

УДК 573.6.086.83:664.022.3

Исследования по ферментативному гидролизу покровных тканей судака

В. С. КАЗАКОВА¹, канд. тех. наук Е. С. ЗЕМЛЯКОВА²¹vashilo_vika@mail.ru, ²evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

Калининградский государственный технический университет

Россия входит в десятку стран по добыче водных биологических ресурсов. Потенциал вторичного рыбного сырья, накапливаемого при разделке рыб, в настоящее время не раскрыт полностью. На территории Калининградской обл. наиболее перспективными источниками исследований являются: судак, треска, лещ, салака, килька. Целью данной работы является оценка эффективности применения ферментов для обработки продуктов разделки судака, а именно покровной ткани. Покровная ткань составляет 2–7% общей массы рыбы и состоит из значительного количества коллагеновых белков. В составе. В данном исследовании были обоснованы параметры ферментативного гидролиза покровных тканей судака с использованием следующих протеолитических ферментных препаратов: папаин (производство Animox, Германия) и фермента Alcalase® 2,4 L (производство Novozymes, Дания). По данным производителя оба фермента проявляют наибольшую активность при температуре 50 °С и нейтральном рН 6–7, что соответствует естественному рН рыбного сырья. Варьировали количество вносимого ферментного препарата для достижения наибольшего выхода конечного продукта. Анализировали влияние продолжительности процесса. Для обоснования времени проведения ферментализации путем формольного титрования оценивали количество накопленного небелкового аминного азота в протеиновом экстракте. Степень гидролиза является критерием эффективности ферментных препаратов. Оценивали прирост продуктов расщепления белка в растворимой фракции и негидролизованном субстрате. В ходе всего времени ферментализации, с шагом в 30 мин, определяли количество сухих веществ. Ферментализацию вели в течение 12 ч при постоянном перемешивании и гидромодуле 1:3. По результатам проведенных исследований для ферментативного гидролиза покровных тканей рыб обоснован выбор ферментного препарата папаин: при дозировке фермента 1,5% к массе сырья и проведении ферментализации в течение 3,5 ч получен наиболее высокий показатель степени гидролиза сырья равный 75 %.

Ключевые слова: вторичное рыбное сырье, покровные ткани рыб, протеолитические ферменты, ферментализация.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 30.10.2023, одобрена после рецензирования 11.01.2024, принята к печати 18.01.2024

DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-79-84

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Казакова В. С., Землякова Е. С. Исследования по ферментативному гидролизу покровных тканей судака // Вестник Международной академии холода. 2024. № 1. С. 79–84. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-79-84

Enzymatic hydrolysis of integumentary tissues of pike perch

V. S. KAZAKOVA¹, Ph. D. E. S. ZEMLYAKOVA²¹vashilo_vika@mail.ru, ²evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

Kaliningrad State Technical University

Russia is among the top ten countries in the extraction of aquatic biological resources. The potential of secondary fish raw materials accumulated during the cutting of fish is not fully disclosed at present. On the territory of the Kaliningrad region the most promising sources of research are: pike perch, cod, bream, herring, and sprat. The purpose of this work is to evaluate the effectiveness of the use of enzymes for processing products of pike-perch cutting, namely the integumentary tissue. The integumentary tissue makes up 2–7% of the total mass of fish and consists of a significant amount of collagen proteins. In this study, the parameters of enzymatic hydrolysis of pike-perch integumentary tissues were substantiated using the following proteolytic enzyme preparations: Papain (manufactured by Animox, Germany) and the enzyme Alcalase® 2,4 L from Novozymes, Denmark. According to the manufacturer, both enzymes are most active at a temperature of 50 ° and neutral pH 6–7, which corresponds to the natural pH of fish raw materials. The amount of the introduced enzyme preparation was varied to achieve the highest yield of the final product. The influence of the duration of the process was analyzed. To justify the time of fermentolysis by formative titration, the amount of accumulated non-protein amine nitrogen in the protein extract was estimated. The degree of hydrolysis is a criterion for the effectiveness of enzyme preparations. The growth of protein breakdown products in the soluble fraction and non-hydrolyzed substrate was evaluated. During the time of fermentolysis, in increments of 30 minutes, the amount of dry substances was determined. Fermentolysis was carried out for 12 hours with constant stirring and a 1:3 hydromodule. According to the results of the studies carried out

