

УДК 664.957.8

Сравнительный анализ физико-химических свойств сушеной продукции "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров

А. В. Самохин*, М. В. Благоднравова, М. Е. Спирина, Л. В. Федулова

*Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, Россия;
e-mail: alexandersamohin123@gmail.com

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
04.04.2024;

получена
после доработки
26.04.2024;

принята к публикации
22.05.2024

Ключевые слова:

функционально-
технологические
свойства,
аминокислотный
состав,
цветовые
характеристики,
белковые фракции,
коллаген I типа

Для цитирования

Современная система качественного питания населения включает использование природных соединений из вторичных продуктов животного происхождения. В ходе научного обоснования использования вторичных продуктов переработки головоногих моллюсков исследована сушеная продукция из кожи тихоокеанского и командорского кальмаров, проанализированы ее белковый и аминокислотный состав и функционально-технологические характеристики. В образцах из кожи тихоокеанского кальмара отмечено высокое содержание глутаминовой и аспарагиновой кислот (8–10 %), в образцах из кожи командорского кальмара – глицина (20 %), пролина (10 %) и аргинина. Высокие показатели растворимости, влагоудерживающей способности и стабильности пенных структур обусловлены значительным содержанием деструктурированного коллагена типа I (в образце из кожи командорского кальмара) и гидрофильных аминокислот и фрагментов коллагена типа III (в продукте из кожи тихоокеанского кальмара). Инфракрасная сушка продукции способствует денатурации и желатинизации коллагена кожи командорского кальмара, что подтверждают более яркие цветовые характеристики образцов и высокая влагосвязывающая способность при повышении температуры до 40 и 60 °С; данный факт свидетельствует об увеличении гидрофильных свойств продуктов деструкции коллагеновых фракций. Продукция из кожи, являющейся вторичным продуктом переработки кальмара, обладает высоким потенциалом для использования в пищевой промышленности в качестве водоудерживающего, жиросвязывающего, эмульгирующего компонентов.

Самохин А. В. и др. Сравнительный анализ физико-химических свойств сушеной продукции "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров. Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 3. С. 412–423. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-3-412-423>.

Comparative analysis of the physical and chemical properties of dried products "KalmaKS" from the skin of the Commander and Pacific squid

Alexander V. Samokhin*, Maya V. Blagonravova, Maria E. Spirina, Lily V. Fedulova

*Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia;
e-mail: alexandersamohin123@gmail.com

Article info

Received
04.04.2024;

received
in revised
26.04.2024;

accepted
22.05.2024

Key words:

functional
and technological
properties,
amino acid
composition,
color characteristics,
protein fractions,
type I collagen

Abstract

The modern system of high-quality nutrition for the population includes the use of natural compounds from secondary products of animal origin. In the course of scientific substantiation of using secondary products from the processing of cephalopods, dried products from the skin of Pacific (*Todarodes pacificus*) and Commander squid (*Beryteuthis magister*) have been studied, their protein and amino acid composition and functional and technological characteristics have been analyzed. In samples from the skin of the Pacific squid, a high content of glutamic and aspartic acids (8–10 %) is noted; in samples from the skin of the Commander squid – glycine (20 %), proline (10 %) and arginine. High indicators of solubility, water-holding capacity and stability of foam structures are due to the significant content of type I destructured collagen (in a sample from the skin of Commander squid), and hydrophilic amino acids and type III collagen fragments (in a product made from Pacific squid skin). Infrared drying of products promotes denaturation and gelatinization of collagen in the skin of Commander squid, which is confirmed by the brighter color characteristics of the samples and high moisture-binding capacity when the temperature rises to 40 and 60 °С; this fact indicates an increase in the hydrophilic properties of the products of destruction of collagen fractions. Products made from skin, which is a secondary product of squid processing, have high potential for use in the food industry as water-retaining, fat-binding, and fat-emulsifying components.

For citation

Samokhin, A. V. et al. 2024. Comparative analysis of the physical and chemical properties of dried products "KalmaKS" from the skin of the Commander and Pacific squid. *Vestnik of MSTU*, 27(3), pp. 412–423. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-3-412-423>.

Введение

Рыбная промышленность является динамично развивающейся отраслью России. Рыбохозяйственный комплекс вносит существенный вклад в социально-экономическое развитие страны, обеспечивает население экологически чистыми и безопасными продуктами питания высокой биологической ценности, поставляет ценные природные соединения для нужд фармакологической и биотехнологической промышленности, снабжает животноводческие хозяйства кормовой продукцией высокого качества.

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса предполагает решение задач, направленных на повышение конкурентоспособности отечественной рыбной продукции, рациональное использование водных биологических ресурсов, обеспечение продовольственной независимости РФ. Современная система качественного питания населения включает использование природных соединений из вторичных продуктов животного происхождения, что позволяет расширять ассортимент и улучшать качество пищевых продуктов, обеспечивая потребности населения в сбалансированном и оптимальном по цене рационе питания.

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, мировой улов кальмаров в период 2017–2021 гг. состоял из более 30 видов и варьировался от 2,1 до 2,7 млн т в год. В северо-западной части Тихого океана рыбаками Российской Федерации в ходе специализированного промысла ведется добыча тихоокеанского (*Todarodes pacificus*) и командорского (*Berryteuthis magister*) кальмаров. Командорский кальмар промышленно осваивается только в российских водах и входит в число промысловых объектов, на которые устанавливаются ежегодные объемы общего допустимого улова (ОДУ) (объем вылова командорского кальмара составляет в среднем 110 тыс. т). Для тихоокеанского кальмара ввиду низких уловов в последние годы (3–7 тыс. т) ОДУ не устанавливаются. В Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне, согласно статистическим данным Росрыболовства, в период 2012–2023 гг. ежегодный улов командорского и тихоокеанского кальмаров составлял 53,9–123,6 тыс. т. Современные способы машинной разделки кальмаров позволяют производить филе с высокими потребительскими свойствами без существенной задержки и потерь качества сырья (*Tapia-Vasquez et al., 2021*); формирующиеся при этом объемы вторичного сырья, в частности кожи, могут достигать 2 тыс. т в год (*Cao et al., 2022*).

