

Методы деструкции животного сырья для получения биологически активных веществ

© Ярков^{1*} Илья Евгеньевич, Волков² Роман Геннадьевич,
Волкова^{3*+} Лариса Владимировна

Кафедра охраны окружающей среды. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Комсомольский пр-т, д.29. г. Пермь, 614990. Пермский край. Россия.

E-mail: wolkowalw@mail.ru

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: биологически активные вещества, ферментативный гидролиз, кислотный гидролиз, ультразвуковая экстракция, GMP, экологическая безопасность.

Аннотация

В последние годы в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности наблюдается устойчивый тренд на использование натуральных биологически активных веществ (БАВ) животного происхождения, в частности эмбрионального сырья птицы. Эффективность получения целевых продуктов из такого сырья напрямую зависит от выбранного метода деструкции тканевой матрицы. В настоящей работе проведен систематизированный сравнительный анализ существующих методов деструкции биологического сырья животного происхождения – ферментативного, кислотного, щелочного гидролиза, а также ультразвуковой и сверхкритической флюидной экстракции. Оценка методов проводилась по комплексу критериев: выход и качество целевых продуктов, сохранность нативной структуры пептидов, соответствие правилам надлежащей производственной практики (GMP) и экологическая безопасность процессов. На основе анализа современных отечественных и зарубежных литературных источников показано, что традиционные кислотный и щелочной гидролизы, несмотря на высокую степень деструкции, сопровождаются рацемизацией аминокислот, образованием токсичных субстратов и формированием значительных объемов агрессивных сточных вод, что ограничивает их применение в пищевой и фармацевтической отраслях. Ферментативный гидролиз протеазами (трипсином, коллагеназой, нейтразой) и физические методы (ультразвуковая кавитация, сверхкритическая CO₂-экстракция) лишены указанных недостатков и соответствуют принципам «зеленой» биотехнологии. Особое внимание уделено специфике эмбрионального сырья птицы, содержащего коллаген III типа, факторы роста и лабильные пептиды, для которых наиболее перспективными являются мягкие методы деструкции. Результаты работы могут служить научным обоснованием выбора метода экстракции при разработке технологий получения биоактивных препаратов из вторичных продуктов птицеводства.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Ярков И.Е., Волков Р.Г., Волкова Л.В. Методы деструкции животного сырья для получения биологически активных веществ. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.87. №8. С.99-107. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-99

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Ярков И.Е., Волков Р.Г., Волкова Л.В. Методы деструкции животного сырья для получения биологически активных веществ. *Бутлеровские сообщения* С. 2026. Т.14. №3. Id.10. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-99/ROI-jbc-C/26-14-3-10 (Russian)

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

Ilya E. Yarkov, Roman G. Volkov, Larisa V. Volkova. Methods of animal raw material destruction for obtaining biologically active substances. *Butlerov Communications C*. 2026. Vol.14. No.3. Id.10. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-99/ROI-jbc-C/26-14-3-10

Литература

- [1] Волкова Л.В., Ярков И.Е. Куриные эмбрионы как объект создания косметических препаратов. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*. 2025. №2. С.21-36. DOI: 10.15593/2224-9400/2025.2.02 [L.V. Volkova, I.E. Yarkov. Chicken embryos as an object of creation of cosmetic

