

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 621.565.943

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-68-06

EDN: LFMKSC

Переработка вторичного крабового сырья: перспективы и риски

Светлана Николаевна Максимова¹, Денис Владимирович Полещук², Артем Александрович Миргородов³

^{1, 2} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

³ ООО «Русский краб», Владивосток, Россия

¹ maksimova.sn@dgtru.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9654-1044>

² tym1988@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0818-1542>

³ mirgorodovaa@russiancrab.ru; <http://orcid.org/0009-0006-5566-6960>

Аннотация. Представлены данные, которые подтверждают высокий технологический потенциал вторичного крабового сырья, образующегося при промышленной переработке крабов. Показаны объемы вылова различных видов крабов за последние годы, прежде всего, на Дальнем Востоке. Рассчитано количество отходов, которое накапливается и не используется производителями пищевой крабовой продукции на примере ООО «Русский краб». Описаны сложности и риски переработки вторичного крабового сырья в морских условиях и перспективы организации такой работы на берегу с учетом ориентира крабодобывающих предприятий на экспорт живого краба. Приведена схема комплексной переработки крабов, позволяющая получать биологически ценные продукты: хитиновые материалы, белковые продукты, липиды, ферментные препараты. Особое внимание уделено вопросу использования панцирьсодержащих крабовых отходов для получения хитина, хитозана и его производных. Дана оценка рынка хитиновых материалов на ближайшее десятилетие, показаны страны-лидеры в области получения и использования хитиновых материалов. Представлен перечень научных организаций в мире, занимающихся исследованиями хитина, хитозана и их производных, включая Российское хитиновое общество, которое каждые два года проводит презентацию полученных результатов в данном направлении на международных научно-практических конференциях. Показан вклад ученых Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета в разработке и совершенствовании технологии пищевой продукции из водных биоресурсов, ориентированной на производство высококачественных безопасных и полезных продуктов путем использования хитиновых материалов. Сделан вывод о перспективах переработки вторичного крабового сырья, которая позволит одновременно решать социальные (здоровье населения), экологические (охрана окружающей среды) и экономические задачи.

Ключевые слова: крабы, отходы, биологическая ценность, хитиновые материалы, перспективы

Для цитирования: Максимова С. Н., Полещук Д. В., Миргородов А. А. Переработка вторичного крабового сырья: перспективы и риски // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 68, № 2. С. 53–60.

FOOD SYSTEMS

Original article

Processing of crabs secondary raw materials: prospects and risks

Svetlana N. Maksimova¹, Denis V. Poleshchuk², Artyom A. Mirgorodov³

^{1,2} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

³ Russian Crab Company Group, Vladivostok, Russia

¹ maksimova.sn@ dgtru.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9654-1044>

² tym1988@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0818-1542>

³ mirgorodovaa@russiancrab.ru; <http://orcid.org/0009-0006-5566-6960>

Abstract. The article presents data confirming the high technological potential of secondary crab raw materials generated during industrial processing of crabs. The catch volumes of various types of crabs in recent years, primarily in the Far East, are shown. The amount of waste that accumulates and is not used by producers of crab food products is calculated using the example of the Russian Crab Group of Companies. In this work described the difficulties and risks of processing secondary crab raw materials in marine conditions and the prospects for organizing such work on shore, taking into account the focus of crab mining enterprises on the export of live crab. A scheme for the complex processing of crabs is presented, which makes it possible to obtain biologically valuable products: chitinous materials, protein products, lipids, enzyme preparations. Particular attention is paid to the issue of using shell-containing waste to produce chitin, chitosan and its derivatives. Work gives an assessment of the market for chitinous materials for the next decade and shows the leading countries in the field of production and use of chitinous materials/ A list of scientific organizations in the world engaged in research on chitin, chitosan and their derivatives is presented, including the Russian Chitin Society, which every two years presents the results obtained in this field at international scientific and practical conferences. Shows the contribution of Far Eastern State Technical Fisheries University scientists in the development and improvement of the technology of food products from aquatic biological resources, focused on the production of high-quality safe and healthy products through the use of chitinous materials. A conclusion is drawn about the prospects for processing recycled crab raw materials, which will simultaneously solve social (population health), environmental (environmental protection) and economic problems.