Кожа промысловых кальмаров, ресурсно-доступная и массово не используемая, может являться перспективным сырьем в пищевой технологии ввиду ее уникального химического состава, экологичности и биологической ценности (*Самохин, 2021*). Авторами ранее была установлена возможность переработки кожи кальмаров посредством термической обработки в сушеную продукцию "КальмаКС" (в виде порошка) (*Благонравова и др., 2021*). Во многих публикациях приведены исследования, демонстрирующие целесообразность переработки кожи гидробионтов, обладающей высоким содержанием коллагена, на долю которого приходится 3–16 % от общего содержания белка кожи кальмара (*Veeruraj et al., 2015; Schmidt et al., 2022*). Фракции коллагена различаются в зависимости от вида кальмара и способов обработки кожи, определяющих ее функциональные свойства (*Nam, 2008; Phanat et al., 2015; Cao et al., 2022*).

Исследования (*Gómez-Guillén et al., 2011; Байдалунова и др., 2018; Cao et al., 2022; Благонравова et al., 2023*) посвящены изучению свойств продукции из кожи кальмара разных видов для использования в качестве натуральных эмульгаторов, пенообразователей, коллоидных стабилизаторов, биоразлагаемых пленкообразующих материалов и микрокапсулирующих агентов. В работах (*Veeruraj et al., 2015; Nakchum et al., 2015; Aguirre-Cruz et al., 2020; Cao et al., 2022; Zhang et al., 2024*) рассматриваются биофункциональные свойства гидролизатов коллагена, применяемые в качестве нутрицевтиков. Ранее показана целесообразность использования продуктов "КальмаКС" (из командорского кальмара) как структурорегуляторов, обладающих водоудерживающими, жиросвязывающими и гелеобразующими свойствами (*Благонравова et al., 2023*). Исследования свойств продукции из кожи тихоокеанского кальмара не проводились.

Таким образом, целью настоящего исследования является сравнительный анализ аминокислотного и белкового состава и функционально-технологических свойств сушеной продукции "КальмаКС" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров для определения возможностей ее использования в технологиях различных продуктов питания.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали сушеную продукцию "КальмаКС" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров (*Благонравова et al., 2022*). Технология изготовления продукции указана в нормативно-технической документации (СТО 00471585-002-2021 "Сушеная пищевая продукция из покровных тканей кальмара", ТИ 00471585-002-2021 "Технологическая инструкция по производству сушеной пищевой продукции из покровных тканей кальмара"), разработанной в Камчатском государственном техническом университете¹. Параметры производства продукции включают инфракрасную сушку при температуре 55 ± 2 °С и механическое измельчение в мелкодисперсный порошок. По показателям безопасности продукция

¹ Способ получения сушеной пищевой продукции из кожи кальмара : пат. № 2800477 Рос. Федерация / А. В. Самохин, М. В. Благонравова № 2022122171; заяв.15.08.2022; опубл. 21.07.2023, Бюл. № 21. URL: https://searchplatform.rospatent.gov.ru/doc/RU2800477C1_20230721.

"КальмаKS" полностью соответствует требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 "О безопасности рыбы и рыбной продукции" и ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции". Химический состав продукции "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав продукции "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров
Table 1. Chemical composition of "KalmaKS" products from the skin of Commander and Pacific squid

Показатель	Продукция "КальмаKS" из кожи кальмара	
	командорского, %	тихоокеанского, %
Массовая доля воды	8,00 ± 0,06	10,10 ± 0,07
Массовая доля минеральных веществ	4,20 ± 0,14	12,50 ± 0,8
Массовая доля липидов	7,00 ± 0,06	5,50 ± 0,05
Массовая доля белка, в том числе	80,80 ± 0,20	71,90 ± 0,50
– коллагена	18,65 ± 0,08	8,79 ± 0,02
– оксипролина	2,31 ± 0,01	1,09 ± 0,01

Массовую долю воды, минеральных веществ, липидов, белка в исследуемых образцах продукции "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров определяли по ГОСТ 7636-85 "Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа".

Содержание воды устанавливали посредством высушивания образцов в сушильном шкафу ШС-80-01 до постоянной массы при температуре 130 ± 2 °С. Бюксу с навеской охлаждали в эксикаторе в течение 30 мин, затем взвешивали с абсолютной погрешностью не более 0,001 г.

Содержание минеральных веществ определяли методом взвешивания до постоянной массы после озоления пробы в муфельной печи МИМП-3У при температуре 500 °С (цвет золы должен быть без черных краплений).

Содержание липидов устанавливали экстракционно-весовым методом в экстракторе Сокслета, к которому подсоединяли предварительно высушенную при температуре 105 ± 2 °С и взвешенную до постоянной массы колбу. Экстракцию жира из навески образца проводили с помощью эфира; по окончании экстракции отгоняли эфир из колбы. Затем колбу с жиром высушивали при температуре 105 ± 2 °С в сушильном шкафу ШС-80-01 до постоянной массы, охлаждали в эксикаторе и взвешивали с абсолютной погрешностью не более 0,001 г.

Содержание белка устанавливали макрометодом Кьельдаля: посредством окисления навески сухого образца при температуре 250 ± 2 °С в концентрированной серной кислоте в присутствии катализатора (сульфата меди); затем проводили отгонку образующегося аммиака паром. Белковые вещества определяли, умножая количество общего азота на коэффициент 6,25.

Коллаген в сухом веществе к массе общего белка устанавливали модифицированным методом определения оксипролина по ГОСТ 33692-2015 "Белки животные соединительнотканые. Общие технические условия". Метод основан на выделении оксипролина в кислотном гидролизате пробы нейтрализации гидролизата, окислении его хлорамином-Т и фотометрическом измерении оптической плотности с использованием спектрофотометра КФК-3КМ (длина волны 558 ± 2 нм).

Массовую долю оксипролина определяли в ходе измерения оптической плотности раствора при длине волны 558 ± 2 нм в стеклянной кювете относительно контрольного раствора. По градуировочному графику устанавливали концентрацию оксипролина в растворе пробы; измерение проводили с помощью спектрофотометра КФК-3КМ. Для пересчета на содержание коллагена полученную величину оксипролина умножали на коэффициент 8,06.

Аминокислотный состав образцов устанавливали после кислотного гидролиза белка до его полного распада на составляющие аминокислоты с последующим хроматографическим определением состава и массовой доли индивидуальных аминокислот с помощью жидкостного аминокислотного хроматографа 1260 Infinity II LC System (Agilent Technologies, Германия) по ГОСТ 34132-2017 "Мясо и мясные продукты. Метод определения аминокислотного состава животного белка".

Для исследования функционально-технологических свойств (ФТС) сушеной продукции "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров находили влагоудерживающую способность (ВУС) по количеству воды, которую белок может связать и удержать после центрифугирования при температурах 20, 40, 60, 75 °С.

