

УДК 664.951

## Исследование влияния структурорегулирующих добавок на свойства рыбных фаршевых систем

В. Д. Богданов\*, А. А. Симдянкин, А. В. Панкина, В. Д. Мостовой

\*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
г. Владивосток, Россия;

e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0913-780X>

Информация о статье      Реферат

Поступила  
в редакцию  
30.05.2022;

получена  
после доработки  
18.07.2022

Ключевые слова:

рыбный фарш,  
формованный  
продукт,  
структура,  
органолептические  
свойства,  
пищевая добавка

Поиск новых эффективных структурообразователей природного происхождения с целью совершенствования технологии рыбных формованных продуктов является актуальной научной и производственной проблемой. В ходе исследования для получения рыбных фаршевых систем использовались мороженые минтай и горбуша, соответствующие по техническим требованиям действующей нормативной документации. В качестве структурорегулирующих добавок применялись смеси криоконцентратов из морепродуктов, мука рисовая и пшеничная, фермент транглутаминаза. Криоконцентраты изготавливались из кукумарии, кальмара, молот селди тихоокеанской, кожи осьминога, морской капусты, мантии гребешка. Внесение сухих порошкообразных криоконцентратов морепродуктов, содержащих значительное количество белковых веществ, способствовало связыванию воды и повышению водоудерживающей способности фарша горбуши и минтая. На основании результатов исследования физических, химических, реологических и органолептических свойств дисперсных рыбных фаршевых систем установлены рациональные количества вносимых структурорегулирующих добавок: криоконцентратов морепродуктов – 4,0–5,0 %; транглутаминазы – 0,5 %; рисовой муки – 2,0 %; пшеничной муки – 1,0–2,0 %. Формованные рыбные изделия (котлеты, сосиски), содержащие структурорегулирующие добавки, после термической обработки имели высокие показатели органолептических свойств. Результаты исследований целесообразно использовать при разработке рецептур рыбных дисперсных композиций в технологиях формованных, эмульсионных и структурированных продуктов. Установленная высокая водосвязывающая способность криоконцентратов морепродуктов обосновывает необходимость их исследования как природных криопротекторов в холодильных технологиях.

Для цитирования

Богданов В. Д. и др. Исследование влияния структурорегулирующих добавок на свойства рыбных фаршевых систем. Вестник МГТУ. 2022. Т. 25, № 3. С. 219–230. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-3-219-230>.

## Investigation of the effect of structure-regulating additives on the properties of minced fish systems

Valery D. Bogdanov\*, Andrey A. Simdyankin, Anna V. Pankina, Vadim D. Mostovoy

\*Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia;

e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0913-780X>

Article info

Received  
30.05.2022;

received  
in revised form  
18.07.2022

Key words:

minced fish,  
molded product,  
structure,  
organoleptic  
properties,  
food additive

Abstract

The search for new effective structure-forming agents of natural origin in order to improve the technology of fish molded products is an urgent scientific and industrial problem. In the course of the study, to obtain minced fish systems, frozen pollock and pink salmon have been used that meet the technical requirements of the current regulatory documentation. Mixtures of cryoconcentrates from seafood, rice and wheat flour, and the enzyme transglutaminase are used as structure-regulating additives. Cryoconcentrates have been made from cucumaria, squid, Pacific herring milt, octopus skin, seaweed, and scallop mantle. The introduction of dry powdered cryoconcentrates of seafood, containing a significant amount of protein substances, has contributed to the binding of water and an increase in the water-retaining capacity of minced pink salmon and pollock. Based on the results of studying the physical, chemical, rheological and organoleptic properties of dispersed minced fish systems, rational amounts of structure-regulating additives have been established: seafood cryoconcentrates – 4.0–5.0 %; transglutaminase – 0.5 %; rice flour – 2.0 %; wheat flour – 1.0–2.0 %. Molded fish products (cutlets, sausages) containing structure-regulating additives had high organoleptic properties after heat treatment. The results of the research should be used in the development of formulations of fish dispersed compositions in the technologies of molded, emulsion and structured products. The established high water-binding capacity of seafood cryoconcentrates justifies the need to study them as natural cryoprotectors in refrigeration technologies.

For citation

Bogdanov, V. D. et al. 2022. Investigation of the effect of structure-regulating additives on the properties of minced fish systems. *Vestnik of MSTU*, 25(3), pp. 219–230. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-3-219-230>.

## Введение

Использование структурорегулирующих добавок в пищевых технологиях находит широкое применение в производстве мясных, молочных, хлебобулочных, кондитерских и других продуктов питания. Роль этих добавок заключается в придании структуре пищевого продукта свойств, обеспечивающих ему желаемую для потребителя консистенцию. Как правило, в качестве структурорегулирующих добавок применяют вещества белковой или полисахаридной природы: желатин, казеин, белки яйца, сои, а также крахмалы, альгинаты, каррагенаны, агар и другие компоненты (Степаненко и др., 2016; Петрова и др., 2019). Важно, чтобы пищевые структурорегулирующие добавки имели природное происхождение и были получены из натурального пищевого сырья. Причем используются они как в химически чистом, изолированном виде, так и в виде специально подготовленного сырья, содержащего активные белки или полисахариды (рыбный фарш сурими, свиная шкура, тонко измельченная морская капуста и т. д.).

При работе с рыбными дисперсными композициями, получаемыми из мороженого сырья, возникает необходимость целенаправленного регулирования их структурно-механических свойств с целью получения разнообразных формованных изделий с заданными физико-химическими и органолептическими характеристиками. Традиционно для этих целей используются крахмал и яичный или соевый белок.

Перспективными структурообразователями могут быть сухие концентраты морепродуктов, получаемые по криотехнологии (криоконцентраты), разработанной в Дальневосточном государственном техническом рыбохозяйственном университете. Сырьем для их производства является кукумария, морская капуста (ламинария), молоки сельди тихоокеанской, кальмар тихоокеанский, мантия морского гребешка, а также шкура осьминога. Криоконцентраты морепродуктов относятся к высокобелковым продуктам, так как содержание белка в них находится в пределах от 63,9 до 78,7 % (Богданов и др., 2020). Кроме того, они могут выступать в роли биокорректоров за счет содержания каротиноидов, нуклеопротеидов, аминокислот, коллагена, гексозаминов, гликозидов, минеральных и балластных веществ, полиненасыщенных жирных кислот, в том числе семейства  $\omega_3$  и  $\omega_6$ .

Заслуживает внимания также применение в рыбных дисперсных композициях в качестве структурорегулирующих добавок таких традиционных для пищевых продуктов материалов, как рисовая и пшеничная мука. В научной и производственной литературе присутствуют отрывочные сведения об их использовании при производстве формованных продуктов на основе рыбных фаршевых систем. Также научный интерес представляет регулирование структурных свойств рыбных фаршевых дисперсий посредством применения протеолитического фермента микробиологического происхождения – трансклутаминазы.

