

УДК 664.95.022–021.633:664.38:664.094.941
DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.16>

ПРОДУКТИ, ОТРИМАНІ ШЛЯХОМ ПЕРЕРОБКИ РИБНОЇ СИРОВИНИ, ТА МЕТОДИ ЇХ ВИДІЛЕННЯ

Олійник М. І. – аспірантка

Одеської національної академії харчових технологій

ORCID ID: 0000-0002-1103-2628

Переробка промислових риб супроводжується утворенням вторинних ресурсів, область практичного застосування яких досить широка (рибні білки є унікальним природним матеріалом, що застосовується в різних галузях промисловості – харчової, мікробіологічної, медичної та ін.), але не використовується повною мірою. Відходи, що утворюються в результаті переробки риб, є джерелом цінних харчових та біологічно активних речовин, внаслідок чого служать сировиною для отримання різних продуктів, у тому числі й біологічно активних добавок.

Метою статті є аналіз технологій переробки, методи виділення та отримання продуктів з вторинної рибної сировини.

Сучасне виробництво рибопродукції супроводжується великою кількістю білокмісних відходів, що становлять від 30 до 70% від маси вихідної сировини. Науковцями розроблено ряд технологій виділення колагену та переробки рибної сировини. Розвиток теоретичних і практичних основ технологій в умовах раціонального використання основних і вторинних ресурсів рибного походження актуально в умовах чинної екологічної напруженості і проблем дефіциту вітчизняних аналогів високотехнологічних матеріалів на основі білків сполучних тканин гідробіонтного походження.

Білокмісні відходи характеризуються високими поживними властивостями, є джерелом колагену та продуктів його гідролізу, які отримують за допомогою хімічного та ферментативного гідролізу. Традиційні технології не є ефективними, тому науковцями запропоновано інноваційні методи та технології отримання протеїнів, які в свою чергу будуть меншою мірою впливати на вихідні властивості продуктів, виділених з вторинної рибної сировини.

М'ясо гідробіонтів багате на незамінні амінокислоти, вітаміни, мікроелементи і є повноцінною сировиною для виробництва харчових білкових гідролізатів та найбільш цінним джерелом протеїнів з економічної та екологічної позицій. Пошук нових технологій – актуальне завдання, зважаючи на все більше використання рибного колагену.

Ключові слова: вторинна рибна сировина, білкові продукти, колаген, гідробіонти, гідролізати, безвідходна переробка, гідроліз.

Oliinyk M. I. Products obtained by processing fish raw materials and methods for their isolation

Processing of industrial fish is accompanied by the formation of secondary resources, the field of practical application of which is quite wide (fish proteins are a unique natural material used in various industries – food, microbiological, medical, etc.), but not fully used. Wastes from fish processing are a source of valuable nutrients and biologically active substances, and therefore serve as raw materials for various products, including biologically active additives.

The aim of the article is to analyze processing technologies, methods of isolation and receiving of secondary fish raw materials.

Modern fish production is accompanied by a large amount of protein-containing waste, ranging from 30 to 70% by weight of raw materials. Scientists have developed a number of technologies for collagen isolation and processing of fish raw materials. Development of theoretical and practical bases of technologies in the conditions of rational use of the basic and secondary resources of a fish origin is actual in the conditions of current ecological tension and problems of deficit of domestic analogues of high-tech materials on the basis of proteins of connective tissues of an aquatic origin.

Protein-containing wastes are characterized by high nutritional properties, are a source of collagen and its hydrolysis products, which will be obtained by chemical and enzymatic hydrolysis. Traditional technologies are not effective, so scientists have proposed innovative methods and technologies for obtaining proteins, which in turn will have less effect on the initial properties of products isolated from secondary fish raw materials.

The meat of aquatic organisms is rich in essential amino acids, vitamins, trace elements and is a valuable raw material for the production of dietary protein hydrolysates and the most valuable source of protein from an economic and environmental point of view. The search for new technologies is an urgent task, given the increasing use of fish collagen.

Key words: fish raw materials, protein products, collagen, aquatic organisms, hydrolysates, waste-free processing, hydrolysis.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку людства проблема забезпечення населення продуктами харчування набуває все більшої актуальності. Це пов'язано з нераціональним використанням наявних земельних ресурсів, їх виснаженням, забрудненням та загальним забрудненням біогеосфери. Існуючі технології переробки відходів від обробки риб, птахів і тварин, спрямовані на отримання з них нутрієнтів: білків, ліпідів, вуглеводів, мінеральних і біологічно-активних речовин (БАД), не завжди здатні забезпечити безвідходність процесу при збереженні високої якості продуктів, що отримуються. Це обумовлено неповним вилученням нутрієнтів з сировини при її обробці в щадних умовах (під дією слабо концентрованих розчинів кислот, лугів, поверхнево-активних речовин (ПАР) або ферментів), або денатурацією та погіршенням якості нутрієнтів при дії концентрованих кислот, лугів, розчинників та високих температур. Внаслідок чого неминуче забруднення навколишнього середовища екстрагуючими агентами та великими обсягами промивних вод [1, с. 109].