Определение растворимости образцов в воде проводили по ГОСТ 7636-85, выполняя следующие действия: извлечение из белка водорастворимой фракции; обезвоживание нерастворимой части путем центрифугирования, выпаривания, высушивания; весовое определение нерастворимой части, как описано в работе (Blagonravova et al., 2023). Индекс растворимости (ИР) рассчитывали по ГОСТ 30305.4-95

"Продукты молочные сухие. Методика выполнения измерений индекса растворимости" исходя из объема нерастворившегося осадка в пробе анализируемого продукта.

Пенообразующую способность (ПОС) определяли таким образом: навеску исследуемого образца в количестве 6 г помещали в химический стакан, наливали 25 см³ дистиллированной воды и тщательно растирали стеклянной палочкой до получения однородной массы. После чего массу переносили в мерный цилиндр емкостью 500 см³ с притертой пробкой. Смывая дистиллированной водой остатки в стакане, доводили общий объем жидкости в цилиндре до 300 см³ и оставляли раствор в состоянии покоя на 15 мин. Далее цилиндр с раствором встряхивали при горизонтальном положении в течение 1 мин (60 встряхиваний). Отсчет количества пены производили по ее высоте над уровнем жидкости, используя миллиметровую бумагу, наклеенную на цилиндре. Стойкость пены (СП) определяли по ее высоте над уровнем жидкости в течение 15 мин.

Жиросвязывающую способность (ЖСС) определяли в ходе центрифугирования 5 г пробы и 25 г рафинированного подсолнечного масла в течение 1 мин со скоростью 1 000–2 000 об/мин; после чего пробу оставляли в состоянии покоя на 30 мин; затем перемешивали в течение 1 мин; после 5 мин покоя проводили повторное центрифугирование (4 000 об/мин) в течение 15 мин с последующим взвешиванием пробирки с образцом и измерением объема масла, оставшегося неадсорбированным.

Жироэмульгирующую способность (ЖЭС) определяли следующим образом: к 100 см³ дистиллированной воды добавляли навеску образца в количестве 7 г; центрифугировали смесь со скоростью 4 000 об/мин в течение 1 мин, после чего добавляли 100 см³ подсолнечного масла и эмульгировали со скоростью 8 000 об/мин в течение 5 мин. Эмульсию распределяли в равных количествах в четыре центрифужные градуированные пробирки и центрифугировали ее со скоростью 2 000 об/мин в течение 5 мин; ЖЭС определяли по отношению объема эмульсионного слоя к общему объему смеси подсолнечного масла и суспензии из образца.

Одномерный денатурирующий электрофорез по Лэммли осуществляли в 12,5 %-м полиакриламидном геле с использованием камеры для вертикального гель-электрофореза ("Хеликон", Россия) в соответствии с методикой, указанной в работе (*Полищук и др., 2023*). Визуализацию проводили путем окрашивания белков раствором Кумасси G-250; для удаления несвязавшегося красителя использовали 10%-ю уксусную кислоту.

Определение цветовых характеристик проводили в 10 параллельных измерениях с использованием спектрофотометра Konika Minolta CM-2300d (Konika Minolta, Япония), осуществляя предварительную калибровку нуля и белого цвета в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Оценку цветовых характеристик образца (*L*-светлоту, *a*-красноту и *b*-желтизну, выраженные в безразмерных величинах) проводили в декартовых координатах в системе CIE. В качестве окончательного результата измерений принимали среднеарифметическое значение десяти параллельных измерений показателей *L*-светлоты, *a*-красноты и *b*-желтизны исследуемых образцов.

Результаты представлены в виде "среднего значения ± стандартного отклонения", использовался *t*-критерий Стьюдента (полученные данные соответствовали условиям нормальности распределения и равенства дисперсий), значение критического уровня значимости принималось равным 5 %.

Результаты и обсуждение

Анализ аминокислотного состава образцов сушеной продукции "КальмаКС" из тихоокеанского и командорского кальмаров (табл. 2) показал, что основными аминокислотами в образце из кожи командорского кальмара были глицин, пролин, аргинин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты, аланин, лейцин, лизин, образце из кожи тихоокеанского кальмара – глутаминовая и аспарагиновая кислоты, аланин, тирозин, пролин, треонин, лейцин и изолейцин. В сравниваемых образцах "КальмаКС" установлено примерно одинаковое содержание серина, гистидина, метеонина, триптофана.

Содержание глицина и пролина, а также его предшественника аргинина, в образце "КальмаКС" из кожи командорского кальмара, составляющее соответственно 33, 18 и 11 % от содержания всех заменимых аминокислот, превышало концентрацию этих веществ в образце из кожи тихоокеанского кальмара: глицина – в 8 раз; пролина и аргинина – в 2 раза. Этот факт свидетельствует о преобладании коллагеновых белков в образце из кожи командорского кальмара, что соотносится с данными химического состава (табл. 1) и подтверждается тем, что первичная аминокислотная последовательность коллагена представляет собой глицин-пролин-*X* или глицин-*X*-гидроксипролин (где *X* может быть любой из остальных 17 аминокислот). Таким образом, в аминокислотной последовательности присутствует аминокислота – глицин, при этом 20 % аминокислотных остатков приходится на оксипролин и пролин (*Kühn, 1982; Тумурова и др., 2020; Wang, 2021*). Кроме того, в образце из кожи командорского кальмара количество лизина в 1,5 раза превышало его содержание в образце сравнения, что может быть связано с деструктуризацией коллагеновых волокон вследствие инфракрасной сушки продукции (*Ezquerro-Brauer et al., 2018*). Образец характеризовался низким содержанием остатков ароматических аминокислот, что также свидетельствует о превалировании коллагеновых белков (*Краснова, 2018*).

Высокое содержание треонина, изолейцина, тирозина, цистина (в 2,5–4 раза больше, чем в образце сравнения) и фенилаланина (на 56 % больше, чем в образце сравнения) в образце "КальмаКС" из кожи тихоокеанского кальмара может свидетельствовать о превалировании в образце белков покровных структур кожи и мышечной ткани (*Raman et al., 2014*). Кроме того, цистин, обычно не являющийся частью структуры и не встречающийся в коллагене I типа, может являться частью коллагена III типа, обладающего внутримолекулярными дисульфидными связями и присутствием серосодержащих аминокислот, также цистин характерен для аминокислотной последовательности эластина (*Ezquerro-Brauer et al., 2018*). Значительное содержание пролина, аспарагиновой и глутаминовой кислот, составляющее соответственно 20, 27 и 13 % от содержания всех заменимых аминокислот, характерно для коллагена III типа (*Мезенова и др., 2018; Altan et al., 2024*).

