складу різних сумішей розчинників. Використані розчинники особливо впливають на структуру, реологію та функціональні властивості розчинних харчових волокон з томатної шкірки [30]. Таким чином, томатний

екстракт можна вважати потенційним природним консервантом у харчових продуктах завдяки високому вмісту лікопену [31].

Ефективність використання ТВ у технологіях К продемонстровано в роботі [32], в якій збагачення порошком з ТВ (1 %, 3 %, 5 %, і 7 %) комбінованих м'ясних котлет функціонального призначення «Туркестанські» (фарш з баранини та індички (50 : 50) забезпечило поліпшення амінокислотного складу котлет: вміст аргініну збільшився на 56.6 %, лізину – на 49.7 %, треоніну – на 17.3 %; зріс вміст мінеральних речовин.

Враховуючи відмінності властивостей порошоків ТВ та їх екстрактів, вони можуть бути використані в різних технологіях продуктів харчування та забезпечити різні позитивні ефекти їх споживання.

Наукова гіпотеза. Варена ковбаса може бути позиціонована як продукт функціонального призначення за певних змін її рецептурного складу: зменшення жиру шляхом заміни частки (40 %) свинини на м'ясо курки; заміни 60–62 % солі кухонної на суміш спецій, вилучення з рецептурного складу нітриту натрію та додавання до рецептурного складу ТВ або їх екстрактів для збагачення об'єкта дослідження харчовими волокнами, каротиноїдами (в основному лікопеном і β -каротином), що дозволить підвищити харчову цінність ковбас, зберегти традиційні кольори, суттєво посилити антиоксидантні властивості та підвищити терміни зберігання.

У даному дослідженні 3 параметри технології (відсоток заміни свинини на м'ясо курки, нульовий вміст нітриту натрію та відсоток доданої суміші спецій замість солі, були прийняті константами, а керування властивостями функціональних зразків К було забезпечено варіюванням змінних – відсоток доданих ТВ та їх формою: порошок або їх екстракт.

Мета роботи – дослідити властивості варених ковбас, виготовлених із змінами рецептурного складу та використанням ТВ або їх водних субкритичних екстрактів, з метою підвищення харчової цінності та споживчих властивостей продукту.

Експериментальна частина

Використана сировина. М'ясна сировина (яловичина вищого сорту, свинина напівжирна, біле м'ясо курятини) була придбана на ТОВ Глобинський м'ясокомбінат та відповідала вимогам існуючих

нормативним документів на м'ясну сировину (ДСТУ 4436:2005. Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Загальні технічні умови.).

В якості сировини для отримання ТВ були використані плоди томатів сорту Лагідний, поширених у Полтавській області та зібраних на полях СФГ „Медове” Зіньківського району в серпні 2024 року. ТВ, отримані на побутовому кухонному комбайні, сушили в сушильній шафі за температури 75 °С. Вміст вологи в ТВ становив 18.39 ± 0.57 %. Дослідний матеріал зберігали в скляних банках за температури 2–5 °С до використання.

За рецептуру контрольного зразка К було обрано К «Лікарська» вищого ґатунку, виготовлену за ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні». У якості стандартного зразка лікопену було використано добавку Е160а, (лікопену > 98 %), яка була придбана в аптеці м. Полтава. Вміст лікопену в екстрактах визначали за допомогою спектрофотометра UV-VIS, вихід екстракту виражали в мг загальної кількості екстрагованого лікопену на 100 г маси сухої сировини (мг/100 г СС). яка регламентована Санітарними правилами і нормами по застосуванню харчових добавок. На всіх етапах досліджень використовували дистильовану воду.

Для отримання ТВ, властивості яких будуть ідентичними тим, що отримані на промисловому виробництві, помідори промивали чистою водою та віджимали сік для отримання ТВ. Перед віджиманням соку помідори бланшували в гарячій воді за температури 70 °С протягом 2 хв, віджимали в мусліновій тканині для видалення зайвої води, подрібнювали в електричній м'ясорубці. Для отримання сухих ТВ дану сировину висушували в сушильній шафі, пакували в герметичний контейнер та зберігали в морозильній камері (–18 °С) для подальшого використання.

Використане обладнання. Екстракцію ТВ проводили в реакторі високого тиску РВД-02-500 («Uoslab» НВП Укроргсинтез, Україна) з об'ємом робочої камери 500 мл з магнітною мішалкою та підігрівом платформи РІВА -04.3 («Uoslab» НВП Укроргсинтез, Україна) в науково-дослідній лабораторії «Субкритичні технології у харчових виробництвах» Полтавського державного аграрного університету.

Визначення рН зразків К проводили за ДСТУ ISO 2917 «М'ясо та м'ясні продукти. Визначення рН (контрольний метод)» портативним рН-метром FiveGo F2-Food, у комплекті проколюючий електрод LE427 Mettler Toledo.

Визначення активності досліджуваних зразків К проводили на аналізаторі активності води Aqualab TDL 2, (Meter Group AG, США).

Методика екстракції ТВ. Екстракцію проводили згідно з Інструкцією на дане обладнання за сталого надлишкового тиску (5 ± 1 МПа) та постійного перемішування магнітною мішалкою (700 хв^{-1}). Вміст реактору нагрівали термоблоком до заданого значення температури і після витримки протягом заданого часу вимикали; отриману суміш у реакторі охолоджували, вилучали й відділяли рідкий екстракт від твердого залишку методом вакуумної фільтрації та очищали через мембранний фільтр 0.25 мкм (Dismic-25CS, Advantech Toyo, Токіо, Японія). Отримані ЕТВ випарювали на роторному випарнику за 40°C та в подальшому висушували до вмісту вологи $4 \pm 0.5\%$, пакували в герметичні поліетиленові пакети та зберігали за температури $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ для подальшого використання у дослідженнях.

Технологія приготування дослідних зразків К. Контрольні та розроблені зразки К були виготовлені за технологією, передбаченою існуючими нормативно-технологічними документами. Дослідні зразки батонів ковбаси формували з 10 %-м переповненням (тиск шприцювання 0.5–0.6 МПа) і використанням бар'єрної оболонки АМІФЛЕКС тип Т калібру 25 мм на горизонтальному ковбасному шприці Master Feng, модель H60-4000 (Китай).

Фізико-хімічний та харчовий аналіз. Визначення складу та вмісту сирової клітковини виконували за [33], стабільності емульсії – за [34], речовин, що реагують з тіобарбітуровою кислотою (TBARS) (мг малондегіду/кг) – за [35], вміст загальної харчової клітковини (TDF), нерозчинної харчової клітковини (IDF) та розчинної харчової клітковини (SDF) – за [36]. Вихід готового продукту після варіння розраховували шляхом вимірювання ваги вареного продукту та початкової маси сирової сировини.

Вологопоглинаючу здатність ТВ (індекс водопоглинання) визначали згідно з [37] з деякими змінами. Зразки кожного порошку (1 г на зразок) розчиняли в 12 мл дистильованої води. Потім зразки інкубували

на водяній бані за 30°C протягом 30 хв та центрифугували за $10\,000 \times g$ протягом 10 хв. Супернатант сушили за 105°C (у сушильній шафі до досягнення постійної ваги). Водопоглинаючу здатність розраховували як відношення маси осаду після центрифугування до початкової маси сухого матеріалу.

Вологоутримуючу здатність ТВ визначали як кількість води, що утримується зразком під дією зовнішньої сили – центрифугування [38]. Таким чином, 1 г порошку додавали до 10 мл води, забезпечуючи гідратацію протягом 18 год за 25°C . Після цього суміш центрифугували протягом 30 хв за 2000 об/хв у центрифугу Megafuge 16 (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, США), а отриманий осад зважували та ліофілізували для отримання сухої ваги зразка. Вологоутримуючу здатність розраховували як співвідношення між водою, утриманою порошком, та сухою вагою залишку.

