

THE USE OF VEGETABLE FLOUR  
AND FRESHWATER AQUACULTURE  
IN THE TECHNOLOGY OF MEAT-CONTAINING BREADS

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОГО БОРОШНА  
ТА ПРІСНОВОДНОЇ АКВАКУЛЬТУРИ  
В ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСО-МІСТКИХ ХЛІБІВ

Nataliia Bozhko<sup>1</sup>

Vasyl Tischenko<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-406-1-3>

**Abstract.** Recently, there has been a growing consumer interest in reducing meat consumption and choosing plant-based foods and plant-based protein alternatives. Proteins from hemp, pumpkin and watermelon seeds are new ingredients in the food industry. Freshwater fish meat protein is a promising alternative to meat in the production of protein-meat-containing products. **The purpose** of our research was to study the possibility of expanding the use of regional raw materials (vegetable flour and aquaculture) to create a combined food product, namely meat-containing bread. **Methodology** of the study is based on general research methods of analysis of the chemical composition, functional-technological and rheological properties of vegetable flour, white carp meat, organoleptic evaluation of meat bread with the addition of different amounts of flour from hemp seeds, pumpkin seeds and watermelon seeds. **Results.** The mass fraction of protein in all types of flour was high and amounted to  $38.2 \pm 1.87$ ,  $49.1 \pm 1.21$  and  $28.21 \pm 1.63\%$ , respectively. The water-holding capacity of all flour samples was higher by 8.2-23.09% compared to wheat flour. The water-binding capacity of the white carp meat is  $76.9 \pm 0.3\%$ , which is not lower than that of traditional types of meat, and the plasticity

---

<sup>1</sup> Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Senior Lecturer of Technology and Food Safety Department,  
Sumy State University, Ukraine

<sup>2</sup> Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Senior Lecturer of Technology and Food Safety Department  
Sumy National Agrarian University, Ukraine

is  $29.3 \pm 0.07 \text{ cm}^2/\text{g} \times 103$ , which confirms the high rheological properties of this type of raw material. As a result of determining the chemical composition and critical coefficients of white carp meat, it was proven that this type of freshwater aquaculture contains a mass fraction of protein at the level of  $15.9 \pm 0.67\%$ , a mass fraction of fat –  $7.70 \pm 0.11\%$ , which causes its high nutritional properties. The organoleptic evaluation of meat loaves with 6, 8, and 10% vegetable flour of different types in the recipe of meat loaves confirmed the high sensory indicators of all three samples of meat loaves with different contents of vegetable flour. Products with 10% hemp flour and pumpkin seeds in the recipe received the highest points. In terms of taste, all experimental samples were better or not inferior to the control samples. **Practical implications.** On the basis of the conducted research, recipes for meat-containing breads with vegetable flour and white carp meat have been developed, which can be used for the production of dietary high-protein products for the nutrition of various segments of the population. **Value/originality.** The high protein content of various types of vegetable flour and their functional and technological properties, high consumer and technological indicators of white carp meat, prove their perspective as ingredients for the production of meat-rich products with the aim of increasing the nutritional value of products and expanding the range of food products.

### 1. Здорове харчування як інноваційний напрямок харчової індустрії

Проблеми з припиненням голоду, відсутності продовольчої безпеки та всіх форм недоїдання продовжують зростати. Пандемія COVID-19 ще більше підкреслила крихкість світових агропродовольчих систем і різна доступність до продуктів харчування у суспільствах, що сприяло подальшому зростанню голоду у світі та серйозної відсутності продовольчої безпеки [1, с. 4]. Незважаючи на глобальний прогрес, тенденції до недоїдання дітей, включаючи затримку росту та виснаження, дефіцит основних мікроелементів, надмірну вагу та ожиріння у дітей, продовжують викликати серйозне занепокоєння. Крім того, поширеність цукрового діабету другого типу та ожиріння серед дорослих продовжують викликати тривогу [2, с. 383].

Останні наявні дані свідчать про те, що кількість людей, які не можуть дозволити собі здорове харчування в усьому світі, зросла на

112 мільйонів до майже 3,1 мільярда, що відображає вплив зростання споживчих цін на продукти харчування під час пандемії. З іншого боку, триваюча війна в Україні порушує ланцюжки поставок і ще більше впливає на ціни на зерно, добрива та енергію. У першому піввірчі 2022 року це призвело до подальшого подорожчання продуктів харчування. Водночас частіші та суворіші екстремальні кліматичні явища порушують сталі ланцюги поставок, особливо в країнах з низьким рівнем доходу [3, с. 1].

Харчування належить до тих надзвичайно важливих екологічних факторів, які безпосередньо впливають на організм людини протягом усього життя. Біологічно активні компоненти харчових продуктів, перетворюючись у функціональні та структурні елементи клітин організму в процесі обміну речовин, забезпечують фізичну та розумову працездатність, адаптаційні можливості та імунний статус; визначають стан здоров'я людини, тривалість її життя, соціальну та індивідуальну активність [4, с. 7].

Тому однією з відмінних рис сучасного суспільного розвитку є те, що проблеми охорони здоров'я населення та збільшення тривалості життя кожної людини перестали бути в центрі уваги лише біології та медицини, а тим більше посіли значне місце в розвитку нових харчових технологій, визначаючи їхні тенденції та пріоритети.

За даними дієтологів дотримання раціонів лише традиційного харчування в сучасному суспільстві неминуче призводить до певних типів харчових дефіцитів [5, с. 334]. Причини цього загальновідомі: дефіцит білка, нестача вітамінів та інших необхідних мікроелементів, споживання рафінованої їжі, широке використання різноманітних харчових добавок, які не мають біологічної цінності.

Тому проблема покращення структури харчування, якості та безпеки харчових продуктів сьогодні є однією з найважливіших – як в окремих країнах, так і по всьому світу. Крім того, накопичений світовий досвід показує, що вирішити проблему швидкої перебудови структури харчування шляхом простого збільшення обсягів виробництва та розширення асортименту традиційних продуктів харчування практично неможливо.

Пошук альтернативних шляхів вирішення цього надзвичайно важливого завдання привів вчених і практиків до думки про необхідність

розробки і впровадження нових, набагато більш прогресивних технологій виробництва харчових продуктів, адекватних за компонентним складом потребам сучасної людини. Це продукти оздоровчого (дієтичного), профілактичного та функціонального харчування.

Останні два десятиліття відбулися зміни у науці про харчування та у харчовій індустрії. В першу чергу, це переорієнтація харчових виробництв на створення і промисловий випуск здорових продуктів, які є частиною звичного раціону і які, крім поживних властивостей, мають здатність позитивно впливати на всі органи та системи організму, завдяки чому знижується ризик виникнення та розвитку ряду захворювань.