- preparations. *Chemical Technology and Biotechnology*. **2025**. No.2. P.21-36. DOI: 10.15593/2224-9400/2025.2.02. (Russian)]
- [2] I. Rzhepakovsky, S. Piskov, S. Avanesyan, N. Dudchik, M. Sizonenko, L. Timchenko, V. Kurchenko, A. Osadchy, A. Nagdalian, S.M. Jafari. Functional and health-promoting bioactivities of fractions derived from chicken embryo hydrolysates. *Food Research International*. **2025**. Vol.219. Article 117058. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.117058
- [3] Сидорова Ю.С., Петров Н.А., Зорин С.Н., Мазо В.К. Инновационные методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья. *Вопросы питания*. **2023**. Т.92. №6. С.28-37. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-6-28-37 [Yu.S. Sidorova, N.A. Petrov, S.N. Zorin, V.K. Mazo. Innovative methods for extracting bioactive compounds from plant materials. *Problems of Nutrition*. **2023**. Vol.92. No.6. P.28-37. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-6-28-37. (Russian)]
- [4] Фабрицкая А.А., Семенихин С.О., Городецкий В.О., Котляревская Н.И., Викторова Е.П. Современные исследования в области интенсификации процесса экстракции биологически активных веществ из растительного сырья с применением ферментов. *Новые технологии*. **2021**. Т.17. №2. С.56-66. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-2-56-66 [A.A. Fabritskaya, S.O. Semenikhin, V.O. Gorodetsky, N.I. Kotlyarevskaya, E.P. Victorova. Modern research on the extraction of biologically active substances from plant raw materials using enzymes. *New Technologies*. **2021**. Vol.17. No.2. P.56-66. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-2-56-66. (Russian)]
- [5] Фисинин В.И., Исмаилова Д.Ю., Волик В.Г., Лукашенко В.С., Салеева И.П. Глубокая переработка вторичных продуктов птицеводства для разных направлений спользования. *Сельскохозяйственная биология*. **2017**. Т.52. №6. С.1105-1115. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1105rus [V.I. Fisinin, D.Yu. Ismailova, V.G. Volik, V.S. Lukashenko, I.P. Saleeva. Deep processing of collagen-rich poultry products for different use. *Agricultural Biology*. **2017**. Vol.52. No.6. P.1105-1115. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1105rus. (Russian)]
- [6] Запорожский А.А., Касьянов Г.И. Биотехнологические методы повышения пищевой ценности мясного и рыбного сырья. *Известия вузов. Пищевая технология*. **2007**. №3. С.4-7. [A.A. Zaporozhskiy, G.I. Kas'yanov. Biotechnological methods for increasing the nutritional value of meat and fish raw materials. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Food Technology*. **2007**. No.3. P.4-7. (Russian)]
- [7] Сухих С.А., Бабич О.О., Ульрих Е.В. Изучение коллагеназной активности ферментов микробного, растительного и животного происхождения. *АгроЭкоИнженерия*. **2021**. №2(107). С.142-148. [S.A. Sukhikh, O.O. Babich, E.V. Ul'rikh. Study of collagenase activity of the microbial, plant, and animal enzymes. *AgroEcoEngineering*. **2021**. No.2(107). P.142-148. (Russian)]
- [8] Чернуха И.М., Машенцева Н.Г., Вострикова Н.Л., Ковалев Л.И., Ковалева М.А., Афанасьев Д.А., Бажаев А.А. Образование биологически активных пептидов в мясном сырье под влиянием протеаз различного происхождения. *Сельскохозяйственная биология*. **2018**. Т.53. №6. С.1247-1261. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.6.1247rus [I.M. Chernukha, N.G. Mashentseva, N.L. Vostrikova, L.I. Kovalev, M.A. Kovaleva, D.A. Afanas'ev, A.A. Bazhaev. Generation of bioactive peptides in meat raw materials exposed to proteases of different origin. *Agricultural Biology*. **2018**. Vol.53. No.6. P.1247-1261. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.6.1247rus. (Russian)]
- [9] A. Boukil, V. Perreault, J. Chamberland, S. Mezdour, Y. Pouliot, A. Doyen. High hydrostatic pressure-assisted enzymatic hydrolysis affect mealworm allergenic proteins. *Molecules*. **2020**. Vol.25. No.11. Article 2685. DOI: 10.3390/molecules25112685
- [10] Патент РФ № 2510398. Способ выделения низкомолекулярных пептидов. Волкова Л.В., Казьянин А.В., Мальгина Д.Ю. **2014**. [Patent Ru No. 2510398. Method for isolation of low-molecular-weight peptides. L.V. Volkova, A.V. Kazyanin, D.Yu. Malgina. **2014**. (Russian)]
- [11] Мальгина Д.Ю. Разработка технологии гемодеривата из отходов производства интерферона и перспективы его использования. *Автореф. к.ф.н.* **2014**. 21с. [D.Yu. Malgina. Development of a technology for producing hemoderivat from interferon production waste and prospects for its use. *Abstract of PhD Thesis*. **2014**. 21p. (Russian)]
- [12] H. Zheng, S. Zhao, Y. Lu, N. Zhang, O.P. Soladoye, Y. Zhang, Y. Fu. Toward the high-efficient utilization of poultry blood: insights into functionality, bioactivity and functional components. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **2024**. Vol.64. No.27. P.10069-10088. DOI: 10.1080/10408398.2023.2220396
- [13] Y.M.S. Amaral, R.J.S. de Castro. Unraveling the biological potential of chicken viscera proteins: a study based on their enzymatic hydrolysis to obtain hydrolysates with antioxidant properties. *Prep. Biochem. Biotechnol.* **2024**. Vol.54. No.6. P.809-818. DOI: 10.1080/10826068.2023.2297685
- [14] X. Zhang, X. Li, S.Q. Liu. Enzymatic hydrolysis of minced chicken carcasses for protein hydrolysate production. *Poult. Sci.* **2023**. Vol.102. No.8. Article 102791. DOI: 10.1016/j.psj.2023.102791

