



UDC 637.5.04:664.8.03

JUSTIFICATION OF BOILED SAUSAGE TECHNOLOGY WITH INCREASED PROTEIN CONTENT

Larysa V. Bal-Prylypko¹, Ihor M. Ustymenko¹, Valentyna M. Israelian¹, Svitlana H. Danylenko^{1,2*},
Roman B. Kovalenko¹, Maryna V. Nazarenko¹

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroes of Defense, Kyiv, 03041, Ukraine

²Institute of Food Resources NAAS of Ukraine, 4A6 Evgena Sverstyuk street, Kiev, 02000, Ukraine

Received 10 August 2025; accepted 1 December 2025; available online 23 March 2026

Abstract

Boiled sausages are popular meat products among consumers. At the same time, the question arises of increasing the nutritional value, in particular, in terms of protein content, of boiled sausages. The purpose of this work is to substantiate the use of sodium caseinate, amaranth flour, collagen protein, psyllium as dietary fiber, dihydroquercetin and sea salt in the technology of boiled sausage. It was found that the experimental sample had an increased protein content by 2.7 %, a reduced fat content by 4.1 %, and moisture by 2.5 %; improved moisture-retaining (94.8 %) and moisture-binding (82.7 %) capabilities compared to the control sample. Increasing the pH to 6.34 compared to the control sample (6.19) contributed to reducing moisture loss during heat treatment and improving texture. The experimental sample exceeded the control in terms of mass fractions of all essential amino acids: valine – by 128 mg, histidine – by 57 mg, leucine – by 176 mg, isoleucine – by 99 mg, threonine – by 83 mg, lysine – by 147 mg, methionine + cystine – by 63 mg, tryptophan – by 27 mg, phenylalanine + tyrosine – by 196 mg. The experimental sample had an increased content of individual minerals compared to the control: calcium – by 9.1 mg, iron – by 308 µg, magnesium – by 11.5 mg, phosphorus – by 32.5 mg, potassium – by 20.9 mg, sodium – by 16 mg, zinc – by 0.13 mg, selenium – by 0.76 mg. Thus, a new technology of boiled sausage with an increased content of complete amino acid composition of total protein and minerals has been developed. The developed boiled sausage will expand the range of meat products for people with an active lifestyle.

Keywords: boiled sausage products; protein; amino acids; minerals; nutrient composition; nutritional value.

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕНОЇ КОВБАСИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ БІЛКА

Лариса В. Баль-Прилипко¹, Ігор М. Устименко¹, Валентина М. Ізраєлян¹,
Світлана Г. Даниленко^{1,2*}, Роман Б. Коваленко¹, Марина В. Назаренко¹

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, Київ 03041, Україна

²Інститут продовольчих ресурсів НААН, вул. Євгена Сверстюка, 4А, Київ 02000, Україна

Анотація

Варені ковбаси є популярними м'ясними продуктами й постає питання щодо підвищення їхньої харчової цінності, зокрема за вмістом білка. Метою даної роботи є обґрунтування використання в технології вареної ковбаси казеїнату натрію, борошна амарантового, колагенового білка, псиліуму як харчових волокон, дигідрокверцетину та солі морської. За результатами органолептичних показників якості встановлено, що дослідний зразок вареної ковбаси із вмістом гідратованого колагенового білка в кількості 15.0 %, казеїнату натрію в кількості 1.5 %, псиліуму в кількості 1.5 %, борошна амарантового в кількості 4.0 %, дигідрокверцетину в кількості 0.02 %, солі морської у кількості 2.1 % характеризується найприємнішими смаком та запахом та був обраний для подальших досліджень. Встановлено, що дослідний зразок мав підвищений вміст білка на 2.7 %, знижений вміст жиру на 4.1 %, та вологи на 2.5 %; покращені показники вологоутримуючої (94.8 %) і вологозв'язуючої (82.7 %) здатностей порівняно з контрольним зразком. Підвищення pH до 6.34 проти контрольного зразка (6.19) сприяло зменшенню втрат вологи під час термічної обробки та покращенню текстури. Дослідний зразок переважав контрольний за масовими частками усіх незамінних амінокислот: валіну – на 128 мг, гістидину – на 57 мг, лейцину – на 176 мг, ізолейцину – на 99 мг, треоніну – на 83 мг, лізину – на 147 мг, мітїоніну+цистин – на 63 мг, триптофану – на 27 мг, фенілаланіну+тирозин – на 196 мг. Дослідний зразок мав підвищений вміст окремих мінеральних речовин порівняно з контрольним: кальцію – на 9.1 мг, заліза – на 308 мкг, магнію – на 11.5 мг, фосфору – на 32.5 мг, калію – на 20.9 мг, натрію – на 16 мг, цинку – на 0.13 мг, селену – на 0.76 мг. Таким чином, розроблена нова технологія вареної ковбаси з підвищеним вмістом повноцінного за амінокислотним складом загального білка та мінеральних речовин.

Ключові слова: варені ковбасні вироби; білок; амінокислоти; мінеральні речовини; нутрієнтний склад; харчова цінність.

*Corresponding author: e-mail: svet1973@gmail.com

Вступ

В теперішній час спостерігається зростаючий інтерес до розробки нових видів м'ясних продуктів, зокрема, варених ковбасних виробів, які поєднують підвищену харчову цінність, привабливі сенсорні характеристики та безпечність для здоров'я споживачів [1]. Вирішення проблеми забезпечення споживачів достатньою кількістю повноцінного білка, мікроелементів тощо є одним із головних завдань сучасної харчової галузі. В контексті зростаючих вимог до якості та харчової цінності харчових продуктів, особливої актуальності набуває розробка інноваційних технологій виробництва м'ясних виробів. Варені ковбасні вироби, будучи популярним продуктом масового споживання, мають значний потенціал для модифікації їхнього складу з метою підвищення харчової цінності. Це відповідає глобальним тенденціям щодо створення продуктів, які не лише втамовують голод, а й сприяють покращенню здоров'я споживачів, забезпечуючи їх необхідними мікро- та макроелементами [2–4].

Використання сировини тваринного та рослинного походження, зокрема нетрадиційної в технології нових видів варених ковбасних виробів, можуть сприяти покращенню якості, а конкретно підвищенню вмісту повноцінного білка в готовому продукті. Такою сировиною, на нашу думку, можуть бути казеїнат натрію, борошно амарантове, колагеновий білок, харчові волокна, дигідрокверцетин та сіль морська.

