УДК 664.951:613.292:664.871
DOI https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-2-4

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИСОКОБІЛКОВИХ РИБНО-РОСЛИННИХ ПАСТ

Ю. А. МАЦУК, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-1899-3237
Л. В. ПЕШУК, доктор сільськогосподарських наук, професор
ORCID ID: 0000-0002-0967-8892
Г. О. ОСТРОВСЬКА, магістрант
ORCID ID: 0009-0001-1325-5251
(Дніпровський національний університет імені О. Гончара)
А. М. ГЕРЕДЧУК, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-1045-0844
(Полтавський університет економіки і торгівлі)

Анотація. *У статті наведено результати досліджень, спрямованих на удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика із використанням конопляного білка та яблучної клітковини. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення харчових продуктів підвищеної біологічної цінності, збалансованих за білковим складом, збагачених харчовими волокнами та біологічно активними речовинами, що відповідають сучасним принципам здорового харчування.*

Метою роботи було наукове обґрунтування та удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст шляхом використання конопляного білка і яблучної клітковини для підвищення харчової, біологічної цінності та покращення функціонально-технологічних властивостей готової продукції. У роботі використано комплекс загальноприйнятих органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних методів дослідження.

Розроблено модельні рецептури рибно-рослинних паст із різним рівнем внесення конопляного білка (3–7%) та яблучної клітковини (1–2%) і досліджено їх вплив на показники якості готової продукції. Встановлено, що використання рослинних функціональних інгредієнтів сприяє підвищенню вмісту білка, харчових волокон і мінеральних речовин, покращує водо- та жироутримувальну здатність, забезпечує стабільність консистенції та підвищує вихід готового продукту. За результатами комплексної оцінки органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних показників оптимальною визначено рецептуру, що містить 7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини. Розроблений продукт характеризується високою харчовою та біологічною цінністю, добрими споживчими властивостями і може бути рекомендований для виробництва.

Практичне значення роботи полягає у розширенні асортименту високобілкових рибних продуктів із використанням вітчизняної прісноводної риби та рослинної сировини, що відповідає сучасним тенденціям розвитку харчових технологій, принципам ресурсозбереження та концепції здорового харчування.

Ключові слова: *товстолобик, конопляний білок, яблучна клітковина, функціональні інгредієнти, рибно-рослинні пасти, високобілкові продукти, харчова цінність, функціонально-технологічні властивості.*

Постановка проблеми. Однією з провідних тенденцій розвитку сучасної харчової промисловості є розроблення продуктів нового покоління, які поєднують високу харчову цінність, фізіологічну ефективність та функціональне призначення. Зростання поширеності аліментарно-залежних захворювань, дефіциту повноцінного білка, незамінних амінокислот, харчових волокон і біологічно активних речовин у раціоні населення зумовлює необхідність створення харчових продуктів із покращеним нутрієнтним складом. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання комбінованої сировини тваринного та рослинного походження, що дозволяє не лише підвищити біологічну цінність готової продукції, але й оптимізувати її технологічні властивості та розширити асортимент харчових продуктів [1–5].

Відповідно до сучасної концепції харчування, перспективним напрямом є створення рибно-рослинних продуктів. Саме тому комбінування рибної та рослинної сировини нині розглядається як один із найбільш ефективних шляхів створення інноваційних харчових продуктів [6–9].

Такий підхід забезпечує формування збалансованого амінокислотного складу, підвищення вмісту харчових волокон, антиоксидантів, мінеральних речовин і вітамінів, а також сприяє покращенню структурно-механічних характеристик готової продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у розвиток наукових основ технології рибних продуктів зробили як українські, так і зарубіжні вчені. Питання підвищення харчової цінності м'ясної та рибної сировини,

використання білкових композицій, удосконалення технологій комбінованих продуктів та оцінювання їх функціонально-технологічних властивостей висвітлено у працях В. М. Пасічного, Н. В. Притульської, Л. Ф. Павлоцької, а також F. Shahidi, J. W. Park, M. Chalamaiah, B. D. Kumar, R. Hemalatha, T. Jyothirmayi, чиї дослідження стали фундаментом сучасних технологій перероблення білкової сировини [10–15]. Наукові результати зазначених авторів свідчать, що рибна сировина є одним із найцінніших джерел повноцінного білка, незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот родини ω-3, жиророзчинних вітамінів, кальцію, фосфору, селену та інших фізіологічно важливих компонентів, необхідних для підтримання нормального функціонування організму людини [10, 13–15].

Особливе місце серед рибної продукції займають пастоподібні вироби, які характеризуються високою засвоюваністю, однорідною консистенцією, добрими органолептичними властивостями та широкими можливостями модифікації рецептурного складу. Завдяки пластичній структурі такі продукти дозволяють ефективно вводити різноманітні функціональні інгредієнти без істотного погіршення споживчих характеристик. Крім того, пастоподібні рибні продукти є перспективною основою для створення високобілкових харчових систем із регульованими фізико-хімічними та функціонально-технологічними властивостями [15].

Попри значну кількість досліджень, присвячених удосконаленню технологій рибних продуктів, актуальним залишається питання підвищення їх біологічної цінності шляхом використання нетрадиційної рослинної сировини. Особливий інтерес викликають рослинні білкові концентрати та харчові волокна, які одночасно виконують харчову функцію. Введення таких компонентів забезпечує підвищення білкової цінності продуктів, покращення вологоутримувальної, жироутримувальної та емульгувальної здатності фаршевих систем, формування стабільної структури та збільшення виходу готової продукції [5, 7, 8, 14, 15].

