

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЯСНЫХ СИСТЕМАХ

Л.А. Донскова, cafedra@list.ru

И.С. Брашко, brashko_is@usue.ru

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Разработка технологий использования вторичных ресурсов в производстве пищевых продуктов является одним из перспективных и значимых направлений исследований науки и практики для пищевой промышленности. Поиск технологических возможностей переработки отходов мясного сырья с высоким содержанием соединительной ткани, обладающих технологическим потенциалом, является актуальным для предприятий мясной отрасли. Разработана технология получения коллагенсодержащей пищевой добавки (КСПД) на основе вторичного сырья и ферментолизата, применимого в технологии мясных пищевых систем. В качестве ферментативного препарата использовалась протеаза из слизи горбуши, а субстратами для ее культивирования служили на первом этапе чешуя, плавники и кожа горбуши, а затем кожа цыплят-бройлеров. Определены оптимальные условия ферментолиза: рН 8,0, гидромодуль 1:3, температура (40 ± 3) °С, время обработки 2 часа, которые позволили эффективно модифицировать коллагеновые структуры и способствовали биоконверсии соединительных элементов. Полученная пищевая добавка с содержанием коллагена 64 % рассматривается для обогащения мясных продуктов. Эффективность КСПД оценивали на основе результатов, полученных при проведении физико-химических и органолептических испытаний образцов мясного фарша. Внесение добавки способствовало повышению массовой доли белка до $(20,4 \pm 0,4)$ %, снижению массовой доли жира до $(13,5 \pm 1,0)$ % и увеличению влагудерживающей способности – массовая доля влаги $(64,7 \pm 1,3)$ %. Таким образом, предложенная технология может быть использована в пищевой промышленности в технологии мясных продуктов, что отвечает актуальным задачам по рациональному использованию низкосортного сырья и ресурсосбережению, входящим в перечень приоритетных направлений фундаментальных и поисковых научных исследований на 2021–2030 годы, утвержденных распоряжением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 3684-р.

Ключевые слова: коллагенсодержащее сырье, гидробионты, ферментолизат, пищевые добавки, мясные системы, котлетное мясо, мясо птицы механической обвалки, мясной фарш, показатели, ресурсосбережение

Для цитирования: Донскова Л.А., Брашко И.С. Разработка технологии коллагенсодержащей пищевой добавки для применения в мясных системах // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2024. Т. 12, № 4. С. 13–21. DOI: 10.14529/food240402

Original article
DOI: 10.14529/food240402

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF COLLAGEN-CONTAINING FOOD ADDITIVE FOR USE IN MEAT SYSTEMS

L.A. Donskova, cafedra@list.ru

I.S. Brashko, brashko_is@usue.ru

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

Abstract. Development of technologies for using secondary resources in food production is one of the promising and significant areas of scientific and practical research for the food industry. The search for technological possibilities for processing meat raw material waste with a high content of

connective tissue, which have technological potential, is relevant for meat industry enterprises. A technology has been developed for obtaining a collagen-containing food additive (CCFA) based on secondary raw materials and an enzymolysate applicable in the technology of meat food systems. Protease from pink salmon mucus was used as an enzymatic preparation, and the scales, fins and skin of pink salmon, and then the skin of broiler chickens served as substrates for its cultivation at the first stage. Optimum conditions for enzymolysis were determined: pH 8.0, hydromodulus 1:3, temperature (40 ± 3) °C, processing time 2 hours, which allowed effective modification of collagen structures and contributed to the bioconversion of connective elements. The resulting food additive with a collagen content of 64 % is considered for enrichment of meat products. The efficiency of the KSPD was assessed based on the results obtained during physico-chemical and organoleptic tests of minced meat samples. The addition of the additive contributed to an increase in the mass fraction of protein to $(20.4 \pm 0,4)$ %, a decrease in the mass fraction of fat to $(13.5 \pm 1,0)$ % and an increase in the moisture-holding capacity – the mass fraction of moisture was $(64.7 \pm 1,3)$ %. Thus, the proposed technology can be used in the food industry in the technology of meat products, which meets the current challenges of rational use of low-grade raw materials and resource conservation, included in the list of priority areas of fundamental and exploratory scientific research for 2021–2030, approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated December 31, 2020 No. 3684-р.