Дослідники показують [5; 6], доцільність збагачувати раціон, багатий білком тваринного походження, інгредієнтами з наближеним до м'яса амінокислотним складом. До таких інгредієнтів відносять молочні білки, зокрема казеїнати, в вигляді казеїнату натрію. Молочні білки відіграють ключову роль у виробництві широкого спектру м'ясопродуктів, зокрема варених ковбас, сосисок, сардельок. Їхня ефективність зумовлена унікальною здатністю формувати стабільну, однорідну структуру в емульгованих м'ясних виробках [7]. Завдяки своїм функціональним властивостям, молочні білки, подібно до м'ясних фібрилярних білків, утворюють тривимірну сітку, яка ефективно утримує вологу та жир, та забезпечують бажану текстуру та консистенцію готового продукту [8]. У контексті підвищення харчової цінності та органолептичних показників якості м'ясних продуктів, особлива увага приділяється використанню казеїнату натрію. Цей білковий інгредієнт, отриманий з казеїну молока, є

цінним компонентом завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям, які значно покращують якість готового продукту [9; 10].

Казеїнат натрію відомий своєю високою водо- та жирутримуючою здатністю, що є критично важливим для виробництва емульгованих м'ясних виробів, таких як варені ковбаси. Він сприяє формуванню стабільної білково-жирової емульсії, запобігаючи виділенню вологи та жиру під час термообробки та зберігання. Це, в свою чергу, позитивно впливає на вихід готової продукції, її соковитість та текстуру [11; 12]. Крім того, казеїнат натрію є джерелом повноцінного білка, що дозволяє підвищити харчову цінність м'ясних продуктів, особливо в випадку заміни частини м'ясної сировини або для збагачення продукту білком. Його нейтральний смак та хороша розчинність дозволяють інтегрувати його без істотного впливу на смакові властивості кінцевого продукту [13]. Науковцями доведено [14], що казеїнат натрію може покращувати структуру та консистенцію м'ясопродуктів, забезпечуючи більш однорідну та еластичну текстуру.

З точки зору підвищення харчової цінності та покращення споживчих характеристик варених ковбасних виробів важливим аспектом є використання харчових волокон. Харчові волокна, будучи неперетравлюваними вуглеводами, відіграють значну роль у забезпеченні здорового харчування та профілактиці багатьох захворювань, зокрема, серцево-судинних, діабету 2 типу [15]. Додавання харчових волокон до м'ясних виробів дозволяє вирішити декілька ключових завдань. По-перше, вони сприяють зменшенню вмісту жиру та холестерину в готовому продукті без суттєвої втрати його сенсорних якостей, що відповідає сучасним дієтичним рекомендаціям та запитам споживачів на їжу оздоровчого призначення [16]. По-друге, харчові волокна покращують вологоутримуючу здатність та текстуру варених ковбасних виробів, що дозволяє знизити втрати під час термічної обробки та забезпечити соковитість продукту [17; 18]. Крім того, вони можуть виступати ефективними емульгаторами та стабілізаторами, запобігаючи відділенню жиру та води, що є критично важливим для виробництва якісних емульгованих м'ясних виробів – варених ковбас [19].

Окрім технологічних переваг, включення харчових волокон надає м'ясним продуктам функціональних властивостей. Вони є пребіотиками, сприяють росту корисної

мікрофлори кишківника, що позитивно впливає на травлення та імунну систему [20]. Дослідження останніх років [21; 22] підтверджують ефективність використання різних джерел харчових волокон (наприклад, з овочів, фруктів, злаків, бобових) у м'ясних продуктах, демонструючи їхній позитивний вплив на органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники готових виробів.

Таким чином, інтеграція харчових волокон у рецептури варених ковбас є перспективним напрямком для створення інноваційних, поживних та функціональних продуктів, що відповідають сучасним вимогам ринку та сприяють покращенню здоров'я населення.

У сучасних дослідженнях, спрямованих на вдосконалення функціональних та споживчих властивостей м'ясних виробів, особливу увагу приділяють пошуку високобілкових інгредієнтів, які не містять глютену. Одним із перспективних варіантів є використання борошна амарантового як заміни традиційного пшеничного [23].

Борошно амарантове характеризується високим вмістом білка та відсутністю глютену, що робить його придатним для споживачів із целіакією або чутливістю до глютену. Дослідження показують, що білок амаранту має повноцінний амінокислотний склад, включаючи всі незамінні амінокислоти, та високу біологічну цінність. Слід відзначити, що додавання в фарш цього виду борошна не веде, на відміну від борошна пшеничного, до втрати в фаршеві суміші білка [24].

Науковцями [25] зазначено, що додавання борошна амарантового може сприяти покращенню вологоутримуючої здатності та зменшенню втрат під час термічної обробки, що є критично важливим для виробництва м'ясних емульгованих виробів. Також відзначається його позитивний вплив на текстуру та соковитість готових продуктів, а також на стабілізацію жирової емульсії, що запобігає її розшаруванню [26]. Крім того, наявність антиоксидантів у амаранті може сприяти збільшенню терміну зберігання м'ясних виробів за рахунок уповільнення процесів окиснення ліпідів [27].

Варто підкреслити, що в складі зерна амаранту наявні значні концентрації мікро- та макроелементів, таких як залізо, калій, кальцій, магній, марганець, мідь, натрій, селен, фосфор і цинк, а також вітаміни групи В. На особливу увагу заслуговує високий вміст марганцю, фосфору, заліза та селену, які вносять вагомий

вклад у забезпечення добової потреби організму [28].

Таким чином, використання борошна амарантового як високобілкового безглютенового інгредієнта в виробництві варених ковбас є перспективним напрямом подальших досліджень та імплементації у промислове виробництво м'ясних продуктів як функціонального інгредієнта.

Науковцями доведено [29; 30], що надлишкове надходження до організму людини натрію може призвести до підвищення захворюваностей, зокрема серцево-судинних. Для уникнення цього традиційно використовувану в технології м'ясних продуктів сіль кухонну слід замінювати на сіль морську.

Використання морської солі в технології варених ковбас є доцільним завдяки її збалансованому мінеральному складу та позитивному впливу на функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини. На відміну від традиційної кухонної солі, морська сіль містить природні мікроелементи – магній, калій, кальцій, цинк, селен, які сприяють покращенню біологічної цінності продукту та оптимізують обмін речовин у організмі людини [31]. Доведено, що використання морської солі сприяє м'якшій екстракції солерозчинних білків, формуванню стабільнішої білково-жирової емульсії та підвищенню соковитості готових виробів [32]. Це позитивно впливає на текстуру і смак варених ковбас, забезпечуючи їх ніжну консистенцію та виражений м'ясний аромат.

