

Научная статья
УДК 664.959.2
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-118-126>
EDN OJQSPY

Влияние криопротекторов на изменение состава и свойств рыбного фарша при его холодильной обработке

Валерий Дмитриевич Богданов

Анна Валерьевна Панкина, Андрей Андреевич Симдянкин

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, Россия, And-sim@mail.ru*

Аннотация. Современные технологии криоконсервирования биологического сырья предусматривают использование криопротекторов, выполняющих роль регуляторов процесса кристаллообразования льда и влияющих на изменения денатурационного характера в белковых структурах биологических объектов. Для рыбного сырья изменение этих двух технологических факторов обеспечивает обратимость процесса замораживания, т. е. качество продукта после технологической обработки, а также производственные потери при ее проведении. В качестве криопротекторов применяют вещества, относящиеся к различным классам химических соединений, однако традиционно используемые в криоконсервировании криопротекторы – спирты, оксиды (ДМСО) и углеводы – не могут широко применяться в производстве продуктов питания из-за их токсичности и сладковатого вкуса. Поэтому поиск эффективных криопротекторов, предназначенных для холодильных технологий продуктов питания, является важной задачей научной и производственной направленности. Целью работы являлось экспериментальное обоснование целесообразности использования пищевых добавок – криоконцентратов морепродуктов – в качестве криопротекторов в холодильной технологии рыбных продуктов. При реализации цели работы решались задачи исследования изменений состава и свойств рыбного фарша в процессе его холодильной обработки и оценки качества и хранимоспособности новых разработанных формованных продуктов с криопротекторами. В качестве основного сырья для производства рыбного фарша и продуктов на его основе использовали охлажденный минтай, имеющий срок хранения не более двух суток. В качестве натуральных криопротекторных веществ использовали смесь сухих концентратов морепродуктов «Минералокорректирующая» и сухой концентрат молока сельди тихоокеанской. Также в композициях криозащитных добавок использовали сорбит, поваренную соль, пектин, глицерин. Установлено, что введение в рыбный фарш криопротекторных композиций уменьшает потери тканевого сока рыбного фарша по разным технологическим операциям холодильной обработки более чем в 2 раза. Замораживание и холодильное хранение ведет к ослаблению структурно-функциональных свойств рыбного фарша. Более выраженные негативные изменения первоначальных свойств рыбного фарша отмечаются у контрольного образца; в фарше, содержащем разработанные нами композиционные криопротекторы, они проявляются в значительно меньшей степени. Согласно сенсорной оценке образцов рыбного фарша качество при холодильной обработке несколько снижается в большей степени у контрольного образца, в меньшей – у образцов, содержащих криопротекторы. Следует отметить высокое качество и хранимоспособность новых рыбных формованных изделий с криопротекторными добавками в течение 6 месяцев.

Ключевые слова: рыбный фарш, холодильная обработка, криозащитные свойства, замораживание, криопротектор, холодильное хранение, органолептическая оценка

Для цитирования: **Богданов В. Д., Панкина А. В., Симдянкин А. А.** Влияние криопротекторов на изменение состава и свойств рыбного фарша при его холодильной обработке // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 4. С. 118–126. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-118-126>. EDN OJQSPY.

Original article

The effect of cryoprotectors on changes in the minced fish composition and properties during its refrigeration treatment

Valery D. Bogdanov, Anna V. Pankina, Andrei A. Simdiankin

*Far Eastern State Technical Fisheries University,
Vladivostok, Russia, And-sim@mail.ru*