for the enzymatic hydrolysis of the integumentary tissues of fish, the choice of the enzyme preparation Papain is justified: at the dosage of the enzyme of 1.5 % by weight of the raw material and carrying out fermentolysis for 3.5 hours, the highest indicator of the degree of hydrolysis of the raw material (to 75 %) was obtained.

Keywords: secondary fish raw materials, fish integumentary tissues, proteolytic enzymes, fermentolysis.

Article info:

Received 30/10/2023, approved after reviewing 11/01/2024, accepted 18/01/2024

DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-79-84

Article in Russian

For citation:

Kazakova V. S., Zemlyakova E. S. Enzymatic hydrolysis of integumentary tissues of pike perch. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2024. No 1. p. 79–84. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-79-84

Введение

Рыбная промышленность ежегодно производит тонны вторичных продуктов, из которых более 30 % составляют шкуры и кости [1]. Вторичное рыбное сырье Калининградской области можно перерабатывать и использовать для различных целей, от производства кормов для животных до биотехнологических, пищевых и медицинских нужд [2]–[4]. Наиболее ценным продуктом, требующим дополнительного изучения, являются биополимеры покровных тканей рыб [5, 6]. Полисахариды являются важной подгруппой биополимеров. В живых организмах они выполняют две основных функции структурную и резервную. Особый интерес представляют гликозаминогликаны (ГАГ) — это линейные, кислые полисахариды. Существует два основных типа: несulfатированные (гиалоурановая кислота) и sulfатированные ГАГ, представляющие собой хондроитинсульфат (ХС), дерматансульфат (ДС), кератансульфат (КС), гепарин и гепарансульфат (ГС) [7]. Считается, что ГАГ входят в состав многих живых организмов. Известны работы по получению ГАГ из хрящей наземных животных, таких как крупный рогатый скот, свиньи и птицы или из морских организмов, таких как кожа скатов, акул и хрящ, хрящи осетровых рыб и костистые рыбы [8]–[10]. Sulfатированные ГАГ из рыбных источников обладают важной фармакологической активностью, такой как антиоксидантное и нейропротекторное действие, противовирусное, антикоагулянтное и антитромботическое, противоопухолевое и противовоспалительное, антикомплемментарное и антиадгезивное [11]–[15]. Наиболее эффективным способом получения ГАГ является экстракция из предварительно гидролизованного сырья. Качество экстрагируемых биополимеров зависит от таких факторов как качество сырья, параметры гидролиза, способ фракционирования и очистки гидролизатов.

Цель и задачи исследования

Целью настоящего исследования является обоснование использования ферментных препаратов при гидролизе кожи судака для возможности использования их в технологии получения гликозаминогликанов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- проведение гидролиза покровных тканей рыб;
- обоснование дозировки ферментного препарата и времени проведения ферментализации;
- выбор наиболее эффективного фермента.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования были выбраны покровные ткани рыб судака, выловленного в бассейнах Калининградской области. Для проведения ферментативного гидролиза использовали коммерческие ферментные препараты Папаин (изготовленный в лаборатории биотехнологического предприятия компании Novozymes) и Алкалаза (изготовленные в лаборатории биотехнологического предприятия Animox) — далее папаин и алкалаза соответственно. Эти ферменты активно расщепляют на коллагеновые волокна. Под действием ферментов происходит и распад связей коллагена с углеводами. Условия оптимального действия ферментов (рН, температура) установлены в инструкции по применению ферментных препаратов и представлены в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальные условия действия ферментов папаина и алкалазы