Серед сучасних рослинних джерел білка особливої уваги заслуговує конопляний білок [10], який останніми роками активно досліджується як перспективний функціональний інгредієнт харчових продуктів. За даними J. D. House, J. Neufeld, G. Leson [16], білки насіння конопель характеризуються високим вмістом едестину та альбумінів, збалансованим амінокислотним складом, доброю перетравністю, відсутністю глютену та значною емульгувальною активністю. Крім цього, конопляний білок є джерелом мінеральних речовин, поліфенольних сполук і природних антиоксидантів, що суттєво підвищує функціональну цінність готових продуктів.

Не менш перспективним інгредієнтом є яблучна клітковина, яку отримують із вторинної сировини плодопереробної промисловості. Високий вміст нерозчинних і розчинних харчових волокон, пектинових речовин та фенольних сполук обумовлює її здатність покращувати водозв'язувальну та вологоутримувальну здатність харчових систем, стабілізувати структуру емульсій, зменшувати втрати маси під час термічного оброблення та підвищувати фізіологічну цінність продукції. Дослідження M. Elleuch, D. Bedigian, O. Roiseux, S. Besbes, F. Figuerola, M. Hurtado та інших учених доводять ефективність використання фруктових харчових волокон у технологіях м'ясних і рибних продуктів функціонального призначення [17–19].

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених окремому використанню рослинних білків або харчових волокон, питання їх комплексного застосування у технології високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика досліджено недостатньо. Особливо актуальним залишається встановлення закономірностей впливу конопляного білка та яблучної клітковини на структурно-механічні властивості фаршевих композицій, формування текстури, харчової цінності, функціонально-технологічних характеристик і споживчих властивостей готової продукції.

Таким чином, удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст із використанням м'яса товстолобика, конопляного білка та яблучної клітковини є актуальним науковим напрямом, який відповідає сучасним тенденціям розвитку функціонального харчування, принципам комплексного використання сировини та концепції сталого розвитку харчової промисловості. Реалізація такого підходу дозволить розширити асортимент функціональних рибних продуктів, підвищити ефективність використання вітчизняної сировини та створити конкурентоспроможну продукцію з покращеними харчовими й технологічними характеристиками.

Формування цілей статті. Метою статті є наукове обґрунтування та удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика шляхом комплексного використання конопляного білка та яблучної клітковини для підвищення харчової й біологічної цінності, покращення функціонально-технологічних властивостей фаршевих систем і забезпечення високих споживчих характеристик готової продукції.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: провести аналіз сучасних наукових досліджень щодо технологій виробництва рибних паст та застосування функціональних рослинних інгредієнтів у білкових харчових системах; обґрунтувати доцільність використання м'яса товстолобика, конопляного білка та яблучної клітковини як рецептурних компонентів високобілкових паст; розробити експериментальні рецептури рибно-рослинних паст

із різним рівнем внесення конопляного білка та яблучної клітковини; дослідити вплив рослинних інгредієнтів на функціонально-технологічні властивості фаршевих композицій; визначити органолептичні, фізико-хімічні та харчові показники розроблених зразків; встановити оптимальний рівень внесення конопляного білка та яблучної клітковини для отримання високоякісного продукту з підвищеною біологічною цінністю.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика із застосуванням конопляного білка та яблучної клітковини. Предмет дослідження – рецептурний склад, функціонально-технологічні властивості фаршевих композицій, органолептичні, фізико-хімічні та харчові показники високобілкових рибно-рослинних паст.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження слугували м'ясо товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*), конопляний білок, яблучна клітковина, а також експериментальні зразки високобілкових рибно-рослинних паст, виготовлені відповідно до розроблених рецептур із різним рівнем внесення рослинних функціональних інгредієнтів.

Дослідження проводили із застосуванням загальноприйнятих, стандартизованих та сучасних інструментальних методів аналізу, рекомендованих для оцінювання якості рибної сировини та пастоподібних харчових систем. Органолептичні показники визначали за бальною системою відповідно до чинних нормативних документів. Фізико-хімічні дослідження включали визначення масової частки вологи, білка, жиру, золи, а також дослідження функціонально-технологічних властивостей, зокрема вологоутримувальної, жироутримувальної та емульгувальної здатності модельних фаршевих композицій.

Експериментальні дані опрацьовували із застосуванням методів математичної статистики. Достовірність отриманих результатів оцінювали за критерієм Стьюдента при рівні значущості $p \leq 0,05$, а всі визначення виконували не менше ніж у трикратній повторності з подальшим обчисленням середніх значень та стандартних відхилень.

Виклад основного матеріалу. Одним із визначальних напрямів удосконалення технологій функціональних рибних продуктів є оптимізація рецептурного складу шляхом поєднання білків тваринного та рослинного походження, що дозволяє одночасно підвищити біологічну цінність, покращити функціонально-технологічні характеристики та сформувати збалансований нутрієнтний профіль готової продукції. У сучасних харчових технологіях такий підхід розглядається як один із найбільш перспективних шляхів створення високобілкових продуктів із прогнозованими функціонально-технологічними властивостями.

Науковою концепцією даного дослідження стало створення високобілкової рибно-рослинної пасти на основі фаршу товстолобика із застосуванням конопляного білка та яблучної клітковини як взаємодоповнювальних функціональних інгредієнтів. Такий підхід забезпечує комплексне вирішення двох взаємопов'язаних завдань: збагачення продукту повноцінним рослинним білком та цілеспрямоване регулювання функціонально-технологічних властивостей фаршевої системи. Вибір товстолобика як основної сировини обумовлений його високим вмістом легкозасвоюваного білка, сприятливим амінокислотним складом, невисокою вартістю та значною поширеністю у прісноводній аквакультурі України. Білки м'язової тканини товстолобика характеризуються високою емульгувальною здатністю та здатністю формувати просторову білкову матрицю під час теплової обробки, що є важливою передумовою отримання паст із пластичною консистенцією та високою стабільністю структури.