Розробка нового покоління продуктів харчування та впровадження їх у традиційний раціон споживачів є суттєвою зміною в структурі харчування [6, с. 98]. З одного боку, необхідність виробництва інноваційних продуктів харчування є реальною потребою сучасності; з іншого боку, вимагає подолання певних стереотипів у харчових уподобаннях, підвищення рівня культури харчування та адаптації організму людини до нових харчових продуктів та інгредієнтів.

Таким чином, розробка, виробництво та споживання нових харчових продуктів може здійснюватися лише на основі науково обґрунтованих та перевірених медико-біологічних принципів, нових технологій переробки сільськогосподарської та лікарської сировини в оздоровчу продукцію та гарантування абсолютної безпеки останньої для споживачів.

Згідно висновків вчених [7, с. 33] практично всім продуктам харчування, які традиційно споживає населення, можна надати функціональних властивостей і таким чином зробити нашу їжу «ліками». Для досягнення цієї мети необхідно знайти природні джерела найбільш ефективних функціональних інгредієнтів; досліджувати властивості різноманітних біологічно активних компонентів харчових продуктів (вітамінів, мікроелементів, полісахаридів, амінокислот, жирів тощо) та розробляти нові технології одержання здорових харчових продуктів.

## **2. Сучасні тенденції у технології нових оздоровчих продуктів харчування**

Ринок дієтичних продуктів харчування (Сполучені Штати, Японія, Азіатсько-Тихоокеанський регіон і Європейський Союз) є прибутковою нішею виробництва харчових продуктів і, за прогнозами,

зростатиме у всьому світі. Очікується, що до 2030 року він досягне 932,5 мільярда доларів із середньорічним темпом зростання 8,5% [8, с. 35]. Найпоширеніші харчові продукти оздоровчого спрямування на ринку включають йогурт (здоров'я травлення), пластівці (здоров'я серця), маргарини/масло (обмін холестерину), енергетичні/білкові батончики та напої (зменшення почуття голоду).

На сьогоднішній день стрімко розвиваються інноваційні технології, які використовуються для потенційного розвитку дієтичних харчових продуктів, а також технологічні інструменти, які є елементами ланцюгу доставки в організм біоактивних інгредієнтів.

Розробка інноваційних оздоровчих харчових продуктів має важливе значення для харчових компаній і включає проектування, оптимізацію та розробку різних рецептур, а також технологій обробки, які застосовуються до харчових продуктів перед їх доставкою на ринок. Наприклад, використання термічної обробки має вирішальний вплив на біодоступність поживних речовин і біологічно активних сполук, присутніх у їжі [9, с. 437]. За останні два десятиліття інноваційні технології обробки, такі як високий гідростатичний тиск, імпульсні електричні поля, ультразвук, мікрохвилі, з'явилися як відповідні альтернативи для обробки харчових продуктів [10, с. 515]. Ці стійкі технології забезпечують краще збереження природних поживних речовин у перероблюваній сировині, запобігають росту мікроорганізмів і споживають менше енергії, а також їх можна застосовувати для використання побічних продуктів, зберігаючи екологічну чистоту виробництва [11, с. 689]. Отже, вони мають позитивний вплив з дієтичної точки зору, а також у розробці нових оздоровчих продуктів. Існує значний приплив різноманітного державного фінансування для досліджень, розробки та впровадження таких технологій у поточну та нову харчову обробку.

Використання біологічно активних сполук для розробки оздоровчих продуктів харчування зумовлене, у більшості випадків, низькою розчинністю та зниженою стабільністю та біодоступністю окремих інгредієнтів.

Для подолання цих проблем ефективним рішенням може бути використання систем перорального введення на основі нанокапсул або мікросфер, що містять біологічно активні сполуки або необхідні мінеральні речовини [12, с. 818]. Фактично, ці системи можуть бути розроблені в рідких формах, таких як гелі та пасти, і твердих формах.

Автори [13, с. 36] повідомляють про інноваційні системи доставки, розроблені для біоактивних інгредієнтів у харчових системах, включаючи мікроемульсії, наноемульсії, емульсії, наночастинки твердих ліпідів, ліпосоми та мікрогелеві біополімери.

### **3. Рослинний протеїн як високоякісний ресурс для харчування людини**

Одним із сучасних трендів, який має на меті досягнення одразу декількох цілей – це поширене використання рослинної їжі та білків. Білки потрібні для того, щоб забезпечити харчування та здоров'я людям, які страждають від голоду та недоїдання, а також у розвинутих спільнотах від метаболічних захворювань. Водночас продукти тваринного походження перебувають у центрі уваги через великий вплив на навколишнє середовище та клімат, а також забруднення води через інтенсивне сільськогосподарське виробництво, головним чином для тваринництва [14, с. 369].

Не зважаючи на високу ефективність виробництва кормів для тварин, вплив виробництва м'яса на викиди парникових газів, водокористування та землекористування зазвичай є значно більшим, ніж виробництво фруктів, овочів, бобових, бобових, сухого зерна та інших продуктів рослинного походження навіть із низькою ефективністю [15, с. 988].

Останніми роками спостерігається зростаючий інтерес споживачів до зменшення споживання м'яса та вибору рослинної їжі та рослинного альтернативного білка, а також до інновацій на харчовому ринку, які враховують цю споживчу тенденцію [16, с. 55].

Харчова промисловість та зацікавлені бізнес-учасники повинні усвідомлювати проблеми та можливості інвестування у технології з використанням високо білкових рослинних інгредієнтів. Вирішення даної проблеми потребує перегляду ситуації з точки зору бізнесу, що може допомогти окреслити шлях у наступні роки. Розробка подальшої стратегії на ринку робиться на основі опису глобальних рушійних сил, ринкових тенденцій, спостережень ринкових даних, а також важливих факторів поведінки споживачів [17, с. 3122]. Отримані дані сприяють оцінці політики та ринкового контексту, а також бар'єрів і факторів поведінки споживачів. Це майбутнє харчового бізнесу, який розглядає рослинну їжу та рослинний білок як перспективний шлях для інвестицій.

Білки є важливими макроелементами для харчування людини, і поживна якість джерела білка суттєво змінюється залежно від його біодоступності, засвоюваності, амінокислотного профілю, чистоти, антипоживних факторів та ефектів обробки [18, с. 3374]. Існує зростаюча світова тенденція до рослинних дієт [19, с. 230]. Чисельні дослідження показують, що більшість джерел рослинного білка забезпечують необхідну кількість незамінних амінокислот для потреб людини [20, с. 152], рослинні білки часто визнаються неповноцінними або гіршими за поживність білків тваринного походження. Проте рослинні білки, безумовно, відіграють дуже цінну роль у харчуванні людини.