Table 1

Optimum conditions for Alcalase and Papain enzymatic activity

Фермент	Оптимальное значение рН	Оптимальные значения температуры, °С
Папаин	5,0–7,2	37–50
Алкалаза	6,5–9,0	45–55

Для определения оптимальных параметров ферментативного гидролиза в качестве сырья использовали покровные ткани рыб судака, выловленного в бассейнах Калининградской области. Образцы были получены после разделки рыбы на филе. Остатки мышечной ткани тщательно зачищались вручную (рис. 1). Образцы дважды промывали водопроводной водой и измельчали до размеров не более 1,5 см², затем помещали в герметичные полиэтиленовые пакеты и хранили при температуре –18 °С до дальнейшего использования.

Для исследования процесса ферментативного гидролиза покровных тканей судака использовались два ферментных препарата: папаин и алкалаза. Согласно литературным данным, используемые ферменты обладают протеолитической и коллагеназной активностью [16]. Применение этих ферментов целесообразно для сырья с большим содержанием соединительных тканей. Наибольшая активность выбранных ферментов при температуре 50 °С и рН 6–7. Естественный рН рыбного сырья так же находится в диапазоне нейтральной среды. При проведении эксперимента изменяли количество вно-



Рис. 1. Внешний вид сырья
Fig. 1. Appearance of raw materials

симого ферментного препарата и продолжительность гидролиза. Использовали пять дозировок ферментных препаратов: 0,5; 0,1; 1,5; 2; 2,5% каждого фермента к массе сырья. Воду к измельченному сырью добавляли в соотношении 1:3 (до полного покрытия кожи), подогрели до температуры проведения гидролиза вносили ферментный препарат. Продолжительность ферментации составляла до 10 ч (при постоянном перемешивании).

При ферментативном гидролизе белков происходит процесс постепенного разрушения структуры тканей и накопления промежуточных и конечных продуктов распада белка. Накопление небелкового экстрактивного азота, в состав которого входят свободные аминокислоты, можно определить методом формольного титрования. Прирост продуктов расщепления белка фиксируется степенью гидролиза (СГ). В ходе проведения ферментации каждые 30 мин отбирали пробу на определение показателя формольнонитруемого азота (ФТА). Определение проводили в соответствие с ГОСТ 7636–85. Данный метод позволяет по результатам титрования карбоксильных групп косвенно определить количество аминокрупп, связанных с формалином.

Содержание ФТА в мг на 100 г продукта определяют по формуле (1):

$$\text{ФТА} = \frac{a \cdot K \cdot 1,4V}{m \cdot V_1}, \quad (1)$$

где a — количество щелочи, использованной для титрования, мл; K — поправочный коэффициент для 0,1 раствора щелочи; V — объем колбы разведения, мл; V_1 — объем фильтрата, взятый на титрование; m — масса навески, г.

Степень гидролиза (СГ) белка оценивалась по изменению формольно-титруемого азота в гидролизате после определенного времени проведения гидролиза и негидролизованном сырье по формуле (2):

$$\text{СГ} = \frac{N_{\text{AA}} - N_{\text{AA}_0}}{N_{\text{OA}} - N_{\text{AA}_0}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где, N_{OA} — содержание общего азота, %; N_{AA_0} — содержание аминного азота в негидролизованном сырье, %; N_{AA} — содержание аминного азота в гидролизате после гидролиза в течение некоторого периода времени, %.

Результаты исследования

Ферментализ покровных тканей рыб открывает потенциальные возможности использования вторичных отходов для извлечения содержащихся в своем составе различных гликозаминогликанов, представленных не в свободном виде, а тесно связанные с белком коллагеном [7, 8].

Процесс гидролиза покровных тканей судака сопровождался смещением значений pH гидролизата в щелочную сторону (рис. 2), но не выходило за оптимальные значения pH фермента, указанные в табл. 1.

Соотношение фермент — субстрат оказывает значимое влияние на эффективность действия ферментов [17]. Первоначально следует сделать выбор концентраций применяемых ферментных препаратов. Дозировка фермента подбиралась в % к массе сырья. Степень эффективности выбранной дозировки оценивали по накоплению ФТА (рис. 3).