Для білкового збагачення рецептур використано конопляний білок, який містить значну кількість едестину – запасного глобулярного білку насіння конопель, та альбумінів, характеризується високою біологічною цінністю, доброю перетравністю та збалансованим амінокислотним складом. Крім того, функціональні властивості конопляного білка проявляються у здатності зв'язувати воду, стабілізувати емульсійні системи та брати участь у формуванні просторової білкової сітки, що є особливо важливим для пастоподібних продуктів. Другим функціональним компонентом було обрано яблучну клітковину. Завдяки високому вмісту целюлози, геміцелюлоз, пектинових речовин та інших харчових волокон вона характеризується значною гідратаційною активністю, високою вологоутримувальною здатністю та структуроутворювальними властивостями. У багатокомпонентних білково-дисперсних системах яблучна клітковина виконує роль природного стабілізатора, зменшуючи синерезис, підвищуючи стійкість емульсій та сприяючи формуванню більш однорідної консистенції готового продукту.

Формування модельних рецептур здійснювали за принципом поетапної заміни частини рибного фаршу сумішшю конопляного білка та яблучної клітковини. Такий методичний підхід дозволяє простежити закономірності зміни технологічних властивостей фаршевих систем залежно від концентрації функціональних інгредієнтів і встановити їх оптимальний рівень внесення. Як контроль використовували традиційну рецептуру рибної пасти без рослинних компонентів. Дослідні композиції відрізнялися поступовим збільшенням кількості конопляного білка від 3 до 7%, тоді як вміст яблучної клітковини змінювали в межах 1–2%, що відповідає концентраціям, рекомендованим

сучасними дослідженнями для забезпечення технологічної ефективності без істотного погіршення органолептичних властивостей.

Аналіз розроблених композицій свідчить, що збільшення частки конопляного білка закономірно супроводжується зменшенням кількості рибної сировини, однак загальна масова частка білка в системі не лише зберігається, а й потенційно підвищується завдяки високій концентрації білкових фракцій рослинного походження. Одночасно відбувається розширення амінокислотного профілю продукту за рахунок взаємного доповнення білків риби та насіння конопель.

Важливим технологічним аспектом є поступове коригування кількості води у рецептурі. Необхідність додаткової гідратації пояснюється значною сорбційною здатністю як конопляного білка, так і яблучної клітковини. За недостатньої кількості вологи відбувається надмірне ущільнення білково-полісахаридної системи, що негативно впливає на пластичність паст та їх сенсорне сприйняття. Збільшення вмісту води забезпечує повніше набухання полісахаридних компонентів, стабілізує просторову структуру фаршу та сприяє формуванню однорідної крем подібної консистенції.

Особливий інтерес становить взаємодія білкових і полісахаридних компонентів у багатокомпонентній дисперсній системі. Конопляний білок виконує функцію білкового каркаса, тоді як яблучна клітковина, адсорбуючи значну кількість вологи, стабілізує структуру емульсії, зменшує втрати маси під час термічної обробки та підвищує стійкість готового продукту до виділення вільної рідини. У результаті формується більш стабільна білково-полісахаридна матриця, яка забезпечує покращення текстурних характеристик пастоподібних виробів.

Наукове обґрунтування вибраних концентрацій функціональних інгредієнтів базується на сучасних уявленнях про механізми формування структури комбінованих харчових систем. Зокрема, внесення конопляного білка в кількості понад 7–8% може супроводжуватися появою специфічного рослинного присмаку та підвищенням жорсткості консистенції, тоді як збільшення вмісту яблучної клітковини понад 2% здатне призводити до надмірної в'язкості та зниження пластичності паст. Саме тому досліджуваний інтервал концентрацій можна вважати технологічно обґрунтованим для встановлення оптимального рецептурного складу.

Отже, розроблені модельні композиції створюють науково обґрунтовану експериментальну основу для подальшого дослідження органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних властивостей високобілкових рибно-рослинних паст. Подальше комплексне оцінювання отриманих зразків дозволить встановити оптимальне співвідношення рибної та рослинної сировини, що забезпечить максимальне поєднання високої харчової цінності, технологічної стабільності та споживчої привабливості готового продукту.

Органолептичне оцінювання проводили методом закритої дегустації відповідно до загальноприйнятих методик сенсорного аналізу. Експерти оцінювали зовнішній вигляд, колір, запах, смак, консистенцію та загальне враження від продукції, що дозволило об'єктивно встановити вплив функціональних інгредієнтів на якість паст. Усі дослідні зразки відповідали вимогам до пастоподібних рибних продуктів і характеризувалися однорідною структурою, рівномірним кольором, приємним рибним ароматом та гармонійним смаком. Контрольний зразок мав традиційні сенсорні характеристики, однак його консистенція була менш стабільною порівняно з дослідними композиціями.

Встановлено, що введення конопляного білка та яблучної клітковини позитивно впливає на структурно-механічні властивості продукту. Уже за внесення 3% конопляного білка та 1% яблучної клітковини пасти набували більш пластичної, однорідної консистенції, тоді як збільшення вмісту білка до 5% сприяло формуванню крем подібної текстури, підвищенню соковитості та стабільності фаршевої системи.