Крім того, морська сіль містить меншу концентрацію натрію порівняно з очищеною кухонною сіллю, що дозволяє зменшити загальний вміст NaCl у рецептурі без погіршення смакових характеристик продукту. Це відповідає сучасним тенденціям створення функціональних харчових продуктів із пониженим вмістом натрію, спрямованих на профілактику серцево-судинних захворювань [33]. Таким чином, використання морської солі в складі варених ковбас є технологічно та нутрієнтно обґрунтованим рішенням, що підвищує харчову цінність, поліпшує органолептичні показники та сприяє формуванню кориснішого для споживача продукту.

Доведено, що використання в технології м'ясних продуктів колагенового білка дає змогу отримувати готовий продукт з підвищеним вмістом тваринного білка, який допомагає

підтримувати еластичність і гнучкість суглобів, а також сприяє їхній кращій рухливості [34]. Для підвищення якості та функціональних властивостей варених ковбасних виробів використовують антиоксиданти [35]. Серед природних потужних антиоксидантів виділяють дигідрокверцетин, який отримують із модрина [36]. Дигідрокверцетин нейтралізує вільні радикали, і як результат – пригнічує розвиток різних захворювань [37]. Також цей антиоксидант позитивно впливає на серцево-судинну систему та організм людини в цілому [38; 39].

Отже, з огляду на актуальні тенденції у сучасній харчовій науці та технологіях, особливо в контексті підвищення харчової і біологічної цінності варених ковбасних виробів, актуальним постає завдання розробки технології нового виду вареної ковбаси з підвищеною харчовою цінністю, зокрема за білковою складовою, шляхом використання вищезазначеної сировини.

Метою роботи є обґрунтування використання в технології вареної ковбаси казеїнату натрію, борошна амарантового, колагенового білка, псиліуму як харчових волокон, дигідрокверцетину та солі морської.

Використання псиліуму в технології варених ковбас є науково обґрунтованим завдяки його високим водо- та жиропоглинальним властивостям, а також здатності формувати стабільну гелеву структуру, що сприяє підвищенню виходу готової продукції та поліпшенню консистенції [40]. Псиліум є природним джерелом харчових волокон, які позитивно впливають на функціонування шлунково-кишкового тракту, знижують рівень холестерину та сприяють формуванню функціональних властивостей продукту. Його додавання до складу варених ковбас дозволяє частково замінити тваринні білки, зберігаючи структурну цілісність системи «м'ясо-жир-вода» без зниження якості готового виробу.

Запропонована білково-рослинна композиція, яка включає казеїнат натрію, желатин, рослинні білки, харчові волокна та кверцетин, забезпечує збалансований амінокислотний склад і підвищує біологічну цінність продукту. Казеїнат і желатин сприяють утворенню стабільної білкової матриці, поліпшують вологоутримуючу здатність і пружність текстури, а рослинні білки та псиліум компенсують дефіцит білкових фракцій у рецептурах зменшеного м'ясного вмісту [41]. Наявність дигідрокверцетину підсилює антиоксидантні властивості, що уповільнює

окиснення ліпідів і покращує збереженість продукту [42]. Такий підхід є доцільним для виробництва варених ковбас 2-го сорту, оскільки дозволяє раціонально використовувати сировину, зменшити собівартість і водночас створити продукт із підвищеною харчовою цінністю та корисними функціональними властивостями.

Таким чином, використання псиліуму та білково-рослинної композиції у складі варених ковбас є науково і технологічно обґрунтованим рішенням, що забезпечує стабільність структури, поліпшення споживних властивостей і формування функціонального профілю готового продукту.

Експериментальна частина

Органолептичні показники якості визначали в лабораторії сенсорного аналізу факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України експертною оцінкою за 5-бальною шкалою експертною комісією кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів.

Визначення показників, що характеризують хімічний склад варених сосисок, проводили за встановленими відповідними стандартними методиками.

Масову частку вологи визначали методом висушування зразка продукту до постійної маси за температури 100–105 °С згідно з ДСТУ ISO 1442:2005.

Масову частку загального вмісту жиру визначали методом Сокслета, який полягає в вилученні жиру із зразка сухої наважки розчинником та визначенні зміни маси зразка до та після екстракції жиру розчинником згідно з ДСТУ 8380:2015.

Масову частку білка визначали за вмістом загального азоту за методом К'ельдаля. Озолення зразків проводили на Velp Scientifica серії DK6 (Італія) з вакуумним насосом (JP). Відгонку здійснювали на апараті для перегонки з парою Velp Scientifica UDK 129 (Італія) згідно з ДСТУ ISO 1871:2003.

Масову частку золи визначали ваговим методом після мінералізації наважки продукту в муфельній печі за температури 500–600 °С згідно з ДСТУ ISO 936:2008.

Визначення вологозв'язуючої здатності (ВЗЗ) проводили методом пресування. Вологоутримувальну здатність вимірювали арбітражним методом – порівнянням залишкової та відділеної вологи в зразку, що проходив теплове оброблення. Визначення

концентрації іонів водню проводили на рН-метрі в водяній витяжці подрібненої наважки з модулем гідратації 1 : 10 після 30-хвилинного настоювання [43].

Масову частку амінокислот визначали методом високоефективної рідинної хроматографії з пост-колонковою дериватизацією проб нінгідрином згідно з ДСТУ ISO 13903:2009.

Вміст калію, кальцію, магнію, фосфору, заліза, цинку визначали атомно-емісійною спектроскопією з індуктивно-зв'язаною плазмою згідно з ДСТУ EN 15510:2022, селену – атомно-абсорбційною спектрометрією з генерацією гідридів після мікрохвильового розщеплення згідно з ДСТУ EN 16159:2022.

Результати дослідження

Доцільність розроблення технології вареної ковбаси з підвищеним вмістом білка із вибірковою для різних досліджених зразків використанням колагенового білка, казеїнату натрію, борошна амарантового, псиліуму, дигідрокверцетину, солі морської перевірена на прикладі трьох дослідних рецептурних композицій (дослідні зразки № 1, № 2 та № 3).

Контрольний зразок виробляли згідно зі стандартом [44]. Дослідні зразки виробляли наступним чином. М'ясо індиче подрібнювали, засолювали, використовуючи сіль морську та додаючи нітрит натрію. Здійснювали дозрівання подрібненого та засоленого м'яса індичого. Готували фарш шляхом перемішування з введенням дозрівшого, подрібненого та засоленого м'яса індичого, сала ковбасного хребтового, гідратованого колагенового білка "СканПро Т95" (виробник «ВН») (Данія)), казеїнату натрію, псиліуму, борошна амарантового, солі морської, фосфатної суміші, дигідрокверцетину, цукру білого, горіху мускатного меленого, перцю чорного меленого, перцю духмяного меленого, коріандру меленого, майорану меленого, води питної. Після перемішування з отриманої маси формували батони та варили їх 40 хв за температури 75–85 °С до досягнення температури в центрі батона 70 °С з подальшим охолодженням. Рецептури контрольного та дослідних зразків представлені в табл. 1.