Аналіз науково-технічної і патентної літератури показав актуальність розробки прогресивних технологій переробки вторинної рибної сировини для промислових виробництв. Одержання колагенових концентратів (продуктів обробки) з відходів від обробки є актуальним напрямом переробки вторинної рибної сировини, оскільки дозволяє знизити екологічні навантаження, що не використовуються, і отримати цінні продукти – біологічно активні речовини: колаген, глюкозамін, хондроїтинсульфат, поліненасичені жирні кислоти, фосfolіпідів, мінеральних преціпітатів та ін., фізіологічна роль яких обумовлена їх здатністю впливати на обмінні процеси, формувати тканини організму людини, а також надавати профілактичну дію й виступати у якості загальнозміцнюючих засобів. Глибока переробка гідробіонтів сприяє отриманню не тільки якісного рибного білка, але і асортименту високомінералізованої цінної сировини [1, с. 109; 2, с. 129-146].

З економічної точки зору найкращим джерелом білків (протеїнів) є вторинна сировина, побічні продукти і відходи виробництва (шкіра, луска, кістки, плавники). Підвищення темпів виробництва та обсягів випуску рибної продукції пов'язане з вдосконаленням і створенням технологій комплексного використання вторинних ресурсів, таких як відходи від переробки гідробіонтів [3, с. 1-11].

В даний час у світовому балансі частка харчових тваринних білків, отриманих з гідробіонтів, становить 25%, що значно знижує білковий голод великої частини населення Землі. Колаген рибного походження останнім часом привертає дедалі більшу увагу через часте використання цього унікального біополімеру у харчовій промисловості – рибний колаген є гіпоалергенним, так як на 96% є ідентичним колагену людини і має імуностимулюючу, гепатотропну дію, а також виражений остеотропний ефект [4, с. 86-96]. Раціонально використовувати ці біоресурси традиційними технологічними методами неможливо, тому необхідно розробляти і впроваджувати у промисловість нові ефективні напрямки переробки сировини на основі комплексної безвідходної, ресурсозберігаючої та екологічно чистої технології.

Особливо перспективною є можливість виробництва з вторинних ресурсів гідробіонтів БАД і функціональних продуктів харчування, так як вторинні ресурси

окрім того, що містять білки, вітаміни, мінерали є й джерелами поліненасичених жирних кислот, у тому числі Омега-3 [5, р. 991-996].

З відходів переробки гідробіонтів, у тому числі риби, що добувається в морях і океанах, а також зі шкіри морських і прісноводних риб одержують білкові гідролізати, які є джерелом легкозасвоюваного білку (колагену). М'ясо риб багате незамінними амінокислотами, вітамінами, мікроелементами і є повноцінною сировиною для виробництва харчових білкових гідролізуватів. Колаген, що використовується як добавка, має нейтральний смак і запах тому може використовуватися в багатьох стравах, наприклад, таких як кисіль, локшина або кава, тобто стосовно технології рідких продуктів харчування. Рідкі продукти особливо корисні при розробці спеціального та лікувального харчування.

Основне джерело для виділення колагену або желатину з риби – це шкіра та кістки, однак останнім часом їх також вилучають із луски та плавників, перероблених рибних відходів, а також з інших водних організмів, таких як червоний морський огірок. Величезна кількість доступних видів вимагає адаптації процедур виділення (екстракції), щоб оптимізувати властивості одержуваного матеріалу (у вигляді колагену або желатину). Функціональні властивості гідролізуватів колагену або желатину зосереджені на виробництві біоактивних пептидів з низкою біологічною активністю [6, р. 1813-1827].

Рибна луска – цінне джерело протеїну і мінеральних речовин, які можуть бути використані в різних галузях промисловості. Луска риб може служити сировиною для отримання як харчового, так і технічного желатину, а мінеральний залишок, що утворюється при її отриманні, використовується як кормова мінеральна добавка. У лусці міститься понад 30% білка, основну масу якого є колаген, вміст мінеральних речовин у лусці може досягати 40%. У даний час переробляється близько 10-15% рибної луски, інша частина утилізується або викадається. Тому актуальним напрямком дослідження є пошук переробки рибної луски економічно прийнятними способами. З використанням методу «сухого» очищення рибної луски була отримана досвідчена промислова партія кормової добавки, зразки якої проаналізовані за фізико-хімічними, органолептичними та мікробіологічними показниками. Попередня обробка рибної луски «сухим» способом дозволяє значно скоротити технологічний цикл, енерговитрати, витрата промивних вод, а також максимально зберегти живильну цінність вихідної сировини [1, с. 109].

Переробка шкіряних відходів – невід'ємна частина виробництва шкіри, спосіб поліпшення економічного стану та вирішення низки екологічних проблем. До відходів шкіряного виробництва відносяться частини шкіри, напівфабрикату і самої шкіри, які видаляються в процесі виробництва і не використовуються для вироблення шкіри та виробів із неї. При переробці шкіряної сировини у шкіру утворюється велика кількість відходів (30-50% від маси сировини). У зв'язку з необхідністю утилізації колагеновмісних відходів, що утворюються у великій кількості в процесі шкіряного виробництва, і великою цінністю колагену при виробництві матеріалів для медицини, біотехнології та косметології, проводилися численні дослідження можливості розчинення відходів [7, с. 13-15].