Изучение молекулярно-массового распределения белковых фракций продукции "КальмаКС" из покровных тканей командорского и тихоокеанского кальмаров с помощью SDS-PAGE показало, что два образца существенно различаются между собой (рис. 1). В образце "КальмаКС" из кожи тихоокеанского кальмара присутствовали белковые полосы в диапазоне молекулярных масс ~170 кДа, в области от 40 до 30 кДа (40, 37, 35, 32 кДа), 20 кДа, а также минорные фракции 17 и 13 кДа; в образце из кожи командорского кальмара выявлены мажорные белковые фракции с молекулярными массами 127, 42 и 38–39 кДа и минорные фракции – в области ~100, 80, 32, 29 кДа и диапазоне 15–12 кДа. Отмеченные в образце из кожи тихоокеанского кальмара белковые полосы в диапазоне молекулярных масс 32–29 кДа соответствуют белкам тропомиозинового комплекса, фракции в области 40 и 20 кДа также могут являться пигментными светоотражающими белками покровных тканей (*Williams et al., 2019*).

Таблица 2. Аминокислотный состав продукции "КальмаКС" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров, г/100 г продукта
Table 2. Amino acid composition of "KalmaKS" products from the skin of Commander and Pacific squid, g/100 g of the product

Наименование аминокислот	Содержание аминокислот в "КальмаКС" из кожи кальмара	
	командорского	тихоокеанского
Заменимые		
Аспарагиновая кислота	5,55 ± 0,83	8,14 ± 1,22*
Аргинин	6,54 ± 0,98	3,06 ± 0,46*
Аланин	4,94 ± 0,74	3,66 ± 0,55
Глутаминовая кислота	6,30 ± 0,95	10,99 ± 1,65*
Серин	2,89 ± 0,43	2,98 ± 0,45
Глицин	18,46 ± 2,77	2,34 ± 0,35*
Тирозин	0,89 ± 0,13	3,14 ± 0,47*
Цистин	0,31 ± 0,05	1,28 ± 0,19*
Пролин	9,74 ± 1,46	5,14 ± 0,77*
Незаменимые		
Валин	3,26 ± 0,49	3,65 ± 0,55
Гистидин	1,33 ± 0,20	0,89 ± 0,13
Треонин	2,29 ± 0,34	5,97 ± 0,90*
Метионин	2,05 ± 0,31	1,51 ± 0,23
Фенилаланин	1,34 ± 0,20	2,37 ± 0,36*
Изолейцин	1,63 ± 0,24	4,56 ± 0,68*
Лейцин	6,16 ± 0,92	4,72 ± 0,71
Лизин	4,20 ± 0,63	2,85 ± 0,43*
Триптофан	0,47 ± 0,97	0,97 ± 0,19

Примечание. *Значение рассчитано с учетом $p < 0,05$.

Известно, что существуют четыре структурных уровня белка коллагена: первичная структура (триплет аминокислот), вторичная структура (α -спираль), третичная структура (тройная спираль) и четвертичная структура (фибриллы). Различные типы коллагенов различаются по составу α -цепей. В настоящее время идентифицировано около 28 типов коллагена, однако наиболее широко распространены 5 типов коллагена (I–V), коллаген типа I является наиболее широко встречающимся коллагеном в соединительной ткани (*Wang, 2021*). Молекулы интерстициального коллагена представляют собой гетеротример молекулярной массой ~300 кДа, состоящий из трех переплетенных α -цепей (*Yang et al., 2020*), каждая из которых является продуктом почти непрерывного повторения последовательности глицин-пролин-X (*Gómez-Guillén et al., 2011*). Выявленные в образце из кожи командорского кальмара разные по плотности и скорости подвижности белковые полосы можно с наибольшей вероятностью отнести к основным компонентам α -цепи коллагена типа I на основании соотношения интенсивностей плотной полосы α_1 -цепи (в области 128–132 кДа) и слабой

полосы α_2 -цепи (в области 100–90 кДа), составляющей 2:1 (рис. 1), что соотносится с данными, указанными в работах других авторов (*Gómez-Guillén et al., 2011; Veeruraj et al., 2015; Cao et al., 2022*). Белковые полосы в диапазоне 100–42 кДа являются продуктами желатинизации коллагена, происходящей при нагревании до температуры более 65 °С. Распределение смеси полипептидов желатина типично для коллагена типа I с характерным соотношением цепей α_1/α_2 , составляющим около 2; возможно присутствие β - и γ -компонентов (ковалентно связанных димеров и тримеров α -цепи соответственно) и фрагментов деградации (*Ezquerria-Brauer et al., 2018*).