Дієтична потреба в білку визначається як мінімальний рівень споживання білка, необхідний для компенсації втрат організмом азоту та підтримки білкової маси, забезпечуючи структурну та функціональну основу для підтримки та росту організму [21, с. 370]. Наприклад, лізин необхідний для балансу азоту в організмі, кальцифікації кісток, синтезу крові та м'язів, а також діяльності печінки [22, с. 2548]. Метіонін і цистеїн є сірковмісними амінокислотами, які відіграють важливу роль у функціональних білках, наприклад, у функціонуванні та підтримці імунної системи [23, с. 2520]. Глутамінова кислота та аспарагін мають важливе значення для імунологічної стимуляції та гормональної регуляції відповідно [24, с. 23]. Тому, очевидно, дефіцит амінокислот викликає багато збоїв в роботі організму.

На сьогодні відомо декілька гарних джерел рослинних білків, які можуть забезпечити раціон людини та допомогти подолати проблему зростання населення [25, с. 3704]. Однак, залежно від джерела, рослинні білки можуть мати дефіцит деяких незамінних амінокислот. Зернові зазвичай містять низькі рівні лізину, тоді як бобові мають дефіцит сірковмісних амінокислот. Проте псевдозлаки (наприклад, амарант і кіноа) є хорошими джерелами лізину [26, с. 1565].

Деякі класичні рослинні білки використовувалися людством як джерело білка, наприклад соєві боби, квасоля та горох протягом тривалого часу. Крім того, багато нещодавніх досліджень шукають нові (наприклад, білки з водоростей і комах) і нетрадиційні альтернативні джерела [27, с. 5863] (наприклад, агропромислові продукти видобутку істівної олії), що вимагає встановлення обмежень у їх харчовому складі перед оцінкою екологічної та економічної життєздатності.

Встановлено, що переробка різних джерел протеїну може призвести до отримання високоякісного білка, включаючи бобові, злаки, насіння, листя, горіхи та ін.

Хоча споживання бобових може задовольнити більшість потреб у незамінних амінокислотах, а також вони характеризуються високим вмістом лізину, кілька досліджень повідомляють, що бобові є обмеженим джерелом сірковмісних амінокислот (метіоніну і цистеїну) і триптофану [28, с. 76]. Цей дефіцит сірковмісних амінокислот є глибоким і спостерігається у переважній більшості видів бобових.

Дослідження [29, с. 14] показали, що термічна обробка впливає на якість білка в результаті руйнування деяких сполук, присутніх у рослинних джерелах, які знижують засвоюваність білка в організмі людини, так звані антипоживні фактори. Ці компоненти (переважно інгібітори протеази, фітати, поліфеноли, клітковина, гемаглютиніни та некрохмальні полісахариди) можуть знижувати якість білка. З іншого боку, рослинні джерела білку мають інші корисні властивості для здоров'я людини. Наприклад, поліфеноли мають такі біологічні дії, як антибактеріальна, антиоксидантна, протизапальна, протидіабетична, протипухлинна [30, с. 273]. Клітковина приносить користь при багатьох шлунково-кишкових розладах, може знизити артеріальний тиск і рівень холестерину в сироватці крові, а також може посилити імунну функцію [31, с. 46].

Споживання зернових для харчування людей і тварин є типовим у всьому світі, головним чином рису, пшениці, кукурудзи та ячменю. Рис широко споживається в розвинених країнах і в країнах, що розвиваються. Автори [32, с. 10] проаналізували амінокислотний профіль білків рису, встановили найвищий вміст лізину у альбуміновій фракції, тоді як глобулін має основний вміст сірковмісних амінокислот.

Пшоно та його білкові концентрати є високопоживним зерновим джерелом білка, особливо споживаного в країнах, що розвиваються. Пшоно містить велику кількість незамінних амінокислот, що перевищує кількість, рекомендовану ВООЗ/ФАО/ООН (2007) для людей, включаючи лізин, що робить його чудовим інгредієнтом для підвищення рівня білка в раціоні [33, с. 842].

Крім того, бобові та зернові суміші є ефективною стратегією збагачення для досягнення відповідних рівнів незамінних амінокислот, які



відповідають ідеальному білку [34, с. 110], а також доповнити поживний профіль продуктів харчування на основі злаків для нових ринків хлібобулочних виробів і макаронних виробів. Автори [35, с. 296] розробили рецептуру хліба, де комбінували пшеничне борошно із борошном з бобів. В результаті досліджень було встановлено, що концентрація незамінних амінокислот зросла з додаванням бобового борошна, особливо після бродіння хліба, а бобово-злакова суміш значно покращила поживну цінність виготовленого хліба.

Псевдозернові культури, такі як кіноа, амарант і гречка, не є справжніми злаками з ботанічної точки зору, оскільки вони є дводольними рослинами на відміну від більшості однодольних (наприклад, рису, пшениці та ячменю). В останні роки спостерігався великий інтерес до використання протеїну псевдозлаків, таких як кіноа та амарант, через вимоги споживачів до різних джерел збалансованих поживних речовин. Ці джерела забезпечують високоякісний білок, клітковину, ненасичені жирні кислоти та бажані рівні вітамінів і мінералів. Вони мають високу біодоступність і повноцінний профіль незамінних амінокислот [36, с. 1572]. Крім того, вони не містять глютену, що забезпечує відповідне споживання для людей, які страждають на целиакію. Дослідження показали, що кіноа та амарант мають високий вміст лізину, що перевищує стандартні рекомендації. Ця амінокислота є ключовим компонентом, який міститься в недостатніх кількостях у зернових культурах, тому є оптимальною та корисною дієтичною добавкою.

Включення насіння льону в раціон є актуальною тенденцією до підвищення якості харчування. Насіння льону є багатим джерелом високоякісного білка, клітковини та фенольних сполук із сприятливим профілем незамінних амінокислот для харчування людини. Автори [37, с. 1] досліджували додавання лляного борошна до хліба з пшеничного борошна, в результаті чого рівень незамінних амінокислот значно підвищувався.

Сальгадо та ін. [38, с. 490] продемонстрували, що незамінний амінокислотний склад чіа має деякі недоліки відповідно до еталонного протеїну та рекомендували доповнювати при використанні джерелом, багатим на лізин. Відмічається загальна тенденція до комбінування різних джерел білку для досягнення високо збалансованого амінокислотного складу розроблених продуктів харчування.

#### **4. Нові природні білки насіння конопель та їх функції для нутрицевтичних застосувань**

Коноплі (*Cannabis sativa* L.), що належать до сімейства Cannabaceae, є однорічною рослиною, яка походить із Центральної Азії та відома своїми високими лікувальними цінностями та текстильним застосуванням, що датується понад 12 000 років [39, с. 939]. Зараз коноплі широко вирощують у Європі, Центральній Азії, на Філіппінах і в Китаї. Однак висока кількість тетрагідроканабінолу (ТГК) у насінні конопель довгий час перешкождала широкому використанню коноплі в харчовій промисловості, оскільки вона може змінювати сенсорні та психологічні переживання людини і, зрештою, викликати депресію центральної нервової системи [40, с. 125].