Table 1

Таблиця 1

Recipe of control and experimental samples of boiled sausages

Рецептура контрольного та дослідних зразків варених ковбас

| Raw material name | Mass fraction, % | | | |
|---|------------------|----------------------|--------|--------|
| | Control sample | Experimental samples | | |
| | No. 1 | No. 2 | No. 3 | |
| Unsalted raw materials, kg (per 100 kg) | | | | |
| Turkey meat | 75.0 | 75.0 | 75.0 | 75.0 |
| Sausage backbone fat | 25.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 |
| Hydrated collagen protein "ScanPro T95" | - | 16.0 | 15.0 | 14.0 |
| Sodium caseinate | - | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| Psyllium | - | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| Amaranth flour | - | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| Spices and food materials, kg (per 100 kg of unsalted raw materials) | | | | |
| Kitchen salt | 2.28 | - | - | - |
| Sea salt | - | 2.10 | 2.10 | 2.10 |
| Dihydroquercetin | - | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Sodium nitrite | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| White sugar | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Ground nutmeg | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Ground black pepper | 0.06 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| Ground allspice | 0.05 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| Ground coriander | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Ground marjoram | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| Phosphate mixture | - | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Drinking water | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Результати оцінки органолептичних показників контрольного та дослідних зразків у вигляді профілограми представлені на рис. 1. З рис. 1 видно, що контрольний зразок характеризується стабільно високими оцінками, які свідчать про збалансованість

традиційних смакових якостей та привабливий зовнішній вигляд. Дослідний зразок № 1 має менш виражений смак, запах і консистенцію порівняно з контролем та зразками № 2 і № 3, що, ймовірно, пов'язано з підвищеним вмістом амарантового борошна

(5.0 %) і зміною співвідношення білкової та жирової фаз.

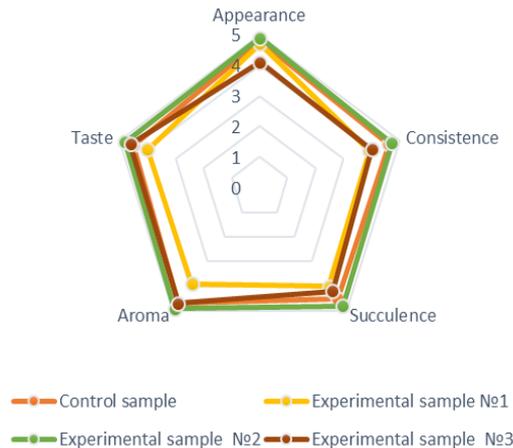


Fig. 1. Organoleptic quality indicators of the control and experimental samples
Рис. 1. Органолептичні показники якості контрольного та дослідних зразків

Найвищі органолептичні показники серед досліджених зразків продемонстрував дослідний зразок № 2, який вирізняється рівномірною, щільною та пружною консистенцією. Це може бути наслідком оптимального поєднання м'ясної сировини з білково-рослинною композицією, що забезпечило більш стабільну структуру та гармонійний смаковий профіль. Смакові властивості цього зразка наближені до контрольного, однак за загальними оцінками споживчої привабливості він має незначну перевагу, що свідчить про ефективність застосованих технологічних рішень у рецептурі.

Покращення органолептичних показників у дослідному зразку № 2 може бути пов'язане з комплексним впливом використаної білково-рослинної композиції, до складу якої входять псиліум, казеїнат, желатин, рослинні білки та дигідрокверцетин. Зокрема псиліум сприяє підвищенню вологостійкості фаршу та формуванню однорідної текстури завдяки своїй гелеутворювальній здатності,

казеїнат і желатин забезпечують стабільність білково-жирової емульсії, а рослинні білки покращують зв'язування води та жиру, що позитивно впливає на соковитість і ніжність готового продукту. Кверцетин виконує роль природного антиоксиданта, сприяючи збереженню кольору та аромату під час термічної обробки і зберігання. Така синергічна дія інгредієнтів обумовлює кращу структурну стабільність, рівномірну консистенцію та збалансований смаковий профіль варених ковбас другого сорту, що підтверджує ефективність запропонованого технологічного підходу.

З урахуванням важливих для споживача органолептичних показників, найбільш прийнятним для проведення подальших досліджень був визнаний дослідний зразок № 2.

Для всебічної оцінки потенційного впливу продукту на здоров'я споживача доцільно проаналізувати хімічний склад зразків варених ковбас. Хімічний склад дослідного зразка № 2 порівняно з контрольним представлено на рис. 2.

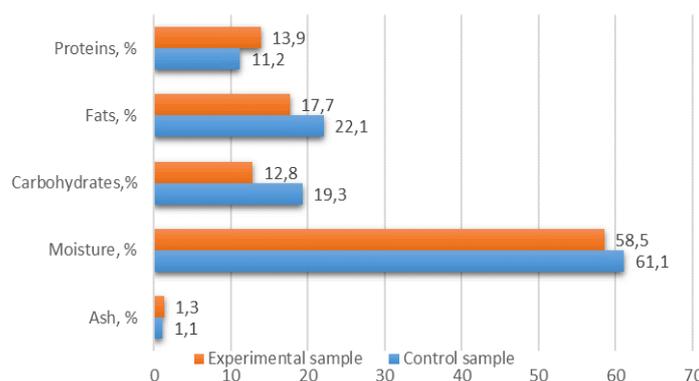


Fig. 2. Chemical composition of the control and experimental (No. 2) samples of boiled sausages
Рис. 2. Хімічний склад контрольного та дослідного (№ 2) зразків варених ковбас

Результати, представлені на рис. 2, (22.1 %), що свідчить про позитивну показують збільшення вмісту білка у досліджуваному зразку № 2 (13.9 %) порівняно з контрольним (11.2 %), що свідчить про збагачення рецептури білковісними інгредієнтами – колагеновим білком, казеїнатом натрію та амарантовим борошном. Проте отримане підвищення білка не може однозначно свідчити про створення «високобілкового» продукту, оскільки частина білкових компонентів (зокрема колаген) є неповноцінними за амінокислотним складом і мають обмежену біологічну цінність. Водночас поєднання колагену з казеїнатом натрію та білками амаранту дозволяє частково компенсувати цей недолік завдяки взаємному доповненню амінокислотного профілю.