Keywords: crabs, secondary raw materials, biological value, chitinous materials, prospects

For citation: Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Mirgorodov A. A. Processing of crabs secondary raw materials: prospects and risks. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 68(2):53–60. (in Russ.).

К одним из самых дорогих объектов морского промысла относится краб, который обладает привлекательными потребительскими свойствами (вкусом, ароматом, консистенцией), пищевой, в том числе биологической, ценностью и высокой рыночной стоимостью.

Россия – один из мировых лидеров по добыче крабов. В 2023 г. в Российской Федерации добыто более 104279,01 т крабов, причем большая часть – в Дальневосточном регионе нашей страны. Меньшая часть объема добычи крабов (28388,43 т) осуществлялась в Баренцевом море, куда в 60-х гг. было осуществлено переселение их с Камчатки.

Основные промысловые виды крабов и объемы их добычи в 2023 г. представлены в табл. 1. Краб-стригун опилио и камчатский краб занимают в списке лидирующие позиции.

Таблица 1

Промысловые виды крабов и объемы их добычи, тыс. т

Table 1

Commercial types of crabs and their production volumes, kt

Краб-стригун опилио	46,79
Краб камчатский	28,31
Краб синий	7,63
Краб-стригун ангулятус	6,78
Краб-стригун красный	6,41
Краб-стригун берди	4,31
Краб равношипый	2,76
Краб колючий	0,83
Краб волосатый четырехугольный	0,47

Традиционно на российский рынок поступает пищевая продукция из этого высокоценного морского объекта в виде варено-мороженых конечностей в панцире, либо без него. В незначительном количестве краб идет на производство стерилизованных консервов. В связи с этим при производстве готовой крабовой продукции отходы могут достигать разного количества: 30, ...40, ...50 %.

В 2023 г. из 104 279,01 т в переработку на Дальнем Востоке направлено около 22 000 т крабов. Отходы и потери при производстве крабовой продукции (согласно данным «бассейновых норм» Дальневосточного бассейна) составляют около 32 %. То есть в 2023 г. на Дальнем Востоке объем отходов и потерь при промышленной переработке крабов достиг 7,04 тыс. т.

Согласно установленным правилам, изготовители крабовой продукции сбрасывают измельченные отходы в море или платят за их утилизацию. При этом утверждается, что переработка вторичного крабового сырья в условиях моря не рентабельна в 97 % случаев. Риски и сложности переработки отходов крабового производства в морских условиях заключаются в следующем:

- длительность рейсов (4–6 месяцев);
- ограничение вместимости трюмов (60–100 т по готовой продукции);
- удаленность районов промысла от мест переработки на Дальнем Востоке (Охотское и Берингово моря);
- короткий срок работы для Баренцева моря при большом объеме добычи;
- ограничение возможности размещения оборудования размерами судна-процессора.

Важно отметить, что значительная часть крабов в настоящее время отправляется на экспорт в живом виде. На рис. 1 представлено соотношение объемов вылова краба по Дальневосточному региону, направленного на производство готовой продукции и заготавливаемого в живом виде, за 9 месяцев (с января по сентябрь) каждого года, начиная с 2021 по 2023 гг.

Основной рынок сбыта живого краба – это страны Азиатско-Тихоокеанского региона. При сдаче краб сортируется на несколько категорий в зависимости от наличия механических повреждений и других параметров. Отсортированный краб, не соответствующий требованиям принимающей стороны, направляется на переработку на береговые предприятия России.