Keywords: collagen-containing raw materials, hydrobionts, fermentolysate, food additives, meat systems, cutlet meat, mechanically deboned poultry meat, minced meat, indicators, resource conservation

For citation: Donskova L.A., Brashko I.S. Development of technology of collagen-containing food additive for use in meat systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2024, vol. 12, no. 4, pp. 13–21. (In Russ.) DOI: 10.14529/food240402

Введение

В рыбоперерабатывающей промышленности более 60 % побочных продуктов являются отходами производства. Такое количество отходов создают угрозу экологической стабильности окружающей среды. Разработка комплексных ресурсосберегающих технологий переработки первичных и вторичных отходов соответствует стратегии нулевых отходов, направленной для достижения трех важных аспектов жизни: экономическое благополучие, сохранение окружающей среды и социальное благополучие [1, 2].

Одной из основных проблем, связанной с утилизацией побочных продуктов в рыбном промысле, является переработка неразделенной биомассы. К этой категории относятся отходы, формируемые при разделке рыбы на филе, а также улова и/или нежелательного улова (например, мелкой рыбы). Такие отходы используются лишь частично и применяются в производстве малоценных продуктов – кормов для сельскохозяйственных животных и в качестве удобрения [3, 4].

Аналогичные проблемы прослеживаются для предприятий мясной отрасли. Вовлечение в производство побочных продуктов переработки мясного и рыбного сырья направлено

на решение вопросов его рационального использования в целях увеличения производства высококачественных и биологически ценных мясных продуктов.

В сфере интересов науки и практики – поиск технологических возможностей переработки отходов с высоким содержанием соединительной ткани, обладающих технологическим потенциалом. Как правило, непосредственное использование отходов ограничено их низкими функционально-технологическими свойствами и органолептическими показателями. Поэтому требуется целенаправленное воздействие на соединительную ткань мясного и рыбного сырья путем применения ферментных биотехнологий.

Сегодня научно-практическим решением данной проблемы является целенаправленная переработка вторичных отходов и получение из них по возможности пищевых продуктов – наборов для ухи, паштетов, формованных изделий, коллагеновых веществ, гидролизатов, желатина, ферментных препаратов, биологически активных добавок, белково-минеральной муки, удобрений [5].

Одним из перспективных решений является применение различных протеолитических ферментативных препаратов. Однако

использование ферментных препаратов вызывает трудности, которые связаны с высоким ценообразованием такой продукции в связи с ее ограниченным количеством на рынке пищевых ингредиентов [6–9].

Гидролизаты рыбного белка – это высококачественные продукты, получаемые из белков мышц рыбы, путем гидролиза, в результате которого получается смесь расщеплённых белков – пептидов и аминокислот. Для извлечения рыбного белка обычно используются химические, микробиологические и ферментативные методы гидролиза [10]. В химических методах для извлечения белков из отходов рыбного производства, таких как кожа, чешуя, кости и внутренности применяются щёлочи и другие растворители [11]. Несмотря на то, что химический гидролиз является недорогим и позволяет быстро извлечь белковые фракции, наиболее предпочтительным является ферментативный гидролиз, что обеспечивает получение 15–30 % белка из побочных продуктов рыбного промысла.

Одним из факторов, способствующих их популярности, является использование процессов гидролиза в промышленных масштабах. Ферментативный гидролиз белков, при котором используются эндогенные ферменты для расщепления пептидных связей в аминокислотах, в последнее время считается альтернативой традиционному химическому гидролизу, о чем свидетельствует возросший интерес научного сообщества и рост научных статей по данной тематике [12–14]. Аналитический обзор научных публикаций позволил обосновать актуальность выбранного направления исследований, связанного с поиском эффективного метода на основе принципов биоконверсии низкосортного мясного сырья с привлечением вторичных ресурсов рыбной и птицеперерабатывающей отраслей. Создавать ценные пищевые ингредиенты возможно на основе использования вторичных ресурсов птицеводческой промышленности. При этом использование кожи, доля которой составляет от 12,0 до 19,5 %, служит хорошим источником – около 60,0 % высококачественного коллагена, что в условиях глобального дефицита ресурсов белка животного происхождения является особенно важным [15].

На основании вышеизложенного для доказательства состоятельности обозначенной теории определена **цель работы**, направленная на обоснование использования вторичных

отходов рыбного промысла и коллагенсодержащего сырья (кожи цыплят-бройлеров) для создания коллагенсодержащей пищевой добавки и применения в технологии мясных систем.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись вторичные продукты рыбного производства: чешуя, плавники и кожа горбуши семейства лососевых и птицеперерабатывающей промышленности: кожа цыплят-бройлеров.