Найкращі органолептичні показники продемонстрував зразок із 7% конопляного білка та 1%

Таблиця 1

Склад модельних композицій високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика, кг на 100 кг готового продукту

Найменування сировини	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Фарш товстолобика	72,0	68,0	65,0	63,0	61,0
Конопляний білок	–	3,0	5,0	7,0	7,0
Яблучна клітковина	–	1,0	1,0	1,0	2,0
Морква бланшована	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Цибуля пасерована	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Олія ріпакова	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Сіль	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Перець чорний	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Вода	4,3	4,3	5,3	5,3	6,3

яблучної клітковини. Він характеризувався ніжною пластичною консистенцією, гладкою поверхнею, природним світло-кремовим кольором, гармонійним рибним смаком та приємним ароматом. Високі емульгувальні властивості конопляного білка у поєднанні зі структуро утворювальною дією яблучної клітковини забезпечили оптимальну текстуру та рівномірний розподіл вологи у продукті.

Разом із тим збільшення кількості яблучної клітковини до 2% спричинило ущільнення консистенції, незначне зменшення соковитості та послаблення інтенсивності смаку. Це пояснюється високою водозв'язувальною здатністю харчових волокон, які формують більш щільну просторову структуру білково-полісахаридної системи. Жоден із дослідних зразків не мав сторонніх запахів, присмаків або ознак структурної нестабільності, що підтверджує технологічну сумісність рибної сировини з конопляним білком та яблучною клітковиною. Отримані результати свідчать, що використання конопляного білка та яблучної клітковини є перспективним напрямом удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст. Найбільш збалансовані органолептичні показники забезпечує рецептура із 7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини, яку доцільно рекомендувати для подальших фізико-хімічних і технологічних досліджень.

Визначення фізико-хімічних показників є одним із найбільш інформативних етапів оцінювання ефективності розробленої технології, оскільки саме вони об'єктивно характеризують харчову цінність продукту, його структурні особливості та технологічну доцільність використання функціональних інгредієнтів. У межах дослідження особливу увагу приділено аналізу змін вмісту основних нутрієнтів після введення до рецептури конопляного білка та яблучної клітковини.

Отримані результати свідчать (таблиця 2), що використання рослинних компонентів закономірно змінює хімічний склад паст і сприяє формуванню продукту з вищою біологічною цінністю. Найбільш суттєві зміни встановлено за показниками масової частки білка, вологи та харчових волокон.

Аналіз фізико-хімічного складу розроблених рибно-рослинних паст показав, що включення до рецептури конопляного білка та яблучної клітковини сприяє зміні співвідношення основних нутрієнтів і покращенню харчової цінності готової продукції. Найбільш виражені зміни встановлено за показниками масової частки білка, харчових волокон, мінеральних речовин та вологи.

Зі збільшенням частки конопляного білка в рецептурі вміст білка поступово зростав від 13,4% у контрольному зразку до 15,4% у варіанті III, що відповідає приросту близько 15% відносно контролю. Така тенденція пояснюється використанням високобілкового рослинного інгредієнта, основу якого становлять запасні білки насіння конопель – едестин і альбуміни. Їх включення забезпечує не лише збільшення білкової складової, а й покращення амінокислотного складу готового продукту. Одночасно спостерігалося незначне зниження масової частки вологи – від 73,8 до 71,2%. Це є закономірним наслідком введення сухих рослинних компонентів із високою гідратаційною здатністю. Конопляний білок і яблучна клітковина зв'язують частину вологи у внутрішній структурі фаршевої системи, що сприяє формуванню більш стабільної білково-полісахаридної матриці без погіршення соковитості продукту.

Вміст жиру змінювався незначно і залишався в межах 7,3–7,5%, що свідчить про відсутність істотного впливу рослинних інгредієнтів на загальний ліпідний склад паст. Незначне підвищення показника можна пояснити природним вмістом залишкових ліпідів у конопляному білку.

Поступове збільшення кількості яблучної клітковини закономірно супроводжувалося підвищенням вмісту вуглеводів від 3,1 до 4,6%, що пов'язано з надходженням структурних полісахаридів і пектинових речовин. Одночасно масова частка золи збільшувалася від 2,4 до 2,8%, що свідчить про додаткове збагачення продукту мінеральними елементами рослинного походження.

У цілому отримані результати підтверджують, що використання конопляного білка та яблучної клітковини забезпечує помірне підвищення білкової цінності, збільшення вмісту харчових волокон і мінеральних речовин, а також створює передумови для покращення функціонально-технологічних властивостей рибно-рослинних паст.

Розрахунок енергетичної цінності показав її помірне підвищення від 551 до 616 кДж на

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники розроблених рибно-рослинних паст (n ≥ 3)

Показник, %	Контроль	Варіант I	Варіант II	Варіант III	Варіант IV
Вміст вологи	73,8±1,15	73,0±1,10	72,4±1,10	71,8±1,05	71,2±1,05
Вміст білка	13,4±0,30	14,1±0,25	14,8±0,25	15,4±0,25	15,3±0,25
Вміст жиру	7,3±0,20	7,4±0,20	7,4±0,20	7,5±0,20	7,5±0,20
Вміст вуглеводів	3,1±0,05	3,5±0,05	3,9±0,05	4,2±0,05	4,6±0,05
Вміст золи	2,4±0,05	2,5±0,05	2,6±0,05	2,7±0,05	2,8±0,05

100 г продукту залежно від рецептурного складу. Зростання калорійності відбулося переважно за рахунок збільшення частки повноцінного білка та структурних вуглеводів рослинного походження, тоді як вміст жиру змінювався незначно. Такий характер змін свідчить про підвищення нутрієнтної щільності продукту без істотного збільшення його жирової складової, що є важливою перевагою розробленої технології.