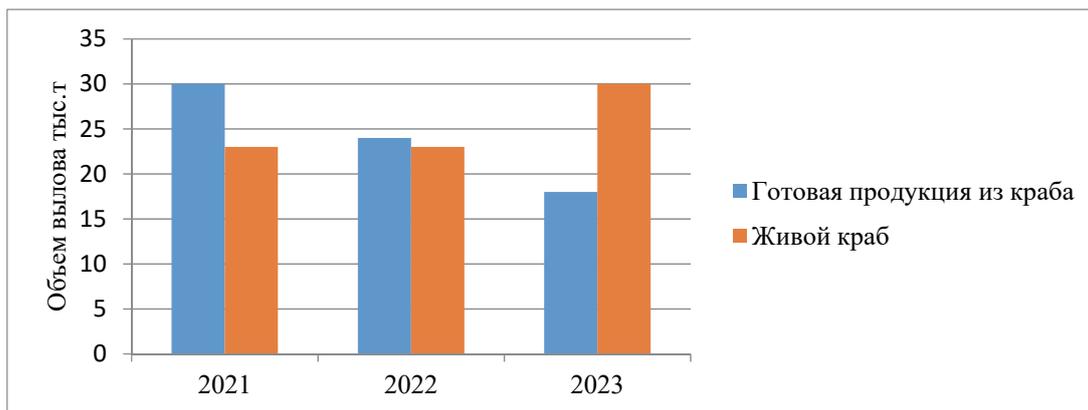


Рис. 1. Соотношение объемов вылова краба для производства готовой продукции и живого краба. Составлено авторами
 Fig. 1. The ratio of the volume of crab caught for the production of finished products and live crab

Например, при выгрузках живого краба в портах Приморья в 2022 г. в переработку было направлено не менее 335 т, а в 2023 г. – 479 т краба. В соответствии с приведенными ранее нормами отходов и потерь вторичное крабовое сырье составило за последние два года около 100 и 150 т соответственно.

Приведенные цифры позволяют сделать вывод о практической значимости научных исследований по рациональному использованию отходов, образующихся при переработке крабов.

В зависимости от вида готовой продукции при работе с крабами в отходы уходят разные части тела. Как правило, это головогрудь с внутренностями, в том числе гепатопанкреас. При производстве варено-мороженого мяса краба или консервов в отходы попадает и панцирь ходильных конечностей. То есть при сборе отходов их массовый и химический составы могут варьировать в значительном диапазоне.

В целом учеными доказана высокая биологическая ценность вторичного крабового сырья, которое богато хитином, белковой составляющей, минеральными веществами, липидами, ферментами. Комплексная схема переработки вторичного крабового сырья приведена на рис. 2.