Цель экспериментальных исследований – обоснование целесообразности использования в качестве структурорегулирующих добавок в технологии рыбных формованных изделий криоконцентратов морепродуктов, трансклутаминазы, муки рисовой и пшеничной.

## Материалы и методы

Сырьем для разработки рецептур рыбных формованных продуктов являлись мороженые минтай и представитель лососевых – горбуша, соответствующие по качественным показателям требованиям действующей нормативной документации (ГОСТ 32366-2013)<sup>1</sup>. Мышечная ткань минтая и горбуши содержит достаточно высокое количество биологически полноценного белка (17,0–20,0 %), минеральные вещества, биологически эффективные липиды, витамины (Купина и др., 2015; Богданов и др., 2007). Данное сырье широко используется в производстве рыбных формованных продуктов.

В качестве структурорегулирующих добавок использовали смеси криоконцентратов из морепродуктов, муку рисовую и пшеничную, трансклутаминазу. Криоконцентраты изготавливались из кукумарии, кальмара, молок сельди тихоокеанской, кожи осьминога, морской капусты, мантии гребешка. Сырье, поступившее на обработку, замораживали до температуры не выше  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , измельчали до размеров частиц 0,1–3,0 мм и обезвоживали на сублимационной сушилке до содержания воды не более 12 %. Сухой полуфабрикат охлаждали до температуры  $-78\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и подвергали криоизмельчению до размеров частиц 20–200 мкм. Из полученных порошков набирали смеси обоснованного нами ранее ингредиентного состава (Богданов и др., 2020).

Известно, что в концентратах морепродуктов имеется достаточно высокое содержание минеральных веществ, включающих все жизненно важные макро- и микроэлементы (Зюльгина и др., 2005; Zhang et al., 2019; Lin et al., 2018). Также в концентратах морепродуктов в достаточном количестве присутствуют каротиноиды (больше всего из кукумарии и осьминога), гексозамины (из кальмара, кукумарии, осьминога), ДНК (из молок сельди тихоокеанской), тритерпеновые гликозиды (из кукумарии) (Sukkhown et al., 2018; Nam et al., 2008; Zhong et al., 2007; Durand et al., 2019). Исходя из оригинального химического состава, физических и органолептических свойств, смеси криоконцентратов рекомендуют для использования в качестве биокорректоров продуктов питания (Богданов и др., 2020). Криоконцентраты по своим характеристикам

<sup>1</sup> ГОСТ32366-2013. Рыба мороженая. Технические условия. М., 2014.

соответствовали требованиям СТО 00471515-071-2019 "Сухие концентраты из морепродуктов"<sup>2</sup>. Мука пшеничная и рисовая, транслугтаминаза соответствовали по качеству требованиям действующей нормативной документации.

Сырье размораживали, разделявали, промывали, измельчали, смешивали со структурорегулирующими добавками, выдерживали 20 минут, готовили фаршевую смесь, формовали в виде котлет или набивали в сосисочную оболочку, подвергали термообработке и охлаждали. Примерный рецептурный состав фаршевой смеси, %, включал рыбный фарш – 66,0; смесь криоконцентратов – 4,0–5,0; лук – 7,0; морковь – 5,0; яичный белок – 3,0; молоко сухое – 3,0; муку рисовую – 2,0; муку пшеничную – 1,0; масло растительное – 8,0; перец черный молотый – 0,05; соль – 0,2.

Структурно-механические свойства фаршевых систем характеризовали динамической вязкостью и водоудерживающей способностью (ВУС). Для определения вязкости использовали вискозиметр Брукфильда RVD (серия ALPHA). Водоудерживающую способность определяли методом прессования (Глушков, 2016). Определение массовой доли воды осуществляли на влагомере ML-50 фирмы AND (Япония) в соответствии с инструкцией, прилагаемой к прибору. Температуру сушки устанавливали равной 200 °С.

Выход формованных изделий после термической обработки определяли весовым методом.

Органолептическая оценка рыбных формованных изделий осуществлялась дегустационной комиссией, состоящей из прошедших подготовку специалистов, с использованием разработанных нами балльных шкал<sup>3</sup>.

Статистическую обработку данных проводили стандартным методом оценки результатов испытаний для малых выборок. Цифровые величины, указанные в таблицах и на графиках, представляют собой арифметические средние, надежность которых  $P = 0,95$ , доверительный интервал  $\Delta \pm 10 \%$ .

## Результаты и обсуждение

В процессе экспериментов исследовали влияние количества вносимых криоконцентратов на структурно-механические, технологические и органолептические свойства рыбных фаршевых систем. В фарш из минтая вносили общеукрепляющую смесь криоконцентратов, в фарш из горбуши – минералокорректирующую – в количествах 1,0–6,0 %. Исследовали влияние добавок на водоудерживающую способность, вязкость сырого фарша и на выход после термообработки, органолептические свойства приготовленных из него паровых котлет. Экспериментальные данные исследования физических и реологических показателей сырого рыбного фарша с криоконцентратами морепродуктов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Влияние криоконцентратов морепродуктов на ВУС рыбного фарша, %  
Table 1. The effect of seafood cryoconcentrates on the water-holding capacity of minced fish, %

Вид фарша	Количество внесенной добавки криоконцентратов, % к массе фарша						
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
На основе горбуши	57,2	59,4	60,8	61,5	62,4	63,2	64,5
На основе минтая	45,7	46,9	47,8	49,1	51,3	52,5	53,2

Данные табл. 1 показывают, что внесение в качестве структурорегулирующей добавки смесей криоконцентратов морепродуктов в количестве 1–6 % положительно влияет на ВУС фаршей на основе горбуши и минтая. Уже при внесении 1,0 % добавок ВУС фарша горбуши и минтая увеличивается более чем на 1 % и в дальнейшем в пределах проведения эксперимента – до 6 %; наблюдается стабильный рост исследуемого показателя функциональных свойств белков рыбной мышечной ткани. Рост водоудерживающей способности рыбного фарша при внесении добавок объясняется прежде всего высоким содержанием в их составе белков, обладающих гидрофильными свойствами. Кроме того, ламинария, входящая в рецептуры смесей, содержит альгиновые кислоты и их соли (альгинаты), фукоиды и ламинаран, способные образовывать гидроколлоиды (Hsu et al. 2020; Zhang et al., 2019), уменьшая тем самым количество свободной воды. Установленная высокая водосвязывающая способность криоконцентратов морепродуктов является обоснованием возможного направления их использования в качестве криопротекторов в технологиях холодильного консервирования рыбного сырья (Холодов, 2011; Глушков, 2016).