Из графика, показанного на рис. 3, видно, что наиболее активный рост ФТА происходит при добавлении алкалазы в количестве 2 % к массе сырья. Целесообразно проводить гидролиз в течение 5 ч, поскольку после этого времени накопление ФТА в выбранной концентрации фермента не происходит. Косвенно зафиксировать поэтапный переход продуктов гидролиза в гидролизат

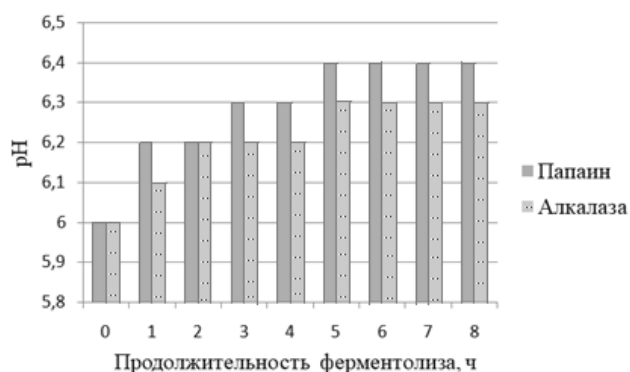


Рис. 2. Динамика изменения pH при гидролизе кожи судака
Fig. 2. Dynamics of pH at pike-perch skin hydrolysis

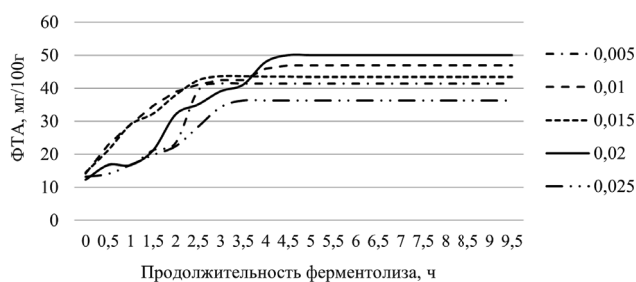


Рис. 3. Динамика накопления ФТА при ферментации алкалазой различной дозировки

Fig. 3. Accumulation of formalin-titrable nitrogen at fermentolysis by Alcalase at various dosages

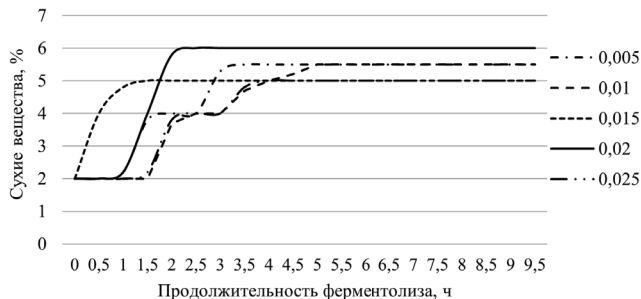


Рис. 4. Динамика накопления сухих веществ при ферментации алкалазой различной дозировки

Fig. 4. Accumulation of dry matter at fermentolysis by Alcalase at various dosages



Рис. 5. Динамика накопления ФТА при ферментации папаином различной дозировки

Fig. 5. Accumulation of formalin-titrable nitrogen at fermentolysis by Papain at various dosages



Рис. 6. Динамика накопления сухих веществ при ферментации папаином различной дозировки

Fig. 6. Accumulation of dry matter at fermentolysis by Papain at various dosages

позволяет визуальная оценка пробы. Изменение прозрачности раствора наблюдается в промежутке 1,5–2 ч. Образуется однородная серая субстанция, что может быть обусловлено отщеплением от клеточного слоя протеина.

Параллельно определению ФТА проводили наблюдение за накоплением сухих веществ. Каждые 30 мин из системы отбирали пробу на анализ (рис. 4).