Додавання амарантового борошна, яке є джерелом повноцінного білка з високим вмістом незамінних амінокислот [45], а також казеїнату натрію сприяло формуванню стабільної білкової матриці (рис. 1) і покращенню структурно-механічних властивостей ковбасного фаршу [46]. Таким чином, підвищення вмісту білка в дослідному зразку № 2 можна розглядати як результат оптимізації білкового складу продукту, що сприяє покращенню поживної цінності та споживних характеристик варених ковбас.

Вміст жиру в дослідному зразку № 2 показує зниження до 17.7 % проти контрольного зразка

(22.1 %), що свідчить про позитивну модифікацію експериментального складу з метою зменшення енергетичної цінності готового продукту. Таке коригування жирового компоненту є актуальним в умовах зростаючого попиту на менш жирні м'ясні вироби з покращеним ліпідним профілем [47].

Вміст вільної води дослідного зразка № 2 є дещо нижчим (58.5 %) порівняно з контрольним (61.0 %), що є результатом збільшення вологозв'язувальної здібності – як наслідок збільшення білкової складової.

Значення рН в контрольному та дослідному зразках № 2 представлені на рис. 3.

З мікробіологічної точки зору підвищення рН потенційно послаблює кислотний бар'єр, однак значення 6.34 залишається в межах технологічно прийнятних для варених ковбас і не знижує мікробіологічну стабільність за умови дотримання комбінованих «бар'єрів»: досягнення термоцентра не нижче 72 °С, використання нітритної солі та NaCl за регламентом, швидке охолодження, активність води – 0.97.

Вологозв'язуюча та вологоутримуюча здатності є критично важливими технологічними показниками в виробництві емульгованих м'ясних виробів, зокрема варених ковбас [48]. Вологозв'язуюча та вологоутримуюча здатності в контрольному та дослідному зразках № 2 представлені на рис. 4.

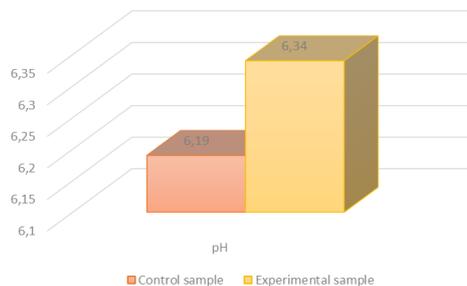


Fig. 3. pH value of the control and experimental (No. 2) sample of cooked sausages
Рис. 3. Значення рН контрольного та дослідного (№ 2) зразків варених ковбас

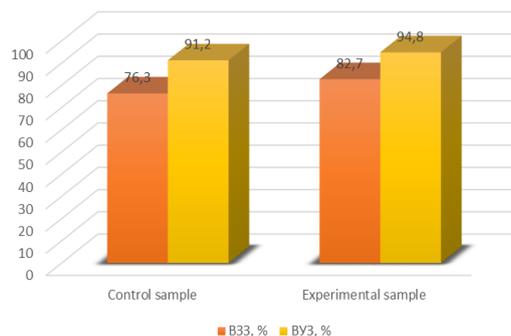


Fig. 4. Moisture-binding and moisture-retaining abilities of the control and experimental sample (No. 2) of boiled sausages

Рис. 4. Вологозв'язуюча та вологоутримуюча здатності контрольного та дослідного зразків (№ 2) варених ковбас

Результати, представлені на рис. 4, демонструють, що ВЗЗ дослідного зразка № 2 становить 82.7 % – вища, ніж у контрольному зразку (76.3 %). Це свідчить про те, що збагачення дослідного зразка № 2 казеїнатом натрію, борошном амарантовим і колагеновим білком забезпечує краще зв'язування води в структурі готового продукту. Це надзвичайно важливо для збереження форми готового продукту, попередження втрати соковитості та підвищення загального виходу.

Підвищене значення ВУЗ у дослідному зразку № 2 (94.8 %) свідчить про ефективне формування стабільної білково-водної матриці в готовому продукті, що забезпечується насамперед завдяки взаємодії м'язових білків із казеїнатом натрію та желатином. Утворюється своєрідна трічна структура, де основну каркасну функцію виконують м'язові білки та білки-емульгатори, а харчові волокна (псиліум) не входять безпосередньо до білково-водної матриці, але сприяють утриманню вологи завдяки своїм гідрофільним властивостям [49]. Таким чином, застосування харчових волокон або рослинної сировини з високою здатністю до набухання та зв'язування води підвищує

вологоутримуючу здатність продукту, покращує консистенцію фаршу та позитивно впливає на сенсорні показники й загальну споживчу привабливість вареної ковбаси, забезпечуючи її відповідність сучасним критеріям якості.

Підвищені значення ВЗЗ та ВУЗ у дослідному зразку №2 свідчать про технологічну доцільність використання нетрадиційної сировини в рецептурі вареної ковбаси. Це дозволяє підвищити якість – покращити текстуру, зменшити втрати під час термічної обробки та зберегти споживчі властивості готового продукту без збільшення масової частки жиру чи використання штучних стабілізаторів.

Зважаючи на те, що дослідний зразок № 2 додатково містить у своєму складі білоквмісні компоненти, зокрема казеїнат натрію та борошно амарантове, науковим інтересом є порівняння його з контрольним зразком за масовими частками незамінних амінокислот. Масові частки незамінних амінокислот у контрольному та дослідному (№ 2) зразках наведено в табл. 2.

Table 2
Mass fractions of essential amino acids in the control and experimental (No. 2) samples

Таблиця 2
Масові частки незамінних амінокислот у контрольному та дослідному (№ 2) зразках

| Amino acid name | Mass fraction, mg/100 g | |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | Control sample | Experimental sample No. 2 |
| Valine | 514±5.34 | 642±5.42 |
| Histidine | 429±7.32 | 486±7.33 |
| Leucine | 1103±18.34 | 1279±18.37 |
| Isoleucine | 456±8.23 | 555±8.29 |
| Threonine | 576±9.32 | 659±9.36 |
| Lysine | 1309±19.21 | 1456±19.26 |
| Methionine+cystine | 566±7.78 | 629±7.82 |
| Tryptophan | 167±2.34 | 194±2.39 |
| Phenylalanine+tyrosine | 986±18.21 | 1182±18.26 |

З табл. 2 видно, що дослідний зразок № 2 переважає контрольний за масовими частками усіх незамінних амінокислот. Так, дослідний зразок № 2 порівняно з контрольним містить більшу кількість валіну – на 128 мг, гістидину – на 57 мг, лейцину – на 176 мг, ізoleyцину – на 99 мг, треоніну – на 83 мг, лізину – на 147 мг, мітіоніну+цистин – на 63 мг, триптофану – на 27 мг, фенілаланіну+тирозин – на 196 мг. З результатів цього порівняння слід відмітити

підвищену кількість валіну, лейцину, лізину та фенілаланіну+тирозин. Як відомо [50], валін та лейцин відіграють особливу роль в організмі людини, зокрема для підтримки м'язової функції; лізин – для створення позитивного азотного балансу [51], а фенілаланін+тирозин виявляє антидепресивний потенціал [52].