Из табл. 2 видно, что внесение обогащающих рыбный фарш криоконцентратов морепродуктов ведет к росту его сдвиговых реологических показателей, в частности динамической вязкости. Так, при внесении 6,0 % добавок динамическая вязкость фарша на основе горбуши увеличивается в 1,5 раза, минтая – в 1,8 раза.

<sup>2</sup> СТО 00471515-071-2019. Сухие концентраты из морепродуктов. Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению, реализации.

<sup>3</sup> См.: ГОСТ 7631-2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. М., 2011. 11 с. ; Сафронова Т. М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. М., 1998. 243 с.

Следует отметить, что фарш после внесения добавок и выдержки в течение 15–20 минут становится более плотным, монолитным, его формуемость улучшается, что согласуется с известными литературными данными (Atitallah *et al.*, 2019). Повышение сдвиговых характеристик рыбного фарша объясняется проявлением смесями криоконцентратов эффекта водосвязывания.

Таблица 2. Влияние криоконцентратов морепродуктов на вязкость рыбного фарша, кПа·с  
Table 2. The effect of seafood cryoconcentrates on the viscosity of minced fish, kPa·s

Вид фарша	Количество внесенной добавки криоконцентратов, % к массе фарша						
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
На основе горбуши	2,485	2,732	2,988	3,232	3,366	3,570	3,711
На основе минтая	1,891	2,163	2,431	2,697	2,933	3,197	3,408

Данные по определению выхода котлет после паровой обработки в зависимости от количества вносимых в рыбные фарши на основе горбуши и минтая криоконцентратов морепродуктов приведены в табл. 3.

Таблица 3. Влияние количества вносимых добавок криоконцентратов морепродуктов на потери массы при термообработке рыбного фарша, %  
Table 3. Effect of the amount of additives of seafood cryoconcentrates on weight loss during heat treatment of minced fish, %

Вид фарша	Количество внесенной добавки криоконцентратов, % к массе фарша						
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
На основе горбуши	16,1	14,8	13,5	12,0	10,3	8,8	7,2
На основе минтая	22,3	21,0	19,4	18,1	16,8	15,5	14,1

Исследование потери массы при паровой термообработке рыбного фарша показывает, что при добавлении криоконцентратов морепродуктов в количестве 1,0–6,0 % наблюдается общая тенденция снижения потери их массы пропорционально количеству внесенной добавки. У фарша на основе горбуши потери массы при термообработке уменьшаются с 16,1 (контроль) до 7,2 %, т. е. в 2,2 раза. У фарша на основе минтая потери массы при термообработке сокращаются с 22,3 (контроль) до 14,1 %, (в 1,6 раза).

Следует отметить, что все изделия после паровой термообработки имеют плотную сочную структуру и высокие органолептические свойства. Подобный ход изменения тепловых потерь и структурных показателей получен при исследовании процесса термообработки мышечной ткани трески (*Gradus morhua*) (Skipnes *et al.*, 2007). Как показывают наши исследования, степень изменения органолептических показателей котлет зависит от количества внесенных добавок и их вида. Наиболее высокие органолептические показатели имеют образцы котлет из фаршей на основе минтая, содержащие добавку криоконцентратов в количестве 4,0–5,0 %, горбуши – 4,0 %. Именно при этих концентрациях котлеты имеют гомогенную, нежную, сочную консистенцию, приятный, рыбный, гармоничный вкус и запах. Если концентрации добавок ниже, то органолептические показатели котлет уступают вышеприведенным характеристикам. При более высоких концентрациях – приобретают слишком плотную консистенцию, в их вкусе появляется привкус компонентов добавок, прежде всего морской капусты, а в запахе – посторонние ароматы.

Таким образом, результаты исследования влияния количества вносимых криоконцентратов на структурно-механические, технологические и органолептические свойства рыбных фаршевых систем (табл. 1–3) обосновывают их рациональные дозировки (4,0–5,0 % к массе фаршевой смеси).

Рыбные формованные продукты получают из фаршевых смесей, представляющих собой многокомпонентные дисперсные системы. В процессе приготовления фаршевых смесей, их последующей термической обработки происходят изменения состава и свойств дисперсных систем, которые могут влиять на функциональные свойства вводимых в качестве структурорегулирующих добавок криоконцентратов морепродуктов. В ходе исследования определены изменения в сосисочной фаршевой смеси с криоконцентратами морепродуктов содержания воды, водоудерживающей способности, вязкости и проведена органолептическая оценка готовых образцов сосисок. Результаты испытаний (табл. 4) показывают положительное влияние криоконцентратов морепродуктов на свойства дисперсных систем на основе рыбных фаршей из горбуши и минтая.

Внесение криоконцентратов ведет к снижению содержания воды на 2,8 и 3,4 % в фарше горбуши. Для фарша минтая, в котором первоначальное содержание воды существенно выше, чем в фарше горбуши, снижение ее содержания более значительное и составляет 4,6–4,8 % в зависимости от вида концентрата. Стоит заметить, что подобная зависимость влажности от содержания сухой пищевой добавки отмечена

для фаршей из судака и сазана при добавлении в них сухого концентрата капусты белокачанной в количестве 10–30 % к массе фарша (Нугманов и др., 2018). Внесение сухих порошкообразных криоконцентратов морепродуктов, содержащих значительное количество белковых веществ, ведет к связыванию воды и повышению водоудерживающей способности фарша горбуши и минтая. При этом происходит уплотнение и упрочнение структуры рыбного фарша, о чем свидетельствует существенное (почти на 50 %) увеличение их вязкости.

Таблица 4. Влияние смеси криоконцентратов морепродуктов\* на состав и свойства фаршевых дисперсных систем  
Table 4. Influence of the mixture of seafood cryoconcentrate on the composition and properties of minced dispersed systems

Номер образца	Состав системы	Содержание воды, %	ВУС, %	Вязкость, кПа·с	Комплексная органолептическая оценка, баллы
1	Фарш горбуши после мясорубки	69,3	57,2	2,555	–
2	То же, что 1 + тонкое измельчение на куттере	69,2	63,4	2,321	–
3	То же, что 2 + смесь криоконцентратов 3 (5 %)	66,5	64,9	5,134	–
4	То же, что 3 + смесь дополнительных компонентов	70,7	66,7	3,350	–
5	Сосиски после термообработки	71,0	62,6	6,640	4,44
6	Фарш горбуши после мясорубки	73,3	63,0	3,946	–
7	То же, что 6 + тонкое измельчение на куттере	73,3	67,2	3,855	–
8	То же, что 7 + смесь криоконцентратов 4 (5 %)	69,9	77,1	7,046	–
9	То же, что 8 + смесь дополнительных компонентов	71,1	76,7	3,249	–
10	Сосиски после термообработки	70,3	73,0	4,018	4,44
11	Фарш минтая после мясорубки	83,5	60,0	8,379	–
12	То же, что 11 + тонкое измельчение на куттере	83,5	63,4	6,505	–
13	То же, что 12 + смесь криоконцентратов 1 (5 %)	78,7	67,4	8,936	–
14	То же, что 13 + смесь дополнительных компонентов	75,9	65,6	3,123	–
15	Сосиски после термообработки	75,0	60,0	7,461	4,66
16	Фарш минтая после мясорубки	82,4	55,4	7,470	–
17	То же, что 16 + тонкое измельчение на куттере	82,3	59,3	5,950	–
18	То же, что 17 + смесь криоконцентратов 2 (4 %)	77,8	63,4	9,120	–
19	То же, что 18 + смесь дополнительных компонентов	78,4	64,9	4,667	–
20	Сосиски после термообработки	77,5	61,4	7,460	4,71

Примечание. \*Смеси криоконцентратов: 1 – общеукрепляющая; 2 – минералокорректирующая; 3 – восстанавливающая; 4 – иммуномодулирующая.

