

ALTERNATIVE SOURCES OF DIETARY FIBER AND THEIR USE IN THE TECHNOLOGY OF EMULSIFIED MEAT PRODUCTS

M. Vorontsov, O. Galenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Soluble dietary fibers
Bamboo fiber
Technology of emulsified
sausages*

Article history:

Received 14.07.2024
Received in revised form
31.07.2024
Accepted 16.08.2024

Corresponding author:

O. Galenko

E-mail:

galen@i.ua

Citation: М. А. Воронцов, О. О. Галенко (2024). Альтернативні джерела харчових волокон та їх використання у технології емульгованих м'ясопродуктів. *Наукові праці НУХТ*, 30(4), 189—206.
DOI: 10.24263/2225-2924-2024-30-4-16

ABSTRACT

Dietary fibers are important functional components that have both physiological and technological advantages. They contribute to better assimilation of nutrients, support healthy microflora of the gastrointestinal tract, lower cholesterol levels and promote the removal of toxins from the body. Scientists explore new sources of fiber, such as fiber concentrates from apples and citrus fruits, which contain large amount of dietary fiber and low calories. Oat dietary fibers are of particular interest due to their ability to bind and adsorb fat, which makes them promising material for use in the meat industry. Oat fiber improves stability of emulsions and reduce fat and salt content in products. However, the thermal stability of meat emulsions with the addition of these fibers needs further study. This is opportunity for the development of innovative technologies for the production of meat products with improved functional properties that ensure high quality and health benefits. Another source of fiber is bamboo. It is used to produce isolated fiber as an ingredient for food products. Studies of meat with such isolated fiber showed the increase in shelf life during 28 days of storage that is approved by the stability of the samples — low values of moisture content (5%) and water activity (0.5). The consistency of meat emulsions and pastries with reduced fat content was close to the sample without this additive. The researchers concluded that it is possible to reduce the amount of three ingredients in emulsions and baking (fat, hydrocolloids and sugar) by adding 1—3% bamboo fiber, demonstrating its potential as an ingredient capable of improving the utility of food products.

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ ЕМУЛЬГОВАНИХ М'ЯСОПРОДУКТІВ

М. А. Воронцов, О. О. Галенко

Національний університет харчових технологій

Харчові волокна є важливими функціональними компонентами, що мають як фізіологічні, так і технологічні переваги. Вони сприяють кращому засвоєнню поживних речовин, підтримують здорову мікрофлору шлунково-кишкового тракту, знижують рівень холестерину та сприяють виведенню токсинів з організму. Науковці продовжують досліджувати нові джерела волокон, такі як концентрати клітковини з яблук і цитрусових, що характеризуються високим вмістом харчових волокон і низькою калорійністю. Особливий інтерес викликають вівсяні харчові волокна завдяки їхній здатності зв'язувати та адсорбувати жир, що робить їх перспективними для використання в м'ясній промисловості. Дослідження показують, що вівсяні волокна покращують стабільність емульсій і можуть знижувати вміст жиру та солі в продуктах. Однак термічна стабільність м'ясних емульсій з додаванням цих волокон потребує подальшого вивчення. Це відкриває нові можливості для розробки інноваційних технологій виробництва м'ясних продуктів із покращеними функціональними властивостями, що забезпечують високу якість і користь для здоров'я.

Бамбук є джерелом клітковини, яка використовується для виробництва ізолюваної клітковини як інгредієнта для харчових продуктів. Огляд показав, що для більшості груп продуктів зниження колірних параметрів і калорійності оцінено позитивно. Підвищення терміну придатності протягом 28 днів зберігання продемонстровано стабільністю зразків (з низькими значеннями вмісту вологи (5%) та активності води (0,5)). За консистенцією рецептура м'ясних емульсій і випічки зі зниженим вмістом жиру була близькою до контрольної. Дослідники прийшли до висновку, що можна зменшити кількість трьох інгредієнтів в емульсіях і випічці (жир, гідроколіди та цукор), додавши 1—3% бамбукового волокна, що демонструє його потенціал як інгредієнта, здатного покращити корисність харчових продуктів.

Ключові слова: розчинні харчові волокна, бамбукова клітковина, технологія емульгованих ковбас.

Постановка проблеми. Природні функціональні інгредієнти, зокрема харчові волокна, стають об'єктом все більшої зацікавленості серед харчових технологів, які прагнуть розробляти продукти з підвищеною поживною та біологічною цінністю, що сприятливо впливають як на окремі системи організму (наприклад, шлунково-кишковий тракт), так і на організм у цілому. Окрім лікувально-профілактичних властивостей, харчові волокна мають і технологічні переваги, такі як здатність утримувати вологу, забезпечувати стабільність структури готових продуктів, а також загущувати розчини, суспензії та емульсії.

Фізіологічний вплив харчових волокон виявляється в їх здатності впливати на засвоєння білків, ліпідів та інших поживних речовин, а також у стимулюванні виведення продуктів метаболізму. Вони створюють сприятливе середовище для нормальної мікрофлори шлунково-кишкового тракту, сприяють відчуттю ситості, продовжують час спорожнення шлунку, зв'язують і виводять токсини, знижують рівень холестерину в крові, уповільнюють абсорбцію цукру в кишечнику, активують перистальтику та сприяють синтезу вітамінів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технологічні, сенсорні та харчові властивості м'ясних продуктів безпосередньо залежать від вмісту в них тваринного жиру (Alejandre, Poyato, Ansorena, & Astiasarán, 2016). Додавання тваринного жиру до м'ясних продуктів істотно впливає на їх сенсорні властивості, такі як колір, смак і аромат. Крім того, фізико-хімічні властивості жиру вирішально впливають на текстуру м'ясних продуктів, відіграючи фундаментальну роль у покращенні властивостей в'язкості, кремоподібності, жування, зв'язності та твердості (Font-i-Furnols, & Guerrero, 2014). Однак високий вміст тваринного жиру в м'ясних продуктах робить їх шкідливими для здорового харчування, тому зниження жирності м'ясних продуктів є гострою потребою, але це виклик для дослідників і м'ясної промисловості. Зменшення жиру в м'ясних продуктах без шкоди для якості продукту та з незначним впливом на виробничі витрати є непростим завданням. Таким чином, стратегії зниження вмісту жиру в м'ясних продуктах слід вивчати з обережністю (Henchion, McCarthy, Resconi, & Troy, 2014). Протягом останніх десятиліть було випробувано декілька замінників жиру, але серед усіх них використання борошна та клітковини, гідроколоїдів, грибів та деяких тваринних білків (таких як сироватка та колаген) дало багатообіцяючі результати (French, & Read, 1994). Крім того, численні стратегії желювання олій рослинного походження також є актуальною темою для вивчення, і вони мають певні переваги, такі як їхній зовнішній вигляд (спроби імітувати тваринний жир), а також покращують поживний профіль ліпідної фракції м'ясних продуктів. Однак кожен із цих замінників жиру має як переваги, так і обмеження у їх використанні, які розглянуті в публікаціях щодо можливостей пошуку альтернативних джерел клітковини, включаючи такі джерела, як бамбук і гарбуз (Clark, & Johnson, 2002). У дослідженнях, окрім питання заміни фосфатів у рецептурах ковбасних виробів (Magalhães, Pagarini, Vidal, & Pollonio, 2020), вивчався також вплив заміни лужного фосфату бамбуковим волокном, ізольованим білком гороху та грибним порошком на поживні, технологічні, окисні та сенсорні характеристики мортадели з низьким вмістом натрію (Pinton та ін., 2024). Результати показали, що ця зміна рецептури зберегла поживну якість продуктів. Природні замінники виявилися більш ефективними, ніж лужні фосфати, у зменшенні ексудації води та жиру. Це призвело до зниження показників аналізу профілю текстури, серед яких твердість, міцність, адгезивність і зусилля деформації при надкушуванні. Переформулювання зменшило значення за шкалою L (світлі відтінки) і збільшило значення за шкалою b (яскравість), що призвело до змін кольору від помітних до відчутних відповідно до індексу Національного бюро стандартів. Незважаючи на незначні зміни в окислювальній стабільності, на які вказують підвищення значень вмісту реактивних речовини тіобарбітурової кислоти (від 0,19 до 0,33 мг/кг), карбонілів (від 2,1 до 4,4 нмоль