Вміст окремих мінеральних речовин в дослідному зразку № 2 порівняно з контрольним представлено в табл. 3.

Table 3
Content of individual minerals in test sample No. 2 compared to the control

Таблиця 3
Вміст окремих мінеральних речовин в дослідному зразку № 2 порівняно з контрольним

| Name of mineral | Control sample | Experimental sample No. 2 |
|-----------------|----------------|---------------------------|
| Calcium, mg | 7.2±0.081 | 16.3±0.098 |
| Iron, mcg | 532±2.31 | 840±2.34 |
| Magnesium, mg | 24.1±0.32 | 35.6±0.39 |

| | | |
|----------------|------------|------------|
| Phosphorus, mg | 172.6±3.23 | 205.1±3.29 |
| Potassium, mg | 186.4±2.56 | 207.3±2.58 |
| Sodium, mg | 957.0±9.65 | 973.0±9.71 |
| Zinc, mg | 1.29±0.023 | 1.42±0.024 |
| Selenium, mg | 22.0±0.12 | 22.76±0.13 |

З результатів, представлених у табл. 3, видно, що дослідний зразок № 2 характеризується підвищеним вмістом окремих мінеральних речовин порівняно з контрольним: кальцію – на 9.1 мг, заліза – на 308 мкг, магнію – на 11.5 мг, фосфору – на 32.5 мг, калію – на 20.9 мг, натрію – на 16 мг, цинку – на 0.13 мг, селену – на 0.76 мг. Отримані результати свідчать, що, хоча кількість кальцію в варених ковбасах залишається відносно невисокою порівняно з рекомендованими добовими нормами споживання, його підвищення в дослідному зразку можна розглядати як позитивну тенденцію. Це важливо, оскільки кальцій бере участь у регуляції потенціалів збудливих клітин, у процесах скорочення м'язів, згортання крові, синтезу білків та формуванні кісткової тканини [53]. Також відзначається зростання вмісту заліза, що є позитивним чинником з огляду на його ключову роль у транспортуванні кисню, підтриманні функціонування імунної системи, а також нормальній роботі мозку та нервової системи [54].

Висновки

За результатами проведеного дослідження встановлено, що розроблена варена ковбаса з використанням гідратованого колагенового білка в кількості 15.0 %, казеїнату натрію в кількості 1.5 %, псиліуму в кількості 1.5 %, борошна амарантового в кількості 4.0 %, солі

морської у кількості 2.1 %, дигідрокверцетину в кількості 0.02 %:

– характеризується підвищеними органолептичними показниками якості порівняно з контролем;

– має підвищену масову частку білка на 2.7 % та характеризується зменшеним вмістом жиру – на 4.3 %;

– характеризується зниженим вмістом вологи – на 2.5 %, що може свідчити про формування стабільної білково-водної матриці;

– демонструє значенням рН 6.34, що на 0.15 вище порівняно з контрольним зразком.

– має підвищений вміст усіх незамінних амінокислот порівняно з контрольним зразком, зокрема, валіну – на 128 мг, лейцину – на 176 мг, лізину – на 147 мг та фенілаланіну+тирозин – на 196 мг;

– має підвищений вміст усіх досліджених мінеральних речовин порівняно з контрольним зразком, зокрема, кальцію на 9.1 мг та заліза – на 308 мкг.

Таким чином, використання вищезазначених інгредієнтів дає змогу отримати варену ковбасу з підвищеним вмістом колагенового білка, повноцінного за амінокислотним складом загального білка та мінеральних речовин. Розроблена варена ковбаса розширить асортимент м'ясних продуктів для людей з активним способом життя.

References

- [1] Bal-Prylypko, L. V., Nikolayenko, M. S., Danylenko, S. H., Ustylenko, 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>.
- [2] Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Mushtruk, M., Nazarenko, M., Beiko, L. (2024). Physical and mathematical modelling of the process of cooking minced meat with spelt flour and champignon mushrooms. *Animal Science and Food Technology*, 15(2), 38–55. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2024.38>
- [3] Soh, B. X. P., Smith, N. W., von Hurst, P. R., McNabb, W. C. (2024). Achieving High Protein Quality Is a Challenge in Vegan Diets: A Narrative Review. *Nutrition Reviews*, 176. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae176>
- [4] Bevilacqua, E., Cruzat, V., Singh, I., Rose'Meyer, R. B., Panchal, S. K., Brown, L. (2023). The potential of spent coffee grounds in functional food development. *Nutrients*, 15(4), 994. <https://doi.org/10.3390/nu15040994>
- [5] Kianfar, E. (2021). Protein nanoparticles in drug delivery: animal protein, plant proteins and protein cages, albumin nanoparticles. *Journal of Nanobiotechnology*, 19(1), 159. <https://doi.org/10.1186/s12951-021-00896-3>
- [6] Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Volkhova, T., HOLEMBOVSKA, N., Tyshchenko, L., Ivaniuta, A., Israelian, V., Menchynska, A., Shynkaruk, O., Melnik, V. (2023). The study of functional and technological properties of vegetarian ice cream. *In Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 17, 110–121. <https://doi.org/10.5219/1798>
- [7] Rudyuk, V., Pasichnyi, V. (2023). Ways of integrating milk proteins into recipes of semi-smoked sausages. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 25(99), 80–85. <https://doi.org/10.32718/nlvvet-f9914>
- [8] Kang, K. M., Lee, S. H., Kim, H. Y. (2021). Quality properties of whole milk powder on chicken breast