- [15] I. Marcet, M. Carpintero, M. Rendueles, M. Diaz. Antioxidant activity of egg yolk protein hydrolysates obtained by enzymatic and sub-critical water hydrolysis. *Molecules*. **2023**. Vol.28. No.23. Article 7836. DOI: 10.3390/molecules28237836
- [16] L. Hao, X. Li, B. Zhao, X. Song, Y. Zhang, Q. Liang. Enzymatic hydrolysis optimization of yak whey protein concentrates and bioactivity evaluation of the ultrafiltered peptide fractions. *Molecules*. **2024**. Vol.29. No.6. Article 1403. DOI: 10.3390/molecules29061403
- [17] M. Abou-Diab, J. Thibodeau, B. Deracinois, C. Flahaut, I. Fliss, P. Dhulster, L. Bazinet, N. Nedjar. Bovine hemoglobin enzymatic hydrolysis by a new eco-efficient process – Part II: production of bioactive peptides. *Membranes*. **2020**. Vol.10. No.10. Article 268. DOI: 10.3390/membranes10100268
- [18] S.N. Rios-Morales, V.G. Tacias-Pascacio, M.G. Aguilar-Uscanga, B. Torrestiana-Sanchez. Sequential enzymatic hydrolysis of egg yolk proteins: kinetics, functionality, and bioactivity of hydrolysates. *International Journal of Biological Macromolecules*. **2025**. Vol.318. Pt 2. Article 145163. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.145163
- [19] Подосокорская О.А. Переработка отходов птицефабрик: современные подходы и перспективы. *Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета*. **2017**. №3(15). [О.А. Podosokorskaya. Processing of poultry factory waste: modern approaches and prospects. *Auditorium. Electronic Scientific Journal of Kursk State University*. **2017**. No.3(15). (Russian)]
- [20] Кильмаев А.А., Разумовская Р.Г. Исследование ферментативного гидролиза малоценного рыбного сырья в технологии получения белковых продуктов. *Вестник Астраханского государственного технического университета*. **2007**. №3(38). С.120-124. [A.A. Kil'maev, R.G. Razumovskaya. The research of fermentative hydrolyze of invaluable fish raw material in the technology of protein products receiving. *Bulletin of Astrakhan State Technical University*. **2007**. No.3(38). P.120-124. (Russian)]
- [21] Тихонова Ю.В., Кривоносова Л.Г., Ломакин С.П., Филатова Э.С., Хабибуллин Р.Р. Структурно-механические показатели кисломолочных продуктов с гидролизатом белка из кожи рыб. *Вопросы питания*. **2018**. Т.87. №5. Прил. С.243-244. [Yu.V. Tikhonova, L.G. Krivonosova, S.P. Lomakin, E.S. Filatova, R.R. Khabibullin. Structural and mechanical indicators of fermented milk products with protein hydrolysate from fish skin. *Problems of Nutrition*. **2018**. Vol.87. No.5. Suppl. P.243-244. (Russian)]
- [22] Куцакова В.Е., Москвичев А.С., Чернышева Е.В., Елыгина К.А. О переработке отходов птицеперерабатывающей промышленности. *Вестник Международной академии холода*. **2006**. №3. [V.E. Kutsakova, A.S. Moskrichiev, E.V. Chernysheva, K.A. Elygina. On the processing of poultry industry waste. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. **2006**. No.3. (Russian)]
- [23] Попова Н.В., Потороко И.Ю. Повышение эффективности экстракции биологически активных веществ из растительного сырья методом ультразвукового воздействия. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. **2018**. Т.6. №1. С.14-22. DOI: 10.14529/food180102 [N.V. Popova, I.Yu. Potoroko. Increase of efficiency of biologically active substance extraction from vegetable raw material by ultrasonic treatment. *Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. **2018**. Vol.6. No.1. P.14-22. DOI: 10.14529/food180102. (Russian)]
- [24] Y. Zhao, M. Zhong, S. Pang, P. Liu, Y. Sun, Q. Liang, K. Yu, J. Wang, A. Rehman, A. Rashid, H. Ma, X. Ren. Exploring the potential of ultrasound: novel approaches to collagen extraction, modifications, and polypeptide preparation. *Ultrasonics Sonochemistry*. **2025**. Vol.120. Article 107504. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2025.107504
- [25] T. Sun, Z. Xu, J.S. Godber. Ultrasound assisted extraction in quantifying lutein from chicken liver using high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B*. **2006**. Vol.830. No.1. P.158-160. DOI: 10.1016/j.jchromb.2005.10.029
- [26] Z. Song, W. Ni, B. Li, Y. Ma, L. Han, Q. Yu. Sustainable ferritin from bovine by-product liver as a potential resource: ultrasound assisted extraction and physicochemical, structural, functional, and stable analysis. *International Journal of Biological Macromolecules*. **2024**. Vol.281. Pt 1. Article 136264. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.136264
- [27] Попова А.С. Исследование метода сверхкритической флюидной экстракции для выделения биологически активных веществ багульника. *Достижения вузовской науки*. **2015**. №17. С.133-141. [A.S. Popova. Study of the method of supercritical fluid extraction for the isolation of biologically active substances of Ledum. *Achievements of University-Based Research*. **2015**. No.17. P.133-141. (Russian)]
- [28] Стародубцева Н.И. Предприятия пищевой промышленности как источники загрязнения окружающей среды. *Экономика и социум*. **2018**. №5(48). С.1103-1106. [N.I. Starodubtseva. Food industry enterprises as sources of environmental pollution. *Economy and Society*. **2018**. No.5(48). P.1103-1106. (Russian)]