Тим не менш, приблизно 20 років тому промислові коноплі з рівнем ТГК нижче 0,3% стали доступними в кількох країнах, включаючи Канаду та Китай, що сприяло комерціалізації харчових продуктів, виготовлених із насіння конопель.

Насіння конопель має довжину 2,5-3,5 мм і коричневе з темнішими коричневими смугами. Насіння конопель можна вживати сирим, вареним або смаженим, і через високу поживну цінність воно використовується в харчовій промисловості, а також в медицині. Бартон та ін. [41, с. 4] повідомляють, що насіння конопель містить 20-30% вуглеводів із 10-15% нерозчинної клітковини, 25-35% олії та 20-25% білка.

Протеїн насіння конопель в основному складається з альбуміну та легуміну з вмістом незамінних амінокислот, який перевищує вміст протеїну в сої та є повноцінним для дітей 2-5 років [42, с. 519].

Глобулін і альбумін є двома основними компонентами білків насіння конопель. Білок глобуліну насіння конопель, також званий едестином, є основним запасним білком насіння конопель, на який припадає приблизно 60-80% загального вмісту білка, де альбумін становить більшість решти білків [42, с. 520].

Едестин має 6 ідентичних субодиниць, і кожна субодиниця складається з кислотної та основної субодиниць, з'єднаних одним дисульфідним зв'язком. Автори [43, с. 13] виявили, що 11S і 7S є двома основними типами едестинів насіння конопель. Вони охарактеризували склад 11S і 7S за допомогою електрофорезу і виявили, що багаті

11S білкові компоненти насіння конопель складаються з кислотних і основних субодиниць.

Вміст альбуміну становив приблизно 25% від загальної кількості запасних білків насіння конопель [44, с. 747]. Альбумін має вищу розчинність і піноутворювальну здатність, ніж глобулін, через його більший ступінь гнучкості та впорядковану вторинну структуру. Крім того, білок насіння конопель багатий сульфатом. Панг та ін. [45, с. 1618] виділили білок 10 кДа за допомогою буферної екстракції, ультрафільтрації та SDS-PAGE. Амінокислотний аналіз показав, що цей білок був багатий метіоніном і цистеїном (що становить 20 мол.% від загальної кількості амінокислот).

Поживна цінність насіння конопель за вмістом амінокислот порівняно з яєчним білком і соєвими білками є достатньою для задоволення харчових потреб, як запропоновано FAO та Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) [46, с. 2]. Крім того, протеїни насіння конопель містять надзвичайно високий рівень корисних для здоров'я амінокислот. Наприклад, аргінін відіграє позитивну роль у регуляції артеріального тиску, оскільки він є попередником оксиду азоту (NO), а NO є судинорозширювальним агентом, який знижує артеріальний тиск [47, с. 65]. Білок насіння конопель містить близько 12% аргініну. Це значно вище, ніж в інших рослинних білках, у яких аргінін зазвичай становить менше 7%.

Крім того, білки насіння конопель містять високий рівень сірковмісних амінокислот метіоніну та цистеїну, вміст яких коливається від 3,5% до 5,9% [47, с. 73]. Хаус та ін. [48, с. 11803] повідомили, що лізин був першою лімітуючою амінокислотою в білках насіння конопель, вміст яких коливався 0,50-0,62%.

Білки є важливими компонентами в багатьох харчових процесах, вони відіграють вирішальну роль у покращенні харчування та підтримці стабільності їжі. Функціональні властивості включають розчинність, протеолітичну активність, здатність зв'язувати воду, здатність зв'язувати жир, термостабільність, гелеутворення, піноутворення, емульгування та утворення плівки. Взаємодія з іншими компонентами в харчовій системі є характеристикою функціональності білка, і ці взаємодії грають критичну роль у підтримці стабільності та сенсорних характеристик харчової системи.

Через низьку розчинність білків насіння конопель емульгуюча здатність, стабільність емульсії та водоутримуюча здатність білків насіння конопель були нижчими, порівняно з функціональними властивостями білків соєвих бобів, проте як здатність до адсорбції жиру була вищою [49, с. 7].

Насіння конопель містить низку фітохімічних речовин, таких як фенольні сполуки і токофероли, що сприяє їх антиоксидантній активності. Насіння конопель також містить деякі антипоживні фактори, такі як інгібітори трипсину, які впливають на засвоюваність білків і біодоступність, а також фітинову кислоту, яка хелатує такі мінерали, як залізо і цинк, знижуючи їх біодоступність. В дослідженні [50, с. 688] було встановлено, що концентрація фітинової кислоти в борошні з насіння конопель коливається від 43,8-75,5 г/кг сухої речовини, тоді як інгібітори трипсину коливаються від 10,8 до 27,8 одиниць/мг.

Існує ряд продуктів, які можна отримати з насіння конопель. Окрім подрібнення цілого або очищеного насіння конопель, можна виділити фракції, збагачені олією та білком. Крім того, фітохімічні екстракти викликають все більший інтерес, оскільки їх роль і застосування в галузі охорони здоров'я та харчуванні все більше визнаються [51, с. 16].

Існує значний потенціал інгредієнтів на основі коноплі для використання в технологіях різних харчових продуктах. Проте також зростає інтерес до використання інших частин рослини (наприклад, паростків, листя, екстракту соку з листя). Використання інгредієнтів коноплі в їжі залежить від інгредієнтів, які мають низький рівень тетрагідроканабіолу. У різних країнах і юрисдикціях існують різні обмеження для цих компонентів у харчових продуктах з коноплі.

Автори [52, с. 181] розробили печиво, в якому замінювали пшеничне борошно (до 20%) на борошно з насіння коноплі (сире або смажене). В результаті печиво, що містило борошно з насіння коноплі, мало вищий вміст золи, білка, фенолів і антиоксидантну активність.

Інші дослідники [53, с. 148] розробили технологію безглютенового хліба на основі крохмалю із частковою заміною крохмалю на борошно коноплі. Було встановлено, що тісто при частковій заміні крохмалю конопляним борошном мало розслаблену структуру, а введення конопляного білкового концентрату (20%) посилило структуру тіста. Додавання коноплі і конопляного білкового концентрату покращило поживну цінність і сенсорні властивості безглютенового хліба.

Автори [54, с. 198] порівнювали якість м'ясних хлібів із свинини, вироблених із додаванням насіння конопель (5%), очищеного насіння конопель (5%), конопляного борошна (5%) та конопляного протеїну (5%). При цьому оцінювали технологічну і поживну цінність. Додавання конопляних інгредієнтів підвищило твердість виробів і вміст клітковини. Вміст магнію, марганцю, заліза та міді також був вищим у продуктах з коноплями. Збільшився вміст поліненасичених жирних кислот у продуктах з очищеним і цілим насінням конопель. Встановлено, що смак м'ясного рулета з очищеним насінням коноплі був тотожний з контрольним продуктом. Споживачі заявили про готовність купувати ці продукти, враховуючи інформацію про їх позитивний вплив на здоров'я.