Для визначення жиропоглинаючої здатності 1 г сухих ТВ змішується з 2 г соняшникової олії та витримується протягом ночі за кімнатної температури. Суміш центрифугували за 3400 об/хв протягом 5 хв, щоб відокремити непоглинену олію від жирних вичавок. Потім кількість непоглиненої олії зважують, щоб визначити кількість жиру, поглиненого вичавками.

Жирутримуючу здатність ТВ визначали за методикою [39] з деякими змінами: змішували 0.2 г сухих ТВ з 1.5 г соняшникової олії та витримували протягом ночі за кімнатної температури. Суміш центрифугували за 3400 об/хв протягом 5 хв, супернатант видаляли та отримували вагу осаду. Результати виражали в г поглиненої олії на г ТВ.

Аналіз текстури. Аналіз реологічних властивостей зразків (твердість, пружність, когезія, липкість, жувальна здатність, значення напруги зсуву) оцінювали на аналізаторі профілю текстури TA-XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Великобританія) з алюмінієвим циліндричним зондом Р/36R (циліндричної форми з діаметром 20 мм і висотою 20 мм) за температури навколишнього середовища ($20\text{--}25^\circ\text{C}$) згідно з [40].

Інструментальне вимірювання кольору. Вимірювання кольору зразків здійснювали за допомогою Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Японія) з апертурою 8 мм для вимірювання. Прилад

калібрували за допомогою білої стандартної пластини. Колірні оцінки виражали як CIE Lab L^* (світлина), a^* (червоність) та b^* (жовтизна).

Сенсорна оцінка. Сенсорну оцінку здійснювали за восьмибальною шкалою за наступними показниками: колір, смак, запах, текстура, консистенція, вигляд фаршу на розрізі, соковитість, загальне сприйняття проводила експертна комісія, що складалася з членів, які мали певний досвід, були добре обізнані щодо сенсорних характеристик К та прослухали попередній інструктаж щодо експерименту. Оцінювали зразки К діаметром 2.5 см, нарізані товщиною 2 см. Результати попереднього оцінювання кодованих зразків ковбаси було оцінено коефіцієнтом конкордації (W), що показав достатньо високу узгодженість думок експертів, та що було використано як підґрунтя достовірності результатів роботи експертної комісії. Після 10 днів зберігання зразків К за 4 ± 1 °C повторно проводили сенсорну оцінку та розраховували відсоток зменшення показників.

Мікробіологічний аналіз. Аналіз мікробіологічних показників (кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО, в 1 г продукту; патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella*, у 25 г продукту; бактерії групи кишкових паличок (БГКП) у 1 г продукту; сульфитредукувальні клостридії в 0.01 г продукту; *Staphylococcus aureus* в 1 г продукту) проводили згідно з вимогами ДСТУ 4436:2005. Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Загальні технічні умови.

Аналіз експериментальних даних. Статистичний аналіз експериментальних даних був проведений за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 7.0 (MS Office, США) та Statistica 6.0 (StatSoft, США). Результати виражені як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення з трьох незалежних експериментів ($n=3$) з рівнем довіри 90 % ($P = 0.90$).

Загальна методологія проведення досліджень представлено на рис. 1.

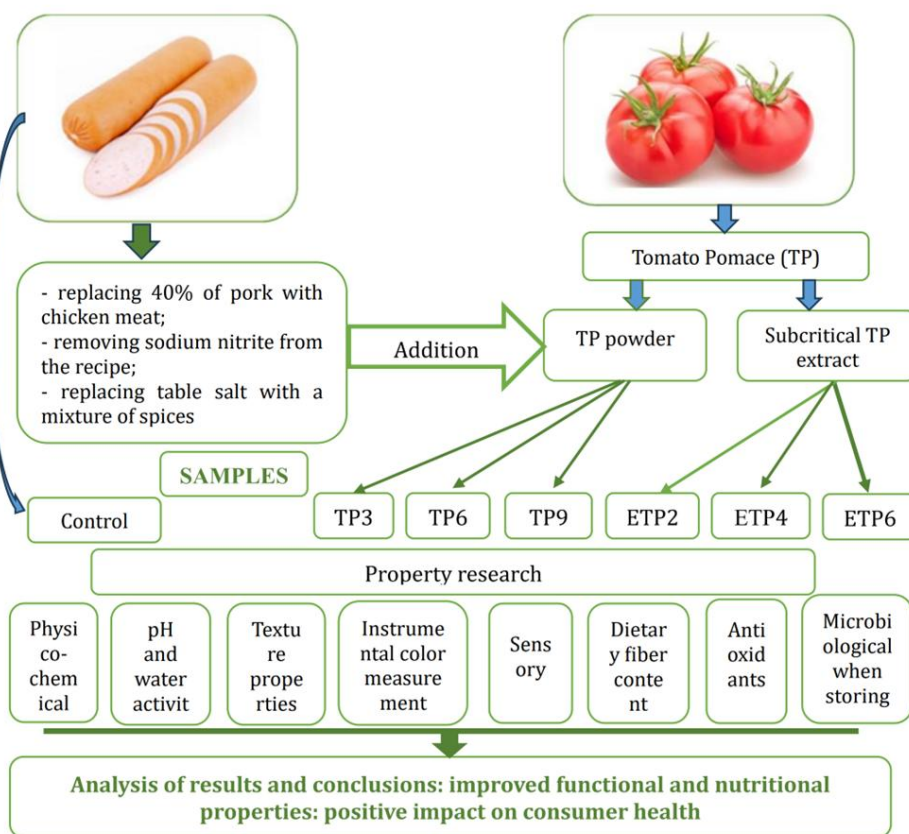


Fig. 1. Flowchart of the main stages of research

TP3, TP6, TP9 – samples K, with the addition of 3, 6 and 9 % TP, respectively; ETP2, ETP4, ETP6 – samples K, with the addition of 2, 4 and 6 % dry subcritical TP extract, respectively

Рис. 1. Блок-схема основних етапів досліджень

TP3, TP6, TP9 – зразки К, з додаванням 3, 6 та 9 % ТВ відповідно; ETP2, ETP4, ETP6 – зразки К, з додаванням 2, 4 та 6 % сухого субкритичного екстракту ТВ відповідно

Результати та їх обговорення

Формування рецептурного складу ВК функціонального призначення. Враховуючи

прийняту наукову гіпотезу про шляхи розробки К функціонального призначення – часткова (40 %) заміна свинини на м'ясо курятини; заміна 62 % солі кухонної сумішшю спецій, вилучення з рецептурного складу нітриту натрію та додавання ТВ або ЕТВ – було розроблено відповідний рецептурний склад зразків (табл. 1). Вилучення з рецептурного складу К нітриту натрію (використовують як консервант, для збереження рожевого кольору та забезпечення мікробіологічної безпеки продукту) стало можливим завдяки використанню ТВ, які виконують, згідно з прийнятою науковою гіпотезою, дані функції в розроблених зразках К.

Під час виготовлення дослідних зразків К 62 % солі (2 г/100 г основної сировини) було замінено на 1.25 г/100 г замісної суміші, яка

складалася з хлориду калію (0.2 г/100 г), лимонної кислоти (0.03 г/100 г), винної кислоти (0.03 г/100 г) та сахарози (1.0 г/100 г), та суміші спецій як часткової заміни солі кухонної, (запропонована фахівцями ТМ «Торчин») у відсотках від їх загальної суми: кмін (*Zeera*) – 15; коріандр (*Dhania*) – 20; анісове насіння (*Soanf*) – 10; чорний перець (*Kalimirsch*) – 07; тмин (*Ajwain*) – 10; перець стручковий (*Mirch powder*) – 12; кардамон (*badi Elaichi*) – 05; імбир сушений (*Saundh*) – 05; кориця (*Dalchini*) – 05; гвоздика (*Laung*) – 02; лавровий лист (*Tej pat*) – 03; мускатний горіх (*Jaifal*) – 03; мейс (*Javitri*) – 03. Використання даного замітника солі було нами апробовано раніше [41], та підтвердило свою ефективність.