Основой получения ферментолизата явилась протеаза, извлеченная из поверхностной слизи кожи горбуши. Коллагенсодержащей основой для пищевой добавки являлись чешуя, плавники и кожа горбуши, кожа цыплят-бройлеров. Компоненты обрабатывались ферментоллизатом из протеазы рыбы, обладающим коллагеназной активностью, при заданных технологических параметрах pH 8,0 при гидромодуле 1:3, температура (40 ± 3) °C в течение 2 часов, определенных эмпирическим путем.

Для дальнейших исследований были получены модельные образцы мясного фарша по регламентированной рецептуре. Для исследования физико-химических характеристик мясного фарша использовались стандартные методики. Показатель массовой доли влаги определяли по ГОСТ 33319-2015 «Мясо и мясные продукты». Массовая доля белка по ГОСТ 34454-2018 «Продукция молочная. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля». Массовая доля жира была определена по методу Сокслета по ГОСТ 23042-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира». Массовая доля золы – по ГОСТ 31727-2012 «Мясо и мясные продукты».

Результаты и их обсуждение

На основании анализа научных источников был изучен общий химический состав отходов рыбного производства и теоретически установлено высокое содержание коллагена и эластина, на долю которых приходится 76–86 % белковой массы [16]. Ферментативный и ферментативно-термический метод гидролиза рыбьей чешуи с использованием фермента Alcalase 2,5 L и электрохимический гидролиз кожи трески, форели и сельди позволяет получить белковые гидролизаты с содержанием белка 80–90 %, при этом на долю низкомолекулярных пептидов с молекулярной массой менее 10 кДа приходится подавляющее большинство. Получение низкомолекулярных

пептидов и их использование в функциональных продуктах питания является инновационным и перспективным направлением [11, 12, 16].

Проведение ферментативного гидролиза важно для получения коллагена, который усваивается организмом человека. Гидролизованный коллаген, получаемый из нативного коллагена, который содержится в чешуе, костях, коже и других соединительных тканях рыб, состоит из пептидов с низкой молекулярной массой, благодаря чему он легко усваивается и распределяется в организме человека. Качество гидролизованного коллагена зависит от среднего молекулярного размера его фракций, который варьируется в зависимости от метода его получения [17]. Сформированные знания были фундаментом для следующих этапов исследований.

На первом этапе работы было сформулировано определение, разработана рецептура и технология получения коллагенсодержащей пищевой добавки (КСПД).

Коллагенсодержащая пищевая добавка получена из коллагенсодержащего сырья методом ферментализации, предназначена для выполнения технологической функции при промышленном производстве с целью обеспечения процессов изготовления мясных фаршевых продуктов.

Технология получения КСПД заключается в последовательном процессе получения ферментализата и обработки кожи цыплят-бройлеров и соединения компонентов в единую субстанцию (табл. 1).

Таблица 1
Компоненты коллагенсодержащей пищевой добавки

Компонент	Содержание, г
Коллагенсодержащее сырье (КСС) – кожа цыплят-бройлеров	95,5
Ферментализат на основе вторичных продуктов переработки рыбного сырья	0,5

Для ферментативного гидролиза соединительной ткани вторичного рыбного сырья с целью выделения коллагена проводили получение протеазы из рыбной слизи, технология процесса представлена на рис. 1. Рыбное сырье помещается в дистиллированную воду при гидромодуле 1:3 и температуре 10 °С для

снижения активности ферментов. Сырье массируется в течение 10 минут для стимуляции выделения слизи. Раствор фильтруется для отделения частиц и забора очищенной слизи. После промывания и первичного отделения слизи полученный раствор центрифугируется при 4500 об/мин и температуре 4 °С в течение 15 минут с последующей фильтрацией до 0,45 мкм.