Наиболее активный рост сухих веществ, в соответствии с графиком на рис. 4, наблюдается при использовании для гидролиза фермента алкалазы в количестве 2 % к массе сырья. Увеличение ФТА и накопление сухих веществ находятся в прямо пропорциональной зависимости.

Из графика, показанного на рис. 5, видно, что наиболее активный рост ФТА происходит при добавлении папаина в количестве 1,5% к массе сырья. Целесообразно проводить гидролиз в течение 4 ч, поскольку после этого времени накопление ФТА в выбранной концентрации фермента не происходит. При визуальной оценке образцов и продолжительности гидролиза 1–1,5 ч наблюдалось изменение прозрачности. Появление взвесей позволяет косвенно зафиксировать поэтапный переход продуктов гидролиза в гидролизат. По истечении 3 ч наблюдалось появление однородной серой субстанции, практически полное растворение кожи.

Параллельно определению ФТА проводили наблюдение за накоплением сухих веществ. Каждые 30 мин из системы отбирали пробу на анализ.

Из графика на рис. 6 видно, что наиболее активный и быстрый рост сухих веществ происходил при добавлении при использовании папаина в количестве 1,5% к массе сырья.

На рис. 7 приведены объединенные данные по оптимальным концентрациям изучаемых ферментов. Видно, что скорость гидролиза при использовании фермента папаина при меньшей концентрации (1,5% относительно 2%) несколько выше, чем при использовании алкалазы.

Накопление сухих веществ происходит интенсивнее при гидролизе папаином, количество накопленных сухих веществ в два раза превосходит количество сухих веществ, накопленных при использовании фермента алкалазы (рис. 8).

Таблица 2

Показатели степени гидролиза вторичного рыбного сырья

Table 2

Hydrolysis degree of secondary fish raw materials

Ферментный препарат	Количество фермента, % к массе сырья	Степень гидролиза, %
Алкалаза	2,0	55
Папаин	1,5	75

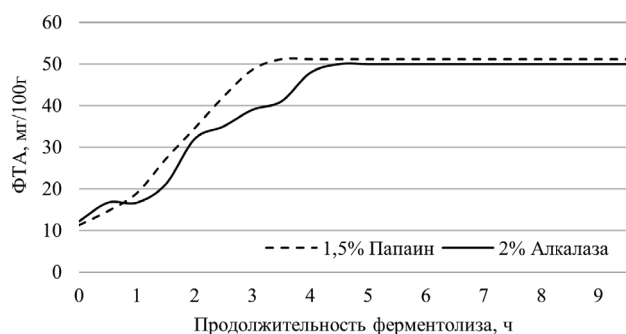


Рис. 7. Динамика накопления ФТА при ферментации папаином и алкалазой

Fig. 7. Accumulation of formalin-titratable nitrogen at fermentation by Papain and Alcalase



Рис. 8. Динамика накопления сухих веществ при ферментации папаином и алкалазой

Fig. 8. Accumulation of dry matter at fermentation by Papain and Alcalase

Сравнение показателей степени гидролиза кож судака при использовании изучаемых ферментных препаратов указаны в табл. 2. Использование папаина в данном процессе является целесообразным, так как при меньшем расходе ферментного препарата степень гидролиза сырья достигает значения в 75 %, относительно использования фермента алкалазы в количестве 2 % и полученной степени гидролиза в 1,4 раза меньше (55 %).

Полученные результаты могут лечь в основу обоснования технологических параметров переработки кож судака с целью получения функциональных пищевых и обогащающих добавок белковой природы с повышенным содержанием ГАГ.