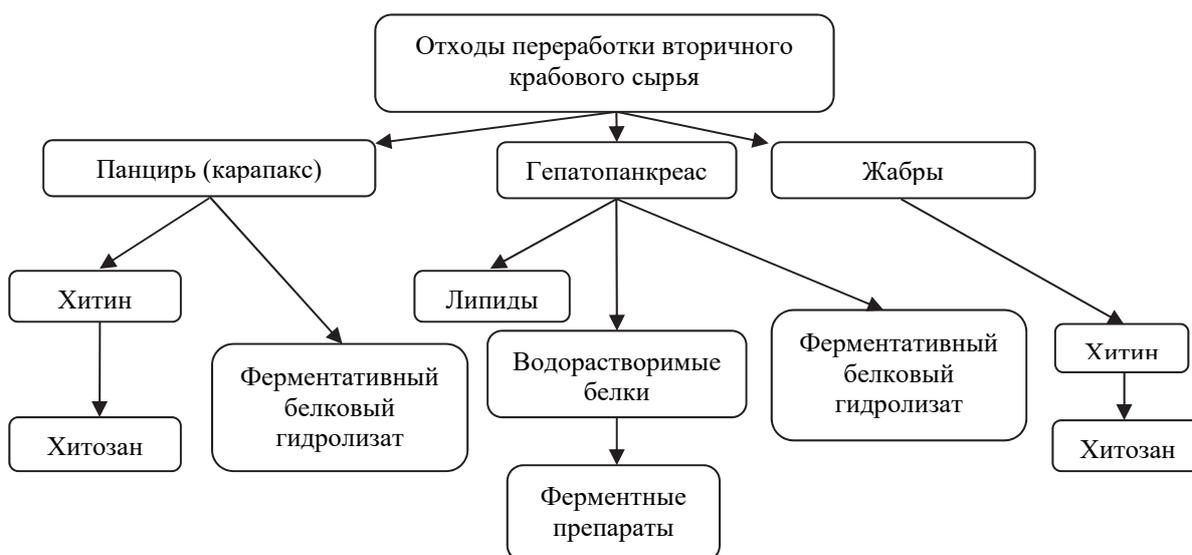


Рис. 2. Комплексная схема переработки вторичного крабового сырья. Составлено авторами
 Fig. 2. Integrated scheme for processing secondary crab raw materials

Отходы крабового производства, включающие внутренние органы крабов, в том числе гепатопанкреас, характеризуются высокой ферментативной активностью и могут быть использованы для получения не только ферментных препаратов, но и биологически ценных белковых продуктов [1, 2].

При достаточно высоких значениях собственной ферментативной активности вторичного крабового сырья при получении белковых гидролизатов имеет смысл использовать автопротеолиз. Результаты собственных исследований, а также других ученых показывают целесообразность такого подхода, обеспечивающего, прежде всего, простоту технологического процесса и финансовую выгоду [3, 4].

Однако в тех случаях, когда в работу поступают отходы с низким уровнем ферментативной активности (например, замороженные), для получения конечного продукта с высокой биологической ценностью актуальным является использование ферментных препаратов. Такие разработки также дали положительно достоверные результаты [5].

С учетом достаточно высокой минерализации исходного сырья были проведены эксперименты по высокотемпературной обработке вторичного крабового сырья (при температуре выше 100 °С и барометрическом воздействии). В результате был получен водорастворимый белковый продукт, характеризующийся наличием в нем низкомолекулярных пептидов с высокой физиологической усвояемостью.

Одним из наиболее дорогих биологически активных продуктов, которые можно получить из панцирьсодержащих отходов переработки крабов, является производное хитина – хитозан. Как известно, открытие хитина датируется 1799 г., а хитозана – 1894 г. С этого времени история исследований этого уникального биополимера включает несколько периодов: период противоречий (1894–1930 гг.), период исследований (1930–1959 гг.), период сомнений (1950–1970 гг.) и период применения (с 1970 г. до настоящего времени) [6]. Последний период применения сопровождается научными исследованиями этого уникального биополимера. Следует отметить, что помимо хитина и хитозана ученые изучают их многочисленные химические производные, в том числе глюкозамины, олигосахариды, полиэлектролитные комплексы на основе хитозана, представляющие в совокупности обширную группу хитиновых материалов многофункционального применения.

Перечень научных организаций в мире, занимающихся исследованиями хитиновых материалов, значителен:

- Европейское хитиновое общество – European Chitin Society (EUCHIS);
- Ибероамериканское хитиновое общество – Iberoamerican Chitin Society (SIAQ) (Sociedade Ibero-americana de Quitina);
- Китайское хитиновое общество – Chinese Chitin Society;
- Индийское общество хитина и хитозана – Indian Chitin and Chitosan Society (ICCS);
- Японское общество по хитину и хитозану – Japanese Society for Chitin and Chitosan (JSCC);
- Корейское общество по хитину и хитозану – Korean Society for Chitin and Chitosan (KSCC);
- Тайваньское общество по хитину и хитозану – Taiwanese Society for Chitin and Chitosan (TSCC);
- Тайское хитиновое общество – Thai Chitin Society;
- Российское хитиновое общество – Russian Chitin Society.

Российское хитиновое общество (РХО) было организовано в рамках работы первой международной научно-практической конференции, которая проводилась в г. Владивосток в Дальневосточном государственном техническом рыбохозяйственном университете (Дальрыбвтузе) в сентябре 1983 г. С тех пор РХО регулярно проводит научно-практические конференции в различных городах России (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Ставрополь, Севастополь, Мур-

манск, Пермь, Уфа, Нижний Новгород, Архангельск). В октябре 2023 г., спустя 40 лет, в г. Владивосток на базе ДВО РАМН была проведена очередная хитиновая конференция.