- [29] Корнилов Н.И., Степаненко Е.Е., Корнилова Е.Н., Чуksин И.С. Биотехнологический комплекс по переработке отходов жизнедеятельности живых систем: основа устойчивого развития органического сельского хозяйства. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. **2014**. №2(14). С.207-211. [N.I. Kornilov, E.E. Stepanenko, E.N. Kornilova, I.S. Chuksin. Biotechnological complex for living system waste processing: the basis of sustainable development of organic agriculture. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. **2014**. No.2(14). P.207-211. (Russian)]
- [30] K. Mishra, S.S. Siwal, S.C. Nayaka, Z. Guan, V.K. Thakur. Waste-to-chemicals: green solutions for bioeconomy markets. *Science of the Total Environment*. **2023**. Vol.887. Article 164006. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164006
- [31] Z. Usmani, M. Sharma, A.K. Awasthi, G.D. Sharma, D. Cysneiros, S.C. Nayak, V.K. Thakur, R. Naidu, A. Pandey, V.K. Gupta. Minimizing hazardous impact of food waste in a circular economy - advances in resource recovery through green strategies. *Journal of Hazardous Materials*. **2021**. Vol.416. Article 126154. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.126154
- [32] A.R. Abubakar, M. Haque. Preparation of medicinal plants: basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *J. Pharm. Bioallied. Sci.* **2020**. Vol.12. No.1. P.1-10. DOI: 10.4103/jpbs.JPBS_175_19
- [33] M. Cristianini, J.S. Guillen Sanchez. Extraction of bioactive compounds from purple corn using emerging technologies: a review. *J. Food Sci.* **2020**. Vol.85. No.4. P.862-869. DOI: 10.1111/1750-3841.15074
- [34] F.N. Idris, M. Mohd Nadzir. Comparative studies on different extraction methods of *Centella asiatica* and extracts bioactive compounds effects on antimicrobial activities. *Antibiotics*. **2021**. Vol.10. No.4. Article 457. DOI: 10.3390/antibiotics10040457
- [35] Габидова А.Э., Галынкин В.А. Унифицированная и упрощенная технологическая схема при производстве активных фармацевтических субстанций и готовых лекарственных средств. *Известия СПбГИТ(ТУ)*. **2016**. №36(62). С.93-98. [A.E. Gabidova, V.A. Galynkin. A unified and simplified flow diagram of the production of active pharmaceutical ingredients and the finished dosage forms. *Bulletin of the St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University)*. **2016**. No.36(62). P.93-98. (Russian)]
- [36] Z.A. Hewitt, K.J. Amps, H.D. Moore. Derivation of GMP raw materials for use in regenerative medicine: hESC-based therapies, progress toward clinical application. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*. **2007**. Vol.82. No.4. P.448-452. DOI: 10.1038/sj.clpt.6100321
- [37] S. Notermans, G.C. Mead. Incorporation of elements of quantitative risk analysis in the HACCP system. *International Journal of Food Microbiology*. **1996**. Vol.30. No.1-2. P.157-173. DOI: 10.1016/0168-1605(96)00997-x
- [38] Афанасьев Д.А., Машенцева Н.Г., Чернуха И.М., Ахангаран М., Гхаравири М. Оценка функциональности пептидов с применением методов биоинформатики. *Всё о мясе*. **2021**. №6. С.48-53. DOI: 10.21323/2071-2499-2021-6-48-53 [D.A. Afanas'ev, N.G. Mashentseva, I.M. Chernukha, M. Akhangaran, M. Gharaviri. Bioinformatics assessment of peptides functionality. *All About Meat*. **2021**. No.6. P.48-53. DOI: 10.21323/2071-2499-2021-6-48-53. (Russian)]
- [39] H. Zheng, S. Zhao, Y. Lu, N. Zhang, O.P. Soladoye, Y. Zhang, Y. Fu. Toward the high-efficient utilization of poultry blood: insights into functionality, bioactivity and functional components. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **2024**. Vol.64. No.27. P.10069-10088. DOI: 10.1080/10408398.2023.2220396
- [40] Ilya E. Yarkov, Roman G. Volkov, Larisa V. Volkova. Methods of animal raw material destruction for obtaining biologically active substances. *Butlerov Communications C*. **2026**. Vol.14. No.3. Id.10. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-99/ROI-jbc-C/26-14-3-10
- [41] Ярков И.Е., Волков Р.Г., Волкова Л.В. Методы деструкции животного сырья для получения биологически активных веществ. *Бутлеровские сообщения C*. **2026**. Т.14. №3. Id.10. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-99/ROI-jbc-C/26-14-3-10 (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/26-14-3-10