Авторами [55, с. 41] доведено, що поєднання МПМО індички та конопляного борошна в м'ясо-містких хлібах дозволяє отримувати продукти з високими поживними характеристиками. Встановлено, що введення індички в рецептуру МПМО у поєднанні з борошном із насіння конопель дозволяє отримати хліб з масовою часткою білка 18,03-19,53 г/100 г продукту. Концентрація білка в дослідних зразках перевищувала аналог на 3,21–11,79%. Частка жиру в м'ясо-містких хлібах зросла в середньому на 37% за рахунок включення до рецептури МПМО м'яса індички. Включення конопляного борошна в рецептуру хлібобулочних виробів з високим вмістом МПМО індички покращує функціональні, технологічні та органолептичні властивості виробів. Визначено збільшення вмісту білка на 3,21-11,80%, жиру – на 47,84-56,83%, енергетичної цінності – на 26,52-30,23%. Під час дослідження функціонально-технологічних властивостей модельних фаршів підтверджено високу ефективність поєднання МПМО індички з борошном із насіння конопель. Встановлено, що найкращі показники ФТВ фаршу та готової продукції отримано при включенні до рецептури хліба 44% МПМО індички та 10% конопляного борошна. Результати органолептичних досліджень розроблених хлібів підтвердили їх високу споживчу цінність.

Таким чином, продукти з насіння конопель є новими інгредієнтами в харчовій промисловості. З цим пов'язані проблеми з розробкою інгредієнтів із відповідним складом і технологічною функціональністю. Розуміння функціональних можливостей у кінцевому застосу-

ванні допоможе в розробці спеціальних інгредієнтів за допомогою відповідних технологій вирощування, агротехнічної обробки після збору врожаю та операцій переробки для виробництва потрібних інгредієнтів для збагачення харчових продуктів. Тому подальші дослідження у сфері розширення інгредієнтного складу харчових продуктів в різних галузях промисловості за рахунок продуктів переробки технічної коноплі, і, особливо, вітчизняного виробництва, є на сьогоднішній день актуальною задачею для народного господарства України.

### **5. Використання рослинних білків у складі комбінованих м'ясо-містких хлібів на основі м'яса**

Метою нашого дослідження було вивчення можливості розширення використання регіональних сировинних ресурсів (рослинного борошна та аквакультури) для створення комбінованого харчового продукту, а саме м'ясо-місткого хліба. Для цього були поставлені наступні завдання:

- дослідити хімічний склад трьох зразків рослинного борошна: з насіння коноплі, з насіння гарбуза, з насіння кавуна;
- визначити функціонально-технологічні властивості дослідних зразків рослинного борошна з попередньою гідратацією водою 1:3;
- провести оцінку функціонально-технологічних та реологічних властивостей фаршу білого товстолобика,
- визначити хімічний склад і критичні коефіцієнти м'яса білого товстолобика;
- провести органолептичну оцінку м'ясних хлібів з різним вмістом рослинного борошна різних видів;
- на основі попередньої комплексної оцінки модельних фаршевих систем та готових виробів розробити рецептури м'ясо-містких хлібів на основі м'яса білого товстолобика і різних видів рослинного борошна.

Було вивчено хімічний склад борошна різного походження, результати представлені в таблиці 1.

З наведених у табл. 1 даних видно, що у борошні насіння коноплі та насіння гарбуза мускатного міститься значно більше білка, у порівнянні з пшеничним, яке традиційно використовується в технології м'ясопродуктів.

Таблиця 1

**Хімічний склад зразків борошна, %**

Борошно	Волога	Білок	Жир	Вуглеводи	Клітковина
Пшеничне в/с	14,0 ±1,03	10,3±0,18	1,1±0,1	74,1±3,21	0,2±0,01
3 насіння коноплі	12,76±0,91	38,2±1,87	11,9±0,41	39,5±1,11	10,5±2,11
3 насіння гарбуза	13,0 ±0,16	49,1±1,21	10,7±0,21	27,1±1,68	10,0±0,83
3 насіння кавуна	13,07±1,89	28,21±1,63	4,26±0,01	23,7±1,52	7,58±1,13

Таблиця 2

**Функціонально-технологічні властивості зразків гідратованого борошна (1:3) різних видів**

Вид борошна	ВУЗ, %	ЖУЗ, %	pH
Борошно насіння гарбуза	107,36±1,12	71,32±1,15	7,22±0,01
Борошно насіння коноплі	128,17±3,21	77,54±1,09	7,34±0,02
Борошно насіння кавуна	122,82±1,45	62,27±1,32	7,29±0,01
Борошно пшеничне	98,57±3,14	53,13±1,22	7,35±0,05

Аналіз даних таблиці показує, що функціональні і технологічні властивості борошна досліджувальних зразків значно різняться у порівнянні з контролем (пшеничним борошном). ВУЗ (волоغوутримуюча здатність) всіх зразків була вищою на 8,2-23,09%, що на нашу думку може бути пов'язано із вищим вмістом біологічно активних білків (найбільш близьких до глобулінів). Це свідчить про те, що всі види борошна є високофункціональною сировиною і разом із м'язовими білками можуть утворювати стабільну білкову матрицю м'ясних систем.

За рахунок великої кількості вуглеводів і, в першу чергу, крохмалю, у пшеничному борошні (56-70%), простежується зниження показника ЖУЗ (жироутримуючої здатності) в порівнянні з іншими видами борошна, з меншим вмістом крохмалю. Тобто виробництво м'ясних продуктів з використанням борошна конопляного, гарбузового та насіння кавуна позитивно впливатиме на фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості виробів.

Сучасні принципи створення високоякісних полікомпонентних продуктів харчування базуються на виборі та обґрунтуванні певних видів сировини в таких співвідношеннях, які б забезпечували досягнення

прогнозованої якості продуктів, високих органолептичних показників та певних технологічних характеристик. Основою для створення полікомпонентних продуктів харчування можуть стати гідробіонти, в першу чергу, ставкова риба.

Для розширення асортименту якісної продукції науковцями проводяться дослідження щодо застосування нетрадиційних поєднань сировини з метою створення комбінованих та функціональних продуктів харчування [56, с. 29; 57, с. 160].