В материалах конференций в большей степени представлены результаты фундаментальных исследований по изучению строения, структуры и свойств хитиновых материалов. Прикладные исследования, связанные с применением хитозана и его производных в пищевой промышленности, занимают не более 10 % от общего числа тематических публикаций в разные годы.

Учеными Дальрыбвтуза с 80-х гг. прошлого столетия исследуются функционально-технологические свойства (сенсорные, структурно-механические, адгезионные, сферообразующие, барьерные) и функционально-физиологические функции хитозана и его производных в пищевых системах. Исследования ученых вуза направлены на разработку и совершенствование технологии пищевой продукции из водных биоресурсов, ориентированной на производство высококачественных безопасных и полезных продуктов путем использования хитиновых материалов. По результатам научных исследований сотрудниками Дальрыбвтуза защищено 5 докторских и 9 кандидатских диссертаций. Публикации сотрудников университета, посвященные хитиновым материалам, насчитывают около 250 наименований и представлены монографиями, учебными пособиями, справочниками, статьями и патентами.

В настоящее время к важным задачам в данной области исследования относятся следующие: расширение ассортимента хитозансодержащих функциональных пищевых продуктов и использование хитозана и его производных с заданными свойствами, полученных целенаправленным синтезом.

Перспективы исследований в данном направлении подтверждаются оценкой рынка хитиновых материалов на ближайшее десятилетие (табл. 2), предоставленной в отчетах Future Market Insights, Inc [7]. По прогнозу мировой рынок хитина и производных хитозана к 2027 г. составит 281,7 тыс. т, в том числе хитозана – 173,9 тыс. т, а к 2033 г. спрос на биополимер превысит 5112,14 млн долл. США [8].

Таблица 2

Оценка различных рынков хитиновых материалов до 2023 г.

Table 2

Assessment of various chitin materials market until 2023

Хитиновые материалы	CAGR (Совокупный среднегодовой темп роста), %	Рыночная стоимость 2033, млрд долл. США
Хитин	12,1	5,03
Хитозан	14,3	5,11
Порошкообразный хитозан	6,4	6,34
Олигосахариды хитозана	14,0	9,80
Олигосахариды хитозана и глюкозамин	9,3	5,78
Производные хитина и хитозана	15,4	38,27

Современный рынок хитиновых материалов, а также области применения хитозана и его производных в странах, которые лидируют в данном направлении, можно оценить по данным, приведенным в табл. 3.

Несмотря на ресурсную сырьевую достаточность, Россия отстает от других стран-лидеров в области получения и применения хитиновых материалов. Пути решения проблем в данном направлении были отмечены еще в 1970 г. итальянским ученым Muzzarelli R.A.A., который утверждал, что «...производство хитина от причала до потребителя не осуществимо и в любом случае было бы ошибкой. Поэтому предполагается, что первичный производитель сырья будет продавать остатки панциросодержащих отходов производителю хитина» [9].

Таблица 3

Оценка рынка, области применения хитозана и его производных по странам, лидирующим в данном направлении

Table 3

Assessment of the market, areas of application of chitosan and its derivatives by countries leading in this direction

Страна	2023 г., млн долл. США	Области применения
Германия	1321,0	Биотехнология (добавки, снижающие уровень холестерина, способствующие потере веса)
Япония	341,7	Пищевая промышленность (натуральный консервант и упаковочный материал)
США	261,5	Пищевая промышленность (натуральный консервант и упаковочный материал)
Китай	179,8	Аквакультура
Индия	83,8	Сельское хозяйство (натуральное удобрение и почвенный кондиционер)

Для успешного использования вторичного крабового сырья необходима заинтересованность обеих сторон, упомянутых ученым, а также наличие нормативной (технической) документации с описанием технологии сбора, заготовки, хранения биологически ценных отходов. При этом целесообразно дифференцировать сырье по целевому назначению в зависимости от его химического состава и конкретных условий производства.