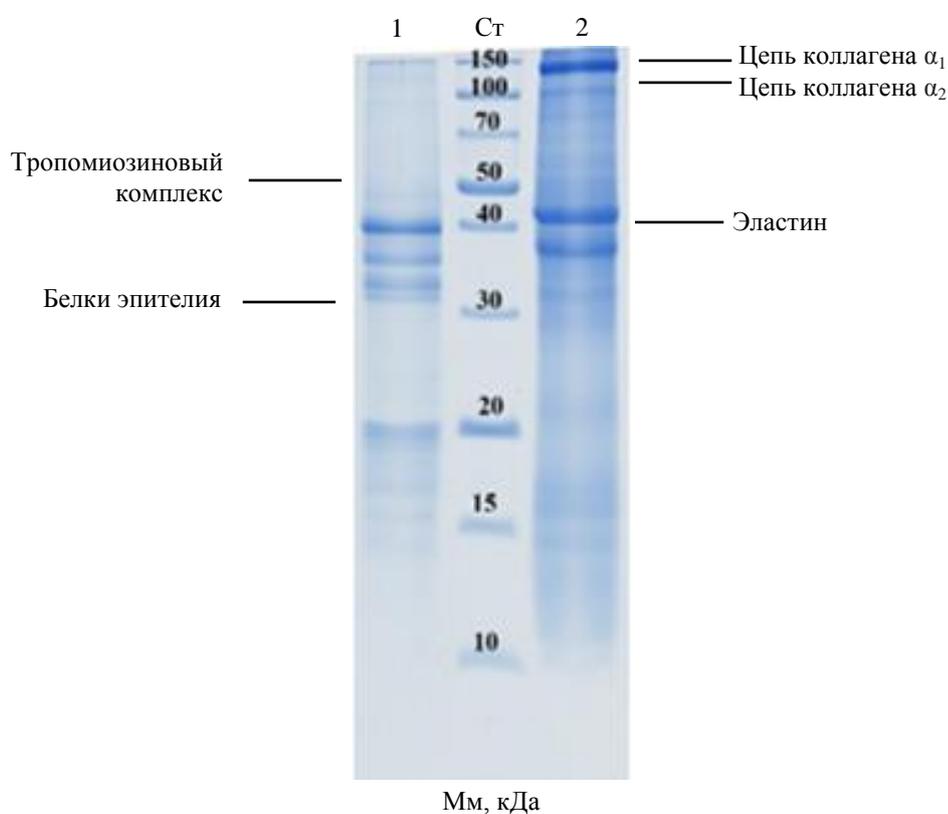


Рис. 1. Молекулярно-массовое распределение образцов "КальмаKS".
Условные обозначения: 1 – образец из кожи тихоокеанского кальмара;
Ст – стандарты молекулярных масс; 2 – образец из кожи командорского кальмара
Fig. 2. Molecular weight distribution of "KalmaKS" samples.
Symbols: 1 – Pacific squid skin sample; Ст – molecular weight standards;
2 – Commander squid skin sample

Исследование растворимости продукции "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмара показало высокую способность белков к растворению до 45 %, свидетельствующую о наличии в продукции водорастворимых белков, что подтвердил ИР, характеризующий долю водорастворимой фракции белка продукции, показавший отсутствие значимых различий между образцами и составляющий 1,3 % (табл. 3).

Исследование ПОС продукции "КальмаKS" при температуре воды 24 ± 2 °С не выявило существенной разницы для образцов, произведенных из тихоокеанского и командорского кальмаров. Стабильность пенных структур продукции "КальмаKS" из кожи тихоокеанского и командорского кальмаров была высокой, однако наблюдалось более быстрое снижение высоты пены образца из кожи командорского кальмара.

Отмечены высокие значения ЖСС образцов "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров, что может свидетельствовать о высокой адсорбции жира гидрофобными группами образцов (*Blagonravova et al., 2023*). ЖЭС исследуемых образцов возрастала при увеличении температуры до 80 ± 2 °С от 3 до 5 % (с 42 до 45 % – в образце из тихоокеанского кальмара; с 40 до 45 % – командорского), что свидетельствует о поверхностно-активных свойствах полученной эмульсии, позволяющих накапливать жир и влагу при тепловом воздействии.

Анализ цветовых характеристик показал разницу в показателях L -светлоты и a -красноты исследуемых образцов (табл. 3). Образец из кожи командорского кальмара был ярче и краснее. Значение a -красноты превышало значение в образце из кожи тихоокеанского кальмара в 2,2 раза. Величина L -светлоты была незначительно выше у образца из кожи тихоокеанского кальмара (на 7 %). Существенной разницы в значениях

b-желтизны, отражающей степень окисления липидов, не выявлено. Известно, что изменение цвета может вызывать реакция Майяра, денатурация и окисление белка, а также образование различных цветовых соединений в процессе тепловой обработки (Xiao *et al.*, 2021).

Таблица 3. Цветовые характеристики и функционально-технологические свойства сушеной продукции "КальмаKS"
Table 3. Color characteristics and functional and technological properties of dried "KalmaKS" products

Параметр	"КальмаKS" из кожи кальмара	
	командорского	тихоокеанского
Растворимость	46,27 ± 1,47	44,1 ± 0,61
Индекс растворимости	1,30 ± 0,08	1,28 ± 0,05
Пенообразующая способность	2,46 ± 0,33	2,78 ± 0,45
Стабильность пены	69,00 ± 13,42	77,00 ± 6,48
Жиросвязывающая способность	156,83 ± 5,78	149,90 ± 7,84
Жироэмульгирующая способность:		
– при температуре 25 ± 2 °С	39,69 ± 2,55	42,40 ± 3,35
– при температуре 80 ± 2 °С	45,40 ± 1,69	45,08 ± 1,42
<i>L</i> -светлота	67,77 ± 0,64	73,00 ± 1,22*
<i>a</i> -краснота	8,88 ± 0,16	4,11 ± 0,18*
<i>b</i> -желтизна	11,25 ± 0,20	11,31 ± 0,25

Примечание. *Значение рассчитано с учетом $p < 0,05$.

Проведенный анализ результатов оценки ВУС образцов "КальмаKS" из кожи командорского и тихоокеанского кальмаров показал, что при температуре 20 ± 2 °С разница в способности образцов связывать воду незначительна (164 и 158 % соответственно). При увеличении температуры до 75 ± 2 °С выявлен рост показателя ВУС обоих образцов до 250 %. Повышенная способность связывать воду при увеличении температуры до 40 и 60 °С выявлена у образца из кожи командорского кальмара (рис. 2).

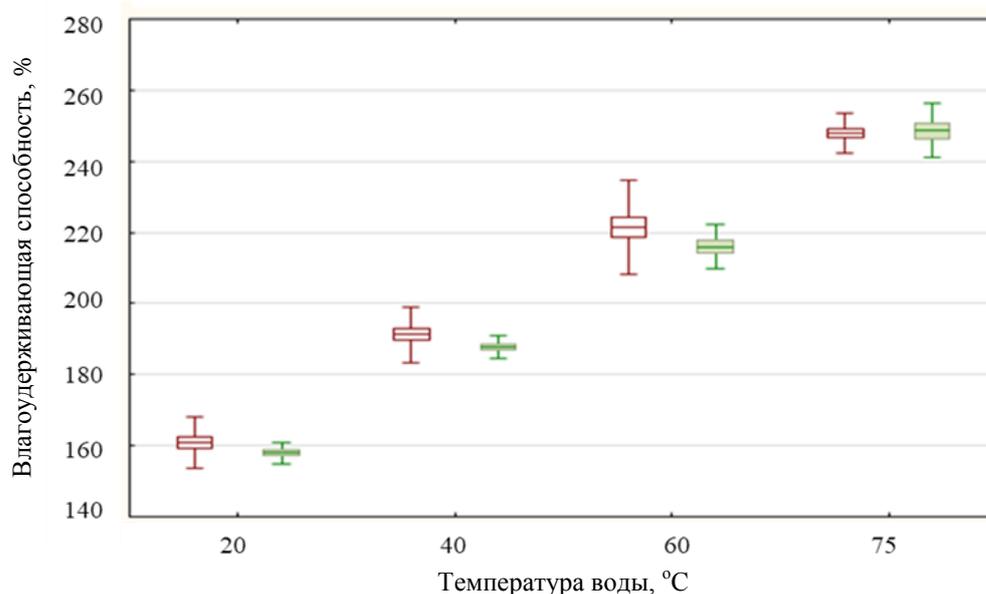


Рис. 2. Результаты определения влагоудерживающей способности продукции "КальмаKS" из кожи командорского (красный маркер) и тихоокеанского (зеленый маркер) кальмаров
Fig. 2. Results of determination of the moisture-retaining capacity of "KalmaKS" products from the skin of Commander (red marker) and Pacific (green marker) squid