Тонкое измельчение рыбного фарша на куттере до пастообразного состояния ведет к повышению его водоудерживающей способности. Однако при этом отмечается снижение вязкости дисперсных систем.

Внесение в фаршевую смесь дополнительных компонентов (лук, морковь, яйцо и др.) увеличивает содержание воды в системе, снижает ее водоудерживающую способность и вязкость.

Готовые сосиски после термообработки имеют довольно высокие органолептические показатели: усредненный балл комплексной оценки составляет для сосисок из горбуши 4,44 независимо от вида вносимой обогащающей добавки. Что касается формованных изделий из минтая, то сосиски со смесью криоконцентратов 1 получили средний балл 4,66, а со смесью криоконцентратов 2 – 4,71 балла.

Дегустаторами отмечались отдельные недостатки структуры сосисок, выражающиеся в суховатой, немного рыхлой консистенции. С целью улучшения структуры и консистенции рыбных формованных изделий проводились исследования влияния транглутаминазы микробиологического происхождения на физико-химические и органолептические свойства дисперсных систем на основе фарша минтая. Известно, что фермент транглутаминаза способствует структурообразованию миофибриллярных белков за счет полимеризации миозина тяжелых цепей (Караулова и др., 2007).

Результаты исследования влияния количества транглутаминазы на структурные свойства фарша минтая приведены в табл. 5. Транглутаминазу вносили в фарш в сухом виде, после тщательного перемешивания в смесителе выдерживали 20 минут при температуре  $18 \pm 2$  °С и затем фарш подвергали исследованию.

Таблица 5. Зависимость структурных свойств сырого фарша минтая от содержания транsgлутаминазы  
Table 5. Dependence of the structural properties of raw minced Pollock on the content of transglutaminase

Показатель	Количество транsgлутаминазы, %				
	0	0,25	0,50	1,0	2,0
Содержание воды, %	82,6	81,9	81,3	80,8	80,1
Вязкость, кПа·с	9,650	10,601	11,247	9,624	9,238
ВУС, %	46,7	52,2	56,7	51,7	48,3

Внесение транsgлутаминазы ведет к небольшому снижению содержания воды в фарше минтая. При этом вязкость и водоудерживающая способность сырого фарша возрастают при внесении фермента в количестве до 0,5 %, а затем при дальнейшем росте его концентрации уменьшаются. С технологической точки зрения рост вязкости и водоудерживающей способности рыбного фарша свидетельствует о развитии в системе процессов структурообразования, положительно влияющих на его органолептические и физические свойства.

Результаты исследования влияния транsgлутаминазы на свойства фаршевой смеси приведены в табл. 6.

Таблица 6. Зависимость физико-химических и органолептических показателей фаршевой смеси от количества транsgлутаминазы  
Table 6. Dependence of physico-chemical and organoleptic parameters of the minced mixture on the amount of transglutaminase

Показатель	Количество транsgлутаминазы, %				
	0	0,25	0,50	1,0	2,0
Содержание воды, %	77,8	77,2	75,9	73,8	74,5
Вязкость, кПа·с	3,250	3,390	3,454	4,493	4,540
ВУС, %	51,4	55,6	58,7	61,7	63,3
Комплексная органолептическая оценка сосисок, баллы	4,12	4,53	4,64	4,33	4,25

Данные табл. 6 свидетельствуют о том, что внесение транsgлутаминазы в количестве 0,25–0,5 % в сосисочную фаршевую смесь улучшает ее физико-химические и органолептические характеристики: уменьшается влажность, возрастают вязкость и водоудерживающая способность, а также показатель комплексной органолептической оценки готовых сосисок.

Известно, что структурно-механические свойства (эластичность, липкость, вязкость и др.) фарша из нерестовых лососей существенно улучшаются при внесении в него транsgлутаминазы в количестве не менее 0,5 % (к массе фарша в сухом виде). Использование транsgлутаминазы позволяет получать из фарша нерестовых лососей, в том числе длительного холодильного хранения, формованные продукты типа "камабоко" (Орлова и др., 2008). Также следует отметить положительный опыт использования транsgлутаминазы в количестве до 2,0 % в фаршевых композициях на основе мяса перепелок с добавлением муки тритикале в количестве 15,0 %. Получаемые формованные мясные продукты рекомендуются для геродиетического питания (Гартованная и др., 2018).

В целом, оценивая экспериментальные данные табл. 5 и 6, считаем рациональной концентрацией транsgлутаминазы в фаршевой смеси, предназначенной для производства формованных рыбных продуктов, ее содержание в количестве 0,5 % по сухому веществу к массе фарша.

Известны положительные результаты комбинирования рыбного (фарша белого и черного амура, белого и пестрого толстолобика) и растительного (пшеничной муки, перловой крупы, моркови, свеклы, картофеля, капусты белокочанной, баклажанов и др.) сырья при получении стабильных полидисперсных пищевых систем (Максюта, 2004). Нами исследовалась целесообразность введения в рецептуры рыбной фаршевой смеси рисовой и пшеничной муки в качестве структурорегулирующих добавок растительного происхождения.

Результаты исследования влияния рисовой муки на структурные свойства фарша минтая приведены на рис. 1–3. Рисовую муку вносили в рыбный фарш в сухом виде в количестве 1,0–12,0 % к массе фарша, после тщательного перемешивания в смесителе выдерживали 20 минут при температуре  $18 \pm 2$  °C и подвергали исследованию.

Характер кривых, приведенных на рис. 1, показывает, что связывание воды за счет набухания муки не приводит к росту водоудерживающей способности сырой рыбной фаршевой системы (кривые 2 и 3). При концентрациях рисовой муки до 3,0 % значения ВУС как отдельно взятого фарша минтая, так и фаршевой многокомпонентной смеси остаются стабильными, затем по мере роста содержания муки постепенно снижаются. Что касается ВУС термообработанного фарша (кривая 1), то значения этого показателя при внесении в фарш муки до 2,0 % существенно возрастают, затем при росте концентрации

до 6,0 % постепенно снижаются и остаются стабильными и в пределах исследуемых значений вносимых количеств рисовой муки (12,0 %).