карбонілу/мг білка) і профілю летких сполук, сенсорний профіль показав сприятливе збільшення в солоний смак, особливо завдяки включенню грибного порошку, який був посилений синергією з бамбуковою клітковиною та білком гороху. Результати підтвердили потенціал природних альтернатив для заміни хімічних добавок у м'ясних продуктах. Включення природних антиоксидантів у майбутні рецептури може вирішити спостережувані незначні проблеми окислення та підвищити універсальність цієї стратегії заміни рецептурних компонентів (Pinton та ін., 2022).

Можливість зменшення жиру в харчових продуктах була розглянута на прикладі шоколаду. Дослідження спрямоване на вивчення можливості виробництва шоколаду для сніданку, замінюючи олію цією клітковиною на п'яти рівнях: 0%, 2,5%, 4,5%, 6,5%, 8,5% (Felisberto та ін., 2021). Результати показали, що заміна олії на клітковину до рівня 8,5% не мала істотного впливу на значення рН і активність води. Було виявлено, що вміст вологи та золи значно збільшився, оскільки підвищився вміст клітковини у складі шоколадного сніданку. Також результат аналізу калорійності показав, що при заміні олії на клітковину до рівня 8,5% рівень калорійності знизився на 13,42%. П'ять сенсорних оцінок рецептури шоколаду для сніданку також вказують на вищу прийнятність зразка, приготовленого з 4,5% бамбукової клітковини. Результати аналізу текстури та вимірювання візуальної в'язкості показали, що параметри візуальної в'язкості, жорсткості, когезії, адгезії та індексу консистенції значно зросли зі збільшенням відсотка клітковини у формулі. Загалом, шоколадний сніданок, виготовлений на 4,5% бамбукової клітковини, може стати доброю заміною жиру в шоколаді для сніданку, а оптимальна формула здатна знизити калорійність на 6,35%.

Мета дослідження: розглянути новітні типи та джерела харчових волокон, які можуть мати обґрунтовані перспективи для застосування в рецептурах емульгованих м'ясопродуктів.

Матеріали і методи. У ході проведення літературного огляду застосовано методи аналізу та синтезу, пошуку інформації та її обробки.

Викладення основних результатів дослідження. Сучасні наукові дослідження свідчать, що традиційними продуктами харчування важко досягти значного лікувального й профілактичного ефекту. У зв'язку з цим на ринках США, Європи та Японії з'явилися продукти профілактичного призначення, зокрема ті, що містять суміші харчових волокон. Обмежений асортимент таких продуктів на українському ринку вказує на недостатню увагу вітчизняних виробників до створення подібних товарів.

Бамбукову клітковину можна класифікувати та поділити на натуральну бамбукову клітковину, клітковину з бамбукової целюлози та клітковину з бамбукового вугілля (Liu, Song, Anderson, Chang, & Hua, 2012). Натуральна бамбукова клітковина — це клітковина, безпосередньо екстрагована з бамбука за допомогою фізичного або мікробного дегумування. Властивості кристалічної структури оригінальної бамбукової клітковини не змінюються в процесі екстракції, що робить клітковину натуральною. Клітковина бамбукової целюлози виготовляється з целюлози бамбука, придатної для виробництва клітковини, з якої потім отримують клітковину. Клітковина бамбукового вугілля виготовляється шляхом обробки поверхні порошку бамбукового вугілля на нанорівні, потім суспензія додається до

віскози та витягується у форму дроту. Цей метод в основному застосовується в текстильній промисловості.

У Китаї (який є основним виробником бамбукової клітковини) бамбукова клітковина в основному поділяється на три вищезазначені категорії. Натуральна бамбукова клітковина зберігає характеристики оригінального бамбука, але для цього потрібно більше сировини, що робить процес виробництва натуральних клітковин технічно неефективним. Нині вироби з бамбукової клітковини на ринку в основному виготовляються з клітковини бамбукової целюлози та клітковини бамбукового вугілля (Hu, & Yu, 2015).

Хімічний склад бамбукової клітковини. Бамбукова клітковина є природним біокомпозитом, а основними хімічними складовими бамбукової клітковини є целюлоза, геміцелюлоза та лігнін. Целюлоза в основному складається з трьох елементів, таких як вуглець, водень і кисень, і це матеріальна основа, яка утворює клітинну стінку бамбукової клітковини. Як правило, целюлоза залишається у формі мікрофібрил у клітинній стінці рослини. У результаті аналізу хімічного складу бамбукової клітковини, яка використовується для текстилю після сепарації, було виявлено, що вміст целюлози в ній досяг 73,83%. Целюлоза є основним фактором, що впливає на міцність на розрив уздовж зерна бамбукової клітковини, а вміст целюлози тісно пов'язаний із віком бамбука. Варто зазначити, що вміст целюлози в тому ж бамбуковому матеріалі зменшується зі збільшенням віку бамбука.

Геміцелюлоза — це аморфна речовина з низьким ступенем полімеризації, яка знаходиться між молекулами клітковини. Геміцелюлоза є складним полісахаридом з ксиланом як переважаючим ланцюгом, гілки в основному включають 4-О-метил-D-глюкуронову кислоту, L-арабінозу та D-ксилозу. Серед іншого вчені з декількох країн досліджували фракцію полісахаридів *Phyllostachys makinoi*, екстрагованих 5% і 17,5% NaOH, і виявили, що її основним компонентом був арабіноксилан, а співвідношення ксилози до арабінози становило 17—18:1. Sun та ін. проаналізували компоненти полісахаридів бамбука, екстраговані двома різними методами, і повідомили, що більшість компонентів полісахаридів після екстракції дистильованою водою були глюкозою, тоді як вміст ксилози був вищим після екстракції лугом (Guo, & Vyambasuren, 2015).

Лігнін є різновидом полімеру зі складною структурою та багатьох типів. Основні одиниці лігніну в основному включають гваяцил, сирингіл мономери та п-гідроксифеніл мономери. Структурні одиниці в лігніні в основному з'єднані ефірними зв'язками та одинарними зв'язками вуглець-вуглець. Лігнін нерівномірно розподілений у вторинній стінці бамбукової клітковини. Як правило, концентрація лігніну в широкому шарі нижча, тоді як концентрація лігніну у вузькому шарі вища. Наявність лігніну також надає бамбуковому матеріалу певний ступінь стабільності.