Table 1

Formulation composition of the experimental samples of BS

Таблиця 1

Рецептурний склад дослідних зразків ВК							
Ingredients of minced meat	Recipes						
	Control	TP3	TP6	TP9	ETP2	ETP4	ETP6
Main raw material, g per 100 g of unsalted raw material							
Premium beef	25	25	25	25	25	25	25
Semi-fat pork	70	30	30	30	30	30	30
White chicken meat	-	40	40	40	40	40	40
Cow's dry whole milk	2	2	2	2	2	2	2
Chicken eggs	3	3	3	3	3	3	3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Products with TP, % of the main raw material							
TV powder	-	3	6	9	-	-	-
TV extract	-	-	-	-	2	4	6
Salt and spices, g per 100 g of unsalted raw material							
Table salt	2	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Sugar	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sodium nitrite	0,005	-	-	-	-	-	-
Black pepper	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Nutmeg	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mixture of salt substitutes	-	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Cold water	20 - 25	28	28	28	28	28	28

Вирішальною проблемою застосування рослинних екстрактів у м'ясних продуктах є колір і гіркий смак, перш за все, через присутні поліфеноли [42], тому в зразки ковбас, збагачених екстрактами ТВ, було додано їх 2 %, 4 % та 6 % відповідно – в зразки ЕТВ2, ЕТВ4 та ЕТВ6.

На першому етапі досліджень використання ТВ у технології К були визначені раціональні значення ступеня подрібнення сухих ТВ, враховуючи, що даний показник суттєво впливає на їх технологічні та органолептичні властивості і, в першу чергу, на вологопоглинаючу (WAR) та вологоутримуючу (WRC), жиропоглинаючу (FAC) та жирутримуючу (FRC) здатність, та враховуючи

факт зменшення вмісту солі та вилучення зі складу К нітриту натрію, які впливають саме на ці показники продукту.

Аналіз отриманих даних показав (рис. 2), що найкращі функціонально-технологічні властивості мають ТВ зі ступенем подрібнення 600 мкм: вологопоглинаюча та вологоутримуюча здатність, відповідно – 47.2 % та 21.3 %; жиропоглинаюча та жирутримуюча здатність, відповідно – 2.4 % та 1.8 %. У подальших дослідженнях були використані ТВ саме такої фракції.

На першому етапі досліджень використання екстрактів ТВ у технології К також були визначені раціональні параметри процесу екстрагування. В якості показника

ефективності процесу був обраний вміст розчинників для субкритичного екстрагування лікопену в екстрактах – як основної біологічно (N-гексан, ацетон, петролейний ефір, етанол, активної речовини, що дозволяє етилацетат, анорфлуран та ін.) лікопену з ТВ не характеризувати розроблені зразки К як мали підтвердження щодо безпечності продукти функціонального призначення. використання отриманих екстрактів у технологіях продуктів функціонального призначення [43].

В якості екстрагента була використана вода як екологічно чистий інгредієнт. Опубліковані дослідження щодо використання інших

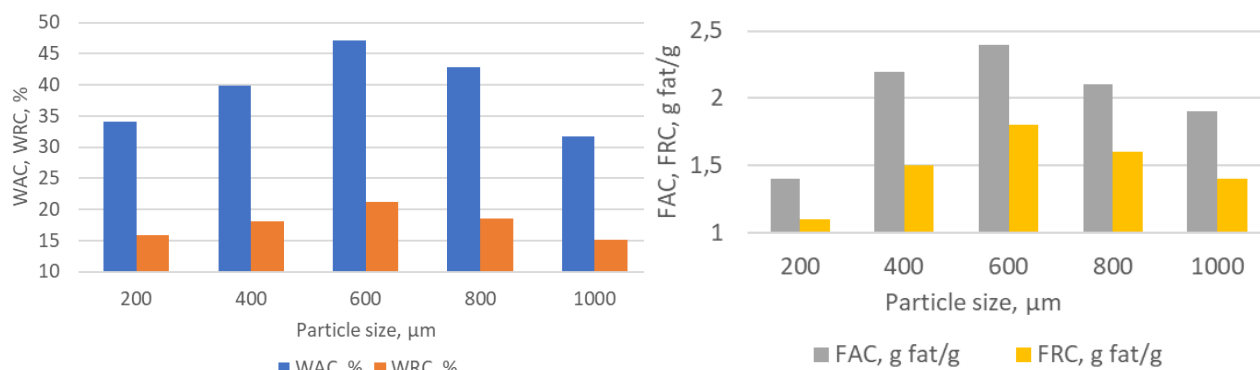


Fig. 2. Moisture-absorbing and moisture-retaining, fat-absorbing and fat-retaining capacity of dry TP depending on the size of their particles

Рис. 2. Вологопоглинаюча та вологоутримуюча, жиропоглинаюча та жиротримуюча здатність сухих ТВ в залежності від розміру їх частинок

Для параметрів субкритичного екстрагування вклад факторів, які впливають на ефективність цього процесу, обрано значення тиску 5 ± 0.5 МПа та розташовуються в наступній послідовності: температура екстрагування > тривалість екстрагування > гідромодуль > розмір фракції

сировини > тиск у робочий камері. Враховуючи низку попередніх досліджень [44–46], було обрано значення тиску 5 ± 0.5 МПа та гідромодуль 1 : 20. Результати дослідження впливу температури та тривалості екстракції на вихід лікопену наведено на рис. 3.

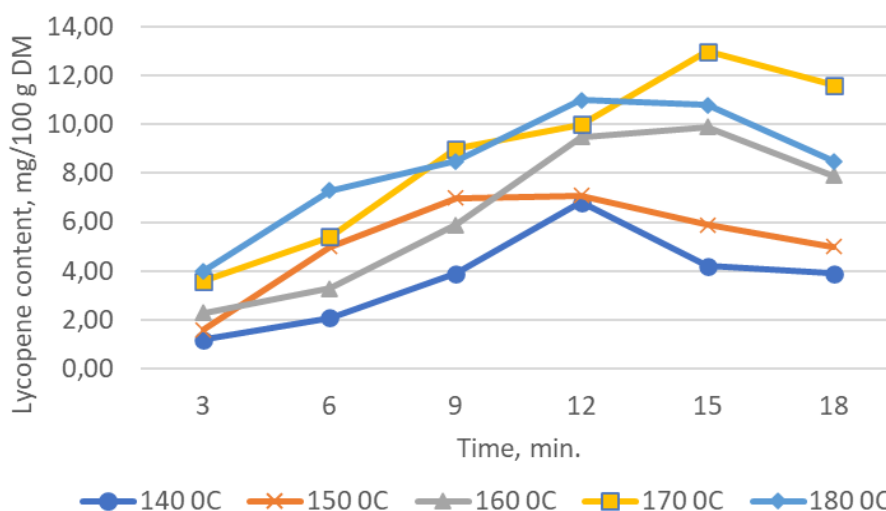


Fig. 3. The effect of temperature and extraction duration on the yield of lycopene at a hydraulic modulus of 1 : 20, a fraction size of 0.6 mm and a pressure of 5 ± 0.5 МПа

Рис. 3. Вплив температури та тривалості екстракції на вихід лікопену за гідромодуля 1 : 20, розмірі фракції 0.6 мм та тиску 5 ± 0.5 МПа

При початковому вмісті лікопену у ТВ 21.14 $\pm$ 0.17 мг/100 г СС, екстрагування СКВ ТВ отримати екстракти з вмістом лікопену 13.11 $\pm$ 0.12 мг/100г СС.

дозволило вилучити 62 % лікопену, Таким чином, у подальших дослідження присутньому у ТВ, що є достатньо високим використовували ЕТВ, отримані з порошку ТВ показником ефективності процесу та дозволило при параметрах процесу: 170 °C; 15 хв; 5 $\pm$ МПа; гідромодуль 1 : 20 та фракції 0,6 мм.

Аналіз текстурного профілю контрольних та були м'якішими, ніж контрольні зразки розроблених К показав, що К з додавання ТВ (табл. 3).