Литература

1. Патишина 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.
2. Мезенова О. Я., Тишлер Д., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Волков В. В., Бараненко Д. А., Гримм Т., Ридель С. Исследование и рациональное применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 46–58. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-46-58
3. Мезенова О. Я., Хелинг А., Мерзель Т. Биопотенциал вторичного рыбного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 1. С. 11–15.
4. Мезенова О. Я. и др. Анализ состояния экономики и перспектив применения биотехнологии в рыбной отрасли Калининградской области // Рыбное хозяйство. 2020. № 5. С. 38–50.
5. Казакова В. С., Землякова Е. С. Использование вторичного рыбного сырья калининградского региона для получения биополимеров // Пищевые технологии и биотехнологии. 2019. С. 335–337.
6. Антипова Л. В. и др. Свойства препаратов функциональных биополимеров рыбного происхождения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 3 (61). С. 104–106.

Выводы

В ходе проведенной работы можно сделать вывод, что гидролиз с применением ферментного препарата папаин (производство Anitox, Германия) является более эффективным. Максимальное значение степени гидролиза кожи судака при его использовании составляет 75 %. Данное значение достигается при обработке сырья в течение 3,5 ч при pH 6–7 и температуре 50 °С. Увеличение продолжительности проведения ферментативного воздействия на покровные ткани рыб не приводит к повышению степени гидролиза белка. Целесообразно провести дальнейшие исследования по изучению характеристик полученного гидролизата и его фракционного состава.

References

1. Parshina M. V., Voroshilin R. A., Osintsev A. M. Analysis of the global biomaterials market in order to determine the potential of raw materials of animal origin. *Technique and technology of food production*. 2021. Vol. 51. no. 2. Pp. 270–289. (in Russian)
2. Mezenova O. Ya., Tischler D., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Volkov V. V., Baranenko D. A., Grimm T., Riedel S. Research and rational use of peptide and lipid compositions obtained by hydrolysis processing of collagen-containing tissues. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021. No 1. p. 46–58. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-46-58 (in Russian)
3. Mezenova O. Ya., Heling A., Merkel T. Biopotential of secondary fish raw materials. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2018. No. 1. pp. 11–15. (in Russian)
4. Mezenova O. Ya. et al. Analysis of the state of the economy and prospects for the application of biotechnology in the fishing industry of the Kaliningrad region. *Fisheries*. 2020. No. 5. pp. 38–50. (in Russian)
5. Kazakova V. S., Zemlyakova E. S. The use of secondary fish raw materials of the Kaliningrad region for the production of biopolymers. *Food technologies and biotechnologies*. 2019. pp. 335–337. (in Russian)
6. Antipova L. V. et al. Properties of preparations of functional biopolymers of fish origin. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2014. No. 3 (61). pp. 104–106. (in Russian)