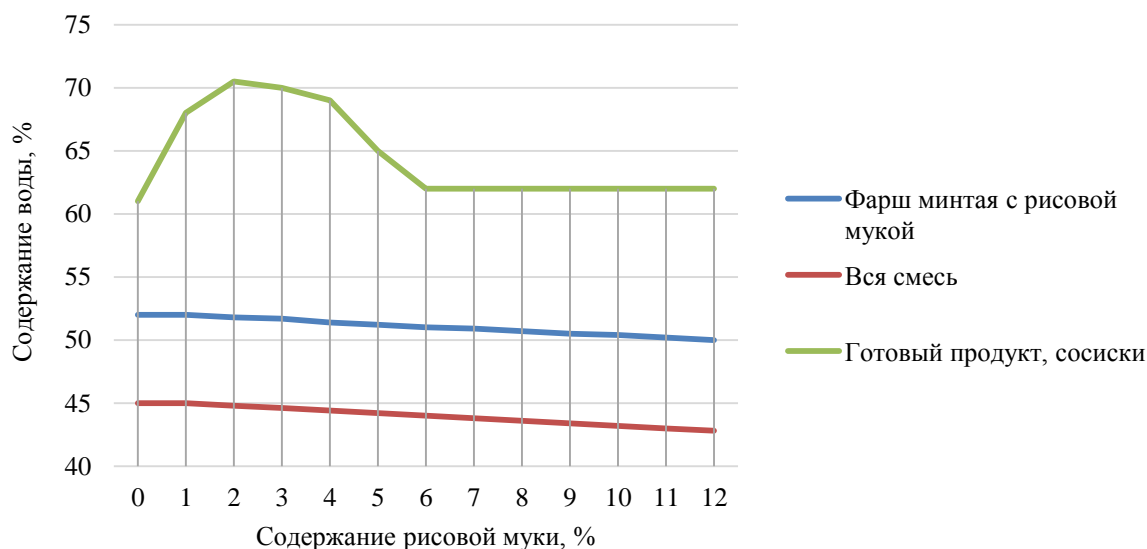


Рис. 1. Влияние концентрации рисовой муки на водоудерживающую способность рыбных фаршевых систем: 1 – готовый формованный продукт; 2 – фарш минтая с рисовой мукой; 3 – многокомпонентная фаршевая сосисочная смесь  
Fig. 1. The effect of rice flour concentration on the water-holding capacity of minced fish systems: 1 – finished molded product; 2 – minced pollock with rice flour; 3 – multicomponent minced sausage mixture

Экспериментальные данные по исследованию влияния рисовой муки на динамическую вязкость рыбной фаршевой системы приведены на рис. 2.

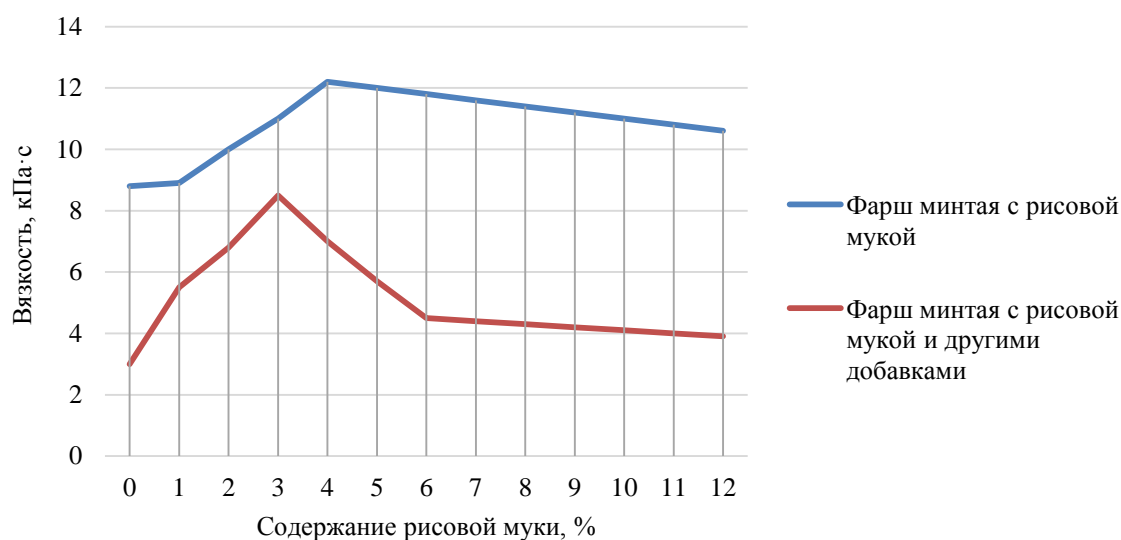


Рис. 2. Влияние рисовой муки на вязкость рыбного фарша: 1 – фарш минтая с рисовой мукой; 2 – фарш минтая с рисовой мукой и другими рецептурными компонентами  
Fig. 2. The effect of rice flour on the viscosity of minced fish: 1 – minced pollock with rice flour; 2 – minced pollock with rice flour and other prescription ingredients

Как показывают данные рис. 2, при внесении рисовой муки в отдельно взятый рыбный фарш минтая (кривая 1) в количестве 1,0–4,0 % происходит существенное увеличение его вязкости с 8,578 до 12,492 кПа·с соответственно. Дальнейший рост концентрации рисовой муки в рыбном фарше сначала стабилизирует его вязкость, а затем ведет к постепенному снижению этого показателя. Анализ изменения вязкости многокомпонентной фаршевой сосисочной смеси (кривая 2) показывает уменьшение абсолютных показателей

вязкости смеси при одних и тех же концентрациях муки по сравнению с значениями у отдельно взятого рыбного фарша (кривая 1). Вероятно, это связано с увеличением влажности фаршевой смеси за счет внесения в рыбный фарш лука репчатого и моркови.

Так же как и в предыдущем примере, сравнительно небольшие концентрации рисовой муки увеличивают вязкость фаршевых систем, у них повышаются адгезивные свойства, они лучше формируются. Дальнейший рост содержания рисовой муки ведет к связыванию воды, структура фаршевой смеси становится рыхлой, несколько рассыпчатой, ее формуемость ухудшается. С этой точки зрения рациональная концентрация вносимой в фаршевую смесь рисовой муки находится в пределах до 3,0 %.

На рис. 3 приведены результаты комплексной органолептической оценки рыбных сосисок с различным содержанием рисовой муки.

