

Ферментативная активность отходов от разделки северной креветки *Pandalus borealis* и их автопротеолитический потенциал

© Штрахов⁺ Максим Андреевич, Куприна* Елена Эдуардовна,
Шестопалова* Ирина Анатольевна, Бройко* Юлия Владимировна,
Репина* Юлия Николаевна

Кафедра технологии микробиологического синтеза. Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Московский пр., 24-26/49. г. Санкт-Петербург, 190013. Россия. Тел.: + 7 (921) 986-61-95. E-mail: forfixkon01@yandex.ru

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: вторичные продукты, отходы переработки, ракообразные, ферменты, депротеинирование.

Аннотация

Рост объемов переработки ракообразных, занимающих одно из ведущих мест на российском и мировом рынке гидробионтов, оборачивается накоплением панцирьсодержащих отходов, которые богаты белком, хитином, минеральными элементами и другими ценными соединениями, но чаще всего отправляются на выброс, загрязняя почвы и водоёмы. Обзор литературы показывает, что основным способом извлечения белка до сих пор остаётся химическое депротеинирование, однако его высокая результативность не окупает экологических издержек, а ферментативные методы, будучи более щадящими, пока уступают ему по эффективности. В связи с этим работа нацелена на разработку экологичной технологии глубокого депротеинирования с опорой на собственный протеолитический потенциал сырья. Объектом исследования служили отходы разделки северной креветки *Pandalus borealis*: установлены их состав и физико-химические свойства, активность ферментов протеолитического комплекса, равная 161.5 ± 7.4 и 215.6 ± 4.4 Е/г при pH 3.0 и 7.5 соответственно, а также изучено влияние pH, гидромодуля, температуры и продолжительности процесса на степень депротеинирования при автопротеоллизе, достигшую $88.7 \pm 0.2\%$ и $29.6 \pm 0.0\%$ при гидромодулях 1:10 и 1:3 соответственно. Полученные данные свидетельствуют о высоком содержании белка в отходах, о целесообразности его удаления автопротеолизом на начальном этапе получения чистых хитинсодержащих продуктов и о заметно большей активности протеаз головогруды в слабощелочной среде. Максимум депротеинирования в обоих случаях приходится на первый час процесса, а увеличение гидромодуля повышает результат почти втрое, что указывает на перспективность исследуемого объекта для создания двухэтапной технологии глубокой депротеинизации и последующего получения хитин-минерального комплекса.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Штрахов М.А., Куприна Е.Э., Шестопалова И.А., Бройко Ю.В., Репина Ю.Н. Ферментативная активность отходов от разделки северной креветки *Pandalus borealis* и их автопротеолитический потенциал.

Бутлеровские сообщения. 2026. Т.87. №9. С.138-144. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-138

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Штрахов М.А., Куприна Е.Э., Шестопалова И.А., Бройко Ю.В., Репина Ю.Н. Ферментативная активность отходов от разделки северной креветки *Pandalus borealis* и их автопротеолитический потенциал.

Бутлеровские сообщения С. 2026. Т.14. №3. Id.22. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-138/ROI-jbc-C/26-14-3-22 (Russian)

The output for citing the English online version of the article:

Maxim A. Shtrakhov, Yelena E. Kuprina, Irina A. Shestopalova, Yulia V. Broyko, Yulia N. Repina. Investigation of enzymatic activity of *Pandalus borealis* northern shrimp processing wastes and their autoprteolytic potential. *Butlerov Communications* C. 2026. Vol.14. No.3. Id.22. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-138/ROI-jbc-C/26-14-3-22

Литература

- [1] Федеральное агентство по рыболовству: официальный сайт. *Электронный ресурс*.
<https://fish.gov.ru/news/2026/08/26/operativnye-dannye-s-nachala-goda-rossijskie-rybaki-dobyli-bolee-32-mln-tonn-ryby/> (дата обращения: 18.09.2026). [Russia: Federal agency for fishery. *Electronic*

- ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ОТХОДОВ ОТ РАЗДЕЛКИ СЕВЕРНОЙ КРЕВЕТКИ *Pandalus borealis* ____ 138-144
Resource. [Accessed Sep. 18, 2026]. Available from: <https://fish.gov.ru/news/2026/08/26/operativnye-dannye-s-nachala-goda-rossijskie-rybaki-dobyli-bolee-32-mln-tonn-ryby/> (Russian)]
- [2] J.S. Tan, S. Abbasiliasi, C.K. Lee, P. Phapugrangkul. Chitin extraction from shrimp wastes by single step fermentation with *Lactobacillus acidophilus* FTDC3871 using response surface methodology. *J. Food Process Preserv.* **2020**. Vol.44. No.1. P.1-11. DOI:10.1111/jfpp.14895
 - [3] H. Duarte de Holanda, F.M. Netto. Recovery of components from shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) processing waste by enzymatic hydrolysis. *J. Food Sci.* **2006**. Vol.71. No.5. P.298-303. DOI:10.1111/j.1750-3841.2006.00040.x
 - [4] Куприна Е.Э., Овсяк Е.А., Кипрушкина Е.И., Шестопалова И.А., Бройко Ю.В., Мухаметшина Е.А., Шамцын М.М., Волкова О.В., Ильина В.С. Разработка электробиохимического способа переработки вторичного рыбного сырья для получения новых видов рыбопродукции. *Бутлеровские сообщения*. **2025**. Т.81. №1. С.105-113. DOI:10.37952/ROI-jbc-01/25-81-1-105 [Elena E. Kuprina, Elena A. Ovsuk, Elena I. Kiprushkina, Irina A. Shestopalova, Yulia V. Broyko, Ekaterina A. Muhametshina, Mark M. Shamtsyan, Olga V. Volkova, Victoria S. Ilina. Development of an electrochemical method for processing secondary fish raw materials for new types of fish products. *Butlerov Communications C.* **2025**. Vol.10. No.1. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-81-1-105/ROI-jbc-C/25-10-1-3]
 - [5] Younes I., Ghorbel-Bellaaj O., Nasri R., Chaabouni M., Rinaudo M., Nasri M. Chitin and chitosan preparation from shrimp shells using optimized enzymatic deproteinization. *Process Biochem.* **2012**. Vol.47. P.2032-2039. DOI:10.1016/j.procbio.2012.07.017
 - [6] ГОСТ 34430-2018. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Метод определения протеолитической активности: межгосударственный стандарт: издание официальное: введён впервые: дата введения 2019-07-01. Москва: Стандартинформ. **2018**. 15с. [State Standard of the Russian Federation No. 34430-2018. Enzyme preparations for food industry. Method of proteolytic activity determination. Moscow: Standartinform. **2018**. 15p. (Russian)]
 - [7] Шмелёва В.Г. Определение белков и аминокислот в микробной биомассе: методические указания. Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ). **2007**. 36с. [V.G. Shmeleva. Determination of proteins and amino acids in a microbial biomass: reference guidelines. St. Petersburg: Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University). **2007**. 36p. (Russian)]
 - [8] Зюзьгина А.А., Ярочкин А.П. Сравнительная характеристика общего химического состава и активности протеаз северной *Pandalus borealis*, углохвостой *Pandalus goniurus* и антарктической *Euphausias spp.* креветок. *Изв. ТИНРО*. **2006**. Т.147. С.354-360. [A.A. Zyuz'gina, A.P. Yarochkin. Comparative characteristic of general chemical compound and proteases activity of northern shrimp *Pandalus borealis*, humpy shrimp *Pandalus goniurus*, and antarctic shrimp *Euphausias spp.* *Izv TINRO*. **2006**. Vol.147. P.354-360. (Russian)]
 - [9] Ярочкин А.П., Тимчишина Г.Н., Акулин В.Н., Баштовой А.Н., Касьянов С.П., Виговская И.М. Биотехнология переработки мелких креветок для использования в пищевых продуктах. *Изв. ТИНРО*. **2020**. Т.200. №2. С.460-485. DOI:10.26428/1606-9919-2020-200-460-485 [A.P. Yarochkin, G.N. Timchishina, V.N. Akulin, A.N. Bashtovoy, S.P. Kasyanov, I.M. Vigovskaya. Biotechnological processing of small-sized shrimps for using as seafood. *Izv TINRO*. **2020**. Vol.200. No.2. P.460-485. DOI:10.26428/1606-9919-2020-200-460-485 (Russian)]
 - [10] Maxim A. Shtrakhov, Yelena E. Kuprina, Irina A. Shestopalova, Yulia V. Broyko, Yulia N. Repina. Investigation of enzymatic activity of *Pandalus borealis* northern shrimp processing wastes and their autoproteolytic potential. *Butlerov Communications C.* **2026**. Vol.14. No.3. Id.22. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-138/ROI-jbc-C/26-14-3-22
 - [11] Штрахов М.А., Куприна Е.Э., Шестопалова И.А., Бройко Ю.В., Репина Ю.Н. Ферментативная активность отходов от разделки северной креветки *Pandalus borealis* и их автопротеолитический потенциал. *Бутлеровские сообщения C.* **2026**. Т.14. №3. Id.22. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-138/ROI-jbc-C/26-14-3-22 (Russian)