7. Видершайн Г. Я. Наука об углеводах. Химия и биохимия // Биохимия. 2009. Т. 74. № 11. С. 1582–1582.
8. Землякова Е. С. Комплексная переработка опорно-каркасных и покровных тканей судака на функциональные продукты: дис... канд. техн. наук: 05.18.04, 05.18.07 / Землякова Евгения Сергеевна; КГТУ. Калининград, 2009. 233 с.
9. Антипова Л. В. и др. Биохимические характеристики процесса ферментативного гидролиза кератинсодержащего сырья птицеперерабатывающей отрасли // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 5–6. С. 69–71.
10. Молоткова Т. В., Ким Э. Н. Исследование физико-химического состава и функционально-технологических свойств кожи осьминога // Научные труды Дальрыбвтуза. 2009. Т. 21. С. 313–317.
11. Орлов И. О., Землякова Е. С. Исследование процесса ферментативного гидролиза опорно-каркасных и покровных тканей гидробионтов // Известия КГТУ. 2021. № 61. С. 76–82.
12. Докучаева Е. А., Богданова Н. В., Бокуть С. Б. Общая и экологическая биохимия: структура, функции, количественное определение и обмен углеводов. 2017.
13. Такхиди Е. Х., Горбунова К. С. Применение сульфатированных гликозаминогликанов в офтальмологии // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 12 (148). С. 201–204.
14. Суняйкина О. А., Быстрова Н. А., Бровкина И. Л. Иммуномодулирующее действие гликозаминогликанов и гликозидаз при тепловых поражениях // Человек и его здоровье. 2006. № 3. С. 18–23.
15. Козлова Л. В., Хохлов Р. А., Ахмеджанов Н. М. Клиническая эффективность применения гликозаминогликанов у больных сахарным диабетом и ишемической болезнью сердца // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2011. Т. 7. № 5. С. 584–590.
16. Николаев А. Я. Биологическая химия: учебник. Москва, 2004. 78–86 с.
17. Гармашов С. Ю. Выбор условий ферментативного гидролиза коллагенсодержащего сырья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (138). С. 268–273.
7. Widershain G. Ya. The science of carbohydrates. Chemistry and biochemistry. *Biochemistry*. 2009. Vol. 74. No. 11. pp. 1582–1582. (in Russian)
8. Zemlyakova E. S. Complex processing of the supporting frame and integumentary tissues of walleye into functional products: dis... Candidate of technical Sciences: 05.18.04, 05.18.07 / Zemlyakova Evgeniya Sergeevna; KSTU. Kaliningrad, 2009. 233 p (in Russian)
9. Antipova L. V. et al. Biochemical characteristics of the process of enzymatic hydrolysis of keratin-containing raw materials of the poultry processing industry. *Izvestia of higher educational institutions. Food technology*. 2003. No. 5–6. pp. 69–71. (in Russian)
10. Molotkova T. V., Kim E. N. Investigation of the physico-chemical composition and functional and technological properties of octopus skin. *Scientific works of Dalrybvtuz*. 2009. Vol. 21. pp. 313–317. (in Russian)
11. Orlov I. O., Zemlyakova E. S. Investigation of the process of enzymatic hydrolysis of skeletal and integumentary tissues of hydrobionts. *Izvestiya KSTU*. 2021. No. 61. pp. 76–82. (in Russian)
12. Dokuchaeva E. A., Bogdanova N. V., Bokut S. B. General and ecological biochemistry: structure, functions, quantification and metabolism of carbohydrates. 2017. (in Russian)
13. Takhchidi E. H., Gorbunova K. S. The use of sulfated glycosaminoglycans in ophthalmology. *Bulletin of the Orenburg State University*. 2012. No. 12 (148). pp. 201–204. (in Russian)
14. Sunyakina O. A., Bystrova N. A., Brovkina I. L. Immunomodulatory effect of glycosaminoglycans and glycosidases in thermal lesions. *Man and his health*. 2006. No. 3. pp. 18–23. (in Russian)
15. Kozlova L. V., Khokhlov R. A., Akhmedzhanov N. M. Clinical efficacy of glycosaminoglycans in patients with diabetes mellitus and coronary heart disease. *Rational pharmacotherapy in cardiology*. 2011. Vol. 7. No. 5. pp. 584–590. (in Russian)
16. Nikolaev A. Ya. Biological chemistry: textbook. Moscow, 2004. 78–86 p. (in Russian)
17. Garmashov S. Yu. The choice of conditions for enzymatic hydrolysis of collagen-containing raw materials. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2018. No. 3 (138). pp. 268–273. (in Russian)

Сведения об авторах

Казакова Виктория Сергеевна

Аспирант кафедры пищевой биотехнологии
Калининградского государственного технического
университета, Россия, 236022, Калининград, Советский пр. 1,
vashilo_vika@mail.ru

Землякова Евгения Сергеевна

К. т. н., доцент кафедры пищевой биотехнологии
Калининградского государственного технического
университета, Россия, 236022, Калининград, Советский пр. 1,
evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

Information about authors

Kazakova Viktoriya S.

Graduate student of the Department of Food Biotechnology,
Kaliningrad State Technical University, Russia,
236022, Kaliningrad, Sovetsky Pr., 1,
vashilo_vika@mail.ru

Zemlyakova Evgeniya S.

PhD, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology,
Kaliningrad State Technical University, Russia,
236022, Kaliningrad, Sovetsky Pr., 1,
evgeniya.zemljakova@klgtu.ru



Статья доступна по лицензии
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»