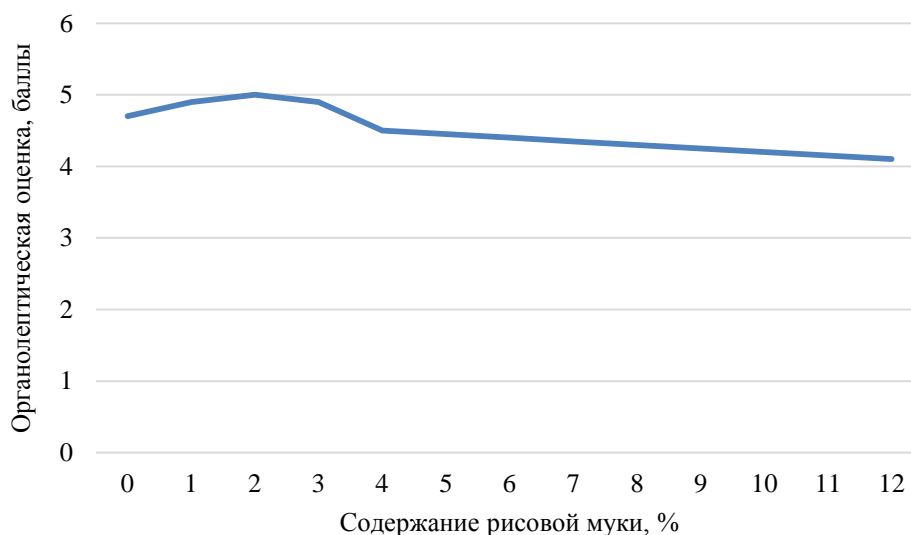


Рис. 3. Органолептическая оценка рыбных сосисок с различным содержанием рисовой муки  
Fig. 3. Organoleptic evaluation of fish sausages with different contents of rice flour

Данные рис. 3 показывают, что внесение небольших концентраций рисовой муки положительно отражается на органолептической оценке рыбных сосисок. Внесение 1,0 % рисовой муки повышает комплексную органолептическую оценку по сравнению с контрольным образцом на 0,11 балла. Наивысшую оценку 5,0 баллов получил образец, содержащий 2,0 % рисовой муки. Дальнейший рост концентрации рисовой муки ведет к снижению показателя комплексной органолептической оценки готовой продукции и при содержании 4,0 % он становится ниже значений контрольного образца. Полученные результаты органолептической оценки рыбных сосисок согласуются с экспериментальными данными по исследованию зависимости ВУС и вязкости термообработанных фаршевых систем от количества вносимой рисовой муки, рассмотренными выше.

Таким образом, оценивая в целом влияние рисовой муки на химические, физические, реологические и органолептические свойства дисперсных фаршевых систем, считаем рациональным внесение в них рисовой муки в количестве 2,0 % к массе фаршевой смеси.

Данные по исследованию влияния пшеничной муки на структурные свойства фарша минтая приведены в табл. 7. Пшеничную муку вносили в рыбный фарш, содержащий 2,0 % рисовой муки, в сухом виде в количестве 1,0–4,0 %, после тщательного перемешивания в смесителе выдерживали 20 минут при температуре  $18 \pm 2$  °С и подвергали исследованию.

Таблица 7. Влияние количества пшеничной муки на свойства фарша минтая  
Table 7. The effect of the amount of wheat flour on the properties of minced pollock

Показатель	Содержание пшеничной муки, %				
	0	1,0	2,0	3,0	4,0
Содержание воды, %	81,8	81,1	80,3	79,2	78,0
Вязкость, кПа·с	10,173	8,378	7,321	8,521	9,428
ВУС, %	52,3	53,1	53,9	54,5	55,7

Экспериментальные данные, приведенные в табл. 7, показывают, что внесение пшеничной муки в фарш минтая несколько снижает содержание в нем количества воды, увеличивает водоудерживающую способность и уменьшает вязкость, придавая структуре небольшую рыхловатость.



Результаты изучения влияния количества пшеничной муки на структурные свойства сосисочной фаршевой смеси приведены в табл. 8.

Таблица 8. Влияние количества пшеничной муки на свойства сосисочной фаршевой смеси  
Table 8. The effect of the amount of wheat flour on the properties of the sausage stuffing mixture

Показатель	Содержание пшеничной муки, %				
	0	1,0	2,0	3,0	4,0
Содержание воды, %	74,9	73,5	72,9	72,4	72,1
Вязкость, кПа·с	5,190	4,567	4,261	4,873	5,033
ВУС, %	50,0	51,9	53,1	54,6	57,6

Данные табл. 8 свидетельствуют о том, что изменения структурных показателей фаршевой смеси от количества вносимой пшеничной муки аналогичны установленным выше изменениям, характерным для отдельно взятого фарша минтая. С ростом концентрации муки несколько снижается общее влагосодержание фаршевой смеси, при этом увеличивается ее водоудерживающая способность. Что касается вязкости, то при внесении в смесь небольших концентраций муки ее динамическая вязкость несколько снижается. Например, при внесении 1,0 % пшеничной муки снижение вязкости фаршевой системы составляет 12,0 %. По мере возрастания содержания пшеничной муки в исследуемых пределах вязкость фаршевой смеси постепенно возрастает, не достигая при этом первоначального значения.

В табл. 9 приведены данные исследования влияния количества пшеничной муки на водоудерживающую способность и комплексную органолептическую оценку термически обработанных и готовых к употреблению рыбных сосисок.

Таблица 9. Влияние пшеничной муки на ВУС и органолептические свойства рыбных сосисок после термообработки

Table 9. The effect of wheat flour on the taste and organoleptic properties of fish sausages after heat treatment

Показатель	Содержание пшеничной муки, %				
	0	1,0	2,0	3,0	4,0
ВУС, %	65,6	73,5	73,3	70,2	65,5
Комплексная органолептическая оценка, баллы	4,88	4,90	4,89	4,85	4,84

Данные табл. 9 показывают, что водоудерживающая способность вареного фарша сосисок, содержащих пшеничную муку в количестве 1,0–3,0 %, выше по сравнению с контролем и образцом с концентрацией муки 4,0 %.

Комплексная органолептическая оценка всех образцов сосисок достаточно высокая и составляет 4,84–4,90 балла. Прослеживается взаимосвязь между ВУС и органолептической оценкой сосисок, содержащих пшеничную муку. Образцы с содержанием пшеничной муки 1,0–2,0 % оценены дегустаторами наиболее высоко – 4,90 и 4,89 балла соответственно. Они же имеют наибольшие показатели ВУС. Считаем эти концентрации пшеничной муки рациональными при дальнейшей разработке рецептур рыбных формованных изделий.