Table 3

Texture properties of the test samples of BS

Таблиця 3

Властивості текстури дослідних зразків К

Samples	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Shear stress
Control	24.8±2.2	0.8±0.08	0.6±0.07	12.5±1.1	10.4±1.3	4.5±0.9
TP3	24.3±2.1	0.8±0.03	0.6±0.02	10.9±1.6	9.9±1.5	4.6±0.6
TP6	23.5±2.0	0.7±0.02	0.5±0.03	9.2±1.4	7.5±1.1	4.7±0.6
TP9	22.8±2.5	0.7±0.04	0.4±0.03	8.5±1.4	5.9±1.4	4.8±0.7
ETP2	24.5±1.9	0.7±0.03	0.6±0.04	11.4±1.3	9.8±1.2	4.6±0.6
ETP4	23.2±2.0	0.7±0.03	0.5±0.02	10.7±1.3	9.3±1.1	4.7±0.6
ETP6	22.7±1.9	0.6±0.04	0.5±0.02	9.2±1.2	7.9±1.1	4.8±0.7

Зменшення твердості розроблених зразків у порівнянні з контрольним може бути пояснене синергетичним ефектом, що включає: 40 %-у заміну свинини на м'ясо курятини, вилучення з рецептурного складу нітриту натрію, зменшення вмісту солі кухонної та додавання ТВ, багатих на клітковину. В залежності від кількості доданого порошку ТВ або їх екстракту, твердість зменшувалася пропорційно від 2.1 % (зразок ТП3) до 8.1 % (зразок ТП9). Зразки з ТВ та ЕТВ були менш пружними та з меншими значеннями когезії, ніж контрольні зразки, що також є результатом впливу доданої клітковини на показники текстури, виключення зі складу нітриту натрію та зменшення вмісту солі. Слід відмітити різницю в результатах щодо впливу на текстурні властивості К сухих ТВ або їх екстрактів. Різний вплив клітковини на текстурні властивості зразків може бути пов'язаний з різницею в їх концентрації та способі обробки (екстрагована або сушена). Отримані результати корелюють з даними, наведеними в роботі [47], де автори повідомили, що додавання фруктової клітковини привело до отримання ковбас, які були менш твердими та більш еластичними. Показники жувальної здатності ковбас з ТВ та ЕТВ були вищими за контрольні зразки в 1.02–1.07 рази. Показники липкості залежать від показників твердості та когезії, та в зразках з ТВ та ЕТВ цей показник теж був нижчим. Значення напруги зсуву прогресивно збільшувалося зі збільшенням рівня доданих ТВ та ЕТВ. Однак суттєвої різниці в значеннях напруги зсуву контрольних та дослідних зразків К не спостерігалось (максимальне збільшення склало в 1.06 рази для ТП9 та ЕТВ6); отримані результати узгоджуються з даними роботи [48], в якій повідомляли, що збільшення вмісту висівок зернових призвело до збільшення твердості турецьких фрикадельок.

Харчові та фізико-хімічні властивості розроблених зразків К. Вміст води значно знизився після додавання ТВ (табл. 5). Низький вміст води в зразках з ТВ та ЕТВ може бути пов'язаний з присутністю харчових волокон, що містять дуже низький вміст води (від 4.52 до 11.62 %) порівняно з м'ясом, та відомих своєю здатністю зв'язувати воду. Дані про фізико-хімічні властивості субкритичних екстрактів ТВ узгоджуються з даними роботи [49]. Іншою причиною може бути природа використаних харчових волокон. Вміст білка та жиру після додавання ТВ або їх екстрактів знизився в розроблених ковбасах порівняно з контрольною групою та пропорційно кількості доданої рослинної сировини.

Збільшення вмісту жиру порівняно з контролем було виявлено в розроблених зразках К, що було пов'язано з більшим вмістом жиру в ТВ. Хоча м'ясо не містить харчових волокон, у контрольних зразках спостерігалася невелика кількість сирої клітковини. Це може бути пов'язано з наявністю клітковини, що вносилося зі спеціями та приправами, присутніх у контрольних зразках. Як і очікувалося, вміст сирої клітковини в К значно збільшився після додавання джерел клітковини до м'яса. Це було пов'язано з наявністю сирої клітковини в ТВ (48.62–53.97 г/100 г [22]). Найвищий вміст сирої клітковини (2.9 %) спостерігався в зразках ТВ6 та ЕТВ?, що в цілому було пов'язано з вищим вмістом сирої клітковини в ТВ. Ці результати свідчать, що склад джерел клітковини впливає на безпосередній склад м'ясних продуктів, до яких вони додаються.

Вихід під час варіння та стабільність емульсії (ES) збільшилися в усіх розроблених зразках К, і значна різниця спостерігалася за 9 % доданих ТВ та 6 % ЕТВ. Збільшення виходу під час варіння та стабільності емульсії було зумовлене утриманням води та жиру клітковиною, присутньою в дослідних зразках з ТВ та ЕТВ.

Отримані нами результати узгоджуються з даними роботи [51], де також дісталися висновку, що харчові волокна збільшують вихід під час варіння завдяки своїм властивостям зв'язувати воду та жир.

Введення до складу рецептур К ТВ у кількості 6 % та ЕТВ у кількості 4 % дозволило знизити втрати маси після термічної обробки на 2.2 та 3.9 % відповідно. Отримані результати узгоджуються з даними, наведеними в [50]. Для пояснення даних результатів може бути використана гіпотеза, що харчові волокна рослинної добавки мають низьку температуру клейстеризації, близьку до температури денатурації білків м'яса, за якої відбувається відділення води, що забезпечує поглинання її білково-вуглеводним комплексом, введеним із рослинною добавкою [50].

Додавання до складу К ТВ, як у вигляді порошку, так і в вигляді екстракту, незважаючи

на відсутність нітриту натрію та менший вміст солі, привело до значного зниження значень рН та активності води. Нижчі значення рН були зумовлені кислим рН ТВ (4.50). До подібних результатів дісталися автори роботи [52], де також повідомили про зниження рН м'ясних продуктів після додавання томатної паст. Включення порошку томатної шкірки до рецептури успішно зменшило загальну кількість тваринного жиру на 0.5–3.0 % (мас./мас.), та, за даними роботи [53], покращило профіль складу жирних кислот та зменшило окиснення ліпідів у кінцевому продукті. Враховуючи, що рН та активність води a_w є показниками, що характеризують якість продуктів під час зберігання, було досліджено їх динаміку протягом 10 діб зберігання зразків К (табл. 4).

Table 4

Dynamics of pH and a_w of BS samples during storage for 10 days

Таблиця 4

Динаміка показників рН та a_w зразків К при зберіганні протягом 10 днів							
Treatment	Indicator	Shelf life, days					
	s	0	2	4	6	8	10
Control	pH	6.02±0.03	5.91±0.05	5.69±0.04	5.57±0.05	5.32±0.04	5.15±0.04
	a_w	0.964	0.965	0.966	0.969	0.972	0.974
TP3	pH	6.09±0.04	5.89±0.03	5.65±0.07	5.43±0.05	5.31±0.04	5.18±0.05
	a_w	0.961	0.962	0.966	0.968	0.970	0.973
TP6	pH	6.12±0.05	6.06±0.04	5.91±0.03	5.63±0.06	5.42±0.03	5.21±0.07
	a_w	0.953	0.954	0.955	0.956	0.957	0.965
TP9	pH	6.13±0.04	6.07±0.05	5.99±0.03	5.73±0.05	5.57±0.06	5.45±0.04
	a_w	0.941	0.946	0.948	0.950	0.951	0.953
ETP2	pH	6.04±0.06	5.89±0.04	5.61±0.06	5.50±0.05	5.29±0.05	5.12±0.04
	a_w	0.961	0.963	0.964	0.968	0.970	0.972
ETP4	pH	6.08±0.03	5.97±0.06	5.85±0.05	5.49±0.03	5.32±0.04	5.19±0.05
	a_w	0.955	0.954	0.957	0.961	0.964	0.969
ETP6	pH	6.12±0.05	6.02±0.04	5.87±0.04	5.62±0.03	5.41±0.05	5.32±0.05
	a_w	0.948	0.952	0.956	0.957	0.959	0.960