- emulsion-type sausage. *Journal of animal science and technology*, 63(2), 405–416.
<https://doi.org/10.5187/jast.2021.e30>
- [9] Zhao, Y. D., Piao, X. Y., Zheng, B., Gao, P., Miao, W. (2023). Enhancement of surimi gel properties through the synergetic effect of fucoidan and oligochitosan, *Food Hydrocolloid*, 140, 108626. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108626>.
- [10] Kang, K. M., Lee, S. H., Kim, H. Y. (2021). Quality properties of whole milk powder on chicken breast emulsion-type sausage. *Journal of animal science and technology*, 63(2), 405–416.
<https://doi.org/10.5187/jast.2021.e30>
- [11] Llauger, M., Claret, A., Bou, R., López-Mas, L., Guerrero, L. (2021). Consumer Attitudes toward Consumption of Meat Products Containing Offal and Offal Extracts. *Foods*, 10(7), 1454.
<https://doi.org/10.3390/foods10071454>
- [12] Marczak, A., Mendes, A. C. (2024). Dietary Fibers: Shaping Textural and Functional Properties of Processed Meats and Plant-Based Meat Alternatives. *Foods*, 13(12), 1952.
<https://doi.org/10.3390/foods13121952>
- [13] Okuskhanova, E., Caporaso, N., Yessimbekov, Z., Assenova, B., Smolnikova, F., Rebezov, M. Thiruvengadam, M. (2021). Functional and physical properties of oil-in-water emulsion based on sodium caseinate, beef rumen and sunflower oil and its effect on nutritional quality of forcemeat. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 44(3), 429–437.
<https://doi.org/10.1080/01932691.2021.1950008>
- [14] Ren, Y., Huang, L., Zhang, Y., Li, H., Zhao, D., Cao, J., Liu, X. (2022). Application of Emulsion Gels as Fat Substitutes in Meat Products. *Foods*, 11(13), 1950.
<https://doi.org/10.3390/foods11131950>
- [15] Israelian, V., Palamarchuk, I., Sevin, S., Holembovska, N., Prokopenko, N., Ivaniuta, A., Shynkaruk, O., Rudyk, Y., Nosevych, D., Tverezovska, N. (2022). The effect of vibration massage on the salting process of ostrich meat. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 16, 530–544. <https://doi.org/10.5219/1775>
- [16] Verbeke, C., Debonne, E., Versele, S., Van Bockstaele, F., Eeckhout, M. (2024). Technological Evaluation of Fiber Effects in Wheat-Based Dough and Bread. *Foods*, 13(16), 2582. <https://doi.org/10.3390/foods13162582>
- [17] Bakhsh A, Lee SJ, Lee EY, Hwang YH, Joo ST. Evaluation of Rheological and Sensory Characteristics of Plant-Based Meat Analog with Comparison to Beef and Pork. *Food Sci Anim Resour.*, 41(6), 983-996. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e50>
- [18] Haque A, Ahmad S, Azad ZRAA, Adnan M, Ashraf SA. (2023). Incorporating dietary fiber from fruit and vegetable waste in meat products: a systematic approach for sustainable meat processing and improving the functional, nutritional and health attributes. *PeerJ*, 11, e14977.
<https://doi.org/10.7717/peerj.14977>
- [19] Mishra, B. P., Mishra, J., Paital, B., Rath, P. K., Jena, M. K., Reddy, B. V., ... & Sahoo, D. K. (2023). Properties and physiological effects of dietary fiber-enriched meat products: a review. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1275341.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1275341>
- [20] Holembovska, N., Slobodyaniuk, N., Israelian, V., Androshchiuk, O., Maceyko, V. (2024) Influence of organic acids on organoleptic and structural and mechanical properties of freshwater hydrobiot meat. *Animal Science and Food Technology*. 15(1), 9–28.
<https://doi.org/10.31548/animal.1.2024.09>
- [21] Calderón-Oliver, M., & López-Hernández, L. H. (2020). Food Vegetable and Fruit Waste Used in Meat Products. *Food Reviews International*, 38(4), 628–654.
<https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1740732>.
- [22] Zhu, L., Zhang, Y., Han, J., Li, P., Li, X., Wu, X., & Li, Y. (2023). Effects of different dietary fibers on the physicochemical and sensory properties of emulsion-type sausages. *Journal of Food Quality*, 2023, 8892154.
<https://doi.org/10.1155/2023/8892154>.
- [23] Danylenko, S., Nedorizanyuk, L., Potemka, O., Korol T., Ivaniuta, A., Kryzhova, Y., Israelian, V., & Kovalenko, N. (2024). Improvement of the quality of pork meat during salting due to the use of starter bacterial cultures. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 239–250. <https://doi.org/10.5219/1953>
- [24] Pérez-Ramírez, I. F., Sotelo-González, A. M., López-Echevarría, G., & Martínez-Maldonado, M. A. (2023). Amaranth Seeds and Sprouts as Functional Ingredients for the Development of Dietary Fiber, Betalains, and Polyphenol-Enriched Minced Tilapia Meat Gels. *Molecules*, 28(1), 117.
<https://doi.org/10.3390/molecules28010117>
- [25] Baraniak, J., Kania-Dobrowolska, M. (2022). The Dual Nature of Amaranth-Functional Food and Potential Medicine. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(4), 618.
<https://doi.org/10.3390/foods11040618>
- [26] Tafadzwa, M. J., Zvamaziva, J. T., Charles, M., Amiel, M., Pepukai, M., Shepherd, M. (2021). Proximate, physicochemical, functional and sensory properties OF quinoa and amaranth flour AS potential binders in beef sausages. *Food chemistry*, 365, 130619.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130619>
- [27] García Fillería, S. F., Rodríguez, M., Tironi, V. A. (2021). Antioxidant effect of amaranth flour or protein isolate incorporated in high-fat diets fed to Wistar rats. Influence of dose and administration duration. *Journal of food biochemistry*, 45(1), e13552.
<https://doi.org/10.1111/jfbc.13552>
- [28] Patel, S., Sharma, R. (2024). Impact of Amaranth Flour on Water-Holding Capacity and Fat Retention in Processed Meat Products. *LWT - Food Science and Technology*, 195, 115810.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115810>
- [29] Bal-Prylypko, L. V., Ustymenko, I. M., Yemtsev, V. I., Yemtseva, G. F., Golembovska, N. V., Kryzhova, Yu. P., Savchenko, O. A., Israelyan, V. M., Menchynska, A. A., Ivanyuta, A. O., Shtonda, O. A., Tolok, G. A., & Ryabovol, M. V. (2023). Scientific rationale for improving the technology of meat, fish, dairy and milk-containing products with increased nutritional value: monograph. Kyiv: CPU "Comprint".
- [30] Statkevych, O. I., Kolomiets, Y. V., Holembovska, N. V., Israelian, V. M., Babych, O. A., Slobodyanyuk, N. M., Statkevych, A. O. (2024). Effects of nutrient medium on various-age larvae of *Hermetia illucens*. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(4), 907-911.
<https://doi.org/10.15421/0224131>
- [31] Dao, T.-K., Nguyen, T.-T., Vu, N.-T. (2025). A Review on the Role of Sea Salt in Food and Its Applications for Human Health. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*, 22,