Таким образом, в ходе испытаний обоснована целесообразность регулирования структурных свойств рыбных фаршевых систем посредством использования трансглутаминазы и пищевых добавок (рисовой и пшеничной муки).

## Заключение

Экспериментальным путем установлена структурорегулирующая способность смесей криоконцентратов морепродуктов при внесении их в рыбные дисперсные композиции. В результате исследований структурно-механических, технологических, органолептических показателей рыбных фаршевых систем доказана целесообразность их применения в технологии формованных продуктов в количестве 4,0–5,0 %. Проявляемая высокая водосвязывающая способность криоконцентратов обосновывает необходимость дальнейшего исследования их криозащитных свойств с целью использования в качестве криопротекторов при холодильной обработке рыбного сырья.

В процессе экспериментов установлена возможность целенаправленного регулирования структуры и консистенции рыбных дисперсных композиций посредством применения протеолитического фермента трансглутаминазы, а также муки рисовой и пшеничной. Рациональные концентрации их введения в рыбные фаршевые смеси при производстве формованных продуктов составляют для трансглутаминазы – 0,5 %, рисовой муки – 2,0 % и пшеничной муки 1,0–2,0 %. Полученные результаты исследований целесообразно использовать при разработке рецептур рыбных дисперсных композиций.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Библиографический список

- Богданов В. Д., Благодранова М. В., Салтанова Н. С. Современные технологии производства соленой продукции из сельди тихоокеанской и лососевых. Петропавловск-Камчатский : Новая книга, 2007. 235 с.
- Богданов В. Д., Симдянкин А. А., Панкина А. В., Мостовой В. Д. Разработка функциональных композиций сухих концентратов морепродуктов и исследование их свойств // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 4. С. 707–716. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-707-716>. EDN: UXIRSB.
- Гартованная Е. А., Иванова К. С. Математический анализ и обоснование состава фаршевой композиции // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 3(47). С. 110–116. DOI: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-13065>. EDN: YOYPUT.
- Глушков О. А. Влияние природных полисахаридов на качественные показатели замороженных полуфабрикатов при хранении // Харчова наука і технологія. 2016. Т. 10, № 3. С. 35–38. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v10i3.182>. EDN: XCFZYP.
- Гюзьгина А. А., Купина Н. М. Химический состав и технологическая характеристика осьминогов Японского моря // Известия ТИНРО. 2005. Т. 142. С. 323–329. EDN: ПРОКРН.
- Караулова Е. П., Леваньков С. П., Якуш Е. В. Влияние транглутаминазы на состав тяжелых цепей миофибриллярных белков скелетных мышц некоторых видов глубоководных рыб // Известия ТИНРО. 2007. Т. 148. С. 306–313. EDN: IBZNFR.
- Купина Н. М., Баштовой А. Н., Павелъ К. Г. Исследование химического состава, биологической ценности и безопасности минтая *Theragra chalcogramma* залива Петра Великого // Известия ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 310–319. EDN: TUESGR.
- Максюта И. В. Разработка технологии сухих рыбопродуктов геродиетического назначения : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2004. 22 с.
- Нугманов А. Х.-Х., Максименко Ю. А., Алексанян А. И., Алексанян О. А. Исследование физико-химических свойств рыбных фаршей, сухих растительных премиксов и их смесей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. 2018. № 2. С. 135–148. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2018-2-135-148>. EDN: XQRIEX.
- Орлова М. В., Леваньков С. В., Пивненко Т. Н., Якуш Е. В. [и др.]. Использование транглутаминаз для модификации структуры сырья с целью получения пищевой продукции из лососей с нерестовыми изменениями // Известия ТИНРО. 2008. Т. 152. С. 348–355. EDN: JVUIKB.
- Петрова Л. Д., Богданов В. Д. Рыбный фарш с белоксодержащими растительными добавками // Современная наука и инновации. 2019. № 1(25). С. 130–135. DOI: [10.33236/2307-910X-2019-25-1-130-135](https://doi.org/10.33236/2307-910X-2019-25-1-130-135). EDN: CZEDCS.
- Степаненко Е. И., Андреев М. П., Нехамкин Б. Л. Применение пищевых добавок в технологии формованной рыбной продукции с промежуточной влажностью // Известия КГТУ. 2016. № 42. С. 138–146. EDN: WGXTPE.
- Холодов Ф. В. Разработка композиций пищевых добавок криопротекторного действия для сохранения качества мясных полуфабрикатов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2011. 22 с.
- Atitallah A. B., Barkallah M., Hentati F., Dammak M. [et al.]. Physicochemical, textural, antioxidant and sensory characteristics of microalgae-fortified canned fish burgers prepared from minced flesh of common barbel (*Barbus barbus*) // Food bioscience. 2019. Vol. 30. 100417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100417>.
- Durand R., Fraboulet E., Marette A., Bazinet L. Simultaneous double cationic and anionic molecule separation from herring milt hydrolysate and impact on resulting fraction bioactivities // Separation and Purification Technology. 2019. Vol. 210. P. 431–441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.08.017>. EDN: YIKMFV.
- Hsu W.-J., Lin M.-H., Kuo T.-Ch., Chou Ch.-M. [et al.]. Fucoidan from *Laminaria japonica* exerts antitumor effects on angiogenesis and micrometastasis in triple-negative breast cancer cells // International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 149. P. 600–608. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.256>. EDN: TAUTRE.
- Lin L., Yang K., Zheng L., Zhao M. [et al.]. Anti-aging effect of sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) hydrolysate on fruit flies and D-galactose-induced aging mice // Journal of Functional Foods. 2018. Vol. 47. P. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.033>.
- 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. 249–255. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00722.x>.
- Skipnes D., Østby M., Hendrickx M. A method for characterising cook loss and water holding capacity in heat treated cod (*Gadus morhua*) muscle // Journal of Food Engineering. 2007. Vol. 80, Iss. 4. P. 1078–1085. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.08.015>.

- Sukkhown P., Jangchud K., Lorjaroenphon Y., Pirak T. Flavored-functional protein hydrolysates from enzymatic hydrolysis of dried squid by-products: Effect of drying method // *Food Hydrocolloids*. 2018. Vol. 76. P. 103–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.026>.
- Zhong Y., Khan M. A., Shahidi F. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 55, Iss. 4. P. 1188–1192. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf063085h>. EDN: MIREIZ.
- Zhang X., Jiang D., Li D., Yu C. [et al.]. Characterization of a seafood-flavoring enzymatic hydrolysate from brown alga *Laminaria japonica* // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019. Vol. 13, Iss. 2. P. 1185–1194. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00034-6>.