Виробництво колагену в організмі знижується з віком та при неповноцінному харчуванні. Отже, колаген додають у різні продукти. У харчовій промисловості колагени зазвичай використовуються для поліпшення реологічних властивостей і зниження витрат жиру ковбас, сосисок, використовуються для забезпечення достатньої кількості харчових волокон тваринного походження. Також колаген і продукти його гідролізу використовуються при виробництві окрім желатину ще

й для освітлення вин, для отримання харчових плівок, покриттів, їстівних оболонок як структуроутворювач в заливках для консервів і рибних фаршів, формованих рибних виробів, при виробництві штучної ікри, бульйонів, холодців, соусів, різних оздоровчих напоїв та коктейлів та як добавки в хлібопекарському і кондитерському виробництвах. Перспективним є використання колагену у складі молочних продуктів для відновлення хрящової і сполучної тканини, нормалізації мікрофлори і в той же час для надання необхідної структури продукту [8, р. 726-745].

Перероблені відходи оброблення риб та ракоподібних, що містять різні амінокислоти та їх похідні, в даний час широко використовуються у нехарчовій промисловості: у мікробіологічній, у медицині та у виробництві комбікормів, а також у складі натуральних пігментів, косметичі, імобілізаційних препаратів, біорозкладних упаковок. Факторами, які слід враховувати при розробці упаковки для харчових продуктів, є хімічна природа харчових продуктів, органолептичні характеристики харчових продуктів, токсичність добавок та умови зберігання. Отже, для отримання відповідних плівок або покриттів на основі, наприклад, желатину для упаковки продуктів харчування необхідно використовувати різні типи добавок [9, р. 41].

Для виробництва натуральних пакувальних матеріалів раціональним буде використання колагеновмісних відходів сільського господарства, тваринництва або рибопереробки. Багато досліджень було проведено для розробки активних пакувальних плівок та покриттів, включаючи протимікробні, антиоксидантні та інші агенти, які можуть покращити біологічні властивості харчових продуктів. Біоактивні пептиди, такі як лізоцим, можуть бути включені до желатинових плівок для збереження харчових продуктів. Зокрема, лізоцим, включений у плівки риб'ячого желатину, не пригнічував зростання *Escherichia coli*, але ефективний проти грамположитивних бактерій у дуже низьких концентраціях [9, р. 41; 10, р. 141-145]. Однак нові методи та рецептури для виробництва плівок на основі морського желатину з покращеними кінцевими властивостями та потенційними програмами вимагають подальшого вивчення.

Їстівні плівки та покриття на основі колагену вже були запропоновані для захисту, підтримки та збільшення терміну придатності різноманітних харчових продуктів. Плівка або покриття діє в цьому випадку як бар'єрний шар проти міграції кисню, вологи та розчинених речовин, забезпечуючи структурну цілісність та паропроникність харчового продукту. Крім того, він запобігає окисленню жирів, знебарвленню, росту мікробів і зберігає органолептичні якості [11, р. 39-42].

У медицині рибний колаген і продукти його гідролізу широко застосовують у вигляді різних плівок, губок, ниток, трубок, пов'язок, пластирів і інших препаратів для лікування ран, опіків, пульпітів, гіпертонічної хвороби, остеоартриту. Організовано виробництво контактних лінз з фібрилярного білка риб. Колаген та мінеральні речовини, що містяться у відходах від обробки гідробіонтів, можуть бути використані у складі ліків та профілактичних засобів, що застосовуються для підтримки опорно-рухової системи, оскільки ці речовини являють собою біологічно активні компоненти, що впливають на запалені тканини та знижують запалення. Також відомо, що вплив колагену позитивно відбивається на процесах відновлення кістки та суглобів, нормальна функція яких може бути порушена внаслідок наявності відповідних дегенеративних захворювань.

Завдяки біосумісності, розчинності у воді, безпеці, біорозкладності, антимікробної активності та функціональності морський колаген привабливий для застосування в біоматеріалах, включаючи перев'язку та загоєння ран, доставку ліків, терапію, тканинну інженерію та регенерацію [12, р. 2230].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями переробки вторинних ресурсів сировини гідробіонтів займалися багато вчених [13-21]. В їх дослідженнях запропоновані традиційні технології переробки з використанням ферментативного, хімічного (лужного, кислотного) гідролізу. У якості хімічних агентів, що використовуються для екстрації, застосовуються: водні розчини хлориду натрію, лугів, карбонату натрію, хлорводневої кислоти, фосфорної кислоти, а також різні органічні розчинники, такі як спирти та інші. Інтерес дослідників до носіїв білкової природи цілком обґрунтований, оскільки вони мають високу хімічну міцність, достатню проникність для ферменту і субстрату, велику питому поверхню, можливість отримання у вигляді зручних у технологічному відношенні форм (гранул, мембран), легкої активації, високої гідрофільності, невисокої вартості. Білкові продукти, що отримуються з відходів гідробіонтів можна розділити на наступні групи: білкові гідролізати (білкові концентрати, білкові ізоляти, желатин), мінеральні компоненти (преципітати) та ліпіди.

Морський колаген вивчався як перспективний біоматеріал з великим потенціалом для виробництва ліків завдяки його унікальним властивостям. Систему з контрольованим каркасом для інженерії тканин шкіри на основі мікросфер (D, L-лактид-со-гліколідної кислоти) (PLGA) та риб'ячого колагену, хітозан та хондроїтинсульфат отримували шляхом проведення ліофілізації. Розроблена система для ліків з морського колагену продемонструвала швидкість виділення білка залежно від співвідношення рибного колагену, а також показала добру біосумісність і здатність стимулювати проліферацію клітин фібробластів і регенерацію тканин шкіри [22, р. 1098-1106].