Основна структура бамбукової клітковини. Клітини бамбука в основному складаються з клітин харчових волокон, клітин паренхіми, проток, клітин епідермісу, ситоподібних трубок, клітин-супутників і деяких інших клітин. Клітини бамбукової клітковини не мають внутрішньої стінки, але середній шар вторинної стінки має багатошарову структуру. Орієнтація мікрОВОЛОКОН різниться між шарами клітинної стінки бамбукової клітковини, а також між різними видами бамбука. На-

прямок мікрОВОЛОКОН у вузькому шарі є майже горизонтальним спіральним розташуванням, тоді як напрямок мікрОВОЛОКОН у широкому шарі є майже осьовим спіральним розташуванням. Через різну орієнтацію волокон у вузькому та широкому шарі бамбук є анізотропним. Різний розподіл судинних пучків призводить до різної поздовжньої проникності бамбукових клітковин, що, у свою чергу, впливає на проникнення хімічних реагентів і має певний вплив на аналіз складу та виробництво бамбукових клітковин.

Повідомлялося про значні дослідження характеристик бамбукової клітковини, підкреслюючи її короткий цикл виробництва й екологічні переваги порівняно з іншими штучними клітковинами. Між бамбуковими клітковинами є великі порожнечі, які можуть вбирати різноманітні запахи, пил та інші шкідливі речовини, а також можуть очищати повітря та контролювати вологість. Клітковина бамбука має сильну антибактеріальну дію і містить натрій-мідь хлорофіл, який забезпечує освіжаючий і антиультрафіолетовий ефект. Однак бамбукова клітковина також має деякі недоліки, включаючи високе водопоглинання, корозію та низьку довговічність. Отже, при використанні бамбукових клітковин слід звернути увагу на водонепроникну обробку та захист від цвілі, щоб підвищити довговічність виробів з бамбукової клітковини.

Екстракція бамбукового волокна часто вимагає комбінації методів для задоволення вимог до кінцевого застосування. В останні роки було розроблено ресурсоощадну інтегровану технологію, що поєднує обробку ультразвуком із подальшою обробкою целюлозою. Ультразвукова обробка зруйнувала кристалічну структуру волокон й оголила його поверхню, що значно підвищило ефективність обробки целюлозою та покращило гнучкість волокна.

Випробування на розтягування окремого волокна відноситься до прямого осьового розтягування волокон на рівні однієї клітини. Наноіндентування полягає у вдавлюванні крихитного алмазного зонда в поверхню матеріалу з дуже невеликою силою та постійному зборі навантаження, що діє на кінчик голки та глибину вдавнення зразка під час процесу завантаження та вивантаження. Випробування на розтягування окремого волокна та наноіндентування є двома широко використовуваними технологіями для вимірювання механічних властивостей клітинних стінок рослин. Повідомлялося про значні дослідження механічних властивостей бамбукового волокна, а модуль Юнга та міцність на розрив становили 11—17 ГПа та 140—230 МПа відповідно (Khoshkish, & Gharachorlo, 2022). Тан та ін. провели тест на вдавнення клітинної стінки бамбукового волокна та повідомили, що модуль пружності на розтягування демонструє тенденцію до зменшення від зовнішньої поверхні бамбука до внутрішньої поверхні. Дослідники порівняли механічні властивості на розтяг чотирьох різних типів волокон: бамбука, кенафу, китайської ялиці та рамі, і результати показали, що властивості на розтягування бамбукового волокна перевершують інші волокна. Також порівняли клітинні стінки бамбука та деревних волокон і виявили, що механічні властивості бамбука перевершують властивості деревини. Внаслідок досліджень механічних властивостей встановлено, що орієнтація фібрил целюлози була майже вздовж осі волокна, щоб максимізувати поздовжній модуль пружності.

Багато факторів впливають на механічні властивості бамбукових волокон, такі як хімічний склад і структура бамбукових волокон, вміст води, вік бамбука тощо. Тіан повідомив, що модуль пружності при розтягуванні бамбука зменшився з видаленням геміцелюлози, але не змінився суттєво з видаленням лігніну. Міцність на розрив бамбукового волокна також зменшилася з видаленням хімічних компонентів, тоді як пластичність трохи зменшилася з видаленням лігніну, але збільшилася з видаленням геміцелюлози. Будова клітин бамбукового волокна складна, а середній шар вторинної стінки клітини має багатшарову будову. Тому лігнізація тонких і товстих шарів у багатшаровій структурі різна, а орієнтація мікрофібрил різна, що призводить до відносно великої різниці в механічних властивостях між сусідніми шарами стінки. Багатшарова структура клітинної стінки забезпечує кращу стійкість до руйнування та сприяє внутрішньому ковзання між шарами клітинної стінки під час натягу. Кут мікрофібрил також є важливим фактором, що впливає на механічні властивості волокна; як правило, міцність на розтягування і модуль пружності на розтягування волокна зростають із зменшенням кута мікрофібрил. Отже, менший кут мікрофібрил є важливим фактором, який сприяє чудовим механічним властивостям бамбукового волокна. Між молекулами бамбукового волокна є великі порожнечі, які мають хорошу гігроскопічність. Отже, вміст води також є важливим фактором, що впливає на механічні властивості бамбукових волокон. Також протягом 2010—2019 рр. неодноразово досліджували вплив вмісту води на механічні властивості бамбука на макроскопічних рівнях і шкалах клітинних стінок і повідомили, що під точкою насичення волокна модуль пружності при стисненні, модуль пружності при вдавненні та твердість бамбукового волокна зменшуються, зі збільшенням вмісту води. Колектив вчених використовував випробування на розтягування окремого волокна та наноіндентування, щоб вивчити вплив зміни вмісту води на механічні властивості бамбукових волокон і помітив, що зі збільшенням вмісту води модуль розтягування та міцність на розрив бамбукових волокон значно зменшуються, але збільшення подовження при розриві. Результати випробувань показали, що міцність і жорсткість чотирирічного волокна були кращими, ніж у однорічного волокна, але різниця в механічних властивостях окремого волокна в поздовжньому та радіальному напрямках стебла бамбука не була очевидною. Попередні дослідницькі проекти з бамбукових волокон в основному зосереджувалися на механічних властивостях і відповідних факторах, що впливають на ці властивості, шляхом використання методів випробування на розтягування та наноіндентування. Повідомлені результати досліджень чітко показують, що бамбукові волокна мають високу стійкість до різних механічних впливів при поздовжньому, поперечному та інших видах розтягування або різання. Потрібні додаткові дослідження для загальної характеристики бамбукових волокон і методів їх вилучення, щоб сприяти їх використанню в різних інженерних і повсякденних продуктах.

Перспективи застосування вівсяної клітковини. Овес, як правило, вважається джерелом компонентів для оздоровчого харчування або функціональних продуктів. Відкриття корисних для здоров'я та зниження рівня холестерину властивостей призвело до більш широкого визнання вівса як їжі для людей (Verbeke, 2006). Овес містить більше розчинної клітковини, ніж будь-яке інше зерно, що призводить до уповільнення травлення й тривалого відчуття ситості. Популярність вівсяної каші