## References

- Bogdanov, V. D., Blagonravova, M. V., Saltanova, N. S. 2007. Modern production technologies of salted products from Pacific herring and salmon. Petropavlovsk-Kamchatsky. (In Russ.)
- Bogdanov, V. D., Simdyankin, A. A., Pankina, A. V., Mostovoy, V. D. 2020. Development of functional compositions of dry seafood concentrates and research of their properties. *Technique and technology of food production*, 50(4), pp. 707–716. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-707-716>. EDN: UXIRSB. (In Russ.)
- Gartovannaya, E. A., Ivanova, K. S. 2018. Mathematical analysis and substantiation of the composition of the stuffing composition. *Dalnevostochnyi agrarnyi vestnik*, 3(47), pp. 110–116. DOI: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-13065>. EDN: YOYPUT. (In Russ.)
- Glushkov, O. A. 2016. The influence of natural polysaccharides on the quality indicators of frozen semi-finished products during storage. *Khar'kovskaya nauka i tekhnika*, 10(3), pp. 35–38. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v10i3.182>. EDN: XCFZYP. (In Russ.)
- Zyuzgina, A. A., Kupina, N. M. 2005. Chemical composition and technological characteristics of octopuses of the Sea of Japan. *Izvestiya TINRO*, 142, pp. 323–329. EDN: HPOKPN. (In Russ.)
- Karaukova, E. P., Levankov, S. P., Yakush, E. V. 2007. Influence of transglutaminase on the composition of heavy chains of myosins of skeletal muscles of some species of deep-sea fish. *Izvestiya TINRO*, 148, pp. 306–313. EDN: IBZNFR. (In Russ.)
- Kupina, N. M., Bashtovoy, A. N., Pavel, K. G. 2015. Investigation of the chemical composition, biological value and safety of pollock *Theragra chalcogramma* of Peter the Great Bay. *Izvestiya TINRO*, 180, pp. 310–319. EDN: TUESGR. (In Russ.)
- Maksyuta, I. V. 2004. Development of technology of dry fish-growing products of herodietic purpose. Abstract of Ph.D. dissertation. Krasnodar. (In Russ.)
- Nugmanov, A. H., Maksimenko, Yu. A., Aleksanyan, A. I., Aleksanyan, O. A. 2018. Investigation of physico-chemical properties of minced fish, dry vegetable premixes and their mixtures. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Rybnoye khozyaystvo*, 2, pp. 135–148. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2018-2-135-148>. EDN: XQRIEX. (In Russ.)
- Orlova, M. V., Levankov, S. P., Pivnenko, T. V., Yakush, E. V. et al. 2008. The use of transglutaminases to modify the structure of raw materials in order to obtain food products from salmon with spawning changes. *Izvestiya TINRO*, 152, pp. 348–355. EDN: JVUIKB. (In Russ.)
- Petrova, L. D., Bogdanov, V. D. 2019. Minced fish with protein-containing vegetable dishes. *Sovremennaya nauka i innovatsii*, 1(25), pp. 130–135. DOI: 10.33236/2307-910X-2019-25-1-130-135. EDN: CZEDCS. (In Russ.)
- Stepanenko, E. I., Andreev, M. P., Nekhamkin, B. L. 2016. The use of food additives in the technology of molded fish products with intermediate moisture. *Izvestiya KGTU*, 42, pp. 138–146. EDN: WGXTPE. (In Russ.)
- Kholodov, F. V. 2011. Development of compositions of cryoprotective food additives to preserve the quality of meat semi-finished products. Abstract of Ph.D. dissertation. Moscow. (In Russ.)
- Atitallah, A. B., Barkallah, M., Hentati, F., Dammak, M. et al. 2019. Physicochemical, textural, antioxidant and sensory characteristics of microalgae-fortified canned fish burgers prepared from minced flesh of common barbel (*Barbus barbus*). *Food Bioscience*, 30. 100417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100417>.
- Durand, R., Fraboulet, E., Marette, A., Bazinet, L. 2019. Simultaneous double cationic and anionic molecule separation from herring milt hydrolysate and impact on resulting fraction bioactivities. *Separation and Purification Technology*, 210, pp. 431–441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.08.017>. EDN: YIKMFV.
- Hsu, W.-J., Lin, M.-H., Kuo, T.-Ch., Chou, Ch.-M. et al. 2020. Fucoïdan from *Laminaria japonica* exerts antitumor effects on angiogenesis and micrometastasis in triple-negative breast cancer cells. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149, pp. 600–608. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.256>. EDN: TAUTRE.
- Lin, L., Yang, K., Zheng, L., Zhao, M. et al. 2018. Anti-aging effect of sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) hydrolysate on fruit flies and D-galactose-induced aging mice. *Journal of Functional Foods*, 47, pp. 11–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.033>.

- 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. 249–255. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00722.x>.
- Skipnes, D., Østby, M., Hendrickx, M. 2007. A method for characterising cook loss and water holding capacity in heat treated cod (*Gadus morhua*) muscle. *Journal of Food Engineering*, 80(4), pp. 1078–1085. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.08.015>.
- Sukkhown, P., Jangchud, K., Lorjaroenphon, Y., Pirak, T. 2018. Flavored-functional protein hydrolysates from enzymatic hydrolysis of dried squid by-products: Effect of drying method. *Food Hydrocolloids*, 76, pp. 103–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.026>.
- Zhong, Y., Khan, M. A., Shahidi, F. 2007. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(4), pp. 1188–1192. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf063085h>. EDN: MIREIZ.
- Zhang, X., Jiang, D., Li, D., Yu, C. et al. 2019. Characterization of a seafood-flavoring enzymatic hydrolysate from brown alga *Laminaria japonica*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(2), pp. 1185–1194. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00034-6>.

#### Сведения об авторах

**Богданов Валерий Дмитриевич** – ул. Луговая, 52Б, г. Владивосток, Россия, 690087; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, д-р техн. наук, профессор;  
e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0913-780X>

**Valery D. Bogdanov** – 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, Russia, 690087;  
Far Eastern State Technical Fisheries University, Dr Sci. (Engineering), Professor;  
e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0913-780X>

**Панкина Анна Валерьевна** – ул. Луговая, 52Б, г. Владивосток, Россия, 690087; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент;  
e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru

**Anna V. Pankina** – 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, Russia, 690087;  
Far Eastern State Technical Fisheries University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor;  
e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru

**Симдянкин Андрей Андреевич** – ул. Луговая, 52Б, г. Владивосток, Россия, 690087; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, ст. преподаватель;  
e-mail: and-sim@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7242-5356>

**Andrey A. Simdyankin** – 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, Russia, 690087;  
Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer;  
e-mail: and-sim@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7242-5356>

**Мостовой Вадим Дмитриевич** – ул. Луговая, 52Б, г. Владивосток, Россия, 690087; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант;  
e-mail: vadim\_14@inbox.ru

**Vadim D. Mostovoy** – 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, Russia, 690087;  
Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD. Student; e-mail: vadim\_14@inbox.ru