Анализ результатов ФТС позволяет предположить, что сушка продукции из кожи кальмара с применением инфракрасного излучения при температуре 55 ± 2 °С приводит к расщеплению водородных и ковалентных связей, дестабилизации и дезорганизации белков, в частности коллагена, который переходит от спирали к клубку и превращению в растворимый желатин при температуре выше 45 °С (Gómez-Guillén *et al.*, 2011; Мурашев, 2013).

Заключение

Сушеные продукты "КальмаКС" из кожи тихоокеанского (*Todarodes pacificus*) и командорского (*Berryteuthis magister*) кальмаров различаются по аминокислотному и белковому составу, но демонстрируют схожие функционально-технологические свойства. Высокие значения растворимости, влагоудерживающей способности и стабильность пенных структур обусловлены значительным содержанием деструктурированного коллагена типа I (в образце из кожи командорского кальмара) и гидрофильных аминокислот и фрагментов коллагена типа III (в продукте из кожи тихоокеанского кальмара). Инфракрасная сушка продукции способствует денатурации и желатинизации коллагена кожи командорского кальмара, что подтверждают более яркие цветовые характеристики образцов и высокая влагосвязывающая способность при повышении температуры до 40 и 60 °С; данный факт свидетельствует об увеличении гидрофильных свойств продуктов деструкции коллагеновых фракций.

Проведенные исследования показали, что продукция из кожи, являющейся вторичным продуктом переработки кальмара, обладает высоким потенциалом для использования в пищевой промышленности в качестве водоудерживающего, жиросвязывающего, жироземлюющего компонента. Высокие показатели растворимости, водо- и жиросвязывающей способности обуславливают возможность применения образцов "КальмаКС" для уменьшения потерь влаги и улучшения сочности различных продуктов как при размораживании, так и при приготовлении. При решении задачи обеспечения потребности населения в сбалансированном и оптимальном по стоимости рационе питания необходимо проведение дальнейших исследований кожи кальмаров с целью определения направления ее использования в технологиях различных пищевых продуктов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Байдалинова Л. С., Ляпустина Е. Е. Выделение натуральных структурообразователей белковой природы из коллагенсодержащего вторичного рыбного сырья // Известия КГТУ. 2018. № 51. С. 45–60. EDN: YLWODB.
- Благоднарова М. В., Самохин А. В. Обоснование технологических параметров сушки покровных тканей кальмара с использованием инфракрасного излучения // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2021. № 57. С. 30–43. DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-57-30-43>. EDN: EGDMOU.
- Краснова А. А. Разработка технологии мясных продуктов с функциональными ингредиентами : дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2018. 162 с.
- Мезенова О. Я., Волков В. В., Мерзель Т., Гримм Т. [и др.]. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, № 4(27). С. 83–94. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-83-94>. EDN: YTDWFF.
- Мурашев С. В. Влияние разрушения структуры коллагена на гидрофильные свойства продуктов этого процесса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия "Процессы и аппараты пищевых производств". 2013. № 3. EDN: TBDJVV.
- Полищук Е. К., Арюзина М. А., Спирина М. Е., Котенкова Е. А. Влияние pH на извлечение белков из поджелудочной железы *Sus scrofa* // Пищевые системы. 2023. № 4. С. 539–546. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-539-546>. EDN: ABSRFJ.
- Самохин А. В. Обоснование целесообразности использования покровных тканей кальмара в технологии пищевого обогатителя // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Владивосток, 27 ноября 2020 г., Владивосток : Дальрыбвтуз, 2021. С. 272–279. EDN: AOMMXC.
- Тумурова Т. Б., Шалбуев Д. В. Роль аминокислот коллагена в заживлении ран // Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Улан-Удэ, 11–13 ноября 2020 г. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2020. С. 241–245. DOI: <https://doi.org/10.31554/978-5-7925-0601-5-2020-241-245>. EDN: BERHUL.
- Aguirre-Cruz G., León-López A., V. Cruz-Gómez V., Jiménez-Alvarado R. [et al.]. Collagen hydrolysates for skin protection: Oral administration and topical formulation // Antioxidants. 2020. Vol. 9, Iss. 2. Article number: 181. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9020181>.
- Altan C. O., Kocatepe D., Çorapçı B., Çorapçı B. [et al.]. A comprehensive investigation of tenderization methods: Evaluating the efficacy of enzymatic and non-enzymatic methods in improving the texture of squid mantle – A detailed comparative study // Food and Bioprocess Technology. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03363-7>.