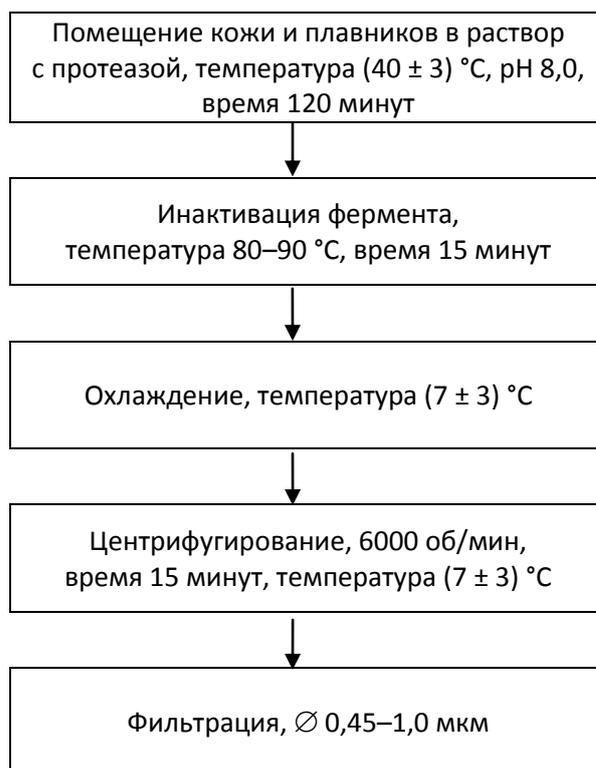


Рис. 1. Технология выделения протеазы из рыбной слизи

Данный технологический процесс позволяет провести экстракцию и очистку слизи, сохранив ее активные компоненты – протеазу, используемую в ферментативном гидролизе соединительных тканей вторичного рыбного сырья.

Этап получения ферментализата заключается в ряде последовательных операций (рис. 2). Вторичные отходы рыбного производства: чешуя, плавники и кожа промываются и очищаются от примесей и измельчаются. Измельченное сырье выдерживается в 1 % растворе $C_2H_4O_2$ для облегчения разрушения соединений нативного коллагена. Процесс ферментативного гидролиза осуществляется при гидромодуле 1:3 и температуре $(40 \pm 3) ^\circ C$, pH 8,0 в течение 2 часов в присутствии ферментного препарата – протеазы.

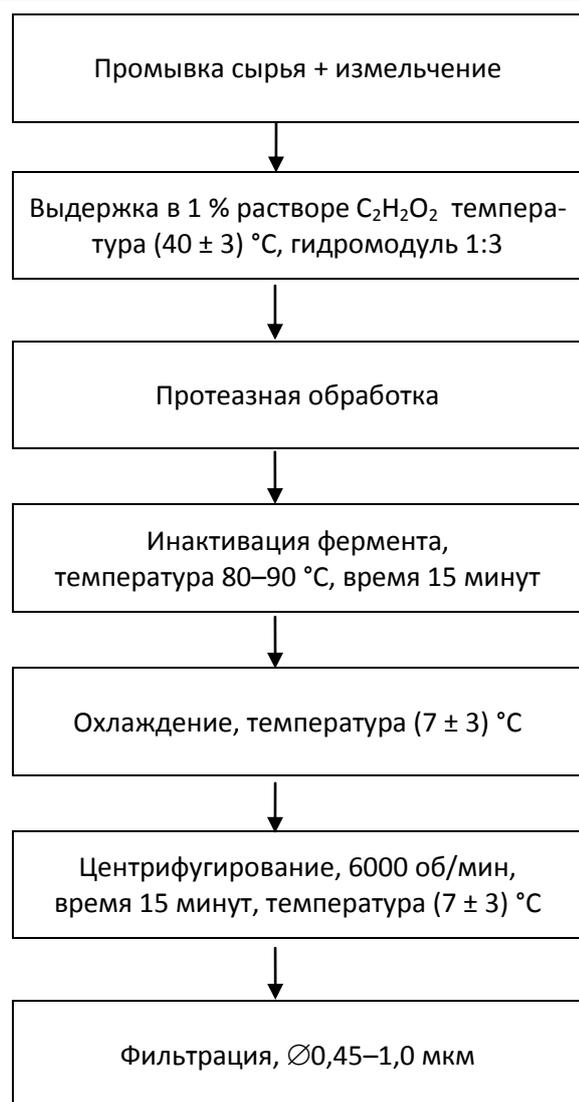


Рис. 2. Этапы получения ферментолизата и процесса инактивации ферментного препарата

Инактивация фермента проводится повышением температуры до 80–90 °С в течение 15 минут. После чего раствор охлаждается до (7 ± 3) °С – это необходимо для сохранения структуры и свойств коллагена. Полученный раствор центрифугируется на 6000 об/мин в течение 15 минут при температуре (7 ± 3) °С и фильтруется с пропускной способностью 0,45–1,0 мкм.