Table 5

Physicochemical properties of sausage samples with different contents of TP or their extracts

Таблиця 5

Фізико-хімічні властивості зразків ковбас з різним вмістом ТВ або їх екстрактів

Samples	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Crude fibre (%)	Cooking yield (%)	Emulsion stability, ES (%)	pH	Water activity, a_w
Control	67.79±1.2	17.9±0.9	9.9±0.6	2.1±0.4	0.2±0.1	96.0±1.1	91.2±0.7	6.02±0.03	0.964
TP3	66.63±1.2	17.2±0.7	8.7±0.7	2.5±0.3	1.4±0.3	95.9±1.0	91.5±0.8	6.09±0.04	0.961
TP6	65.22±0.9	16.9±0.7	8.4±0.5	2.6±0.5	2.4±0.4	98.8±0.9	95.7±1.0	6.12±0.05	0.953
TP9	64.01±0.9	16.1±0.6	8.2±0.9	2.7±0.3	2.9±0.3	99.9±0.8	96.1±1.1	6.13±0.04	0.941
ETP2	66.31±0.8	17.1±0.8	8.6±0.6	2.4±0.4	1.1±0.3	95.2±0.5	91.4±0.9	6.04±0.06	0.961
ETP4	65.93±0.6	16.8±0.4	8.5±0.5	2.5±0.5	2.0±0.4	97.3±0.8	94.1±0.8	6.08±0.03	0.955
ETP6	64.08±1.0	15.9±0.6	8.2±0.8	2.6±0.4	2.7±0.2	99.1±0.9	95.2±0.9	6.12±0.05	0.943

Як і очікувалося, додавання ТВ позитивно вплинуло на кислотність зразків К, та в залежності від кількості доданих ТВ, цей

позитивний вплив збільшувався. Через 10 днів зберігання досліджуваних зразків К значення показника рН для контролю зменшилося на

16.9 %, а для ТВ9 та ЕТП6 – на 12.4 % та 15.0 % відповідно.

За 10 днів зберігання зразків К показник a_w , контрольного зразка зменшився з 0.964 до 0.974 (на 1.04 %), в той час як для зразків з додаванням ТВ це збільшення склало: для ТВ3 – 1.25 %; ТВ6 – 1.26 %; ТВ9 – 1.27 % та для ЕТВ2, ЕТВ4, ЕТВ6 – 1.14%; 1.68% та 1.27 % відповідно. Покращення динаміки показників рН та a_w може бути пояснене наявністю БАС з активними антиоксидантними властивостями.

Вміст харчових волокон для зразків ТВ6, ЕТВ4 та контрольного зразка (табл. 6) підтверджує той факт, що екстрагування ТВ дозволяє вилучити з первинної матриці сировини значну їх частку, але не всі присутні в сировині харчові волокна. Загальний вміст харчових волокон у зразку ТВ6 у порівнянні з контролем збільшився в 9.3 рази, а в зразку

ЕТВ4 – у 7.3 рази відповідно. Харчові волокна мають властивість збільшувати здатність утримувати воду, їх включення до м'ясної матриці сприяє збереженню її соковитості [54]. Отримані нами результати позитивного впливу додавання ТВ у вигляді порошку або субкритичного екстракту на збереження якісних властивостей К узгоджуються з даними, наведеними в роботах [16; 17; 52].

Отримані результати показують, що сушіння ТВ приводить до концентрування клітковини в них. Більша кількість клітковини в ТВ також приводить до більшої кількості клітковини в продукті, до якого вони додаються. Зменшення кількості харчової клітковини в зразках ЕТВ може бути пояснено зменшенням вмісту харчових волокон під час екстрагування в порівнянні з ТВ та меншою кількістю доданого екстракту в складі К.

Table 6

Dietary fiber content in the studied samples of BS

Таблиця 6

Вміст харчових волокон у досліджуваних зразках К

Treatment	Total (TDF)	Insoluble (IDF)	Soluble (SDF)
Control	0.3±0.1	0.2±0.05	0.1±0.04
TP6	2.8±0.4	2.5±0.2	0.3±0.07
ETP4	2,2±0.5	2,0±0.1	0,2±0.04

Органолептичні властивості досліджуваних зразків К. Оцінки за сенсорні властивості досліджуваних зразків К представлені на рис. 4. Не було помічено суттєвої різниці в органолептичних показниках контрольних та розроблених зразків К за додавання 3 % ТВ або 2 % ЕТВ за винятком показника «вигляд фаршу на розрізі» для зразка ЕТВ2.

Однак зі збільшенням вмісту як ТВ, так і ЕТВ у досліджуваних зразках К спостерігалися поступові зміни кольорових показників. Зміни спостерігалися в К з додаванням 6 та 9 % ТВ, 4 та 6 % ЕТВ відповідно, порівняно з контролем. Враховуючи відсутність у складі зразків К нітриту натрію, включення ТВ привело до

посилення червоних відтінків зразків, а додавання ЕТВ забезпечило посилення темніших відтінків червоного кольору. Дані зміни в вищезазначених зразках можуть бути пов'язані зі збільшенням вмісту ТВ, що забезпечило наявність червоних відтінків у кольорі ковбас. Однак колір розроблених зразків К був однаково привабливим для сенсорних експертів, оскільки вони оцінили ковбаси з додаванням ТВ дещо вище в порівнянні з контролем. Факт збільшення почервоніння та жовтизни ковбас, виготовлених із додаванням ТВ, внаслідок присутності пігмента лікопена, був також описаний в роботі [49].

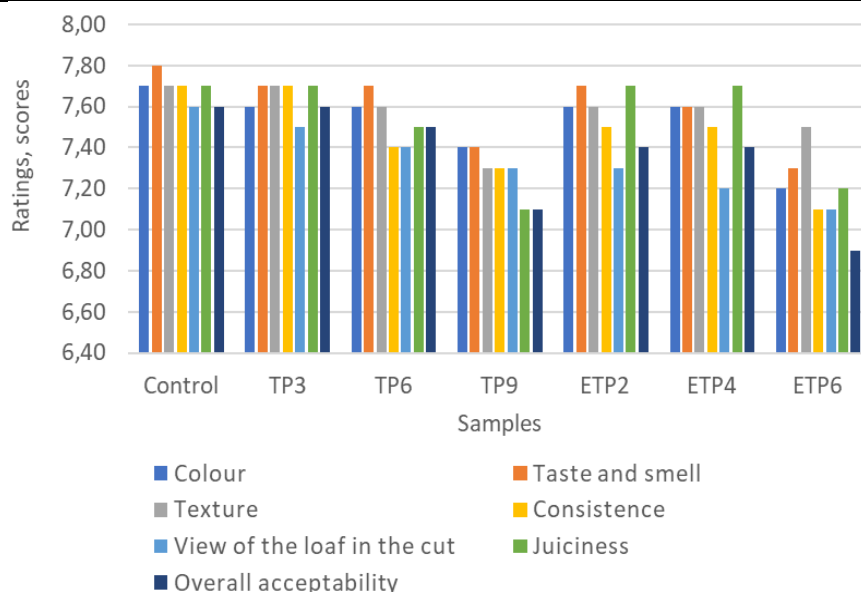


Fig. 4. Results of sensory evaluation of the studied sausage samples with the addition of different contents of dried TB or their extract

Рис. 4. Результати сенсорні оцінки досліджуваних зразків ковбас з різним вмістом сушених ТВ або їх екстракту

В цілому, зразки ТВ6 та ЕТВ4 були оцінені експертами за показником «Загальне сприйняття» на рівні контрольного зразка: відмінності склали 1.3 % та 2.6 % відповідно, що практично знаходиться в межах похибки оцінювання.