The English version of the article has been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-C/26-14-3-22

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-9-138/ROI-jbc-C/26-14-3-22

Investigation of enzymatic activity of *Pandalus borealis* northern shrimp processing wastes and their autoproteolytic potential

**Maxim A. Shtrakhov,⁺ Yelena E. Kuprina,* Irina A. Shestopalova,*
Yulia V. Broyko,* Yulia N. Repina***

*Microbiological Synthesis Department. Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University).
Moscow Ave., 24-26/49. Saint Petersburg, 190013. Russia.
Phone: +7 (921) 986-61-95. E-mail: forfixkon01@yandex.ru*

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: secondary products, processing wastes, crustaceans, enzymes, deproteinization.

Abstract

The rise in volumes of crustacean processing – a type of marine organisms that is currently one of the most saleable on Russian and worldwide markets – comes with accumulating shell wastes which are rich in protein, chitin, mineral elements and other valuable compounds, but most often are getting vainly discharged, while contaminating soil and waters. The literature on subject reveals that chemical deproteinization still remains the main method of protein extraction, however its high efficiency does not make up for ecological costs – and enzymatic methods, albeit being more eco-friendly, so far are behind the traditional ones in regard of efficiency. Thereby, this work is aimed at developing the ecologically safe technology of deep deproteinization, with the key focus on applying the own proteolytic potential of the raw materials. The processing wastes of *Pandalus borealis* northern shrimp were used as objects of the study: we have investigated their composition, physical and chemical properties, activity of proteolytic complex enzymes, evaluated as 161.5 ± 7.4 and 215.6 ± 4.4 U/g upon pH 3.0 and 7.5, respectively, as well as influence of pH, duty of water, temperature and process duration on the deproteinization degree during autoproteolysis, reaching $88.7 \pm 0.2\%$ and $29.6 \pm 0.0\%$ upon 1:10 and 1:3 wastes-to-water ratio, respectively. The data acquired prove a large amount of protein in the wastes, the rationality of its recovery via autoproteolysis at the beginning stage of obtaining pure chitin products and the significantly higher activity of cephalothorax proteases in alkaline medium. The peak at deproteinization efficiency occurs within 1 hour in both cases, whilst increasing the duty of water brings the degree nearly threefold, thus advocating the optimistic prospect of the object researched for designing a two-stage technology of deep deproteinization and, subsequently, obtaining chitin-mineral complex.