та інших вівсяних продуктів знову зросла після рішення FDA, в якому було доведено факт того, що вживання розчинної клітковини з цільного вівса може знизити ризик серцевих захворювань. Розчинна клітковина в цільному вівсі складається з класу полісахаридів, відомих як бета-D-глюкани. Доведено, що один тип розчинної клітковини, бета-глюкани, допомагає знизити рівень холестерину (Guo, & Byambasuren, 2021). Бета-D-глюкани, які, зазвичай, називають бета-глюканами, включають клас неперетравлюваних полісахаридів, які містяться у природних джерелах, таких як зерно, ячмінь і гриби (Di Lorenzo, Williams, Hajina, & Valenzuela, 1988). У вівсі, ячмені та інших зернах злаків вони розташовані переважно в клітинній стінці ендосперму. Бета-глюкан вівса — це розчинна клітковина. Це в'язкий полісахарид, що складається з ланок моносахариду D-глюкози. Бета-глюкан вівса складається зі змішаних полісахаридів. Це означає, що зв'язки між одиницями D-глюкози або D-глюкопіранозилу є зв'язками бета-1,3 або бета-1,4. 1,3-зв'язки руйнують однорідну структуру молекули бета-D-глюкану і роблять її розчинною та гнучкою. Для порівняння, неперетравлювана полісахаридна клітковина також є бета-глюканом, але нерозчинною. Причина його нерозчинності полягає в тому, що клітковина складається лише з 1,4-бета-D-зв'язків. Як епідеміологічні, так і клінічні дослідження свідчать про те, що на ступінь ризику ішемічної хвороби серця впливають харчові фактори, окрім споживання жиру та холестерину. Експерименти на людях чітко показали, що вівсяна клітковина має тенденцію до зниження загального холестерину в плазмі та холестерину. Зернові продукти з низьким глікемічним індексом, такі як овес, корисні для людей з діабетом і можуть знизити рівень ліпідів у плазмі. Доцільним є також розглянути вплив вівсяної клітковини на здоров'я людини, описуючи та оцінюючи їх значення та можливі механізми дії. Було припущено, що зменшення загального споживання жиру зі збільшенням поліненасиченої фракції та зменшення споживання холестерину з їжею може призвести до зниження загальної концентрації холестерину в сироватці крові (Drewnowski, 1998). Потрібна додаткова інформація про вплив різних типів харчових волокон на рівні ліпопротеїнів сироватки. Звіти про епідеміологічні дослідження в західних країнах показали, що споживання харчових волокон забезпечує захист від ішемічної хвороби серця. Зворотний зв'язок зі смертністю від ішемічної хвороби серця спостерігався як для споживання нерозчинних харчових волокон, так і для розчинних харчових волокон. Зворотний зв'язок між харчовими волокнами та ішемічною хворобою серця можна пояснити різними механізмами, такими як зниження артеріального тиску через зменшення абдомінального ожиріння та покращення реактивності судин, усі з них можуть запобігти або затримати розвиток атеросклерозу. Попередні дослідження показали, що ці ефекти були отримані як від нерозчинних харчових волокон, так і від розчинних харчових волокон. Однак розчинні харчові волокна можуть мати сильніший ефект зниження рівня холестерину, тоді як нерозчинні харчові волокна можуть мати сильніший ефект зниження фактору згортання крові. Очевидний захисний ефект клітковини щодо ризику ішемічної хвороби серця може бути зумовлений іншими звичками, пов'язаними зі здоров'ям, такими як регулярні фізичні вправи та відмова від куріння. Бета-глюкан складається з розгалужених ланцюгів. Функціональні продукти, збагачені бета-глюканом переважно з вівса, широко доступні для зниження

рівня холестерину ліпопротеїдів низької щільності у сироватці крові. Деякі дослідження виявили зниження більш ніж на 10%, але кілька досліджень продемонстрували практично відсутність користі. Непослідовність у повідомлених ефектах вівсяних продуктів може бути наслідком кількох факторів, таких як спосіб введення або відмінності в розчинності чи молекулярній масі. Було припущено, що харчова матриця або обробка їжі впливає на гіпохолестеринемічні властивості бета-глюкану. І ця потенційна користь може бути обмежена кількістю клітковини, яку люди повинні споживати (WHO, 2009). Тому фізико-хімічні властивості бета-глюкану вівса слід враховувати при оцінці здатності продуктів, що містять овес, знижувати рівень холестерину. Розчинність у воді та молекулярна маса бета-глюкану також можуть впливати на його гіпохолестеринемічний ефект. Є деякі ознаки того, що молекулярна маса бета-глюкану може частково зменшуватися під час його проходження через верхні відділи шлунково-кишкового тракту. Однак існують суперечливі повідомлення, які не показують кількісних втрат бета-глюкану з вівсяного борошна або висівку у шлунку та верхніх відділах тонкої кишки. Під час проходження через шлунок і тонкий кишечник нерозчинні бета-глюкани частково перетворюються в розчинну форму і можуть утворювати в'язкі розчини в кишечнику (Tapes та ін., 2021). В'язкість розчинів бета-глюкану визначається його молекулярною масою та розчинністю, обидва з яких можуть бути змінені звичайними методами обробки та зберігання. Підвищена в'язкість кишечника знижує реабсорбцію жовчних кислот, що призводить до збільшення екскреції жовчних кислот. Підвищене виділення жовчних кислот сприяє їх синтезу із холестерину, що збільшить поглинання холестерину у печінці. Щоденне споживання бета-глюкану вівса з високою молекулярною вагою в готовій до вживання каші знижує рівень холестерину. Крім того, вплив бета-глюкану вівса на холестерин був значною мірою пов'язаний з його в'язкістю, яка визначалася молекулярною масою та біодоступністю. Мета-аналіз випробувань статинів свідчить про те, що зниження рівня холестерину зменшить ризик ішемічної хвороби серця приблизно на 5%. У деяких дослідженнях порівнювалися ефекти бета-глюканів зернових на зниження рівня холестерину в різних дозах і молекулярних вагах, але вони дають суперечливі або сумнівні результати. Можливі причини полягають у тому, що бета-глюкан не був повністю розчинений у кишечнику або що молекулярна маса бета-глюкану була зменшена в результаті обробки. Висока молекулярна маса може бути пов'язана з підвищеною в'язкістю кишечника, що може зменшити всмоктування холестерину. Проте було показано, що у здорових добровольців бета-глюкан як з високою, так і з низькою молекулярною масою знижує концентрацію загального холестерину та холестерину в сироватці однаково відносно вихідного рівня. Ці результати свідчать про те, що сама по собі молекулярна маса не може передбачити ефект бета-глюкану на зниження холестерину. Оскільки споживання харчових волокон у повсякденному житті зростає, необхідно знати, як ці волокна взаємодіють із введеними ліками. Застосування клітковини може зменшити вираженість опосередкованих дофаміном шлунково-кишкових і серцево-судинних побічних ефектів, забезпечуючи нижчі максимальні концентрації леводопи, а також забезпечуючи більш рівномірну реакцію шляхом підтримки концентрацій у плазмі крові у вужчому діапазоні, коли леводопа вводилася окремо та в присутності

карбідопи (Evans, & Cheung, 1993). Подальше дослідження показало, що спостерігалось покращення ступеня абсорбції леводопи при більш високих кінцевих концентраціях при повторних дозах. Недавнє дослідження прийшло до висновку, що введення препарату покращує переваги харчових волокон, запобігаючи їх бактеріальному розкладанню.

Дослідження нових або альтернативних джерел розчинних і нерозчинних харчових волокон стають все більш актуальними і розглядаються в багатьох наукових працях. Наприклад, група вчених із Чилі провела оцінку функціональних властивостей концентратів клітковини, отриманих з відходів переробки яблук і цитрусових, розглядаючи їх як потенційні джерела для збагачення харчових продуктів (Aminzare, Hashemi, Afshari, Noori, & Rezaeigolestani, 2024). Ці концентрати було проаналізовано за основними фізико-хімічними параметрами, такими як вміст вологи, жиру, білка та золи, а також калорійність, склад харчових волокон і функціональні властивості, включаючи вологоутримувальну здатність, здатність до набухання, адсорбцію жиру та текстуру. Всі досліджені зразки клітковини мали високий вміст харчових волокон (від 44,2 до 89,2 г/100 г сухої речовини), а вміст білків і жирів варіювався від 3,12 до 8,42 та 0,89 до 4,46 г/100 г сухої речовини відповідно. Калорійність концентратів була невисокою (50,8—175 ккал/100 г або 213—901 кДж/100 г). Найвищу вологоутримувальну здатність (2,09—2,26 г води/г сухої речовини) продемонструвала клітковина грейпфрута, яка також показала високу здатність до набухання та адсорбції жиру.