- Blagonravova M. V., Volkov V. S., Samokhin A. V. Chemical composition of food product "KalmaKS" produced from dried squid skin // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2022. № 3. С. 123–128. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-3-123-128>. EDN: CXAUYF.
- Blagonravova M. V., Volkov V. S., Samokhin A. V. Studying functional and technological properties of dried food product "KalmaKS" made from Commander squid's skin // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2023. № 3. С. 129–136. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-3-129-136>. EDN: GAKDBN.
- Cao S., Cai J., Ying S., Chen T. [et al.]. Characteristics comparison of collagens from squid skin by different extraction methods // Food Science and Technology. 2022. Vol. 42. Article number: e69422. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.69422>.
- Ezquerria-Brauer J. M., Márquez-Ríos E., López-Corona B. E., Ocaño-Higuera V. M. [et al.]. Physicochemical changes of pepsin-solubilized and insoluble collagen in jumbo squid (*Dosidicus gigas*) muscle after cooking process // International Journal of Food Properties. 2018. Vol. 21, Iss. 1. P. 821–834. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1477159>.
- Gómez-Guillén M. C., Giménez B., López-Caballero M. E., Montero M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review // Food Hydrocolloids. 2011. Vol. 25, Iss. 8. P. 1813–1827. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>.
- Kittiphattanabawon P., Nalinanon S., Benjakul S., Kishimura H. Characteristics of pepsin-solubilised collagen from the skin of splendid squid (*Loligo formosana*) // Journal of Chemistry. 2015. Vol. 2015. Article number: 482354. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/482354>.
- Kühn K. Relationship between amino acid sequence and higher structures of collagen // Connective Tissue Research. 1982. Vol. 10, Iss. 1. P. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.3109/03008208209034401>.
- Nakchum L., Kim S. M. Preparation of squid skin collagen hydrolysate as an antihyaluronidase, antityrosinase, and antioxidant agent // Preparative Biochemistry & Biotechnology. 2016. Vol. 46, Iss. 2. P. 123–130. DOI: <https://doi.org/10.1080/10826068.2014.995808>.
- Nam K. A., You S. G., Kim S. M. Molecular and physical characteristics of squid (*Todarodes pacificus*) skin collagens and biological properties of their enzymatic hydrolysates // Journal of Food Science. 2008. Vol. 73, Iss. 4. P. C249–C255. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00722.x>.
- Raman M., Mathew S. Study of chemical properties and evaluation of collagen in mantle, epidermal connective tissue and tentacle of Indian Squid, *Loligo duvauceli* Orbigny // Journal of Food Science and Technology. 2014. Vol. 51. P. 1509–1516. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0671-6>.
- Schmidt C. V., Mouritsen O. G. Cephalopods as challenging and promising blue foods: Structure, taste, and culinary highlights and applications // Foods. 2022. Vol. 11, Iss. 17. Article number: 2559. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11172559>.
- Tapia-Vasquez A. E., Rodríguez-Ramírez R., Ezquerria-Brauer J. M., Suárez-Jiménez G. M. [et al.]. Collagen in Cephalopods: An overview of its physicochemical properties and influence on muscle texture // Journal of Aquatic Food Product Technology. 2021. Vol. 30, Iss. 8. P. 1038–1046. DOI: <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1962470>.
- Veeruraj A., Arumugam M., Ajithkumar T., Balasubramanian T. Isolation and characterization of collagen from the outer skin of squid (*Doryteuthis singhalensis*) // Food Hydrocolloids. 2015. Vol. 43. P. 708–716. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.07.025>.
- Wang H. A review of the effects of collagen treatment in clinical studies // Polymers. 2021. Vol. 13, Iss. 22. Article number: 3868. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13223868>.
- Williams T. L., Senft S. L., Yeo J., Martín-Martínez F. J. [et al.]. Dynamic pigmentary and structural coloration within cephalopod chromatophore organs // Nature Communications. 2019. Vol. 10. Article number: 1004. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08891-x>.
- Xiao H., Li N., Yan L., Xue Y. The hydration characteristics, structural properties and volatile profile of squid (*Symplectoteuthis oualaniensis*) mantle muscle: Impacts of steaming, boiling, and sous vide cooking // Foods. 2021. Vol. 10, Iss. 7. Article number: 1646. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10071646>.
- Yang J., Ding C., Tang L., Deng F. [et al.]. Novel modification of collagen: Realizing desired water solubility and thermostability in a conflict-free way // ACS Omega. 2020. Vol. 5, Iss. 11. P. 5772–5780. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03846>.
- Zhang X., Zhuang H., Wu S., Mao C. [et al.]. Marine bioactive peptides: Anti-photoaging mechanisms and potential skin protective effects // Current Issues in Molecular Biology. 2024. Vol. 46, Iss. 2. P. 990–1009. DOI: <https://doi.org/10.3390/cimb46020063>.

References

- Baidalinova, L. S., Lyapustina, E. E. 2018. Extraction of natural protein structure-forming agents from collagen-containing secondary fish raw materials. *KSTU News*, 51, pp. 45–60. EDN: YLWODB. (In Russ.)
- Blagonravova, M. V., Samokhin, A. V. 2021. Substantiation of technological parameters of drying of squid integumentary tissues using infrared radiation. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, 57, pp. 30–43. DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-57-30-43>. EDN: EGDMOU. (In Russ.)
- Krasnova, A. A. 2018. Development of technology of meat products with functional ingredients. Ph.D. Thesis. St. Petersburg. (In Russ.)
- Mezenova, O. Ya., Volkov, V. V., Merzel, T., Grimm, T. et al. 2018. Comparative assessment of methods of hydrolysis of collagen-containing fish raw materials in the production of peptides and the study of their amino acid balance. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 8(4(27)), pp. 83–94. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-83-94>. EDN: YTDWFF. (In Russ.)
- Murashev, S. V. 2013. The effect of the destruction of the collagen structure on the hydrophilic properties of the products of this process. *Scientific journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment*, 3. EDN: TBDJVV. (In Russ.)
- Polishchuk, E. K., Aryuzina, M. A., Spirina, M. E., Kotenkova, E. A. 2023. The effect of pH on the extraction of proteins from the pancreas *Sus scrofa*. *Food systems*, 4, pp. 539–546. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-539-546>. EDN: ABSRFJ. (In Russ.)
- Samokhin, A. V. 2021. Substantiation of the expediency of using squid integumentary tissues in food fortification technology. VI Intern. Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. Vladivostok, pp. 272–279. EDN: AOMMXC. (In Russ.)
- Tumurova, T. B., Shalbuev, D. V. 2020. The role of collagen amino acids in wound healing. Skin and fur in the XXI century: Technology, quality, ecology, education. Materials of the XVI Intern. Scientific and Practical Conference. Ulan-Ude, pp. 241–245. DOI: <https://doi.org/10.31554/978-5-7925-0601-5-2020-241-245>. EDN: BERHUL. (In Russ.)
- Aguirre-Cruz, G., León-López, A., V. Cruz-Gómez, V., Jiménez-Alvarado, R. et al. 2020. Collagen hydrolysates for skin protection: Oral administration and topical formulation. *Antioxidants*, 9(2). Article number: 181. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9020181>.
- Altan, C. O., Kocatepe, D., Çorapçı, B., Çorapçı, B. et al. 2024. A comprehensive investigation of tenderization methods: Evaluating the efficacy of enzymatic and non-enzymatic methods in improving the texture of squid mantle – A detailed comparative study. *Food and Bioprocess Technology*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03363-7>.
- Blagonravova, M. V., Volkov, V. S., Samokhin, A. V. 2022. Chemical composition of food product "KalmaKS" produced from dried squid skin. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*, 3, pp. 123–128. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-3-123-128>. EDN: CXAUYYF.
- Blagonravova, M. V., Volkov, V. S., Samokhin, A. V. 2023. Studying functional and technological properties of dried food product "KalmaKS" made from Commander squid's skin. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*, 3, pp. 129–136. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-3-129-136>. EDN: GAKDBN.
- Cao, S., Cai, J., Ying, S., Chen, T. et al. 2022. Characteristics comparison of collagens from squid skin by different extraction methods. *Food Science and Technology*, 42. Article number: e69422. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.69422>.
- Ezquerria-Brauer, J. M., Márquez-Ríos, E., López-Corona, B. E., Ocaño-Higuera, V. M. et al. 2018. Physicochemical changes of pepsin-solubilized and insoluble collagen in jumbo squid (*Dosidicus gigas*) muscle after cooking process. *International Journal of Food Properties*, 21(1), pp. 821–834. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1477159>.
- Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., López-Caballero, M. E., Montero, M. P. 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), pp. 1813–1827. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>.
- Kittiphattanabawon, P., Nalinanon, S., Benjakul, S., Kishimura, H. 2015. Characteristics of pepsin-solubilised collagen from the skin of splendid squid (*Loligo formosana*). *Journal of Chemistry*, 2015. Article number: 482354. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/482354>.
- Kühn, K. 1982. Relationship between amino acid sequence and higher structures of collagen. *Connective Tissue Research*, 10(1), pp. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.3109/03008208209034401>.
- Nakchum, L., Kim, S. M. 2016. Preparation of squid skin collagen hydrolysate as an antihyaluronidase, antityrosinase, and antioxidant agent. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 46(2), pp. 123–130. DOI: <https://doi.org/10.1080/10826068.2014.995808>.
- Nam, K. A., You, S. G., Kim, S. M. 2008. Molecular and physical characteristics of squid (*Todarodes pacificus*) skin collagens and biological properties of their enzymatic hydrolysates. *Journal of Food Science*, 73(4), pp. C249–C255. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00722.x>.