Для оцінки функціонально-технологічних властивостей рибного фаршу та реологічних показників, поряд з показниками хімічного складу прийнято визначати коефіцієнти структуроутворення та білковий коефіцієнт. Це дає можливість прогнозувати структурно-технологічні властивості багатокомпонентних фаршевих систем в процесі виготовлення певного виду продуктів харчування. Результати визначення критичних коефіцієнтів та хімічного складу білого товстолобика представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

**Хімічний склад та ФТВ м'яса білого товстолобика**

Показники і одиниці виміру	Значення
Вода, %	74,2±0,23
Білок, %	15,9±0,67
Жир, %	7,70±0,11
Мінеральні речовини, %	2,20±0,01
VЗЗ <sub>м</sub> , %	76,9±0,3
Пластичність, см <sup>2</sup> /г×10 <sup>3</sup>	29,3±0,07
K <sub>б</sub>	2,51
K <sub>ст</sub>	0,46
K <sub>о</sub>	4,66
K <sub>ж</sub>	0,58

Рибний фарш є складною полідисперсною системою, що складається переважно з білків, жиру і води. Основною вимогою технології виробництва фаршевих виробів є рівномірний розподіл усіх рецептурних компонентів і зв'язаний стан вологи і жиру впродовж всього технологічного процесу. Із наведених даних видно, що дана сировина



характеризуються високими показниками ВЗЗ, що ймовірно пояснюється високими структурними коефіцієнтами білків.

За основу модельного фаршу була обрана класична рецептура м'ясного хліба «Чайний» другого сорту відповідно до ДСТУ 4436:2005. В експериментальних зразках м'ясо яловичину замінювали на рослинні компоненти в різних їх співвідношеннях в діапазоні від 6 до 10% з кроком 2%. З приготованого фаршу були сформовані дослідні зразки, які дослідили органолептично після термічної обробки (табл. 4).

Таблиця 4

**Органолептичні показники модельних зразків м'ясного хлібу з різним вмістом рослинної сировини**

Зразки	Зовнішній вигляд	Колір	Аромат	Консистенція	Смак
Контрольний	Середня оцінка, балів				
	4,50±0,13	4,50±0,11	4,07±0,11	4,65±0,11	4,25±0,09
Дослідні зразки 1, 2, 3					
Вміст борошна із насіння коноплі у рецептурі, %					
6,0	4,50±0,14	4,50±0,14	4,25±0,12	4,75±0,27	4,50±0,31
8,0	4,25±0,12	4,25±0,05	4,25±0,12	4,50±0,13	4,50±0,09
10,0	4,50±0,13	4,25±0,19	4,15±0,10	4,55±0,17	4,55±0,05
Вміст борошна із насіння гарбуза у рецептурі, %					
6,0	4,25±0,12	4,25±0,13	4,25±0,08	4,50±0,11	4,50±0,13
8,0	4,50±0,10	4,50±0,08	4,25±0,10	4,75±0,11	4,50±0,09
10,0	4,50±0,14	4,50±0,11	4,50±0,10	4,45±0,08	4,75±0,11
Вміст борошна із насіння кавуна у рецептурі, %					
6,0	4,00±0,12	3,75±0,11	3,50±0,14	4,00±0,13	4,25±0,12
8,0	3,75±0,11	3,50±0,14	3,25±0,13	3,75±0,11	4,05±0,09
10,0	3,75±0,11	3,55±0,14	3,55±0,15	4,15±0,12	4,20±0,11

Результати показують, що зовнішній вигляд хліба, консистенція, смак, аромат та інші органолептичні властивості в цілому відповідають вимогам, що пред'являються до традиційних м'ясних виробів. Однак, з огляду на специфіку введеного рослинного препарату, продукція має легкий виражений смак і запах рослинних компонентів.

Позитивним результатом випробувань стало також збільшення виходу м'ясних хлібів (в середньому на 18,3%). На нашу думку, це від-

бувається за рахунок збільшення масової частки білка у рецептурі, за рахунок введення високобілкового борошна.

За органолептичними показниками зразки суттєво не відрізнялися один від одного за винятком зразків, що містили борошно із насіння кавуна. Дослідні зразки з додаванням борошна насіння коноплі та гарбуза отримали більш високий сумарний середній бал, загальна оцінка обох зразків була на досить високому рівні. Вищі бали отримали зразки, до рецептури яких входило борошно насіння коноплі та насіння гарбуза у кількості 10 %. За смаковими якостями всі дослідні зразки готового виробу були кращими або дорівнювали контрольному зразку.

Враховуючи отримані результати досліджень функціонально-технологічних показників м'яса білого товстолобика та різних видів борошна було розроблено рецептури м'ясо-містких хлібів з наступним співвідношенням компонентів (табл. 5).

Таблиця 5

**Рецептури контрольного та експериментальних зразків  
м'ясо-містких хлібів**

<b>Сировина і матеріали</b>	<b>«Чайний» контроль</b>	<b>Дослід 1</b>	<b>Дослід 2</b>	<b>Дослід 3</b>
<b>Основна сировина, кг на 100 кг несоленої сировини</b>				
Яловичина 2 сорту	70,0	39,0	39,0	39,0
Свинина напівжирна	20,0	20,0	20,0	20,0
Шпик (твердий, напівтвердий)	8,0	8,0	8,0	8,0
Форш рибний (із м'яса білого товстолобика)	-	20,0	20,0	20,0
Борошно пшеничне	2	-	-	-
Борошно насіння коноплі	-	10,0	-	-
Борошно насіння кавуна	-	-	10,0	-
Борошно насіння гарбуза	-	-	-	10,0
Яйця курячі	-	3,0	3,0	3,0
<b>Прянощі та спеції, г на 100 кг несоленої сировини</b>				
Сіль кухонна	2500	2500	2500	2500
Натрію нітрит	6,5	-		
Цукор або глюкоза	135	135	135	135
Перець чорний, мелений	175	175	175	175
Коріандр або мускатний горіх мелені	90	90	90	90

## 6. Висновки

1. В результаті дослідження хімічного складу трьох зразків рослинного борошна: з насіння коноплі, з насіння гарбуза та з насіння кавуна, було встановлено, що масова частка білку в усіх видах борошна була високою і становила  $38,2 \pm 1,87$ ,  $49,1 \pm 1,21$  та  $28,21 \pm 1,63\%$  відповідно. Доведено, що високий вміст білку дозволяє використовувати дані інгредієнти як високобілкові препарати у розробці м'ясо-містких продуктів.

2. Встановлено, що функціонально-технологічні властивості дослідних зразків рослинного борошна з попередньою гідратацією водою 1:3 значно різняться у порівнянні з контролем (пшеничним борошном). ВУЗ (вологоутримуюча здатність) всіх зразків була вищою на 8,2-23,09 %, що свідчить про те, що всі види борошна є високофункціональною сировиною і разом із м'язовими білками можуть утворювати стабільну білкову матрицю м'ясних систем.

3. Проведена оцінка функціонально-технологічних та реологічних властивостей фаршу білого товстолобика показала, що вологозв'язуюча здатність м'яса товстолобика становить  $76,9 \pm 0,3\%$ , що не нижче, порівняно з традиційними видами м'яса, а пластичність –  $29,3 \pm 0,07 \text{ см}^2/\text{г} \times 103$ , що підтверджує високі реологічні властивості даного виду сировини.