Важливість клітковини для підтримки здоров'я людини визнана багатьма установами Європейської комісії і неодноразово обговорювалася на панельних дискусіях в межах ЄС (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2010). Проте питання використання харчових волокон із вівса та картоплі в м'ясній промисловості для виробництва емульгованих продуктів залишається недостатньо дослідженим.

Вівсяні харчові волокна вирізняються високою здатністю до зв'язування та адсорбції жиру, що є важливим для розробки нових технологій у виробництві емульгованих м'ясопродуктів. Останні дослідження фізико-хімічних та функціональних властивостей вівсяних волокон, проведені китайськими науковцями, показали, що основна частина харчових волокон вівса зосереджена у висівках. Однак висівки в основному використовуються як корм для худоби та птиці, що обмежує їхнє використання і знижує додану вартість. У дослідженні нерозчинні харчові волокна були виділені за допомогою комбінації α -амілази та нейтральної протеази, при цьому оптимальні умови екстракції були визначені методом поверхні відгуку (Guo, & Vyambasuren та ін., 2021).

Вплив вівсяних висівок на властивості м'ясних емульсій був досліджений турецькими науковцями, які вивчали ефекти різних рослинних волокон на стабільність емульсії, її об'ємну щільність, активність, в'язкість, умовну межу текучості та міцність гелю в яловичих м'ясних емульсіях, використовуючи модельну систему (Kurt, & Ceylan, 2020). Дослідження показало, що волокна значно впливають на властивості емульсії. Наприклад, волокна яблука і лимона покращували активність емульсії, а морквяні та пшеничні волокна збільшували її щільність. Волокна моркви, лимона та вівса сприяли підвищенню стабільності емульсії, причому ли-

монні волокна були найефективнішими у підтримці стабільності під час зберігання. Інουλін і яблучні волокна знижували емульгуючу здатність і міцність гелю, тоді як інші волокна підвищували ці показники. Пшеничні волокна збільшували умовну межу текучості емульсії, тоді як інші волокна знижували цей показник. Загалом, рослинні волокна незначно покращували здатність до емульгування, але підвищували в'язкість емульсії (Alves, Bellucci, Santos, Bertuci, & Barretto, 2022).

Позитивний вплив вівсяних і картопляних волокон на емульсії також підтверджений в кількох дослідженнях. Однією з головних переваг цих волокон є їхня висока здатність поглинати жир і стабілізувати емульсії за наявності білків тваринного походження. Досліджено вплив повної заміни крохмалю сумішшю харчових волокон на якість ферментованої свинячої ковбаси з вмістом бамбукових волокон 1,75%. Для покращення сенсорної оцінки, властивостей текстури, втрат при варінні та кольору було оптимізовано концентрацію суміші, а різницю в харчовій якості досліджували порівняно з ковбасами, що містять 1,75% клітковини та або крохмаль, або суміш харчових волокон. Результати показали, що найвища загальна прийнятність була досягнута при додаванні 8% харчових волокон. Отримана ковбаса мала компактну і м'яку консистенцію, добру пружність, рівний переріз, м'ясисто-червоний колір, сильний аромат і хороший смак. При рівнях додавання 5%, 11% і 14% загальна прийнятність і смак були відносно поганими. Втрати при варінні зменшилися з 11,28% до 8,38% при збільшенні додавання харчових волокон з 5% до 14%. Заміна крохмалю дієтичними волокнами призвела до отримання ковбаси з більш м'якою консистенцією, підвищення сенсорних оцінок аромату та смаку, а також до збільшення втрат при варінні з 5,71% до 9,07%. Підсумовуючи, додавання суміші харчових волокон впливає на якість ковбаси, а ковбаса з бамбуковою сіллю має найкращу харчову якість при рівні додавання 8% (Страшинський, Маринін, & Ришканич, 2020).

Жом апельсину як альтернативне джерело харчових волокон. Виробництво апельсинового соку використовує приблизно 50% фруктів, а інші 50% складаються зі шкірки, насіння та альbedo, які можуть становити до 60% від загальної кількості побічних продуктів (Fernández-López та ін., 2009).

Харчові волокна цитрусових мають вищу якість порівняно з альтернативними джерелами, такими як зернові культури, оскільки цитрусові клітковини містять більше розчинних харчових волокон і пов'язаних з ними біологічно активних сполук (флавоноїдів, поліфенолів, каротиноїдів і вітаміну С) з антиоксидантними властивостями, які можуть забезпечити додатковий оздоровчий ефект. В останні роки проведено дослідження, які демонструють фізичні, хімічні та функціональні властивості харчових волокон, отриманих із цитрусових, таких як апельсини та лимони, підкреслюючи їхні антиоксидантні властивості (Figueroa, Hurtado та ін., 2005).

Кілька видів харчових волокон використовувалися в харчових продуктах для визначення їх можливого сприятливого впливу на здоров'я, і завдяки цьому вони мають низку технологічних властивостей, таких як зв'язування води, гелеутворення, формування структури. Їх можна використовувати як потенційні заміники жиру. Функціональність заміників жиру на основі вуглеводів пояснюється їх здатністю збільшувати гелеутворення та в'язкість, надавати смак і текстуру, а також підвищувати здатність до утримання води (Devereux, Jones, McCormack, & Hunter, 2003).

У дослідженні вчених із Бразилії було охарактеризовано волокна з побічних продуктів виробництва апельсинового соку щодо їх функціональних, фізичних і хімічних властивостей. Крім того, клітковина використовувалася як замітник жиру в рецептах шоколадного морозива. Морозиво було проаналізовано на хімічні та сенсорні відмінності. Властивості та застосування клітковини з апельсинових відходів.

Відходи виробництва апельсинового соку (*Citrus sinensis*) були надані компанією «Pure Juice», розташованою в Порту-Алегрі (РС/Бразилія) (Figuerola та ін., 2005). Ці відходи склалися з апельсинової шкірки, м'якоті та насіння, які були розділені вручну на дві групи: цедра, м'якоть (флаведо та альбеда) і насіння (F1); і очищені частини (F2). Сировину збирали протягом одного тижня і зберігали при -18°C для подальшого використання. Було виготовлено два зразки апельсинової клітковини: F1 (шкірка, м'якоть і насіння) і F2 (шкірка). Загальна масова частка харчових волокон (TDF) становила приблизно 63 г/100 г (DM) і не показала суттєвої різниці ($p < 0,05$) між зразками. Згідно з Lagauri (1999), продукти з вмістом клітковини понад 50 г/100 г можна розглядати як багате джерело харчових волокон. Значення TDF були подібні до значень, наведених у (Figuerola, Hurtado, Estévez, Chiffelle, & Asenjo, 2005) для волокна з апельсинових відходів.

Виходячи з результатів випробувань, волокна з побічних продуктів виробництва апельсинового соку можна використовувати як інгредієнти в харчовій промисловості, особливо через їх поживні та функціональні характеристики. Волокна мали високий загальний вміст харчових волокон і добре збалансоване співвідношення між розчинними та нерозчинними волокнами, що важливо для регуляції кишечника та профілактики різних захворювань.