Этап подготовки коллагенсодержащего сырья (КСС) представлен на рис. 3 и состоит из промывки кожи цыплят-бройлеров в воде при температуре 10 °С, выдержке в 3 % растворе NaCl 15 минут с последующим измельчением на куттере при 1200 об/мин и охлаждением до температуры (7 ± 3) °С и последующим соединением с ферментоллизатом.



Рис. 3. Этап подготовки коллагенсодержащего сырья

На заключительном этапе для получения КСПД в коллагенсодержащее сырье (кожа цыплят-бройлеров) вносили ферментоллизат, последовательность процессов представлена на рис. 4. КСС и ферментоллизат высушиваются распылительной сушкой с температурой воздуха 120–200 °С на входе и 70–90 °С на выходе при скорости потока воздуха 1 м³/ч до порошкообразного состояния размером частиц 100 мкм в течение 5 секунд.

КСПД в готовом виде представляет собой мелкодисперсный порошок светло-розового цвета без запаха. Основное функциональное назначение КСПД – использование в качестве белкового обогатителя для мясных фаршевых систем и участие в биоконверсии соединительных элементов за счет остаточного количества ферментного препарата – протеазы.

Для оценки эффективности применения КСПД в технологии мясных систем была разработана рецептура мясного фарша с внесением в состав КСПД, представленная в табл. 2, содержание разработанного компонента определялось с учетом установленного ранее (см. табл. 1) количества фракций на 100 кг КСПД (представленная ранее в табл. 1).

При формировании рецептуры учитывались следующие критерии: в котлетное говяжье мясо (мышечная ткань 82,0 %) была добавлена в количестве 4,0 % соединительная ткань, оставшаяся после жиловки отруба. Количество вносимой КСПД в модельные

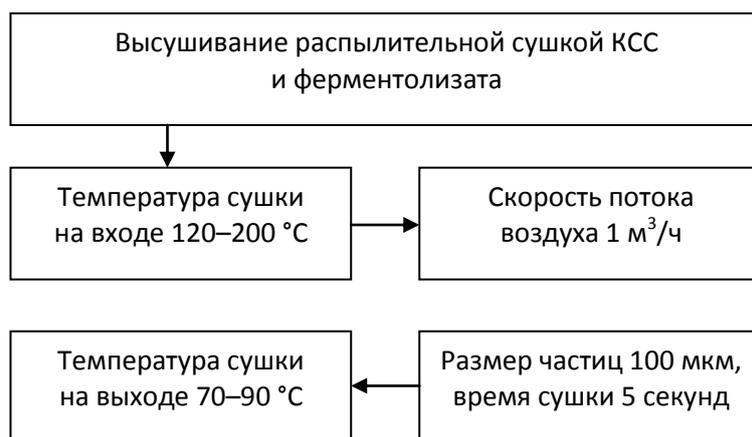


Рис. 4. Процессы получения КСПД

образцы фарша составляло 300 г на 100 кг сырья, что установлено с учетом функционально-технологических свойств добавки. Так, в пилотных исследованиях было установлено, что внесение КСПД в количестве более 500 г способствует образованию слизеподобной и рыхлой консистенции фарша и появлению нехарактерного для мясного продукта запаха, а внесение количества КСПД менее 250 г посчитали нецелесообразным с технологической точки зрения, отсутствием заметного изменения качественных характеристик изготавливаемого фарша.

Таблица 2
Рецептура котлетного фарша с добавлением КСПД

Компонент	Содержание, кг на 100 кг
Мясо котлетное говяжье	72,0
Мясо птицы механической обвалки	18,05
Сливочное масло	3,0
Лук репчатый	3,0
Мука пшеничная 1 сорта	1,5
Перец черный молотый	0,15
Соль	2,0
КСПД	0,3

Влияния КСПД на внешний вид, цвет и запах фарша не установлено. Так, в ходе оценки органолептических показателей контрольного и опытных образцов мясных фаршей установлены следующие характеристики.

Внешний вид – образцы представляли со-

бой однородную мясную массу без костей, хрящей, сухожилий и грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок и содержанием частиц измельченного лука.

Цвет и запах – для контрольного и опытных образцов фарша характерные для мясного говяжьего фарша, без посторонних запахов.

Вместе с тем отмечено влияние внесенной добавки на консистенцию фарша в опытном образце, что связано с трансформацией белков, вызывающих изменение консистенции. Фарш в присутствии КСПД приобретает признаки пастообразной массы, при этом внешний вид не ухудшается, и сохраняются упруго-пластичные свойства мясной фаршевой массы.