4. В результаті визначення хімічного складу і критичних коефіцієнтів м'яса білого товстолобика доведено, що даний вид прісноводної аквакультури містить масову частку білку на рівні  $15,9 \pm 0,67\%$ , масову частку жиру –  $7,70 \pm 0,11\%$ , що зумовлює його високі поживні властивості. Встановлені критичні коефіцієнти підтверджують високі ФТв та реологічні властивості м'яса білого товстолобика.

5. Проведена органолептична оцінка м'ясних хлібів з 6, 8 і 10% рослинного борошна різних видів в рецептурі м'ясного хліба підтвердила високі сенсорні показники всіх трьох зразків м'ясного хліба з різним вмістом рослинного борошна. Дослідні зразки з додаванням борошна насіння коноплі та гарбуза отримали більш високий сумарний середній бал, загальна оцінка обох зразків була на досить високому рівні. Найвищі бали отримали вироби з 10% в рецептурі борошна насіння коноплі та насіння гарбуза. За смаковими якостями всі дослідні зразки були кращими або не поступалися за показниками контрольному зразку.

6. На основі попередньої комплексної оцінки модельних фаршевих систем та готових виробів були розроблені рецептури м'ясо-містких хлібів на основі м'яса білого товстолобика і різних видів рослинного борошна.

### References:

1. World Health Organization (2020). The state of food security and nutrition in the world 2020: transforming food systems for affordable healthy diets (Vol. 2020). Food & Agriculture Org.
2. Crowley, J., Ball, L., & Hiddink, G. J. (2019). Nutrition in medical education: a systematic review. *The Lancet Planetary Health*, 3(9), e379–e389.
3. Lin, F., Li, X., Jia, N., Feng, F., Huang, H., Huang, J., Song, X. P. (2023). The impact of Russia-Ukraine conflict on global food security. *Global Food Security*, 36, 100661.
4. Grajek, M., Krupa-Kotara, K., Białek-Dratwa, A., Sobczyk, K., Grot, M., Kowalski, O., Staśkiewicz, W. (2022). Nutrition and mental health: A review of current knowledge about the impact of diet on mental health. *Frontiers in Nutrition*, 9, 943998.
5. Cena, H., Calder, P. C. (2020). Defining a healthy diet: evidence for the role of contemporary dietary patterns in health and disease. *Nutrients*, 12(2), 334.
6. Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual review of food science and technology*, 11, 93–118.
7. Ivanov V., Shevchenko O., Marynin A., Stabnikov V., Gubenia O., Stabnikova O., Shevchenko A., Gavva O., Saliuk A. (2021). Trends and expected benefits of the breaking edge food technologies in 2021–2030. *Ukrainian Food Journal*, vol. 10, issue 1, pp. 7–36.
8. Bogue J., Collins O., Troy A. J. (2017). Market analysis and concept development of functional foods. *Dev. New Funct. Food Nutraceutical Prod.*, 29–45.
9. Koubaa M., Barba F. J., Bursać Kovačević D., Putnik P., Santos M.D., et al. (2018). Pulsed electric field processing of fruit juices. In *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality, and Analysis*, ed. G Rajauria, BK Tiwari, pp. 437–49. London: Academic.
10. Bursać Kovačević D., Maras M., Barba F. J., Granato D., Roohinejad S., et al. (2018). Innovative technologies for the recovery of phytochemicals from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves: a review. *Food Chemistry*, 268: 513–21.
11. Al Khawli, F., Pateiro, M., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Gullón, P., Kousoulaki, K., Barba, F. J. (2019). Innovative green technologies of intensification for valorization of seafood and their by-products. *Marine Drugs*, 17(12), 689.
12. Tapia-Hernandez J. A., Del-Toro-Sanchez C. L., Cinco-Moroyoqui F. J., Ruiz-Cruz S., Juarez J., et al. (2019). Gallic acid-loaded zein nanoparticles by electrospraying process. *J. Food Sci.*, 84(4): 818–3119.
13. McClements D. J. (2020). Advances in nanoparticle and microparticle delivery systems for increasing the dispersibility, stability, and bioactivity of phytochemicals. *Biotechnol. Adv.*, 38: S0734-9750(18)30136-8.
14. Roos, E., B. Bajzelj, P. Smith, M. Patel, D. Little, and T. Garnett. (2017). Protein futures for Western Europe: Potential land use and climate impacts in 2050. *Regional Environmental Change*, 17 (2): 367–77.

15. Poore, J., and T. Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. New York, N.Y.: 360 (6392): 987–92.
16. Sha, L., Xiong, Y. L. (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 51–61.
17. Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R. F., Fraga, P., Perez-Cueto, F. J. (2021). Plant-based food and protein trend from a business perspective: Markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(18), 3119–3128.
18. Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., Carciofi, B. A. M. (2019). Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60 (20), 3367–3386.
19. Stone, A. K., Wang, Y., Tulbek, M., Nickerson, M. T. (2019). Plant protein ingredients. *Encyclopedia of Food Chemistry*, 1, 229–234.
20. López, D. N., Galante, M., Robson, M., Boeris, V., Spelzini, D. (2018). Amaranth, quinoa and chia protein isolates: Physicochemical and structural properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 152–159.
21. Naghshi, S., Sadeghi, O., Willett, W. C., Esmailzadeh, A. (2020). Dietary intake of total, animal, and plant proteins and risk of all cause, cardiovascular, and cancer mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ*, 370.
22. Matthews, D. E. (2020). Review of lysine metabolism with a focus on humans. *The Journal of nutrition*, 150, 2548S–2555S.
23. Elango, R. (2020). Methionine nutrition and metabolism: insights from animal studies to inform human nutrition. *The Journal of Nutrition*, 150, 2518S–2523S.
24. Hou, Y., Hu, S., Li, X., He, W., & Wu, G. (2020). Amino acid metabolism in the liver: nutritional and physiological significance. *Amino Acids in Nutrition and Health: Amino acids in systems function and health*, 21–37.
25. Hertzler, S. R., Lieblein-Boff, J. C., Weiler, M., & Allgeier, C. (2020). Plant proteins: assessing their nutritional quality and effects on health and physical function. *Nutrients*, 12(12), 3704.
26. Rivero Meza, S. L., Hirsch Ramos, A., Cañizares, L., Raphaelli, C. D. O., Bueno Peres, B., Gaioso, C. A., de Oliveira, M. (2023). A review on amaranth protein: composition, digestibility, health benefits and food industry utilisation. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(3), 1564–1574.
27. Dolganyuk, V., Sukhikh, S., Kalashnikova, O., Ivanova, S., Kashirskikh, E., Prosekov, A., Babich, O. (2023). Food Proteins: Potential Resources. *Sustainability*, 15(7), 5863.
28. Anitha, S., Govindaraj, M., Kane-Potaka, J. (2020). Balanced amino acid and higher micronutrients in millets complements legumes for improved human dietary nutrition. *Cereal Chemistry*, 97(1), 74–84.
29. Tuśnio, A., Taciak, M., Barszcz, M., Świąch, E. (2017). Effect of replacing soybean meal by raw or 694 extruded pea seeds on growth performance and selected physiological parameters of the ileum and distal colon of pigs. *PLoS ONE*, 12(1), 1–16.