© **Богданов В. Д., Панкина А. В., Симдянкин А. А.**, 2023

Abstract. Modern technologies of cryopreservation of biological raw materials provide for the use of cryoprotectors that act as regulators of the ice crystallization process and affect denaturation changes in the protein structures of biological objects. For fish raw materials, the change of these two technological factors ensures the reversibility of the freezing process, i.e. the quality of the product after processing, as well as production losses during its implementation. Substances belonging to various classes of chemical compounds are used as cryoprotectors, but cryoprotectors traditionally used in cryopreservation - alcohols, oxides (DMSO) and carbohydrates – cannot be widely used in food production due to their toxicity and sweet taste. Therefore, the search for effective cryoprotectors intended for refrigeration technologies of food is an important task of scientific and industrial orientation. The aim of the work was to experimentally prove the feasibility of using food additives - cryoconcentrates of seafood – as cryoprotectors in the refrigeration technology of fish products. When realizing the purpose of the work, the tasks of studying changes in the composition and properties of minced fish during its refrigeration processing and assessing the quality and storage capacity of newly developed molded products with cryoprotectors were solved. Chilled pollock, which has a shelf life of no more than two days, was used as the main raw material for the production of minced fish and products based on it. A mixture of dry seafood concentrates “Mineralocorrecting” and dry concentrate of Pacific herring milk were used as natural cryoprotective substances. Sorbitol, table salt, pectin, glycerin were also used in the compositions of cryoprotective additives. It was found that the introduction of cryoprotective compositions into minced fish reduces the loss of tissue juice of minced fish by various technological operations of refrigeration processing by more than 2 times. Freezing and cold storage leads to a weakening of the structural and functional properties of minced fish. More pronounced negative changes in the initial properties of minced fish are noted in the control sample; in the minced meat containing the composite cryoprotectors developed by us, they manifest themselves to a much lesser extent. According to the sensory evaluation of minced fish samples, the quality during refrigeration is somewhat reduced to a greater extent in the control sample, to a lesser extent in samples containing cryoprotectors. It should be noted the high quality and storage capacity of new fish molded products with cryoprotective additives for 6 months.

Keywords: minced fish, refrigeration, cryoprotective properties, freezing, cryoprotector, cold storage, organoleptic evaluation

For citation: Bogdanov V. D., Pankina A. V., Simdyankin A. A. The effect of cryoprotectors on changes in the minced fish composition and properties during its refrigeration treatment. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. 2023;4:118-126.* (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-118-126>. EDN OJQSPY.

Введение

Холодильная обработка – основной способ консервирования биологического сырья водного происхождения. В процессе ее осуществления вследствие фазового перехода воды в лед на белковые структуры замораживаемого сырья оказывается существенное физико-химическое воздействие. Происходят физические и химические изменения белков сырья, причем, чем меньше их глубина, тем выше пищевая ценность продукта и его технологический выход. Поэтому сохранение нативных свойств белков, биологической активности отдельных компонентов в процессе технологического воздействия на сырье – важная научно-производственная задача, решение которой обеспечит высокое качество и объемы выпускаемой мороженой рыбной продукции. Решение этой задачи специалисты связывают с применением специальных добавок, проявляющих криозащитные свойства и получивших название «криопротекторы». Они предотвращают или замедляют рост кристаллов льда, снижают степень денатурации белков, обеспечивая высокую степень обратимости свойств биологических объектов после их холодильной обработки. Криопротекторы находят практическое применение в криобиологии, криобиомедицине, косметологии, производстве фармацевтических и биофармацевтических препаратов [1, 2].

Известны несколько классификаций криопротекторов. Одна из них – в зависимости от класса химических соединений. Выделены в качестве криопротекторов следующие группы веществ: многоатомные спирты (глицерин, сорбит, этиленгли-

коль и т. д.); углеводы (сахароза, трегалоза, лактоза и др.); амиды (диметилацетамид, мочевины и др.); оксиды (диметилсульфоксид (ДМСО) и др.); неорганические соли (цитрат натрия, фосфаты, хлорид кальция и др.); искусственные полимеры (полиэтиленгликоль и др.); натуральные биополимеры (белки, полисахариды и др.) [3].

Криопротекторы различаются по способности проникать через плазматическую мембрану клетки. Выделяют эндоцеллюлярные криопротекторы, проникающие в клетки. Они за счет своих полярных молекул уменьшают количество свободной воды, способствуют образованию мелких кристаллов льда, способны взаимодействовать с полярной областью липидов, ингибировать денатурацию белков. Вторая группа криопротекторов – экзоцеллюлярные, не проникающие в клетки. Они связывают воду, уменьшают осмотический шок, способствуют процессу восстановления объектов после криообработки. Третья группа – криопротекторы смешанного действия, проявляющие свойства как проникающих, так и непроникающих криопротекторов.

Традиционно используемые в крионике криопротекторы – спирты, оксиды (ДМСО) и углеводы – не могут широко применяться в производстве продуктов питания из-за их токсичности и сладковатого вкуса, поэтому поиск эффективных криопротекторов, предназначенных для холодильных технологий продуктов питания, является важной задачей научной и производственной направленности.

Разрабатываются многокомпонентные криозащитные смеси, содержащие, помимо проникающих

и непроницающих веществ, биологически активные вещества, измельченные до наноразмеров: диоксид кремния, гидроксиапатит, оксид алюминия и др. Они повышают теплопроводность, увеличивают вязкость, снижают криоскопическую температуру [4].