Інший колектив вчених з Бразилії досліджував ферментовані ковбаси зі зниженим вмістом жиру та солі, з додаванням до 2% трьох різних харчових волокон: мікрокристалічної целюлози, резистентного крохмалю та вівсяної клітковини (Dos Santos, Ignácio, Bis-Souza, & da Silva-Barretto, 2021). Виявилося, що додавання волокон не вплинуло на втрати під час термічної обробки, рівень рН та органолептичні характеристики продуктів. Розроблені моделі дали змогу оцінити активність води, ріст кількості молочнокислих бактерій, показники жорсткості та консистенцію при надкушуванні. Включення трьох видів харчових волокон сприяло зниженню активності води, а мікрокристалічна целюлоза підвищила кількість молочнокислих бактерій. Крім того, комбінація вівсяної клітковини з мікрокристалічною целюлозою показала антиоксидантний ефект і покращила показники жорсткості та консистенції ковбас. Ці види харчових волокон мають перспективу як інгредієнти для виробництва ферментованих ковбас із зниженим вмістом жиру та солі (Guàrdia, Guerrero, Gelabert, Gou, & Arnau, 2006).

Роль клітковини у формуванні функціональних властивостей м'ясопродуктів. Перероблені м'ясні продукти емульсійного типу виготовляються шляхом подрібнення або нарізання м'яса в м'ясорубці після додавання солі, фосфатів і води. Цей процес активує м'язові білки шляхом руйнування сарколеми (набухання) для вивільнення міофібрилярних білків, а саме актину та міозину. Міофібрилярні білки особливо виявляють емульгуючі властивості та взаємодіють з іншими нем'ясними інгредієнтами, впливаючи на технологічні властивості системи м'ясної емуль-

сії, наприклад, здатність до утримання води, властивості утримання жиру, стабільність емульсії, реологічні параметри тощо. Сіль і фосфати додаються першими, оскільки вони розчиняють міофібрилярні білки (Pereira, & Vicente, 2013). Ця солібілізація перетворює нарізану м'ясну масу разом з усіма екстрагованими білками у в'язку масу. Це перетворення відповідає за належне емульгування жиру та зв'язування води в матриці м'ясної емульсії. На останньому етапі під час подрібнення додається жир для утворення емульсії «оля у воді». Гідрофільні групи білків орієнтовані у бік водної фази, а гідрофобні групи — у бік ліпідної фази. Після варіння в'язка маса перетворюється у форму гелю, що забезпечує текстуру та стабілізує жиро-водну структуру білкової сітки вареної м'ясної емульсії. Жири складаються переважно з тригліцеридів і є важливими інгредієнтами у виробництві традиційних м'ясних продуктів. Приблизно 20—30% жиру міститься в подрібнених м'ясних продуктах. Вміст нежирного м'яса впливає на функціональні та сенсорні властивості оброблених м'ясних продуктів. На ці властивості також впливають тип, якість, пропорція та вміст жиру. Жир також впливає на шлунково-нервовий гормональний шлях, який відповідає за сприйняття смаку та ефект змащування. Однак жир не вважається сполукою, що сприяє здоров'ю, тому зменшення жиру є однією з найважливіших проблем у м'ясній промисловості. Вміст жиру було зменшено завдяки використанню нежирного м'яса, але це змінило сенсорний профіль і підвищило вартість виробництва оброблених м'ясних продуктів. Деякі дослідники також використовували воду, але не змогли досягти бажаної якості продукту з точки зору текстури, мікробіологічного благополуччя та виходу продукту. Зрештою, деякі замітники жиру були використані замість жиру (часткового/повного) як дисперсної фази для виробництва м'ясних продуктів із низьким вмістом жиру. Хороший замітник жиру (наприклад, гідроколоїди) — це сполука або суміш сполук, які взаємодіють з білками (безперервна фаза) в'язкої м'ясної емульсії та забезпечують технологічні та функціональні властивості за відсутності (або низького/зниженого) звичайного вмісту жиру. М'язові білки утворюють тонку плівку навколо крапельок жиру під час останнього етапу утворення емульсії, і хороший замітник жиру сприяє утворенню цього тонкого шару, а також діє як емульгатор. Деякі замітники жиру покращують водоутримувальну здатність, що зумовлено буферною здатністю (зрушенням рН) сполук, що зумовлює сприятливе просторове розташування міофібрил у матриці м'ясної емульсії. Отже, ідеальний замітник жиру утворює двофазну стабільну емульсійну систему в м'ясних продуктах емульсійного типу (Rong та ін., 2019). Розробка прийнятних для споживача м'ясних продуктів з низьким вмістом жиру є проблемою, оскільки жир забезпечує бажані органолептичні характеристики та прийнятність з боку споживачів. Жир також є одним із факторів сприйняття смаку після пережовування їжі. Якщо спостерігається зменшення смаку (смаку та запаху) через зменшення будь-якого харчового інгредієнта з рецептури традиційного м'ясного продукту, у більшості випадків споживачі відмовляються від цього продукту. Це видно з ірландського національного опитування щодо харчування дорослих, у якому 41% учасників віддали перше місце «смаку» як найбільшому мотивуючому фактору при виборі їжі (Williams, 2007). Однак споживачі зараз віддають перевагу м'ясним продуктам із зазначеним інгредієнтами, тому перевагу надають продуктам із традиційним профілем сма-

ку, а також продуктам з користю для здоров'я. Загальний харчовий профіль м'ясних продуктів залежить від співвідношення n-6/n-3 жирних кислот, поліненасичених жирних кислот/мононенасичених жирних кислот (ПНЖК/МНЖК) та їх співвідношення. Це призвело до використання джерела жиру з більш здоровим профілем жирних кислот, а не тваринного жиру, для розробки оздоровчих м'ясних продуктів. Рослинні олії та риб'ячий жир досліджувалися замість тваринного жиру, і велика кількість насичених жирних кислот (НЖК) була замінена на MUFA/PUFA. Однак додавання цих олій призвело до меншої окислювальної стабільності м'ясних продуктів через наявність менш стабільних подвійних і потрійних зв'язків у MUFA/PUFA. Попереднє емульгування, інкапсуляція та використання синтетичних антиоксидантів є стратегіями подолання проблеми окислення ліпідів.

Використання синтетичних антиоксидантів, таких як бутильований гідроксил-толуол, для контролю окислення в різних м'ясних продуктах знову ставиться під сумнів багатьма дослідниками та організаціями охорони здоров'я через їхній канцерогенний ефект (Corpet, 2011). Отже, м'ясна промисловість зараз стикається з іншою проблемою пошуку природних антиоксидантів для покращення окислювальної стабільності м'ясних продуктів (Demeyer, Honikel, & De Smet, 2008). Крім того, умови пакування, пакувальні матеріали та інші вимоги до зберігання були неодноразово виступали предметами досліджень для традиційних м'ясних продуктів (Binnie, Barlow, Johnson, & Harrison, 2019). Ці вимоги до інноваційних м'ясних продуктів зі зміненою рецептурою мають бути оптимізовані, що є проблемою, яка постає на шляху успішного маркетингу таких м'ясних продуктів. Стабільність замінників жиру в білковій матриці м'ясної емульсії від виробництва до споживання також важлива, оскільки деякі сполуки виявляють властивості емульгування, модифікації текстури та покращення смаку протягом короткого періоду лише за певних пільгових умов пакування та зберігання (лабораторні дослідження). Багато дослідників намагалися розробити м'ясні продукти з низьким вмістом жиру з бажаними функціонально-технологічними, а головне, органолептичними характеристиками, використовуючи комбінацію підходів, наприклад, заміна частини тваринного жиру водою і рослинним жиром (Kumar, Kairam, Ahmad, & Yadav, 2016); поєднання води/нем'ясних білків або крохмалю чи гідроколоїдних камедей; використання рослинного або риб'ячого жиру; застосування синтетичних замінників жиру або жиरोімітаторів; використання ферментативно або хімічно оброблених дієтичних інгредієнтів (Henning, Tshalibe, & Hoffman, 2016).