Рибні білкові гідролізати, одержувані за допомогою органічних розчинників, відрізняються високою харчовою цінністю та хорошими органолептичними показниками (білий колір, відсутність специфічного смаку та запаху). Основними недоліками екстракційного способу переробки відходів гідробіонтів є неможливість збереження нативної структури та властивостей білка та недостатнє очищення від жиру. Внаслідок чого використання таких способів не є широко застосовним у промисловості, протеїни, отримані таким способом, втрачають свої функціональні властивості – мають низьку розчинність, ступінь набухання, низьку емульгуючу та піноутворюючу здатність, внаслідок втрати нативної структури під впливом органічних розчинників у жорстких температурних режимах. Також дані способи пов'язані з високими втратами і, як наслідок, високою вартістю кінцевого продукту [23, с. 61-63].

Тому, розробка технологій переробки та отримання продуктів з вторинної рибної сировини є актуальним напрямком для харчової промисловості.

Метою статті є аналіз технологій переробки та методів отримання продуктів з вторинної рибної сировини.

Виклад основного матеріалу. Комплексні технології переробки вторинних ресурсів дозволяють отримати з відходів харчові добавки, зокрема мінеральні преципітати, колагенові концентрати, жир і інші, що здатні збагачувати продукти харчування кальцієм, магнієм, фосфором, а також проліном і таким чином сприяти профілактиці і лікуванню захворювань опорно-рухової та серцево-судинної систем, якими страждають більше 45% населення. Так, у роботі [24, с. 52-55] важливість розробки технологій отримання біологічно активних харчових добавок. В їх основу покладено концепцію так званого позитивного харчування, згідно з якою перевага віддається функціональним або фізіологічно активним продуктам, що містять інгредієнти, що підвищують опірність організму багатьом захворюванням,

що сприяють поліпшенню фізіологічних процесів в організмі людини, що дозволяють тривалий час зберігати активний спосіб життя. У роботі досліджували ферментативні гідролізати трепанга, які можуть застосовуватися як самостійні БАДи до їжі, так і як компоненти рецептур харчових продуктів лікувально-профілактичного призначення для масового споживання в регіонах з неблагополучними екологічними умовами.

У роботі [25, р. 37] було досліджено можливість використання риб'ячої луски коропа як реалістичного альтернативного джерела колагену для біоматеріалів та тканинної інженерії. Досліджено, що колаген з луски коропа може бути використаний як потенційний біоматеріал в біомедичних, тканинних та фармацевтичних застосуваннях. Випуск колагенових субстанцій і матеріалів, в даний час заснований переважно на використанні хімічних способів обробки колагеновмісної сировини. Одержання гідролігатів засноване на складному біохімічному процесі – ферментативному гідролізі (протеоліз) білкових макромолекул та поліпептидів. Зарубіжний та вітчизняний досвід ферментних технологій у різних галузях харчової та переробної промисловості переконливо свідчить про їхню ефективність; очевидні переваги полягають у можливості глибокої переробки основної та вторинної сировини, реалізації технологічних режимів у природних діапазонах температур, рН середовища та тиску, з мінімальними витратами матеріальних та енергоресурсів.

У роботі [26, р. 100-109] наведено кінетичні закономірності ферментативного гідролізу тканин атлантичної тріски. Для проведення гідролізу (протеолізу) був використаний ферментний препарат, отриманий з гепатопанкреасу камчатського краба *Paralithodes camtschatica*. Розроблено новий метод виробництва білкового гідролізату на основі багаторазового внесення ферментного препарату (через рівні проміжки часу) в реакційну суміш. Показано, що цей метод гарантує збільшення максимального ступеню гідролізу.

Було досліджено залежності швидкості та глибини гідролізу білків тканин риб від температури та рН інкубаційного середовища, кількісного співвідношення ферментного препарату та гідролізованої сировини, тривалості протеолізу. Було визначено, що глибина ферментативної реакції незначно залежить від типу субстрату (сировини) і визначається природою ферменту [26, р. 100-109].

Нативний колаген відносно стійкий до більшості протеаз, проте попереднє розкладання до желатину може зробити його більш схильним до ферментативного гідролізу. Желатин – це розщеплений колаген, що утворюється шляхом термічного розкладання в кислих (желатин типу А) або лужних (желатин типу В) умовах. Після розкладання на желатин ферментативна обробка може дати суміш пептидів колагену з різною молекулярною масою, препарат, відомий як гідролізат колагену [27, р. 138-147].

Також відомо, що для обробки колагену, желатину та інших загальних білків використовуються дві поширені технології: вологий (або розчинний) та сухий процеси. Вологий процес заснований на диспергуванні або солюбілізації білків колагену в середовищі розчинника з подальшим видаленням розчинника, яке може відбуватися шляхом сушіння або за механізмом обміну розчинник-нерозчинник [28, р. 1-23].

У роботі [16, с. 1620-1624] було встановлено оптимальні параметри електрохімічного екстрагування цінних компонентів із відходів риб сімейства тріскових. Була розроблена та обґрунтована комплексна технологія переробки відходів від оброблення риби із використанням електрохімічного способу. Розроблена

технологія має ряд переваг у порівнянні з відомими способами виділення колагену, так як не вимагає використання небезпечних хімічних реагентів, є екологічно безпечною і меншою мірою впливає на вихідні властивості речовин, що екстрагуються.