Результати показали, що помітний вплив включення ТВ на сенсорні властивості досліджуваних К спостерігався на рівні 6 %, а за додавання ЕТВ – на рівні 4 %. Зниження соковитості може бути пов'язане, з одного боку, з відсутністю нітриту натрію та зменшенням вмісту солі, але, з іншого боку, з більшим зв'язуванням води клітковиною. Зразки з ТВ мали більший вміст клітковини, що знайшло відображення в кращих показниках соковитості в порівнянні зі зразками з ЕТВ. Вплив клітковини на текстурні характеристики, такі як когезія, твердість, пружність, може бути причиною зниження оцінок текстури та консистенції.

Наявність лікопену та клітковини впливало на колір зразків К без використання нітриту

натрію та з меншим вмістом кухонної солі. Ці результати були підтверджені інструментальним аналізом кольору (табл. 7). Показники світлості зразків К збільшилися після додавання ТВ та заміни 40 % свинини на м'ясо курятини. Додавання ТВ та ЕТВ привело до збільшення як почервоніння, так і жовтизни. На разі додавання ТВ, у порівнянні з додаванням ЕТВ, це збільшення склало 0.5 одиниці L^* , що може бути пояснено більшим вмістом лікопену, який і містить барвник. На рис. 5 наведений відсоток зменшення сенсорних показників, які відбулися після зберігання зразків К протягом 10 днів за 4 ± 1 °C. Найбільші зміни відбулися для показників кольору, смаку та запаху і текстури. В порівнянні з контролем найменші зміни сенсорних показників відбулися для показників консистенції, вигляду фаршу на розрізі, соковитості, загального сприйняття. За висновками експертів зразки ТВ6 та ЕТВ4 у повній мірі відповідають вимогам споживачів та існуючим нормативним документам на К.

Color indicators of the studied samples of BS

Table 7

Таблиця 7

Samples	Показники кольору досліджуваних зразків К		
	Color indicators		
	L^*	a^*	b^*
Control	57.9±1.5	6.3±0.8	16.8±0.9
ПТВ3	58.3±1.1	7.4±0.9	19.5±0.5
ПТВ6	58.6±0.9	7.5±0.9	21.3±0.9
ПТВ9	59.1±0.9	7.6±0.7	23.7±0.9
ЕТВ2	58.1±0.8	7.1±0.7	19.2±0.8
ЕТВ4	58.3±1.1	7.3±0.9	19.9±0.5
ЕТВ6	58.6±1.0	7.4±0.8	21.3±0.9

З урахуванням результатів цінності та споживчим властивостям, а зразки інструментальних досліджень властивостей ТВ9 та ЕТВ6 знаходилися на межі їх сприйняття розроблених зразків К, зразки ТП3 та ЕТВ2 за смаковими властивостями. поступалися зразкам ТВ6 та ЕТВ4 по харчовій

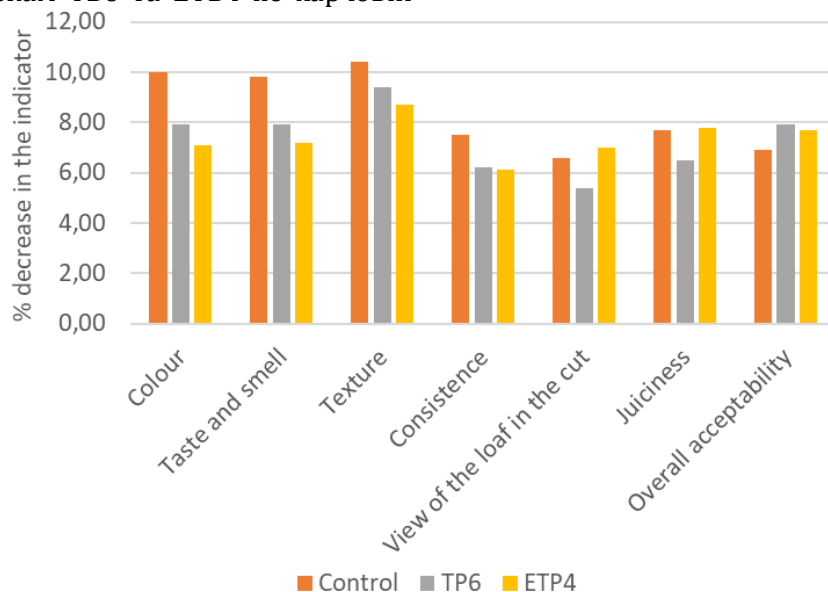


Fig. 5. Percentage of decrease in sensory evaluations of BS samples after their storage for 10 days at 4 ± 1 °C
Рис. 5. Відсоток зменшення сенсорних оцінок зразків К після їх зберігання протягом 10 днів при 4 ± 1 °C

Результати оцінювання антиоксидантних за органолептичними показниками, наведено властивостей досліджуваних зразків К (ТВ6 та на рис. 6. ЕТВ4), які було обрано експертами як найкращі

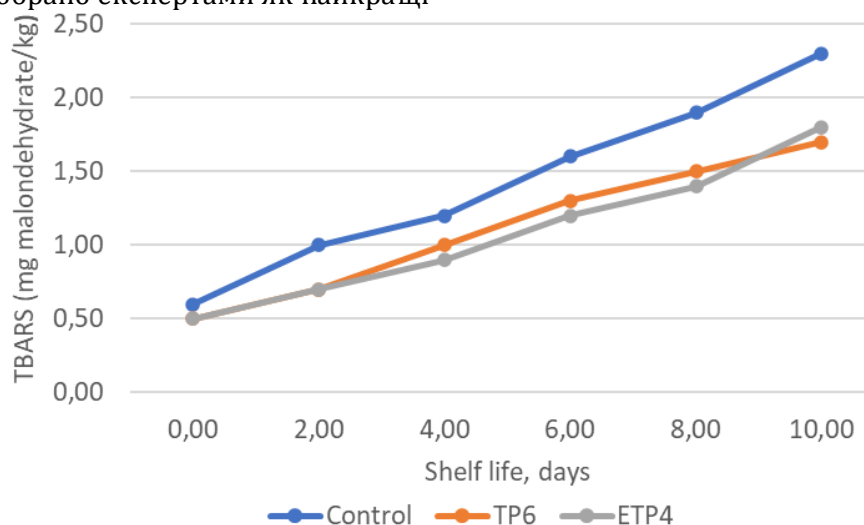


Fig. 6. TBARS values (mg malondehydrate/kg) of BS treatment stored at 4 ± 1 °C
Рис. 6. Значення TBARS (мг малондегідрату/кг) зразків К, що зберігалися за температури 4 ± 1 °C

Не було виявлено суттєвої різниці в значеннях TBARS контрольних та розроблених зразків К на 0-й день. Збільшення значення TBARS спостерігалось зі збільшення терміну зберігання в усіх досліджуваних зразках. Однак збільшення значення TBARS було порівняно меншим у зразках ТП6 та ЕТВ4, що призвело до значного зниження значення TBARS у цих варіантах порівняно з контролем на 10-й день зберігання. Даний факт може бути пояснений присутністю в ТВ лікопену, який

має сильну антиоксидантну дію. Таким чином, результати свідчать, що ТВ можуть бути ефективними пригнічувачами окиснення ліпідів у К, що пов'язано з антиоксидантним та радикал-поглинаючим ефектом біоактивних компонентів, присутніх у ТВ.

Результати аналізу мікробіологічних показників досліджуваних зразків К свідчать, що протягом періоду зберігання вони знаходилися в межах, передбачених нормативними документами: кількість

мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів на 10 день зберігання склала 0.9×10^3 КУО в 1г продукту. Не було виявлено суттєвої різниці в значеннях показника для контрольного та розроблених зразків К. Інших показників, що характеризували б наявність інших представників мікрофлори, не виявлено.