Результаты исследования физико-химических показателей и свойств контрольного и опытных образцов фаршей показали, что для опытного образца фарша показатели массовой доли влаги на уровне $(64,7 \pm 1,3) \%$; массовой доли белка $(20,4 \pm 0,4) \%$; массовой доли жира $(13,5 \pm 1,0) \%$; массовой доли золы $(1,4 \pm 0,01) \%$. В то время как контрольный образец отличался на 2,3 % меньше по массовой доле белка, большим содержанием жира, массовая доля которого составляла 15,2 %.

Заключение

В теоретическом аспекте установлено, что разработкой решения вопросов вовлечения в производство мясных продуктов вторичных ресурсов переработки мясного сырья уделяется серьезное внимание как со стороны отечественных, так и зарубежных исследователей. Поиск направлений рационального и наиболее полного использования мясного сырья за счет максимального вовлечения в про-

изводство мясных продуктов низкосортного сырья и вторичных продуктов переработки направлен на решение таких вопросов, как ресурсосбережение, привлечение дополнительных источников белка, обеспечение стабильности экологической ситуации за счет сокращения отходов. При этом применение биотехнологических методов, в частности принципов биоконверсии низкосортного сырья, признается учеными как наиболее эффективный способ решения этих вопросов.

Теоретически обосновано и подтверждено экспериментально использование вторичных ресурсов рыбного производства: чешуи, кожи, плавников рыбы для получения ферментолита. Определены оптимальные технологические параметры: pH 8,0, гидромодуль 1:3, температура (40 ± 3) °С, время 2 часа, обеспечивающие активность ферментолита.

Разработана рецептура и технология коллагенсодержащей пищевой добавки. Установ-

лено соотношение используемых компонентов: кожи цыплят-бройлеров и ферментолита в количестве 95,5:0,5. В готовом виде КСПД представляет собой сыпучий мелкий порошок, обеспечивая стойкость при хранении и расширяя сферу применения. Разработанная коллагенсодержащая пищевая добавка имеет функциональное назначение – воздействие на соединительные ткани мясных сырьевых компонентов, может быть использована как белковая добавка физиологической направленности, представляя собой концентрированный источник коллагена, содержание которого составляет 64,0 %.

Доказательной базой эффективности и перспективности использования КСПД в технологии мясных систем послужила совокупность органолептических и физико-химических показателей и высокие качественные показатели полученного мясного фарша.

Список литературы

1. Xu S., Zhao Y., Song W. et al. Improving the Sustainability of Processing By-Products: Extraction and Recent Biological Activities of Collagen Peptides // *Foods*. 2023. V. 12, 1965. <https://doi.org/10.3390/foods12101965>.
2. Деметьева Н.В., Бойцова Т.М., Боков А.А. Исследование потенциала вторичного сырья, образующегося при обработке двустворчатых моллюсков // *Индустрия питания | Food Industry*. 2023. Т. 8, № 4. С. 109–118. DOI: 10.29141/2500-1922-2023-8-4-11. EDN: YAWNSG.
3. Grasso F., Méndez-Paz D., Vázquez Sobrado R. et al. Feasibility of Enzymatic Protein Extraction from a Dehydrated Fish Biomass Obtained from Unsorted Canned Yellowfin Tuna Side Streams: Part I // *Gels*. 2023. V. 9, 760. <https://doi.org/10.3390/gels9090760>
4. Патшина М.В., Ворошилин Р.А., Осинцев А.М. Анализ мирового рынка биоматериалов с целью определения потенциальных возможностей сырья животного происхождения // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51, № 2. С. 270–289. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-2-270-289. EDN: PKOIZF.
5. Кисель А.А. Новые способы и потенциальные возможности применения отходов производства пищевой продукции // *Россия – Азия – Африка – Латинская Америка: экономика взаимного доверия: материалы X Евразийского экономического форума молодежи: в 3-х т.* Екатеринбург, 16–19 апреля 2019 года / ответственные за выпуск Я.П. Силин, Р.В. Краснов, Е.Б. Дворянкина. Том 3. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2019. С. 190–192. EDN: UBXBVT.
6. Ortizo R.G.G., Sharma V., Tsai M.-L. et al. Extraction of Novel Bioactive Peptides from Fish Protein Hydrolysates by Enzymatic Reactions // *Appl. Sci.* 2023, 13, 5768. <https://doi.org/10.3390/app13095768>
7. Использование биотехнологической обработки коллагенсодержащего сырья для получения белковых гидролизатов / С.А. Морозова, В.Я. Пономарев, Э.Ш. Юнусов, Г.О. Ежкова // *Пищевая промышленность*. 2019. № 4. С. 67–69. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10034. EDN: DRQBDY.
8. Разработка технологии переработки коллагенсодержащих отходов мясоперерабатывающей промышленности в функциональную кормовую добавку / М.М. Драгунова, А.Ю. Просеков, И.С. Милентьева [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. 2014. № 11(98). С. 203–206. EDN: TBCOFD.

9. Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза / Т.М. Гиро, С.С. Зубов, А.В. Яшин [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49, № 2. С. 262–269. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-2-262-269. EDN: ITHWHX.
10. Брашко И.С., Позняковский В.М., Донскова Л.А. Характеристика ферментных препаратов и разработка нового технического решения для биоконверсии коллагенсодержащего сырья // *Индустрия питания*. 2024. Т. 9, № 1. С. 50–59. DOI: 10.29141/2500-1922-2024-9-1-6. EDN: TIHVPO
11. Rodrigues L.A., Leonardo I.C., Gaspar F.B. et al. Unveiling the Potential of Betaine/Polyol-Based Deep Eutectic Systems for the Recovery of Bioactive Protein Derivative-Rich Extracts from Sardine Processing Residues // *Sep. Purif. Technol.* 2021, 276, 119267.
12. Roy V.C., Islam M.R., Sadia S. et al. Trash to Treasure: An Up-to-Date Understanding of the Valorization of Seafood By-Products, Targeting the Major Bioactive Compounds // *Mar. Drugs*. 2023, 21, 485. <https://doi.org/10.3390/md21090485>
13. Siddik M.A., Howieson J., Fotedar R., Partridge G.J. Enzymatic fish protein hydrolysates in finfish aquaculture: A review // *Rev Aquac.* 2021. V. 13. P. 406–430.
14. Venugopal V.; Sasidharan A. Seafood industry effluents: Environmental hazards, treatment and resource recovery // *J. Environ. Chem. Eng.* 2021, 9, 104758.
15. Глубокая переработка вторичных продуктов птицеводства для разных направлений использования / В.И. Фисинин, Д.Ю. Исмаилова, В.Г. Волик [и др.] // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 6. С. 1105–1115. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1105rus
16. Kuprina E.E., Kiprushkina E.I., Abramzon V.V. et al. Obtaining and Study of Peptide Compositions Based on Hydrolysates of Collagen-Containing Fish Raw Materials // *Fermentation*. 2023, 9, 458. <https://doi.org/10.3390/fermentation9050458>
17. Heffernan S., Giblin L., O'Brien N. Assessment of the biological activity of fish muscle protein hydrolysates using in vitro model systems // *Food Chem.* 2021, 359, 129852.

References

1. Xu S., Zhao Y., Song W., Zhang C., Wang Q., Li R., Shen Y., Gong S., Li M., Sun L. Improving the Sustainability of Processing By-Products: Extraction and Recent Biological Activities of Collagen Peptides. *Foods*, 2023, vol. 12, 1965. <https://doi.org/10.3390/foods12101965>
2. Dementieva N.V., Boitsova T.M., Bokov A.A. Study of the potential of secondary raw materials formed during the processing of bivalves. *Food Industry*, 2023, vol. 8, no. 4, pp. 109–118. (In Russ.) DOI: 10.29141/2500-1922-2023-8-4-11. EDN: YAWNSG.
3. Grasso F., Méndez-Paz D., Vázquez Sobrado R., Orlandi V., Turrini F., De Negri Atanasio G., Grasselli E., Tiso M., Boggia R. Feasibility of Enzymatic Protein Extraction from a Dehydrated Fish Biomass Obtained from Unsorted Canned Yellowfin Tuna Side Streams: Part I. *Gels*, 2023, vol. 9, 760. <https://doi.org/10.3390/gels9090760>
4. Patshina M.V., Voroshilin R.A., Osintsev A.M. Analysis of the world market of biomaterials to determine the potential of raw materials of animal origin. *Technics and technology of food production*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 270–289. (In Russ.) DOI: 10.21603/2074-9414-2021-2-270-289. EDN: PKOIZF
5. Kisel A.A. New ways and potential applications of food waste. *Russia – Asia – Africa – Latin America: economy of mutual trust: Proceedings of the X Eurasian Economic Forum of Youth*. Ekaterinburg, 2019, pp. 190–192. (In Russ.) EDN: UBXBBT;
6. Ortizo R.G.G., Sharma V., Tsai M.-L., Wang J.-X., Sun P.-P., Nargotra P., Kuo C.-H., Chen C.-W., Dong C.-D. Extraction of Novel Bioactive Peptides from Fish Protein Hydrolysates by Enzymatic Reactions. *Appl. Sci.*, 2023, vol. 13, 5768. <https://doi.org/10.3390/app13095768>
7. Morozova S.A., Ponomarev V.Y., Yunusov E.Sh., Ezhkova G.O. Use of biotechnological processing of collagen-containing raw materials for obtaining protein hydrolysates. *Food Industry*, 2019, no. 4, pp. 67–69. (In Russ.) DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10034. EDN: DRQBDY
8. Dragunova M.M., Prosekov A.Y., Milentjeva I.S. [et al.] Development of technology for processing collagen-containing waste from meat processing industry into a functional feed additive. *Vestnik KrasGAU*, 2014, no. 11(98), pp. 203–206. (In Russ.) EDN: TBCOFD