Одним з інноваційних способів отримання протеїнів з вторинної сировини (відходи від переробки риби, морепродуктів, птиці, тварин, бобових та інших рослин) є гідротермальна нехімічна технологія, яка описана у роботі [3, с. 1-11]. Технологія заснована на термічному руйнуванні у водному середовищі білків під тиском, екстракції пептидів у водне середовище, виділення пептидної фракції і її сушінні. Отримані пептидні суміші можна застосовувати при виробництві кормів, протеїнових харчових продуктів, спеціалізованого харчування, харчових технологічних добавок, біополімерів-структуроутворювачів, мікробіологічних середовищ, тензидів, косметичних препаратів та інших продуктів. Готові пептидні суміші містять більше 95% протеїнів у перерахунку на масу сухої речовини і являють собою концентрат натуральних пептидів високої функціональної спрямованості.

Для виділення колагену з гідробіонтів проводиться попередня обробка сировини, описана у роботі [28, р. 1-23]. Загальний метод передбачає використання базової попередньої обробки гідроксидом натрію (NaOH), який не викликає структурної модифікації ланцюгів колагену, спиртами (а саме бутиловим спиртом або етанолом) та перекисом кисню в процесі видалення неколагенових білків, жирів та пігментів відповідно. Крім того, для видалення неколагенових білків зі шкіри тріски, використання хлориду натрію (NaCl) як альтернатива. Також було запропоновано NaOH. Крім того, для поліпшення вилучення колагену з кісток, хрящів та лусочок використовується етилендіамінтетраоцтова кислота, кислота (ЕДТА) рекомендується для цілей демінералізації [29-34]. В якості альтернативи також можна використовувати HCl.

У роботі [28, р. 1-23] описано, що дія луку зводиться в основному до розпушення волокнистих структур, видалення супутніх речовин і розриву міжмолекулярних зв'язків, а також деполімеризації фібрилярних. Застосування нейтральної солі в процесі розпушування сировини гідроксидом натрію дозволяє здійснити спрямований гідроліз його структури по лінії розриву поперечних міжфібрилярних зв'язків, перешкоджаючи при цьому лужному набухання колагену. Запропоновано метод вилучення колагену з водних тварин, у якому кислотна обробка поєднується з послідовністю фізико-механічних обробок, включаючи рН коригування, гомогенізація, змішування, а також обробка ультразвуком.

Запропонований у роботі [3, с. 1-11] гідротермальний спосіб отримання протеїнів дозволяє здійснити практично повну їх екстракцію з сировинного матеріалу (луска, шкіра, кістки, хвостові плавники, голови та ін), при цьому за рахунок наявного обладнання технологія реалізується промислово, дозволяючи здійснювати глибоку переробку рибних відходів. Можливо сировину переробляти комбіновано, поєднуючи біотехнологічний (ферментативний) та фізичний (гідротермальний) процеси. Завдяки комбінуванню біотехнологічних та фізичних методів впливу на сировину відбувається підвищений рівень гідролізу білків до пептидів та амінокислот з подальшою екстракцією у водне середовище. Одночасно у зв'язку з руйнуванням жирових клітин витікає риб'ячий жир, а мінеральні речовини, вивільнюючись із кісткової тканини, утворюють у реакційній зоні осад. Подальше декантування отриманої суміші дозволяє отримати не тільки високоякісні пептиди морського походження, а й цінні жири з високим вмістом поліненасичених жирних кислот, а також комплекс біологічно цінних мінеральних речовин з переваженням кальцію та фосфору в біодоступній формі.

У роботі наведено [12, р. 2230] методи екстракції колагену, у тому числі кислотну екстракцію, екстракцію оцтовою кислотою і за допомогою пепсину, глибоку екстракцію евтектичним розчинником, екстракцію надкритичною рідиною, екструзію та екстракцію за допомогою ультразвуку, а також параметри екстракції з виділення колагену, такі як температура, час, розчинник та співвідношення твердої та рідкої фаз. Серед різних методів екстракції глибока евтектична екстракція розчинником є перспективним методом екстракції для майбутніх досліджень; однак, умови екстракції повинні бути оптимізовані для отримання більш високого виходу екстракції.

Тому, необхідно вивчити фізико-хімічні властивості рибного колагену та вплив на його властивості методів виділення. Необхідно провести дослідження нових фізичних, хімічних та ферментативних змін у структурі колагену для створення відповідних біоматеріалів із рибного колагену.