Види відхилень від норми або дефектів основних функціонально-технологічних характеристик (збільшення, зниження, подібні до контрольних або еталонних) серед характеристик якості ковбасних виробів також обумовлені вибором замінника жиру. Ці замінники жиру, що являють собою в основному полісахарид або білок за своєю природою, який володіє властивостями гелеутворення та/або водопоглинання (Brewer, 2012). Деякі дослідження також проводилися з використанням побічних продуктів харчової промисловості як замінника жиру в поєднанні з рослинним або риб'ячим жиром (Cherbut, 2002). Здатність білкової матриці іммобілізувати жир, а також воду визначає втрати при варінні або вихід (приріст) при варінні емульсійних або подрібнених м'ясних продуктів. Загалом вищий вміст жиру призводить до збільшення виходу після термічної обробки. Але в нежирних м'ясних продуктах типові властивості матриці змінюються через зміни рецептур.

Отже, нем'ясні інгредієнти відіграють більшу роль у визначенні кулінарних властивостей. Зазвичай, повножирні м'ясні продукти демонструють вищий вміст води або активність води, що може бути пов'язано з тим, що частинки тваринного жиру можуть діяти як бар'єр для води та утримуються в білковій матриці ефективніше, ніж нежирні м'ясні компоненти рецептури (Ali, Alam, & Ali, 2019). У багатьох дослідженнях була помічена нижча стабільність емульсії в нежирних м'ясних продуктах, що може статися через зниження емульгуючої здатності. Це також може бути пов'язане зі здатністю жиру стабілізувати м'ясну емульсію, діючи як спейсер у білковій матриці м'яса. Вищу водоутримувальну здатність або водопоглинальну здатність продемонстрували деякі інгредієнти, наприклад, крохмаль маніоки, каппа-карагенан, желатин/карагенан, борошно з голубого гороху/крохмаль із кукурудзяного борошна, гідролізований колаген, гідролізований колаген/модифікований крохмаль/гуарова камедь в різних м'ясних продуктах; і додавання цих нем'ясних інгредієнтів призвело до більшої ефективності приготування (меншої втрати рідини). Додавання різноманітних білків (соя, канولا, порошок сурімі, сир, сироватка, концентрат молочного білка, концентрат сироваткового білка та сухий яєчний білок тощо) покращило водозв'язувальну здатність (Alves та ін., 2016). Вищий рівень утримання води може бути пов'язаний зі здатністю цих нем'ясних інгредієнтів взаємодіяти з полярними групами матричних білків, а також, ймовірно, через утворення водневих зв'язків із вільною водою. Було показано, що деякі нем'ясні інгредієнти (наприклад, інουλін) мають більшу здатність утримувати жир, ніж здатність утримувати воду. З іншого боку, збільшення білка плазми великої рогатої худоби (отриманого шляхом ультрафільтрації та ліофільної сушки висушеної розпиленням плазми крові великої рогатої худоби) у рецептурі призвело до вищого рівня утримання води, ніж рівня утримання жиру. Збільшення вмісту білка (2,5% проти 3,0% білка плазми) у складі може сформувати більш щільну високоаггредовану білкову матрицю під час приготування, що може чинити тиск на жирові кульки. Тож ці жирові кульки об'єднуються і видавлюються з матриці.

Дослідження, проведене в Кампінаському університеті, було спрямоване на оцінку впливу двох концентрацій бамбукового волокна на технологічні властивості емульгованих ковбас, виготовлених без додавання солі та триполіфосфату натрію (Aminzare, Hashemi, Afshari, Noori, & Rezaeigolestani, 2024). Виявилося, що додавання бамбукового волокна не вплинуло на рівень pH і активність води, але змінило колірні показники: ковбаси з бамбуковим волокном мали світліший відтінок порівняно з контрольними зразками. Підвищення вмісту бамбукового волокна сприяло покращенню стабільності емульсії ковбас. Зразки з додаванням клітковини були значно твердішими за контрольні. Мікроструктура зразків із бамбуковим волокном була більш компактною, а ковбаси з 5,0% волокна мали щільнішу структуру, ніж ті, що містили 2,5%. Це дослідження показало, що бамбукове волокно може стати перспективним функціональним інгредієнтом для виробництва варених ковбас, що сприятиме створенню оздоровчих або функціональних продуктів.

Висновки

На основі наведених даних можна зробити висновок, що термічна стабільність м'ясних емульсій і варених ковбасних виробів із використанням комбінованих харчових волокон (вівсяних і картопляних) залишається недостатньо дослідженою

темою. Це перспективний напрямок, який потребує подальшого вивчення, враховуючи високі функціональні властивості волокон і їхній потенціал для покращення характеристик як емульсій, так і готових м'ясних продуктів.

Також перспективним і малодослідженим напрямком є використання харчових волокон бамбука у технології емульгованих ковбасних виробів. Цей вид сировини широко вивчених через застосування у інших видах промисловості (будівництві, виробництві композитів), проте його властивості та здатність впливати на технологічні характеристики ковбасних виробів залишається малодослідженою сферою застосування, попри те, що чітко встановлено здатність клітковини бамбука імітувати жир у таких продуктах, як шоколад і печиво. Для встановлення впливу клітковини бамбука на емульгованні ковбасні вироби доцільно дослідити функціонально-технологічні властивості білково-жирових емульсій з використанням цього інгредієнта.

Література

Страшинський, І. М., Маринін, А. І., Ришканич, Р. О. (2020). *Харчові волокна як оздоровчий компонент у складі м'ясних продуктів*. 18th International Scientific and Practical Conference "Modern Science, Practice, Society", Boston, USA. 446—448.

Alves, C. A., Bellucci, E. R. B., Santos, J. M. D., Bertuci, M. L., Barretto, A. C. D. S. (2022). L-lysine and dietary fiber improve the physicochemical properties of sausage without added phosphate and reduced salt levels. *Scientia Agricola*, 80, e20220026.

Alves, L. A. A. S., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J., Campagnol, P. C. B. (2016). Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat Science*, 121, 73—78. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.06.001.

Aminzare, M., Hashemi, M., Afshari, A., Noori, S. M. A., Rezaeigolestani, M. (2024). Development of functional sausages: a comparative study of the impact of four dietary fibers on the physicochemical properties of mortadella sausages. *Journal of Human Environment and Health Promotion*, 10(2), 83—88.

Binnie, M. A., Barlow, K., Johnson, V., Harrison, C. (2014). Red meats: time for a paradigm shift in dietary advice. *Meat Science*, 98, 445—451. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.06.024.

Brewer, M. S. (2012). Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: a review. *Meat Science*, 91, 385—395. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.02.024.

Cherbut, C. (2002). Inulin and oligofructose in the dietary fibre concept. *British Journal of Nutrition*, 87, 159—162. DOI: 10.1079/BJNBJN2002532.

Clark, R. L., Johnson, S. K. (2002). Sensory acceptability of foods with added lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel fiber using pre-set criteria. *Journal of Food Science*, 67, 356—362. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb11410.x.