Висновок

Варена ковбаса функціонального призначення може бути виготовлена за технологією, яка передбачає заміну 40 % свинини на м'ясо курятини; вилучення з рецептурного складу нітриту натрію, заміну 60–62 % солі кухонної на суміш спецій та додавання до рецептурного складу ТВ. Серед досліджуваних зразків з 3 %, 6 %. 9 % порошку ТВ або 2 %. 4 % та 6 % субкритичного екстракту ТВ. За результатами їх органолептичного оцінювання, дослідження фізико-хімічного складу та текстурних властивостей, вмісту харчових волокон, антиоксидантних властивостей та мікробіологічних показників за умови

зберігання зразків протягом 10 днів було обрано зразки з 6 % ТВ або 4 % екстракту ТВ, які були позитивно сприйняті експертами та збагатили об'єкт дослідження харчовими волокнами, каротиноїдами; дозволили зменшити твердість К на 2.1–8.1 %; покращити жувальні властивості в 1.02–1.07 рази; зменшити вміст жиру, збільшити вміст сироваткової клітковини, вихід під час варіння та стабільність емульсії. Загальний вміст харчових волокон у зразку ТВ 6 у порівнянні з контролем збільшився у 9.3 рази, а в зразку ЕТВ4 – у 7.3 рази відповідно. Присутність лікопену забезпечило традиційні кольори зразків К за незначного освітлення розроблених зразків та посилення червоного кольору. Присутність лікопену привела до посилення антиоксидантних властивостей зразків: через 10 днів зберігання зразків показники TBARS для розроблених зразків становили 1.7 та 1.8 та контрольного зразка – 2.3 мг малондегідрату/кг. Мікробіологічні показники всіх зразків під час зберігання за температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$ відповідали діючим вимогам.

References

- [1] Meat Market Review. Overview of global market developments in 2024. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd5077en>.
- [2] Davydova, O. B., Zozuljov, O. V. (2021). [Current state of the Ukrainian sausage market: key trends and development drivers]. *Aktualni problemy ekonomiky ta upravlinnja*. 15. 11. (in Ukrainian).
- [3] Bal-Prylko, L., Nikolayenko, M., Cherednichenko, O., Danylenko, S., Stepasyuk, L. (2022). Current problems of the meat processing industry and practical approaches to enhancing the formulations of sausage products. *Food resources*, 10(19), 26–37. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-03>.
- [4] Zaky, A. A., Witrowa-Rajchert, D., Nowacka, M. (2025). Revolution of Bioactive Compound Extraction: Impacts on Food Safety, Health, and Sustainability, *Food Safety and Health*. 2835–1096, <https://www.doi.org/10.1002/fsh3.70012>.
- [5] Skwarek, P., Karwowska, M. (2025). The Effect of Tomato Pomace on the Oxidative and Microbiological Stability of Raw Fermented Sausages with Reduced Addition of Nitrites. *International Journal of Food Science*. Article ID 6146090, 12. <https://doi.org/10.1155/ijfo/6146090>.
- [6] Naik, H.R.; Amin, T. (2021). Processing and Preservation of Meat and Meat Products. In *Food Processing and Preservation*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA. <https://doi.org/10.1201/9781003243250-7>.
- [7] Li, Y., Sukmanov, V., Hanjun, M., Kang, Z.L. (2021). High pressure applications in low salt gel meat technologies. A review. *Ukrainian Journal of Food Science*. 9(2), 181–197. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2021-9-2-6>.
- [8] Bistola, V., Arfaras-Melainis, A., Troglanis, E., Bakosis, G., Polyzogopoulou, E., Karavidas, I. N., Ikonmidis I., Parissis, J., Karavidas, A. (2020). Safety and efficacy of salt substitution with a low sodium-potassium enriched dietary salt in patients with heart failure with reduced ejection fraction: A pilot study. *Clinical Nutrition ESPEN*. 35, 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.11.004>.
- [9] Li, Y., Valerii A., Sukmanov, V., Hanjun, M., Kang, Z. L. (2021). High Pressure Applications in Low Salt Gel Meat Technologies. A review. *Ukrainian Journal of Food Science*. 9(2), 321–327. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2021-9-2-6>.
- [10] Li, Y., Kang, Z. L., Sukmanov, V., Ma, H.J. (2021). Effects of soy protein isolate on gel properties and water holding capacity of low-salt pork myofibrillar protein under high pressure processing. *Meat Sci*. 20(176), 108471. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108471>.
- [11] Šojić, B., Pavlić, B., Tomović, V., Sunčica Kocić-Tanackova, S., Đurović, S., Zeković, Z., Belović, M., Torbicac, A., Jokanović, M., Uromović, N., Vujadinović, D., Ivić, M., Škaljaca, S. (2020). Tomato pomace extract and organic peppermint essential oil as effective sodium nitrite replacement in cooked pork sausages. *Food Chemistry* 330, 127202. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127202>.
- [12] Šojić, B., Tomović, V., Džinić, N., Jokanović, M., Ikonić, P., Škaljac, S., Pavlić, B. (2019). Plant extracts as natural antioxidants in meat processing. *Bulgarian Journal of Agricultural Science, Agricultural Academy*. 25 (Suppl. 1), 27–30.
- [13] Tokysheva, G., Tultabayeva, T., Mukhtarkhanova, R., Zhakupova, G., Gorbulya, V., Kakimov, M., Makangali, K. (2023). The study of physicochemical and technological properties of boiled sausage recommended for the older adults. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 16–29. <https://doi.org/10.5219/1806>.
- [14] Szabo, K., Rodica-Anita, V., Ciont, C., Macri, A.M., Vodnar, D.C. (2025). An updated overview on the revalorization of