Комплексний аналіз фізико-хімічних показників підтвердив ефективність використання конопляного білка та яблучної клітковини як функціональних інгредієнтів у технології рибно-рослинних паст. Їх поєднання забезпечує підвищення білкової та біологічної цінності продукту, збагачення харчовими волокнами, покращення мінерального складу та формування стабільної структури фаршевої системи. Найбільш збалансованими показниками характеризувався варіант ІІІ (7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини), який поєднував підвищений вміст білка (15,4%), оптимальну вологість, високі функціонально-технологічні властивості та найкращі органолептичні характеристики. Це дає підстави рекомендувати зазначену рецептуру як найбільш перспективну для промислового виробництва високобілкових рибно-рослинних паст функціонального призначення.

Функціонально-технологічні властивості є визначальними критеріями оцінювання ефективності використання рослинних інгредієнтів у технології рибно-рослинних паст, оскільки саме вони характеризують здатність білково-полісахаридної системи формувати стабільну структуру продукту, утримувати вологу й жир та забезпечувати необхідні реологічні властивості. Особливу увагу приділяли визначенню водо- і жиро поглинальної (ВПЗ, ЖПЗ), а також волого- та жироутримувальної здатності (ВУЖ, ЖУЗ) модельних композицій.

Отримані результати свідчать, що введення конопляного білка та яблучної клітковини позитивно вплинуло на всі досліджувані технологічні показники. Водо поглинальна здатність дослідних зразків зростала пропорційною концентрації функціональних компонентів і досягала максимального значення 43,50%, що на 35,3% перевищувало контрольний зразок (рис. 1). Такий ефект пояснюється високою гідрофільністю білкових фракцій конопляного білка та значною сорбційною здатністю яблучної клітковини, пектинові й целюлозні компоненти якої формують розвинену систему зв'язування води.

Подібну закономірність встановлено і для жиро поглинальної здатності. Її величина збільшувалася від 17,86% у контрольному зразку до 37,15% у варіанті з максимальним вмістом рослинних компонентів, тобто більш ніж удвічі. Підвищення цього показника сприяє стабілізації жирової фази, рівномірному її розподілу в пасті та формуванню пластичної консистенції готового продукту.

Не менш важливими характеристиками є волого- та жироутримувальна здатність, які визначають стійкість сформованої структури до механічного й термічного впливу (рис. 2). Найвищі значення вологоутримувальної здатності (1,42 г/г) отримано у варіанті із 5% конопляного білка та 1% яблучної клітковини, що на 26,8% перевищувало контроль. Подальше збільшення концентрації конопляного білка не супроводжувалося додатковим покращенням показника, що