Висновки. Аналіз наукової літератури показав актуальність розробки технологій переробки вторинної рибної сировини для промислових виробництв. Більшість вироблених відходів від обробки гідробіонтів не використовується для створення харчових продуктів з високою біологічною цінністю, тому розробка нових технологій переробки сировини та методів виділення рибних продуктів дозволить реалізувати концепцію раціонального використання ресурсів і підвищити рентабельність переробки гідробіонтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кириллов А.И. Технология безотходной переработки коллагенсодержащих отходов от разделки гидробионтов: дис. на соиск. к.т.н. *Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет*. 2016. С. 109.
2. Самойлова Д.А., Цибизова М.Е. Вторичные ресурсы рыбной промышленности как источник пищевых и биологически активных добавок. *Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство*. 2015. № 2. С. 129-146.
3. Хёлинг А., Гримм Т., Волков В.В., Мезенова О.Я., Мезенова Н.Ю. Инновационное получение протеинов из белоксодержащего биологического сырья. *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2017. № 2. Т. 3. С. 1-11.
4. Дзюба Н.А. Визначення фармакологічних властивостей гідролізату колагену. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 1. С. 86-96.
5. Jabeen F., Chaudhry A.S. Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chem. Elsevier*. 2011. № 3. Vol. 125. P. 991–996.
6. Gomez-Guillen M.C., Gimenez B., Lopez-Caballero M.E., Montero M.P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources. *A review. Food Hydrocolloids*. 2011. № 25. P. 1813-1827.
7. Тихонова Ю. В., Кривоносова Л. Г., Ломакин С. П., Филатова Э. С., Хабибуллин Р. Р. Свойства продуктов гидролиза коллагена. *Башкирский химический журнал*. 2009. № 1. Том 16. С.13-15.
8. Arvanitoyannis I.S., Kassaveti A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *Int. J. food Sci. Technol. Wiley Online Library*. 2008. № 4. Vol. 43. P. 726–745.
9. Ramos M., Valdes A., Beltran A., Garrigos M.C. Gelatin-based films and coatings for food packaging applications. *Coatings*. 2016. № 6. P. 41.
10. Bower C., Avena-Bustillos R., Olsen C., McHugh T., Bechtel P. Characterization of fish-skin gelatin gels and films containing the antimicrobial enzyme lysozyme. *J. Food Sci.* 2006. № 71. P. 141–145.
11. Fang J., Fowler P., Escrig C., Gonzalez R., Costa J., Chamudis L. Development of biodegradable laminate films derived from naturally occurring carbohydrate polymers. *Carbohydr. Polym.* 2005. № 60. P. 39–42.

12. Jafari H., Lista A., Siekapen M. M., Ghaffari-Bohlouli P., Nie L., Alimorandi H., Shavandi A. Fish Collagen: Extraction, Characterization, and Applications for Biomaterials Engineering. *Polymers*. 2020. № 12 (10). P. 2230.
 13. Кушнір Н.А. Основи технології отримання колагену з рибної колагеновмісної сировини. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі: зб. наук. пр. / відпов. ред. О.І. Черевко. – Харків: ХДУХТ*. 2014. Вип. 1(19). С.107-116.
 14. Dzyuba N., Bilenka I., Palvashova A., Zemlyakova E. Study into collagen hydrolyzate applicability as a structure forming agent. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. 5(11). P.10–17.
 15. Дзюба Н. А., Землякова О. В. Розроблення композиції складу борошняних кондитерських виробів протекторної дії. *Engineering sciences: development prospects in countries of Europe at the beginning of the third millennium: collective monograph. Stalowa Wola, Poland*. 2018. Vol. 1. С. 155-174.
 16. Кириллов А.И., Линчевская А.А., Куприна Е.Э. Безотходная технология переработки вторичных ресурсов рыбной промышленности для получения пищевых добавок с кальций обогатяющими и хондропротекторными свойствами. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013. № 3 (5). Т. 15. С. 1620-1624.
 17. Shahid M. Isolation and characterization of collagen from fish waste material-skin, scales and fins of *Catla catla* and *Cirrhinus mrigala*. *Journal of Food Science and Technology*. 2015. 52(7). P. 4296–4305.
 18. Sionkowska, A., Grabska, S. Preparation and characterization of 3D collagen materials with magnetic properties. *Polymer Testing*. 2017. 62. P. 382–391.
 19. Se-Kwon K., Yong-Tae K., Hee-Guk B., Pyo-Jam P., Hisashi I. Purification and characterization of antioxidative peptides from bovine skin. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*. 2001. No. 3. Vol. 34.P. 219-224.
 20. Zhang Z., Li C., Shi B. Physicochemical properties of collagen, gelatin and collagen hydrolysate derived from bovine limed split wastes. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*. 2005.Vol. 90. P. 23-29.
 21. Zhang Y., Koguchi T., Simizu M. Chicken collagen hydrolysate protects rats from hypertension and cardiovascular damage. *J. Med. Food*. 2010. Vol. 13. P. 399-405.
 22. Cao H., Chen M.-M., Liu Y., Liu Y.-Y., Huang Y.-Q., Wang J.-H., Chen J.-D., Zhang, Q.-Q. Fish collagen-based scaffold containing PLGA microspheres for controlled growth factor delivery in skin tissue engineering. *Colloids Surf. B Biointerfaces*. 2015. № 136. P. 1098–1106.
 23. Петров И.Б., Клименко А.И. Комплексная переработка отходов рыбоперерабатывающих производств. *Молодой ученый. Издательство «Молодой ученый»*. 2012. № 44. С. 61–63.
 24. Ковалев Н.Н., Позднякова Ю. М., Перцева А. Д., Тун Ч. Состав и антиоксидантные свойства ферментативного гидролизата мышечной ткани трепанга. *Пищевая промышленность*. 2016. Т. 1. С.52-55.
 25. Pal G.K., Suresh V.P. Comparative assessment of physico-chemical characteristics and fibril formation capacity of thermostable carp scales collagen. *Materials Science & Engineering*. 2016. P. 37.
 26. Новиков В.Ю., Деркач С.Р., Широнова А.Ю., Мухин В.А. Кинетические закономерности ферментативного гидролиза белков тканей гидробионтов: эффект способа внесения фермента. *Вестник МГТУ*. 2015. № 1. Том 18. С. 100-109.
 27. Offengenden M., Chakrabarti S., Wu J. Chicken collagen hydrolysates differentially mediate anti-inflammatory activity and type I collagen synthesis on human dermal fibroblasts. *Food Science and Human Wellness*. 2018. Issue 2. Volume 7. P. 138-147.
 28. Coppola D., Oliviero M, Vitale G.A., Lauritano C., D’Ambra I., Iannace S., de Pascale D. Marine Collagen from Alternative and Sustainable Sources: Extraction, Processing and Applications. *Mar. Drugs*. 2020. № 18. P. 1-23.
-