- 214–225.
<https://doi.org/10.2174/0118756298273343231128062213>
- [32] Bozkaya, O., Aluç, Y. (2024). Physico-chemical characterization of food grade natural spring salt from the Central Anatolia region of Turkey and investigation of its microplastic content. *Journal of Food Science and Technology*, 61, 1711–1722.
<https://doi.org/10.1007/s13197-024-05942-0>
- [33] Gheisari, H. R., Khosravi-Darani, K., Nematollahi, A. (2022). The impact of sodium reduction strategies on quality characteristics of meat products. *Foods*, 11(3), 420. <https://doi.org/10.3390/foods11030420>
- [34] Bhadra, B., Sakpal, A., Patil, S., Patil, S., Date, A., Prasad, V., Dasgupta, S. (2021). A Guide to Collagen Sources, Applications and Current Advancements. *Systematic Bioscience and Engineering [Internet]*, 1(2), 67–87
<http://ojs.wiserpub.com/index.php/SBE/>
- [35] Vlahova-Vangelova, D.B.; Balev, D.K.; Dragoev, S.G.; Dinkova, R.H. (2020). Reduction of nitrites addition in cooked sausages from phytonutrient supplemented pork. *Carpathian J. Food Sci. Technol.*, 12, 60–68.
<https://doi.org/10.34302/crpjfst/2020.12.4.7>
- [36] Muramatsu, D., Uchiyama, H., Kida, H., Iwai, A. (2020). In vitro anti-inflammatory and anti-lipid accumulation properties of taxifolin-rich extract from the Japanese larch, *Larix kaempferi*. *Heliyon*, 6(12), e05505.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05505>
- [37] El-Hadad, S. S., Tikhomirova, N. A., Abd El-Aziz, M. (2020). Biological activities of dihydroquercetin and its effect on the oxidative stability of butter oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.14519>
- [38] Wei, H., Zhao, T., Liu, X., Ding, Q., Yang, J., Bi, X., Cheng, Z., Ding, C., Liu, W. (2024). Mechanism of Action of Dihydroquercetin in the Prevention and Therapy of Experimental Liver Injury. *Molecules*, 29(15), 3537.
<https://doi.org/10.3390/molecules29153537>
- [39] Li, C., Liu, J., Zhang, C., Cao, L., Zou, F., Zhang, Z. (2023). Dihydroquercetin (DHQ) ameliorates LPS-induced acute lung injury by regulating macrophage M2 polarization through IRF4/miR-132-3p/FBXW7 axis. *Pulm Pharmacol Ther*, 83, 102249.
<https://doi.org/10.1016/j.pupt.2023.102249>
- [40] Zhang, X. (2022). Rheological properties and in vitro digestibility of chicken breast myofibrillar protein containing various psyllium (*Plantago ovata*) husk concentrations. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(12), 9029–9038.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.17335>
- [41] Deng, C., Zou, H., Wu, Y., Lou, A., Liu, Y., Luo, J., Quan, W. (2024). Dietary supplementation with quercetin: An ideal approach for improving meat quality and oxidative stability of broiler chickens. *Poultry Science*, 103(8), 103789.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103789>
- [42] Lee, S. Y., Lee, D. Y., Kim, O. Y., Kang, H. J., Hur, S. J. (2020). Overview of studies on the use of natural antioxidative materials in meat products. *Food Science of Animal Resources*, 40(6), 863–880.
<https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e84>
- [43] Yancheva, M.O. (2009). [Physicochemical and biochemical foundations of meat and meat product technology]. Educational manual. K. (in Ukrainian).
- [44] State Consumer Standard Of Ukraine (2006). [Boiled sausages, sausages, and sausages made from poultry or rabbit meat. General technical conditions]. (DSTU 4529:2006). Kyiv, Derzhpozhyvstandart Ukraine (in Ukrainian).
- [45] Deutz, N. E. P., Wolfe, R. R., Engelen, M. P. K. J. (2025). A new concept to establish protein requirements. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 48, 1–5.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2025.02.002>
- [46] Rivero Meza, S. L., Hirsch Ramos, A., Cañizares, L., Raphaelli, C.d.O., Bueno Peres, B., Gaioso, C. A., Egea, I., Estrada, Y., Flores, F. B. and de Oliveira, M. (2023), A review on amaranth protein: composition, digestibility, health benefits and food industry utilisation. *Int J Food Sci Technol*, 58, 1564–1574.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.16056>
- [47] Brouwer, I. A. (2020). The public health rationale for reducing saturated fat intakes: Is a maximum of 10% energy intake a good recommendation?. *Nutr. Bull*, 45, 271–280. <http://dx.doi.org/10.1111/nbu.12449>.
- [48] Rashidinejad, A., Jameson, G. B., Singh, H. (2022). The Effect of pH and Sodium Caseinate on the Aqueous Solubility, Stability, and Crystallinity of Rutin towards Concentrated Colloidally Stable Particles for the Incorporation into Functional Foods. *Molecules*, 27(2), 534. <https://doi.org/10.3390/molecules27020534>
- [49] Liu, C., Kong, L., Yu, P., Wen, R., Yu, X., Xu, X., Peng, X. (2022). Whey Protein Hydrolysates Improved the Oxidative Stability and Water-Holding Capacity of Pork Patties by Reducing Protein Aggregation during Repeated Freeze–Thaw Cycles. *Foods*, 11(14), 2133.
<https://doi.org/10.3390/foods11142133>
- [50] Xu, Y., Yan, H., Xu, W., Jia, C., Peng, Y., Zhuang, X., Qi, J., Xiong, G., Mei, L., Xu, X. (2022). The effect of water-insoluble dietary fiber from star anise on water retention of minced meat gels. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 157, 111425.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111425>
- [51] Mann, G., Mora, S., Madu, G., Adegoke, O. A. J. (2021). Branched-chain Amino Acids: Catabolism in Skeletal Muscle and Implications for Muscle and Whole-body Metabolism. *Front Physiol*. 20, 702826.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.702826>
- [52] Akram, M., Daniyal, M., Ali, A., Zainab, R., Shah, S.M., Munir, N., Tahir, I.M. (2020). Role of Phenylalanine and Its Metabolites in Health and Neurological disorders. *Synucleins Biochemistry and Role in Diseases*, 1–13.
[10.5772/intechopen.83648](https://doi.org/10.5772/intechopen.83648)
- [53] Sakr, M.F. (2022). Calcium: *Why Is It Important?*. In: *Parathyroid Gland Disorders*. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-07418-9_6.
- [54] Niemirich, O., Frolova, N., Ustymenko, I., Havrysh, A., Y. Furmanova, Y., Pavliuchenko, O., Skyrda, O., Hubenia, V., Liulka, O., Matiushenko, R. (2021). Influence of dietary supplement based on heme iron on dough properties and quality of antianemic cupcakes. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 36, 67–74.