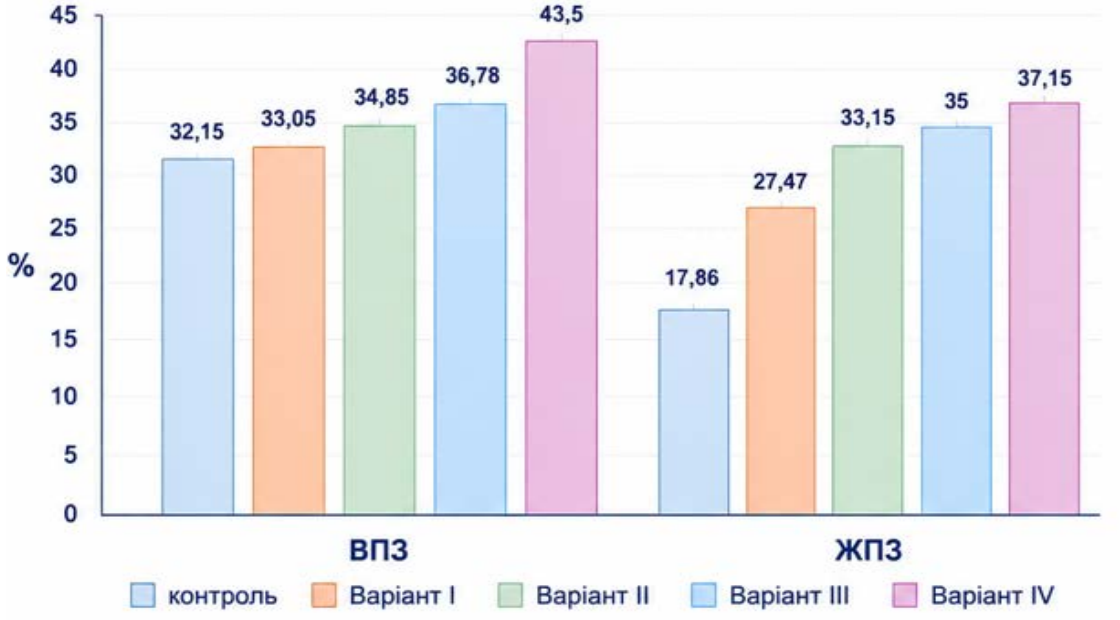


Рис. 1. Волого та жиро поглинальна здатність

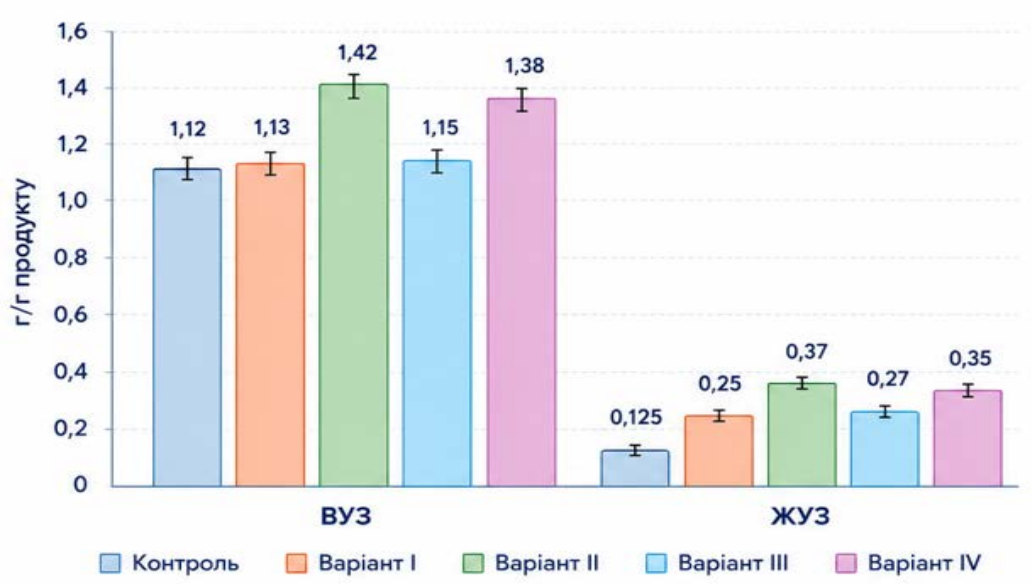


Рис. 2. Волого та жироутримувальна здатність зразків

свідчить про досягнення оптимальної концентрації білково-полісахаридної матриці, за якої кількість активних центрів взаємодії з водою практично насичується.

Аналогічна тенденція встановлена і для жироутримувальної здатності. Максимальне її значення також спостерігалося у другому дослідному варіанті і майже утричі перевищувало контроль. Очевидно, це обумовлено формуванням більш розвиненої просторової структури, у якій білкові молекули конопляного протеїну виконують роль каркаса, тоді як яблучна клітковина стабілізує дисперсну систему та перешкоджає виділенню жирової фази.

Покращення функціонально-технологічних характеристик має важливе практичне значення, оскільки забезпечує зменшення втрат маси під час технологічної обробки, підвищення виходу готової продукції, покращення консистенції та збереження соковитості виробів у процесі зберігання.

Отже, результати досліджень підтверджують ефективність комплексного використання конопляного білка та яблучної клітковини у технології високобілкових рибно-рослинних паст. Найбільш раціональним виявилося внесення 5% конопляного білка та 1% яблучної клітковини, яке забезпечувало найкраще поєднання водо- і жироутримувальних властивостей, структурної стабільності та високих споживчих характеристик готової продукції. Саме цей варіант може бути рекомендований як оптимальний для подальшого впровадження у виробництво функціональних рибних паст.

Активна кислотність є важливим показником, що характеризує перебіг біохімічних процесів у харчовій системі, впливає на функціонально-технологічні властивості білків, вологоутримувальну здатність, консистенцію та мікробіологічну стабільність готової продукції. Визначення pH дозволяє оцінити вплив рослинних функціональних інгредієнтів на формування внутрішнього середовища рибно-рослинної системи.

Результати досліджень свідчать, що введення конопляного білка та яблучної клітковини не спричиняло істотних змін активної кислотності паст. Значення pH усіх дослідних зразків перебували в межах 6,39–6,52, що є характерним для пастоподібних продуктів на основі прісноводної риби.

Водночас простежувалася тенденція до незначного зниження pH зі збільшенням частки рослинних компонентів. Якщо у контрольному зразку активна кислотність становила 6,52, то у варіанті IV вона зменшувалася до 6,39. Такі зміни можна пояснити наявністю у яблучній клітковині залишкових органічних кислот, а також особливостями білкового складу конопляного концентрату, які дещо зміщують кислотно-лужну рівновагу системи у слабо кислу сторону.

Слід зазначити, що отримані значення pH залишаються оптимальними для збереження функціональних властивостей міофібрилярних білків рибної сировини та забезпечують стабільність білково-полісахаридної структури паст. Незначне зниження активної кислотності також може позитивно впливати на мікробіологічну стійкість продукції без погіршення її органолептичних характеристик.

Таким чином, використання конопляного білка та яблучної клітковини не призводить до критичних змін активної кислотності рибно-рослинних паст, що підтверджує технологічну доцільність їх застосування при розробленні високобілкових продуктів функціонального призначення.

Висновки. Отримані результати підтверджують, що використання конопляного білка та яблучної клітковини є науково обґрунтованим

і технологічно доцільним напрямом удосконалення технології високобілкових рибно-рослинних паст на основі товстолобика. Комплексне введення зазначених функціональних інгредієнтів забезпечує підвищення харчової та біологічної цінності продукції, сприяє оптимізації її структурно-механічних характеристик і покращенню функціонально-технологічних властивостей.

У процесі дослідження розроблено модельні рецептури рибно-рослинних паст із різним рівнем внесення конопляного білка (3–7%) та яблучної клітковини (1–2%), що дало змогу встановити закономірності їх впливу на якісні показники готової продукції. Органолептичне оцінювання показало, що всі дослідні композиції характеризувалися високими споживчими властивостями, а найбільш збалансовані показники смаку, аромату, кольору та консистенції продемонстрував зразок із вмістом 7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини.