При решении вопроса об экономической целесообразности применения того или иного способа переработки отходов крабового производства следует учитывать не только его технологический потенциал (ресурсную достаточность, биологическую ценность), но и дополнительные затраты, в том числе на аппаратное оформление технологического процесса.

Таким образом, о перспективах промышленной переработки вторичного крабового сырья свидетельствуют следующие аспекты. Во-первых, крабы представляют собой мощный постоянно воспроизводимый в природе сырьевой источник для получения биологически ценных продуктов. Во-вторых, переработка отходов крабового производства, достигающих значительных объемов, позволяет решать экологическую проблему по снижению нагрузки на окружающую среду. В-третьих, привлечение в оборот вторичного крабового сырья способно дать дополнительный экономический эффект за счет производства и реализации биологически ценных, полезных для потребителя продуктов. Таким образом, одновременно могут решаться социальные, экологические и экономические задачи.

Список источников

1. Ponomareva, T., Timchenko, M., Filippov, M., Lapaev, S., Sogorin, E. Prospects of Red King Crab Hepatopancreas Processing: Fundamental and Applied Biochemistry. Recycling 2021, 6, 3.)
2. Подкорытова А. В., Строкова Н. Г., Семикова Н. В. Комплексная переработка камчатского краба при производстве пищевой продукции и биологически активных веществ // Труды ВНИРО. 2018. Т. 172. С. 198–212.
3. Патент № 2615476 С1 Российская Федерация, МПК А23К 10/12, А23К 10/26. Способ переработки отходов крабового производства с получением кормовой добавки : № 2015145012 ; заявл. 20.10.2015 ; опубл. 04.04.2017 / Т. А. Игнатова, Т. В. Родина, А. В. Подкорытова, О. В. Красюкова.
4. Патент № 2795474 С2 Российская Федерация, МПК А23J 1/04. Способ переработки отходов, полученных после разделки крабов : № 2020106655 ; заявл. 11.02.2020 ; опубл. 03.05.2023 / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, Е. В. Суворцева [и др.].

5. Подкорытова А. В., Игнатова Т. А., Родина Т. В., Строкова Н. Г. Биотехнология кормовых ферментолитов с аминополисахаридами из отходов от разделки камчатских крабов рода PARALITHODES // Биотехнология и качество жизни : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 18–20 марта 2014 года. Москва : Закрытое акционерное общество «Экспо-биохим-технологии», 2014. С. 298–299.

6. Crony G. Historical landmarks in the discovery of chitin // Sustainable Agriculture Reviews 35 / G. Crini, E. Lichtfouse (eds.). Springer Nature Switzerland AG, 2019. P. 1–47. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16538-3_1].

7. REP-GB-17235. Chitosan Oligosaccharides and Glucosamine Market Outlook (2023-2033) (A Detailed Analysis of Chitosan Oligosaccharides and Glucosamine Market on the Basis of Shrimp, Crab, and Krill). May 2023. 350 p. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/chitosan-oligosaccharides-and-glucosamine-market#>

8. Perez S.; Wertz J.-L. Chitin and Chitosans in the Bioeconomy. Boca Raton, London : Taylor & Francis Group, LLC. 2022. 173 p.

9. Muzzarelli R.A. Chitin. Oxford, New York et all. : Pergamon Press, 1970.

Сведения об авторах

С. Н. Максимова – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии продуктов питания, SPIN-code: 4857-2135.

Д. В. Полещук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания, SPIN-code: 7061-7970.

А. А. Миргородов – директор по производству ООО «Русский краб».

Information about the authors

S. N. Maksimova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technology, SPIN-code: 4857-2135.

D. V. Poleshchuk – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, SPIN-code: 7061-7970.

A. A. Mirgorodov – Director of Production of Russian Crab LLC.

Статья поступила в редакцию 31.05.2024; одобрена после рецензирования 10.06.2024; принята к публикации 13.06.2024.

The article was submitted 31.05.2024; approved after reviewing 10.06.2024; accepted for publication 13.06.2024.