- Raman, M., Mathew, S. 2014. Study of chemical properties and evaluation of collagen in mantle, epidermal connective tissue and tentacle of Indian Squid, *Loligo duvauceli* Orbigny. *Journal of Food Science and Technology*, 51, pp. 1509–1516. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0671-6>.
- Schmidt, C. V., Mouritsen, O. G. 2022. Cephalopods as challenging and promising blue foods: Structure, taste, and culinary highlights and applications. *Foods*, 11(17). Article number: 2559. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11172559>.
- Tapia-Vasquez, A. E., Rodríguez-Ramírez, R., Ezquerro-Brauer, J. M., Suárez-Jiménez, G. M. et al. 2021. Collagen in Cephalopods: An overview of its physicochemical properties and influence on muscle texture. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(8), pp. 1038–1046. DOI: <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1962470>.
- Veeruraj, A., Arumugam, M., Ajithkumar, T., Balasubramanian, T. 2015. Isolation and characterization of collagen from the outer skin of squid (*Doryteuthis singhalensis*). *Food Hydrocolloids*, 43, pp. 708–716. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.07.025>.
- Wang, H. 2021. A review of the effects of collagen treatment in clinical studies. *Polymers*, 13(22). Article number: 3868. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13223868>.
- Williams, T. L., Senft, S. L., Yeo, J., Martín-Martínez, F. J. et al. 2019. Dynamic pigmentary and structural coloration within cephalopod chromatophore organs. *Nature Communications*, 10. Article number: 1004. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08891-x>.
- Xiao, H., Li, N., Yan, L., Xue, Y. 2021. The hydration characteristics, structural properties and volatile profile of squid (*Symplectoteuthis oualaniensis*) mantle muscle: Impacts of steaming, boiling, and sous vide cooking. *Foods*, 10(7). Article number: 1646. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10071646>.
- Yang, J., Ding, C., Tang, L., Deng, F. et al. 2020. Novel modification of collagen: Realizing desired water solubility and thermostability in a conflict-free way. *ACS Omega*, 5(11), pp. 5772–5780. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03846>.
- Zhang, X., Zhuang, H., Wu, S., Mao, C. et al. 2024. Marine bioactive peptides: Anti-photoaging mechanisms and potential skin protective effects. *Current Issues in Molecular Biology*, 46(2), pp. 990–1009. DOI: <https://doi.org/10.3390/cimb46020063>.

Сведения об авторах

Самохин Александр Викторович – ул. Ключевская, 35, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, 683003; Камчатский государственный технический университет, науч. сотрудник;
e-mail: alexandersamohin123@gmail.com

Alexander V. Samokhin – 35 Klyuchevskaya Str., Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683003;
Kamchatka State Technical University, Scientific Employee; e-mail: alexandersamohin123@gmail.com

Благонравова Майя Владимировна – ул. Ключевская, 35, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, 683003; Камчатский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент;
e-mail: mblagonravova@mail.ru

Maya V. Blagonravova – 35 Klyuchevskaya Str., Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683003;
Kamchatka State Technical University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor;
e-mail: mblagonravova@mail.ru

Спирина Мария Евгеньевна – ул. Талалихина, 26, г. Москва, Россия, 109316;
Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, инженер-исследователь;
e-mail: m.spirina@fneps.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4544-4433>

Maria E. Spirina – 26 Talalikhina Str., Moscow, Russia, 109316; V. M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems of RAS, Research Engineer; e-mail: m.spirina@fneps.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4544-4433>

Федулова Лилия Вячеславовна – ул. Талалихина, 26, г. Москва, Россия, 109316; Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, д-р техн. наук;
e-mail: l.fedulova@fneps.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3573-930X>

Lily V. Fedulova – 26 Talalikhina Str., Moscow, Russia, 109316; V. M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems of RAS, Dr Sci. (Engineering); e-mail: l.fedulova@fneps.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3573-930X>

Нормативные документы, использованные в статье

ТР ЕАЭС 040/2016	О безопасности рыбы и рыбной продукции. URL: https://docs.cntd.ru/document/420394425 .
ТР ТС 021/2011	О безопасности пищевой продукции. URL: https://docs.cntd.ru/document/902320560 .
ГОСТ 7636-85	Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200022224 .
ГОСТ 33692-2015	Белки животные соединительнотканые. Общие технические условия. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200133729 .
ГОСТ 34132-2017	Мясо и мясные продукты. Метод определения аминокислотного состава животного белка. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200146930 .
ГОСТ 30305.4-95	Продукты молочные сухие. Методика выполнения измерений индекса растворимости. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200021690 .