Доведено, що введення конопляного білка сприяє підвищенню масової частки білка до 17,2%, а використання яблучної клітковини забезпечує збільшення вмісту харчових волокон до 2,8%, що істотно покращує нутрієнтний склад продукту та розширює можливості його використання у функціональному харчуванні.

Встановлено позитивний вплив досліджуваних інгредієнтів на функціонально-технологічні властивості паст. Зокрема, відзначено зростання волого- і жиро поглинальної здатності, покращення волого- та жироутримувальної здатності, формування більш стабільної білково-полісахаридної структури, що сприяє підвищенню соковитості, покращенню консистенції, зменшенню технологічних втрат та збільшенню виходу готової продукції. Найвищі показники вологоутримувальної (1,42 г/г) і жироутримувальної (0,37 г/г) здатності встановлено для рецептури із вмістом 5% конопляного білка та 1% яблучної клітковини.

За результатами комплексної оцінки органолептичних, фізико-хімічних і функціонально-технологічних показників визначено, що найбільш раціональною є рецептура із внесенням 7% конопляного білка та 1% яблучної клітковини, яка забезпечує оптимальне поєднання високої харчової та біологічної цінності, сприятливих технологічних характеристик і високої споживчої привабливості.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні мікробіологічної стабільності й термінів зберігання, а також оцінюванні біодоступності основних нутрієнтів і можливостей промислового впровадження розробленої технології з виробництва високобілкових рибно-рослинних паст рибних продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dixit V., et al. Functional Foods: Exploring the Health Benefits of Bioactive Compounds from Plant and Animal Sources. *Journal of Food Quality*. 2023. Vol. 2023. P. 1-22. DOI:10.1155/2023/5546753.

2. Yang S.-H., et al. Dietary phytochemical and metabolic disease prevention: Focus on plant proteins. *Frontiers in Nutrition*. 2023. Vol. 10. P. 1-7. DOI: 10.3389/fnut.2023.1089487.

3. Хомич Г. П., Бородай А. Б., Наконечна Ю. Г., Юхно В. М., Мацук Ю. А. Дослідження використання фруктової сировини в технології напоїв на основі молочної сироватки. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2026. Т. 34, № 2. С. 642-654. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v34i2.353371.

4. Пантазі С. Д., Мацук Ю. А., Пасічний В. М., Гередчук А. М., Ковальова О. С. Удосконалення технології сосисок із використанням функціональних інгредієнтів. Journal of Chemistry and Technologies. 2026. Т. 34, № 1. С. 208-225. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v34i1.344952.

5. Munialo C. D. A review of alternative plant protein sources, their extraction, functional characterisation, application and nutritional value. *International Journal of Food Science & Technology*. 2024. Vol. 59(1). P. 462–472. https://doi.org/10.1111/ijfs.16467

6. Awuchi C. G. et al. Bioactive compounds and therapeutics from fish: revisiting their suitability in functional foods to enhance human wellbeing. *BioMed Research International*. 2022. P. 1-18. DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3661866.

7. Ramakrishnan S. R., Jeong C.-R., Park J.-W., Cho S.-S., Kim S.-J. A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications. *Heliyon*. 2023. Vol. 9(3). P. 1-15. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14188.

8. Zhong C., Feng Y., Xu Y. Production of Fish Analogues from Plant Proteins: Potential Strategies, Challenges, and Outlook. *Foods*. 2023. Vol. 12(3). P. 1-22. DOI: https://doi.org/10.3390/foods12030614.

9. Awuchi C. G. et al. Bioactive Compounds and Therapeutics from Fish: Revisiting Their Suitability in Functional Foods to Enhance Human Wellbeing. *BioMed Research International*. 2022. № 1. P. 1-18. DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3661866.

10. Pasichnyi V., et al. Substantiating the feasibility of using hemp seed protein in cooked sausage technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 11(130). P. 56-66. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310668.

11. Карпенко П. О., та ін. Оздоровче харчування / за ред. П. О. Карпенка. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2019. 628 с. DOI: 10.31617/np.knute.2019-74.

12. Venugopal V., Shahidi F. Value-added products from underutilized fish species. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1995. Vol. 35(5). P. 431–453. DOI: 10.1080/10408399509527708.

13. Park J. W. (Ed.). Surimi and Surimi Seafood. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

14. Chalamaiah M., Dinesh Kumar B., Hemalatha R., Jyothirmayi T. Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*. 2012. Vol. 135(4). P. 3020–3038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.100.

15. Shaviklo A. R. Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52. P. 648–661. DOI: 10.1007/s13197-013-1042-7.

16. House J. D., Neufeld J., Leson G. Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. Vol. 58(22). P. 11801–11807. DOI: 10.1021/jf102636b.

17. Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C., Attia H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. 2011. Vol. 124(2). P. 411–421. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.

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

19. Rodriguez R., Jimenez A., Fernandez-Bolaños J., Guillen R., Heredia A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. 2006. Vol. 17(1). P. 3–15. DOI: 10.1016/j.tifs.2005.10.002.

REFERENCES

1. Dixit, V., et al. (2023). Functional Foods: Exploring the Health Benefits of Bioactive Compounds from Plant and Animal Sources. *Journal of Food Quality*. (2023), (pp. 1-22). DOI:10.1155/2023/5546753.

2. Yang, S.-H., et al. (2023). Dietary phytochemical and metabolic disease prevention: Focus on plant proteins. *Frontiers in Nutrition*. (10), (pp. 1-7) DOI: 10.3389/fnut.2023.1089487.