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-87-8-99/ROI-jbc-C/26-14-3-10

Methods of animal raw material destruction for obtaining biologically active substances

Ilya E. Yarkov,* Roman G. Volkov, Larisa V. Volkova*⁺

*Department of Environmental Protection. Perm National Research Polytechnic University.
Komsomol Ave., 29. Perm, 614990. Perm Kray. Russia. E-mail: wolkowalw@mail.ru*

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Abstract

In recent years, the food, pharmaceutical and cosmetic industries have shown a steady trend towards the use of natural biologically active substances (BAS) of animal origin, in particular poultry embryonic raw materials. The efficiency of obtaining target products from such raw materials directly depends on the chosen method of tissue matrix destruction. This paper presents a systematized comparative analysis of existing methods for the destruction of biological raw materials of animal origin – enzymatic, acid, alkaline hydrolysis, as well as ultrasonic and supercritical fluid extraction. The methods were evaluated according to a set of criteria: yield and quality of target products, preservation of the native structure of peptides, compliance with Good Manufacturing Practice (GMP) rules and environmental safety of processes. Based on the analysis of modern domestic and foreign literary sources, it is shown that traditional acid and alkaline hydrolyses, despite the high degree of destruction, are accompanied by racemization of amino acids, formation of toxic substrates and generation of significant volumes of aggressive wastewater, which limits their use in the food and pharmaceutical industries. Enzymatic hydrolysis by proteases (trypsin, collagenase, neutrase) and physical methods (ultrasonic cavitation, supercritical CO₂ extraction) are free from these disadvantages and comply with the principles of «green» biotechnology. Special attention is paid to the specifics of poultry embryonic raw materials containing type III collagen, growth factors and labile peptides, for which mild destruction methods are the most promising. The results of the work can serve as a scientific justification for the choice of extraction method when developing technologies for obtaining bioactive preparations from secondary poultry products.