Corpet, D. E. (2011). Red meat and colon cancer: should we become vegetarians, or can we make meat safer? *Meat Science*, 89, 310—316. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.04.009.

Devereux, H. M., Jones, G. P., McCormack, L., Hunter, W. C. (2003). Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. *Journal of Food Science*, 68, 1850—1854.

Demeyer, D., Honikel, K., De Smet, S. (2008). The world cancer research fund report 2007: a challenge for the meat processing industry. *Meat Science*, 80, 953—959. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.06.003.

Di Lorenzo, C., Williams, C. M., Hajina, F., Valenzuela, J. E. (1988). Pectin delay gastric emptying and increase satiety in obese subjects. *Gastroenterology*, 95, 1211—1215. DOI: 10.1016/0016-5085(88)90352-6.

Dos Santos, J. M., Ignácio, E. O., Bis-Souza, C. V., da Silva-Barretto, A. C. (2021). Performance of reduced fat-reduced salt fermented sausage with added microcrystalline cellulose, resistant starch

and oat fiber using the simplex design. *Meat Science*, 175, 108433. DOI: 10.1016/j.meatsci.2021.108433.

Drewnowski, A. (1998). Energy density, palatability, and satiety: implications for weight control. *Nutrition Reviews*, 56, 347—353. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1998.tb01677.x.

EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies (NDA). (2010). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to dietary fibre (ID 744, 745, 746, 748, 749, 753, 803, 810, 855, 1415, 1416, 4308, 4330) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 8(10), 1735.

Evans, A. J., Cheung, P. C. K. (1993). The carbohydrate composition of cotyledons and hulls of cultivars of *Lupinus angustifolius* from Western Australia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61, 189—194.

Felisberto, M. H. F., Miyake, P. S. E., Ferreira, A. R., de Menezes Alves Moro, T., Neves, E. C. A., Clerici, M. T. P. S. (2021). Bamboo fiber as a substitute for fat and/or sugar in cookies. In: Ahmad, Z., Ding, Y., Shahzad, A. (eds) *Biotechnological Advances in Bamboo: The "Green Gold" on the Earth*, 447—461. DOI: 10.1007/978-981-16-1310-4_19.

Fernández-López, J., Sendra-Nadal, E., Navarro, C., Sayas, E., Viuda-Martos, M., Alvarez, J. A. P. (2009). Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International journal of food science & technology*, 44(4), 748—756. DOI:10.1111/j.1365-2621.2008.01892.x.

Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91(3), 395—401. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.04.036.

Font-i-Furnols, M., Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: an overview. *Meat Science*, 98, 361—371. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.06.025.

French, S. J., Read, N. W. (1994). Effect of guar gum on hunger and satiety after meals of differing fat content: relationship with gastric emptying. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59, 87—91. DOI: 10.1093/ajcn/59.1.87.

Guo, Y., Byambasuren, K., Liu, X., Wang, X., Qiu, S., Gao, Y., Wang, Z. (2021). Extraction, purification, and characterization of insoluble dietary fiber from oat bran. *Transactions of Tianjin University*, 27, 385—393.

Guàrdia, M. D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P., Arnau, J. (2006). Consumer Attitude Towards Sodium Reduction in Meat Products and Acceptability of Fermented Sausages with Reduced Sodium Content. *Meat Science*, 73, 484—490. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.01.009.

Henning, S. S. C., Tshalibe, P., Hoffman, L. C. (2016). Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. *LWT*, 74, 92—98. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.07.007.

Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V. C., Troy, D. (2014). Meat Consumption: Trends and Quality Matters. *Meat Science*, 98, 561—568. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.06.007.

Hu, G.; Yu, W. (2015). Effect of hemicellulose from rice bran on low fat meatballs chemical and functional properties. *Food Chemistry*, 186, 239—243. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.07.063.

Liu, D., Song, J., Anderson, D. P., Chang, P. R., Hua, Y. (2012). Bamboo fiber and its reinforced composites: structure and properties. *Cellulose*, 19(5), 1449—1480. DOI: 10.1007/s10570-012-9741-1.

Khoshkish, M., Gharachorlo, M., Yeganehzad, S. (2022). Using of bamboo fiber as a fat substitute in breakfast chocolate (chocolate cream) and the study of its sensory, tissue, and physicochemical characteristics. *Food Engineering Research*, 20(2), 151—166. DOI: 10.22092/fooder.2021.351382.1281.

Kumar, Y., Kairam, N., Ahmad, T., Yadav, D. N. (2016). Physico chemical, microstructural and sensory characteristics of low-fat meat emulsion containing aloe gel as potential fat replacer. *International Journal of Food Science & Technology*, 51, 309—316. DOI: 10.1111/ijfs.2016.51.issue-2.

Kurt, Ş., Ceylan, H. G. (2020). The effects of plant fibers on improving the properties of meat emulsion. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(2), 2219-2226. DOI: 10.12681/jhvms.24168.

Rong, L., Lin, Y., He, Q., Zhang, M., Liu, D., Li, R. (2019). Effect of dietary fiber mixture on eating quality of low-salt sausage. *Meat Research*, 33(7), 30—35. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190505-098.

- Larrauri, J. A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Science & Technology*, 10(1), 3—8. DOI:10.1016/S0924-2244(99)00016-3.
- Magalhães, I. M. C., Paglarini, C. D. S., Vidal, V. A. S., Pollonio, M. A. R. (2020). Bamboo fiber improves the functional properties of reduced salt and phosphate-free Bologna sausage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(12), e14929. DOI: 10.1111/jfpp.14929.
- Pereira, P. M. C. C., Vicente, A. F. R. B. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93, 586—592. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018.
- Pinton, M. B., Lorenzo, J. M., Dos Santos, B. A., Correa, L. P., Padilha, M., Trindade, P. C. O., Cichoski, A. J., Bermúdez, R., Purriños, L., Campagnol, P. C. B. (2024). Evaluation of nutritional, technological, oxidative, and sensory properties of low-sodium and phosphate-free mortadellas produced with bamboo fiber, pea protein, and mushroom powder. *Meat Science*, 216, 109588. DOI: 10.1016/j.meatsci.2024.109588.
- Pinton, M. B., Lorenzo, J. M., Seibt, A. C. M. D., Dos Santos, B. A., da Rosa, J. L., Correa, L. P., Cichoski, A. J., Campagnol, P. C. B. (2022). Effect of high-power ultrasound and bamboo fiber on the technological and oxidative properties of phosphate-free meat emulsions. *Meat Science*, 193, 108931. DOI: 10.1016/j.meatsci.2022.108931.
- Tanes, C., Bittinger, K., Gao, Y., Friedman, E. S., Nessel, L., Paladhi, U. R., Chau, L., Panfen, E., Fischbach, M. A., Braun, J., Xavier, R. J., Clish, C. B., Li, H., Bushman, F. D., Lewis, J. D., Wu, G. D. (2021). Role of dietary fiber in the recovery of the human gut microbiome and its metabolome. *Cell Host & Microbe*, 29(3), 394—407. DOI: 10.1016/j.chom.2020.12.012.
- Verbeke, W. (2006). Functional Foods: Consumer Willingness to Compromise on Taste for Health? *Food Quality and Preference*, 17, 126—131. DOI: 10.1016/j.foodqual.2005.03.003.
- Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64, 113—119. DOI: 10.1111/ndi.2007.64.issue-s4.
- WHO (2009). Preventing chronic diseases: a vital investment. Geneva, Switzerland.