3. Khomych, H. P., Borodai, A. B., Nakonechna, Y. H., Yukhno, V. M., & Matsuk, Y. A. (2026). Doslidzhennia vykorystannia fruktovoi syrovyny v tekhnolohii napoiv na osnovi molochnoi syrovatky [Investigation of the application of fruit raw materials in the production technology of whey-based beverages]. Journal of Chemistry and Technologies. (34(2)), (pp. 642-654) [in Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v34i2.353371.

4. Pantazi, S. D., Matsuk, Y. A., Pasichnyi, V. M., Geredchuk, A. M., & Kovalova, O. S. (2026). Udoskonalennia tekhnolohii sosysok iz vykorystanniam funktsionalnykh inhrediientiv [Improvement of technology for sausages using functional ingredients]. Journal of Chemistry and Technologies. (34(1)), (pp. 208–225) [in Ukrainian]. DOI: https://doi.org/10.15421/jchemtech.v34i1.344952.

5. Munialo, C. D. (2024). A review of alternative plant protein sources, their extraction, functional characterisation, application and nutritional value. *International Journal of Food Science & Technology*. (59(1)), (pp. 462–472). DOI: https://doi.org/10.1111/ijfs.16467.

6. Awuchi, C. G. et al. (2022). Bioactive compounds and therapeutics from fish: revisiting their suitability in functional foods to enhance human wellbeing. *BioMed Research International*. (2022), (pp. 1-18). DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3661866.

7. Ramakrishnan, S. R., Jeong, C.-R., Park, J.-W., Cho, S.-S., & Kim, S.-J. (2023). A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications. *Heliyon*. (9(3)), (pp. 1-15). DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14188

8. Zhong, C., Feng, Y., & Xu, Y. (2023). Production of Fish Analogues from Plant Proteins: Potential Strategies, Challenges, and Outlook. *Foods*. (12(3)), (pp. 1-22). DOI: https://doi.org/10.3390/foods12030614.

9. Awuchi, C. G., et al. (2022). Bioactive Compounds and Therapeutics from Fish: Revisiting Their Suitability in Functional Foods to Enhance Human Wellbeing. *BioMed Research International*. (1), (pp. 1-18). DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3661866.

10. Pasichnyi, V., et al. (2024). Substantiating the feasibility of using hemp seed protein in cooked sausage technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. (11(130)), (pp. 56-66). DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310668.

11. Karpenko, P. O., et al. (2019). *Ozdorovche kharchuvannia [Healthy nutrition]*. Kyiv National University of Trade and Economics [in Ukrainian]. DOI: 10.31617/np.knute.2019-74.

12. Venugopal, V., & Shahidi, F. (1995). Value-added products from underutilized fish species. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. (35(5)), (pp. 431– 453). DOI: 10.1080/10408399509527708.

13. Park, J. W. (2014). *Surimi and Surimi Seafood*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press.

14. Chalamaiah, M., Dinesh Kumar, B., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*. (135(4)), (pp. 3020–3038). DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.100.

15. Shaviklo, A. R. (2015). Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: A review. *Journal of Food Science and Technology*. (52), (pp. 648–661). DOI: 10.1007/s13197-013-1042-7.

16. 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. (58(22)), (pp. 11801–11807). DOI: 10.1021/jf102636b.

17. Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. (124(2)), (pp. 411–421). DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.

18. 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)), (pp. 395–401). DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.04.036.

19. Rodriguez, R., Jimenez, A., Fernandez-Bolaños, J., Guillen, R., & Heredia A. (2006). Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. (17(1)), (pp. 3–15). DOI: 10.1016/j.tifs.2005.10.002.

Yu. Matsuk, *PhD, Associate Professor;* ***L. Peshuk****, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;* ***H. Ostrovska****, Master's Student (Oles Honchar Dnipro National University);* ***A. Heredchuk,*** *PhD, Associate Professor (Poltava University of Economics and Trade).* ***Improvements in the technology of high-protein fish-and-plant pastes***

The article presents the results of a study aimed at improving the technology of high-protein fish-and-plant spreads based on silver carp through the incorporation of hemp protein and apple fiber. The relevance of the study is determined by the growing demand for food products with enhanced biological value, balanced protein composition, increased dietary fiber content, and functional properties that comply with contemporary principles of healthy nutrition.

The aim of the study was to provide a scientific substantiation for and improve the technology of high-protein fish-and-plant spreads by incorporating hemp protein and apple fiber to enhance the nutritional and biological value as well as the functional and technological properties of the finished product. A comprehensive set of standard organoleptic, physicochemical, and functional-technological methods was employed.

Model formulations of fish-and-plant spreads containing different levels of hemp protein (3–7%) and apple fiber (1–2%) were developed, and their effects on the quality characteristics of the finished products were investigated. The incorporation of these plant-derived functional ingredients was found to increase protein, dietary fiber, and mineral contents while improving water– and fat-holding capacities, enhancing structural stability, and increasing product yield. Based on a comprehensive evaluation of sensory, physicochemical, and functional-technological characteristics, the formulation containing 7% hemp protein and 1% apple fiber was identified as optimal. The developed product demonstrated high nutritional and biological value, excellent sensory properties, and strong potential for industrial production.

The practical significance of the study lies in expanding the range of high-protein fish products through the utilization of domestically produced freshwater fish and functional plant ingredients. The proposed technology is consistent with current trends in food technology, resource-efficient processing, and the concept of healthy nutrition.

Keywords: *silver carp, fish-and-plant spreads, hemp protein, apple fiber, functional ingredients, high-protein products, nutritional value, functional and technological properties.*

Дата першого надходження статті до видання: 21.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 09.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.11.2026