29. Zhang M., Liu W., Li G. Isolation and characterisation of collagens from the skin of largemouth longbarbel catfish (*Mystus macropterus*). *Food Chem.* 2009. № 115. P. 826–831.
30. Senaratne L., Park P.-J., Kim S.-K. Isolation and characterization of collagen from brown backed toadfish (*Lagocephalus gloveri*) skin. *Bioresour. Technol.* 2006. № 97. P. 191–197.
31. Nagai T., Suzuki N. Isolation of collagen from fish waste material – Skin, bone and fins. *Food Chem.* 2000. № 68. P. 277–281.
32. Nagai T. Characterization of acid-soluble collagen from skins of surf smelt (*Hypomesus pretiosus japonicus* Brevoort). *Food Nutr. Sci.* 2010. № 1. P. 59.
33. Jongjareonrak A., Benjakul S., Visessanguan W., Nagai T., Tanaka M. Isolation and characterisation of acid and pepsin-solubilised collagens from the skin of Brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*). *Food Chem.* 2005. № 9. P.475–484.
34. Nagai T., Araki Y., Suzuki N. Collagen of the skin of ocellate pu_er fish (*Takifugu rubripes*). *Food Chem.* 2002. № 78. P. 173–177.

REFERENCES:

1. Kirillov A.I. (2016). Tekhnologiyabezothodnojpererabotkikollagensoderzhashchih otvodov ot razdelki gidrobiontov [Technology of waste-free processing of collagen-containing waste from butchering hydrobionts] (PhD Thesis), *Sankt-Peterburgskij nacional'nyj issledovatel'skij universitet*, p. 109 [in Russian].
2. Samojlova D.A., Cibizova M.E. (2015). Vtorichnye resursy rybnoj promyshlennosti kak istochnik pishchevyh i biologicheskij aktivnyh dobavok [Secondary resources of the fishing industry as a source of food and biologically active additives]. *Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoe hozjajstvo*, no. 2, pp. 129-146 [in Russian].
3. Hyoling A., Grimm T., Volkov V.V., Mezenova O.YA., Mezenova N.YU. (2017). Innovacionnoe poluchenie proteinov iz beloksoderzhashchego biologicheskogo syr'ya [Innovative production of proteins from protein-containing biological raw materials]. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*, vol. 2, no. 3, pp. 1-11 [in Russian].
4. Dziuba N.A. (2022). Vyznachennia farmakolohichnykh vlastyvostei hidrolizatu kolehena [Appointment of pharmacological authorities of collagen hydrolyzate]. *Tavrijskij naukovij visnyk*, no. 1, pp. 86-96 [in Ukrainian].
5. Jabeen F., Chaudhry A.S. (2011). Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chem. Elsevier*, 3 (125), 991–996.
6. Gomez-Guillen M.C., Gimenez B., Lopez-Caballero M.E., Montero M.P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25, 1813-1827.
7. Tihonova YU. V., Krivonosova L. G., Lomakin S. P., Filatova E. S., Habibullin R. R. (2009). Svoystva produktov gidroliza kollagena [Properties of collagen hydrolysis products]. *Bashkirskij himicheskij zhurnal*, vol. 1, no. 16, pp. C.13-15.
8. Arvanitoyannis I.S., Kassaveti A. (2008). Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *Int. J. food Sci. Technol. Wiley Online Library*, 4(43), 726–745.
9. Ramos M., Valdes A., Beltran A., Garrigos M.C. (2016). Gelatin-based films and coatings for food packaging applications. *Coatings*, 6, 41.
10. Bower C., Avena-Bustillos R., Olsen C., McHugh T., Bechtel P. (2006). Characterization of fish-skin gelatin gels and films containing the antimicrobial enzyme lysozyme. *J. Food Sci.* 71, 141–145.
11. Fang J., Fowler P., Escrig C., Gonzalez R., Costa J., Chamudis L. (2005). Development of biodegradable laminate films derived from naturally occurring carbohydrate polymers. *Carbohydr. Polym.* 60, 39–42.
12. Jafari H., Lista A., Siekapan M. M., Ghaffari-Bohlouli P., Nie L., Alimorandi H., Shavandi A. (2020). Fish Collagen: Extraction, Characterization, and Applications for Biomaterials Engineering. *Polymers*, 12 (10), 2230.

13. Kushnir N.A. (2014). Osnovy tekhnologii otrymannia kolahenu z rybnoi kolahe-novmisnoi syrovyny [Fundamentals of collagen production technology from fish colla-gen-containing raw materials]. Prohresyvnii tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrob-nystv restorannoho hospodarstva ta torhivli: *zb. nauk. pr. / vidpov. red. O.I. Cherevko. Kharkiv: KhDUKht*. 1(19), 107-116 [in Ukrainian].

14. Dzyuba N., Bilenka I., Palvashova A., Zemlyakova E. (2017). Study into colla-gen hydrolyzate applicability as a structure forming agent. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 5, no. 11, pp. 10–17.