9. Giro T.M., Zubov S.S., Yashin A.V. [et al.] Biomodification of collagen-containing by-products by enzymatic hydrolysis method. *Technics and technology of food production*, 2019, vol. 49, no. 2, pp. 262–269. (In Russ.) DOI: 10.21603/2074-9414-2019-2-262-269. EDN: ITHWHX
10. Brashko I.S., Poznyakovskiy V.M., Donskova L.A. Characterization of enzyme preparations and development of a new technical solution for bioconversion of collagen-containing raw materials. *Food Industry*, 2024, vol. 9, no. 1, pp. 50–59. DOI: 10.29141/2500-1922-2024-9-1-6. (In Russ.) EDN: TIHVPQ
11. Rodrigues L.A., Leonardo I.C., Gaspar F.B., Roseiro L.C., Duarte A.R.C., Matias A.A., Paiva A. Unveiling the Potential of Betaine/Polyol-Based Deep Eutectic Systems for the Recovery of Bioactive Protein Derivative-Rich Extracts from Sardine Processing Residues. *Sep. Purif. Technol.*, 2021, 276, 119267.
12. Roy V.C., Islam M.R., Sadia S., Yeasmin M., Park J.-S., Lee H.-J., Chun B.-S. Trash to Treasure: An Up-to-Date Understanding of the Valorization of Seafood By-Products, Targeting the Major Bioactive Compounds. *Mar. Drugs*, 2023, 21, 485. <https://doi.org/10.3390/md21090485>
13. Siddik M.A., Howieson J., Fotedar R., Partridge G.J. Enzymatic fish protein hydrolysates in finfish aquaculture: A review. *Rev Aquac.*, 2021, vol. 13, pp. 406–430.
14. Venugopal V., Sasidharan A. Seafood industry effluents: Environmental hazards, treatment and resource recovery. *J. Environ. Chem. Eng.*, 2021, vol. 9, 104758.
15. Fisinin V.I., Ismailova D.Y., Volik V.G., Lukashenko V.S., Saleeva I.P. Deep processing of collagen-rich poultry products for different use (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2017, vol. 52, no. 6, pp. 1105–1115. (In Russ.) DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1105rus
16. Kuprina E.E., Kiprushkina E.I., Abramzon V.V., Rogozina E.A., Romanenko N.Y., Mezenova O.Y., Grimm T., Mörsel T. Obtaining and Study of Peptide Compositions Based on Hydrolysates of Collagen-Containing Fish Raw Materials. *Fermentation*, 2023, 9, 458. <https://doi.org/10.3390/fermentation9050458>
17. Heffernan S., Giblin L., O'Brien N. Assessment of the biological activity of fish muscle protein hydrolysates using in vitro model systems. *Food Chem.*, 2021, 359, 129852.

Информация об авторах

Донскова Людмила Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры управления качеством и экспертизы товаров и услуг, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; safedra@list.ru

Брашко Иван Сергеевич, старший преподаватель кафедры биотехнологии и инженеринга, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; brashko_is@usue.ru

Information about the authors

Lyudmila A. Donskova, PhD (agricultural sciences), associate professor, Department of Quality Management and Expertise of Goods and Services, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia; safedra@list.ru

Ivan S. Brashko, Senior Lecturer, Department of Biotechnology and Engineering, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia; brashko_is@usue.ru

Статья поступила в редакцию 10.10.2024

The article was submitted 10.10.2024