- bioactive compounds derived from tomato production and processing by-products. Review. *Journal of Cleaner Production*. 497(15), 145151. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145151>.
- [15] Olvera-Aguirre, G., Piñeiro-Vázquez, Á.T., Sanginés-García, J.R., Sánchez Zárate, A., Ochoa-Flores, A.A., Segura-Campos, M.R., Vargas-Bello-Pérez, E., Chay-Canul, A.J. (2023). Using plant-based compounds as preservatives for meat products: A review. *Heliyon*. 9(6), e17071. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17071>.
- [16] Chabi, I. B., Oscar Zannou, Z., Emmanuelle, S.C., Dedehou, A., Ayegnon, D.P., Oloude, B., Odouaro, O., Maqsood, S., Galanakis, C.M., Kayode, A.P.P. (2024). Tomato pomace as a source of valuable functional ingredients for improving physicochemical and sensory properties and extending the shelf life of foods: A review. *Heliyon*, 10(3), e25261. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25261>.
- [17] Navarro-González, I. García-Valverde, V. García-Alonso, J. (2021). Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber *Food Res. Int.* 44, 1528–1535. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.005>.
- [18] Zuurro, A. Fidaleo, M. Lavecchia, R. (2011). Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste *Enzym. Microb. Technol.* 49, 567–573. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2011.04.020>.
- [19] Lu, Z. Wang, J. Gao, R. (2019). Sustainable valorisation of tomato pomace: a comprehensive review. *Trends Food Sci. Technol.* 86, 172–187. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.020>.
- [20] Saini, R.K., Moon, S.H., Keum, Y.S. (2018). An updated review on use of tomato pomace and crustacean processing waste to recover commercially vital carotenoids. *Food Res. Int.* 108, 516–529. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.003>.
- [21] Liadakis, G., Kekes, T., Frakolaki, G., Giannou V. (2022). Ingredients for Food Products. In book: *Tomato Processing By-Products* (pp.117-148) Elsevier Inc., 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822866-1.00007-7>.
- [22] Domínguez, R., 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*. 15, 9(1), 73. <https://doi.org/10.3390/antiox9010073>.
- [23] Zaky, A.A., Akram, M.U., Rybak, K., Witrowa-Rajchert, D., Nowacka, M. (2024). Bioactive compounds from plants and by-products: Novel extraction methods, applications, and limitations. *AIMS Molecular Science*. 11(2), 150–188. <https://www.doi.org/10.3934/molsci.2024010>.
- [24] Pandya, D., Akbari, S., Bhatt, H., Joshi, D.C. (2017). Standardization of solvent extraction process for Lycopene extraction from tomato pomace. *J Appl Biotechnol Bioeng.* 2(1), 12–16. <https://www.doi.org/10.15406/jabb.2017.02.00019>.
- [25] Jamaledine, A., de Caro, P., Bouajila, J., Evon, P., Haddad, J. G., El-Kalamouni, C., Hijazi, A., Merah, O. (2022). In Vitro Bioactivities of Extracts from Tomato Pomace. *Front. Biosci.* (Landmark Ed), 27(9), 259. <https://doi.org/10.31083/j.fbl2709259>.
- [26] Cheng, Y., Xue, F., Yu, S., Du, S., Yang, Y. (2021). Subcritical Water Extraction of Natural Products. *Molecules*, 26(13), 4004; <https://doi.org/10.3390/molecules26134004>.
- [27] Sukmanov, V., Suprun, A. (2021). Extraction of biologically active substances from onion peel with the subcritical water in a static mode. *Journal of Chemistry and Technologies*. 29(2), 265–278. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i2.225749>.
- [28] Rozzi, N. L., Singh, R. K., Vierling, R. A., Watkins, B. A. (2002). Supercritical Fluid Extraction of Lycopene from Tomato Processing Byproducts. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 50, No. 9, 2638–2643. <https://doi.org/10.1021/jf011001t>.
- [29] J.Y. Méndez-Carmona, B. A., Ascacio-Valdes, J.A., Alvarez-Perez, O.B., Hernández-Almanza, A. Y., Ramírez-Guzman, N., Sepúlveda, L., Aguilar-González, M. A., Ventura-Sobrevilla, J. M., Aguilar, C.N. (2022). Tomato waste as a bioresource for lycopene extraction using emerging technologies. *Food Bioscience*. 49, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101966>.
- [30] Li, N., Xia, Q., Hou, Y., Xu, G. (2018). Comparisons of three modifications on structural, rheological and functional properties of soluble dietary fibers from tomato peels. *LWT*. 88, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.003>.
- [31] Karoui, I. J., Chaabani, E., Dali, I., Aydi, A., Hammami, M., Abderrabba, M. (2023). Optimization of antioxidant and lycopene extraction from tomato pomace using Hansen solubility parameters and its application in chicken meat preservation. *Journal of Food Science*. 88(9), 3714–3724. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16722>.
- [32] Islamova, G., Utebaeva, A., Yevlash, V., Shingisov, A., Kanseitova, E. (2025). Development of technology for functional combined meat cutlets “Turkistan” enriched with tomato pomace powder. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (133)), 71–81. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323381>.
- [33] Ratsuk, M., Saribekova, D., Vodyanitska, Z. (2022). Preparation of cooked sausage products with food fibers. *Herald of Khmelnytskyi National University Technical sciences* 307(2), 169–172. <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2022-307-2-169-172>.
- [34] Shevchenko, I., Tunik, O. (2024). Cryoprotective properties of functional mixtures in cooked sausage products. *Ukrainian Journal of Food Science*. 12(1), 33–44. <https://www.doi.org/10.24263/2310-1008-2024-12-1-5>.
- [35] Wenjiao, F., Yongkui, Z., Yunchuan, C., Junxiu, S., Yuwen, Y. (2024). TBARS predictive models of pork sausages stored at different temperatures. *Meat Science*. 96(1), 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.025>.
- [36] Bal-Prylypko, L., Nikolayenko, M.S., Danylenko, S.H., Ustymenko, I.M., Ryabovol, M.V., Zhurenko D. V. (2024). Justification of technology of sausages for herodietic purpose. *Journal of Chemistry and Technologies* 32(3), 759–765. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i3.306991>.
- [37] Ahmed, M., Akter, M.S., Lee, J.-C., Eun, J.-B. (2010). Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. *LWT-Food Science and Technology*, 43, 1307–1312. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.014>.
- [38] Raghavendra, S.N., Ramachandra Swamy, S.R., Rastogi, N.K.; Raghavarao, K.S.; Kumar, S.; Tharanathan, R.N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *J. Food Eng.* 72, 281–286. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.008>.
- [39] Garau, M.C.; Simal, S.; Rosselló, C.; Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food*

- Chem. 104, 1014–1024.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.009>.
- [40] Operating instructions texture analyzer TA-XT plus. Stable Micro Systems Ltd., UK.
- [41] Sukmanov, V. O., Mulko, I. S. (2023). [Study of the rheological and organoleptic properties of chicken nuggets with low sodium chloride content and added apple]. *Scientific Bulletin of Tavria State Agrotechnological University*, 13(1). (In Ukrainian).
- [42] Mäkinen, S., Hellström, J., Mäki, M., Korpinen, R., Mattila, P. H. (2020). Bilberry and Sea Buckthorn Leaves and Their Subcritical Water Extracts Prevent Lipid Oxidation in Meat Products. *Foods*, 9(3), 265. <https://doi.org/10.3390/foods9030265>.
- [43] Colucci Cante, R., Gallo, M., Varriale, L., Garella, I., Nigro, R. (2022). Recovery of Carotenoids from Tomato Pomace Using a Hydrofluorocarbon Solvent in Sub-Critical Conditions. *Applied Sciences*, 12(6), 2822. <https://doi.org/10.3390/app12062822>.
- [44] Cheng, Y., Xue, F., Yu, S., Du, S., Yang, Y. (2021). Subcritical Water Extraction of Natural Products. *Molecules*, 26(13), 4004; <https://doi.org/10.3390/molecules26134004>.
- [45] Sukmanov, V., Suprun, A. (2021). Extraction of biologically active substances from onion peel with the subcritical water in a static mode. *Journal of Chemistry and Technologies*, 29(2), 265–278. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i2.225749>.
- [46] Sukmanov, V., Kovalchuk, O. (2023). Influence of extraction parameters on the properties of subcritical water extracts of soybean meal. *Journal of Chemistry and Technologies*, 31(1), 72–81. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i1.274376>.
- [47] Garcia M.L., Dominguez R., Garlvez M.D., Casas S., Sergas M.D. (2002). Utilization of cereal and fruit fibers in low-fat fermented sausage. *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).
- [48] Yasarlar, E.E., Daglioglu, O., Yilmaz, I. (2007). Effect cereal bran addition on chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of Turkish meat balls. *Asian Journal of Chemistry*, 19(3), 2353–2361.
- [49] Calvo, M.M., Garcia, M.L., Selgas, M.D. (2008). Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat Science*, Vol.80, pp 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.016>.
- [50] Sukhenko, Yu. G., Sukhenko, V. Yu., Koretsk, L. I., Dudchenko, V. V. (2019). [Biological value of cooked sausages with added wheat fiber and pumpkin pectin]. *Latest technologies*, 2(9), 98–103. (In Ukrainian).
- [51] Cofrades, S., Guerra, M.A., Carballo, F. Fernández-Martín, J. (2000). Plasma Protein and Soy Fiber Content Effect on Bologna Sausage Properties as Influenced by Fat Level. *Journal of Food Science*, 65(2), 281–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15994.x>.
- [52] Kezban Candoga. (2002). The effect of tomato paste on some quality characteristics of beef patties during refrigerated store. *European Food Research and Technology*, 215(4), 305–309. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0567-1>.
- [53] Qiang, W., Hongbin, W., Yuejie, X., Haijun, C., Xue, L., Chengjiang, L., Zhengwei, X. (2017). Effects of tomato peel as fat replacement on the texture, moisture migration, and sensory quality of sausages with varied fat levels. *CYTA – Journal of food*, 15(4), 582–591. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1321586>.
- [54] Chevance, F.F.V., Farmer, L.J., Desmond, E.M., Novelli, E., Troy, D.J., Chizzolini, R. (2000). Effect of some fat replacers on the release of volatile aroma compound from low-fat meat products. *J Agric Food Chem*, 48, 3476–3484. <https://doi.org/10.1021/jf991211u>.