15. Dzyuba N. A., Zemliakova O. V. (2018). Rozroblennia kompozytsii skladu boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv protekturnoi dii [Development of the composi-tion of the composition of flour confectionery products of tread action]. *Engineering sciences: development prospects in countries of Europe at the beginning of the third millennium: collective monograph. Stalowa Wola, Poland*, no.1, pp. 155-174 [in Ukrainian].

16. Kirillov A.I., Linchevskaya A.A, Kuprina E.E. (2013). Bezothodnaya tekhnologiya pererabotki vtorychnykh resursov rybnoj promyshlennosti dlya polucheniya pishchevykh dobavok s kal'cij obogashchayushchimi i hondroprotektornymi svoystvami [Waste-free technology for processing secondary resources of the fishing industry to obtain food supplements with calcium enriching and chondroprotective properties]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, vol. 15, no. 3(5), pp. 1620-1624 [in Russian].

17. Mahboob, Shahid (2015). Isolation and characterization of collagen from fish waste material- skin, scales and fins of Catla catla and Cirrhinus mrigala. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4296–4305.

18. Sionkowska, A., Grabska, S. (2017). Preparation and characterization of 3D col-lagen materials with magnetic properties. *Polymer Testing*, 62, 382–391.

19. Se-Kwon K., Yong-Tae K, Hee-Guk B., Pyo-Jam P., Hisashi I. (2001). Purifi-cation and characterization of antioxidative peptides from bovine skin. *Journal of Bio-chemistry and Molecular Biology*, 3(34), 219-224.

20. Zhang Z., Li C., Shi B. (2005). Physicochemical properties of collagen, gelatin and collagen hydrolysate derived from bovine limed split wastes. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 90, 23-29.

21. Zhang Y., Koguchi T., Simizu M. (2010). Chicken collagen hydrolysate protects rats from hypertension and cardiovascular damage. *J. Med. Food*, 13, 399-405.

22. Cao H., Chen M.-M., Liu Y., Liu Y.-Y., Huang Y.-Q., Wang J.-H., Chen J.-D., Zhang, Q.-Q. (2015). Fish collagen-based scaffold containing PLGA microspheres for controlled growth factor delivery in skin tissue engineering. *Colloids Surf. B Biointer-faces*, 136, 1098–1106.

23. Petrov I.B., Klimenko A.I. (2012). Kompleksnaya pererabotka othodov rybo-pererabatyvayushchih proizvodstv [Integrated processing of waste from fish process-ing industries]. *Molodoj uchenyj. Izdatel'stvo «Molodoj uchenyj»*, no. 44, pp. 61–63 [in Russian].

24. Kovalev N.N., Pozdnyakova YU. M., Perceva A. D., Tun CH. (2016). Sostav i antioksidantnye svoystva fermentativnogo gidrolizata myshechnoj tkani trepanga [Com-position and antioxidant properties of the enzymatic hydrolyzate of trepang muscle tis-sue]. *Pishhevaya promyshlennost'*, vol. 1, pp. 52-55 [in Russian].

25. Pal G.K., Suresh V. P. (2016). Comparative assessment of physico-chemical characteristics and fibril formation capacity of thermostable carp scales collagen. *Materials Science & Engineering*, 37.

26. Novikov V.YU., Derkach S.R., SHironina A.YU., Muhin V.A. (2015). Kineticheskie zakonomernosti fermentativnogo gidroliza belkov tkanej gidrobiontov: effekt sposoba vneseniya fermenta [Kinetic regularities of enzymatic hydrolysis of hydrobiont tissue proteins: the effect of the enzyme introduction method]. *Vestnik MGTU*, vol. 1, no. 18, pp. 100-109.

27. Offengenden M., Chakrabarti S., Wu J. (2018). Chicken collagen hydrolysates differentially mediate anti-inflammatory activity and type I collagen synthesis on human dermal fibroblasts. *Food Science and Human Wellness*, vol. 2, no. 7, pp. 138-147.
 28. Coppola D., Oliviero M, Vitale G.A., Lauritano C., D'Ambra I., Iannace S., de Pascale D. (2020). Marine Collagen from Alternative and Sustainable Sources: Extraction, *Processing and Applications. Mar. Drugs*, no. 18, pp. 1-23.
 29. Zhang M., Liu W., Li G. (2009). Isolation and characterisation of collagens from the skin of largefin longbarbel catfish (*Mystus macropterus*). *Food Chem*, no. 115, pp. 826–831.
 30. Senaratne L., Park P.-J., Kim S.-K. (2006). Isolation and characterization of collagen from brown backed toadfish (*Lagocephalus gloveri*) skin. *Bioresour. Technol*, no. 97, pp. 191–197.
 31. Nagai T., Suzuki N. (2000). Isolation of collagen from fish waste material—Skin, bone and fins. *Food Chem*, no. 68, pp. 277–281.
 32. Nagai T. (2010). Characterization of acid-soluble collagen from skins of surf smelt (*Hypomesus pretiosus japonicus* Brevoort). *Food Nutr. Sci*, no. 1, p. 59.
 33. Jongjareonrak A., Benjakul S., Visessanguan W., Nagai T., Tanaka M. (2005). Isolation and characterisation of acid and pepsin-solubilised collagens from the skin of Brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*). *Food Chem*, no. 9, pp. 475–484.
 34. Nagai T., Araki Y., Suzuki N. (2002). Collagen of the skin of ocellate puffer fish (*Takifugu rubripes*). *Food Chem*, no. 78, pp. 173–177.
-