30. Di Lorenzo, C., Colombo, F., Biella, S., Stockley, C., Restani, P. (2021). Polyphenols and human health: The role of bioavailability. *Nutrients*, 13(1), 273.
31. Puhlmann, M. L., de Vos, W. M. (2022). Intrinsic dietary fibers and the gut microbiome: Rediscovering the benefits of the plant cell matrix for human health. *Frontiers in Immunology*, 13, 954845.
32. Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A. L., O'Mahony, J. A. (2017). The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 64, 1–12.
33. Sachdev, N., Goomer, S., Singh, L. R. (2021). Foxtail millet: a potential crop to meet future demand scenario for alternative sustainable protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(3), 831–842.
34. Mattila, P., Mäkinen, S., Euroala, M., Jalava, T., Pihlava, J. M., Hellström, J., Pihlanto, A. (2018). Nutritional value of commercial protein-rich plant products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73(2), 108–115.
35. Coda, R., Varis, J., Verni, M., Rizzello, C. G., Katina, K. (2017). Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition. *LWT – Food Science and Technology*, 82, 296–302.
36. Rivero Meza, S. L., Hirsch Ramos, A., Cañizares, L., Raphaelli, C. D. O., Bueno Peres, B., Gaioso, C. A., de Oliveira, M. (2023). A review on amaranth protein: composition, digestibility, health benefits and food industry utilisation. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(3), 1564–1574.
37. Wirkijowska, A., Zarzycki, P., Sobota, A., Nawrocka, A., Blicharz-Kania, A., Andrejko, D. (2020). The possibility of using by-products from the flaxseed industry for functional bread production. *LWT*, 118, 108860.
38. Salgado, V. D. S. C. N., Zago, L., Antunes, A. E. C., Miyahira, R. F. (2022). Chia (*Salvia hispanica* L.) seed germination: A brief review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77(4), 485–494.
39. Chen, H., Xu, B., Wang, Y., Li, W., He, D., Zhang, Y., Xing, X. (2023). Emerging natural hemp seed proteins and their functions for nutraceutical applications. *Food Science and Human Wellness*, 12(4), 929–941.
40. Aluko, R. E. (2017). Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins: composition, structure, enzymatic modification, and functional or bioactive properties. In *Sustainable protein sources* (pp. 121–132). Academic Press.
41. Burton, R. A., Andres, M., Cole, M., Cowley, J. M., Augustin, M. A. (2022). Industrial hemp seed: From the field to value-added food ingredients. *Journal of Cannabis Research*, 4(1), 1–13.
42. Singh, D., Raghuvanshi, R. S., Dutta, A., Kumar, A. (2022). Nutritional qualities of hemp seed (*Cannabis sativa* L.): An underutilized source of protein and fat. *The Pharma Innovation Journal*, 11(10), 518–521.
43. Wang X. S., Tang C. H., Yang X. Q., et al. (2008). Characterization, amino acid composition and in vitro digestibility of hemp (*Cannabis sativa* L.) proteins. *Food Chem.*, 107, 11–18.
44. S. A. Malomo, R. E. Aluko (2015). A comparative study of the structural and functional properties of isolated hemp seed (*Cannabis sativa* L.) albumin and globulin fractions. *Food Hydrocoll*, 43, 743–752.

45. Pang, X. H., Yang, Y., Bian, X., Wang, B., Ren, L. K., Liu, L. L., Zhang, N. (2021). Hemp (*Cannabis sativa* L.) seed protein–EGCG conjugates: Covalent bonding and functional research. *Foods*, 10(7), 1618.
46. Sun, X., Sun, Y., Li, Y., Wu, Q., Wang, L. (2021). Identification and Characterization of the Seed Storage Proteins and Related Genes of *Cannabis sativa* L. *Frontiers in Nutrition*, 8, 678421.
47. Wu G., Meininger C. J. (2022). Regulation of nitric oxide synthesis by dietary factors. *Annu. Rev. Nutr.*, 22, 61–86.
48. House J. D., Neufeld J., Leson G. (2010). Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 11801–11807.
49. El-Sohaimy, S. A., Androsova, N. V., Toshev, A. D., El Enshasy, H. A. (2022). Nutritional quality, chemical, and functional characteristics of hemp (*Cannabis sativa* ssp. *sativa*) protein Isolate. *Plants*, 11(21), 2825.
50. Galasso I., Russo R., Mapelli S., Ponzoni E., Brambilla I. M., Battelli G., et al. (2016). Variability in seed traits in a collection of *Cannabis sativa* L. genotypes. *Front Plant Sci.*, 7, 688.
51. Rupasinghe H. P. V., Davis A., Kumar S. K., Murray B., Zheljzkov V. D., Rupasinghe H. P., et al. (2020). Industrial Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) as an emerging source for value-added functional food ingredients and nutraceuticals. *Molecules*, vol. 25, pp. 1–24.
52. Ertaş N., Aslan M. (2020). Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp four. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, vol. 19(2), pp. 177–84.
53. Korus J., Witczak M., Ziobro R., Juszczak L. (2017). Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) four and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread. *LWT – Food Science Technology*, vol. 84, pp. 143–150.
54. Zając, M., Guzik, P., Kulawik, P., Tkaczewska, J., Florkiewicz, A., Migdał, W. (2019). The quality of pork loaves with the addition of hemp seeds, de-hulled hemp seeds, hemp protein and hemp flour. *Lwt*, 105, 190–199.
55. Bozhko, N., Pasichnyi, V., Tischenko, V., Marynin, A., Shubina, Ye., Strashynskiy, I. (2021). Development of Meat-Containing Breads With Hemp Seed Flour and Turkey Meat of Mechanical Crumbing. *Eureka: Life Sciences*, (4), 34–42.
56. Bozhko, N., Tischenko, V., Pasichnyi, V., Shubina, Y., Kyselov, O., Marynin, A., Strashynskiy, I. (2021). The quality characteristics of sausage prepared from different ratios of fish and duck meat. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 26–32.
57. Tyshchenko, V. I., Bozhko, N. V., Pasichnyi, V. M. (2019). Miasomistki kombinovani produkty z miasom kachky ta sribliastoho karasia. *Visnyk NTU "KhPI". Seriya: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiakh*, no. 5, pp. 160–168.