Специалисты в области холодильной обработки пищевого сырья считают перспективным использование в качестве криопротекторов природных (натуральных) веществ, как в изолированном виде, так и в составе технологических вспомогательных средств (ферментов, пищевых добавок, микроорганизмов). Предлагается использовать в качестве криопротекторов экзогенные липиды и антиоксиданты [5]. Липиды, выделенные из гидробионтов с низкими температурами фазового перехода, проявляют хорошо выраженные криозащитные свойства. Объясняется это особым составом жирных кислот морских гидробионтов, в которых преобладают ненасыщенные жирные кислоты. Установлено, что экзогенные липидные экстракты способствуют более плавному течению процесса кристаллизации, формированию кристаллов льда с более сглаженными гранями и меньших размеров.

Ведутся работы по использованию в качестве криопротекторов при замораживании и хранении мясных полуфабрикатов натуральных полисахаридов: камеди рожкового дерева, камеди гуар, шрота тыквы, муки из пшеничного зародыша и зерновой добавки [6].

Интерес представляют комбинированные криофилактики, включающие эндоцеллюлярные и экзоцеллюлярные криопротекторы, соли органических и неорганических кислот, углеводы, белки, биологически активные вещества, антиоксиданты [7, 8]. Комбинированные криопротекторы хорошо стабилизируют фракции воды, способствуют формированию тонкокристаллической структуры льда, снижают эффект гиперконцентрации солей. Их преимуществом является вариабельность составов.

В Дальрыбвтузе разработаны технологии сухих криоконцентратов морепродуктов, которые содер-

жат антифризные белки, нуклеиновые кислоты, каротиноиды, полисахариды, гликозиды и другие биологически активные вещества, проявляющие криозащитные свойства [9]. В этой связи исследование криопротекторной эффективности сухих криоконцентратов морепродуктов – как отдельно взятых, так и в композициях с другими криозащитными добавками – позволит разработать криорезистентные системы для использования в медицине, ветеринарии, сельском хозяйстве, пищевой и других отраслях.

Целью работы являлось экспериментальное обоснование целесообразности использования пищевых добавок – криоконцентратов морепродуктов – в качестве криопротекторов в холодильной технологии рыбных продуктов. При реализации цели работы решались задачи исследования изменения состава и свойств рыбного фарша в процессе его холодильной обработки и оценки качества и хранимоспособности новых разработанных формованных продуктов с криопротекторами.

Материалы и методики исследований

В качестве основного сырья для производства рыбного фарша и продуктов на его основе использовали охлажденный минтай, имеющий срок хранения не более двух суток. Сырье по качественным показателям соответствовало требованиям действующей нормативной документации (ГОСТ 814-96).

В качестве натуральных криопротекторных веществ использовали смесь сухих концентратов морепродуктов «Минералокорректирующая» (МНК) и сухой концентрат молока сельди тихоокеанской. Смесь МНК состоит из отдельно взятых сухих концентратов: кукумарии – 15 %, кожи осьминога – 15 %, морской капусты (ламинарии японской) – 50 %, мантии морского гребешка – 20 %.

Отдельно взятые сухие концентраты и их смеси по своим характеристикам соответствовали требованиям СТО 00471515-071-2019 «Сухие концентраты из морепродуктов». Химический состав криоконцентратов морепродуктов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Химический состав сухих концентратов морепродуктов*

Chemical composition of dry seafood concentrates

Показатель	Смесь «Минералокорректирующая»	Сухой концентрат молока
Вода, %	9,3	8,2
Белок, %	28,8	78,7
Липиды, %	3,1	5,0
Углеводы, %	35,9	следы
Минеральные вещества, %	22,9	8,9
Каротиноиды, мг/г	0,15	0,03
Триглицериды, мг/г	0,20	не обнаружены
Гексозамины, %	2,7	0,9
ДНК, %	отсутствует	31,7

* Составлено по [9].

Также в композициях криозащитных добавок использовали сорбит, поваренную соль, пектин, глицерин, которые соответствовали требованиям действующей нормативной документации.

Отбор проб сырья и подготовку проб к анализу проводили по стандартным методикам (ГОСТ 31339-06, ГОСТ 7631-08).

Действие криозащитных добавок исследовали при замораживании, холодильном хранении и размораживании рыбного фарша из минтая.

При проведении экспериментальных работ охлажденный минтай разделяли на филе бесшкурное, которое измельчали на мясорубке с диаметром отверстий решетки 3 мм. Грубоизмельченный рыбный фарш смешивали с навесками криозащитных добавок в смесителе при числе оборотов ножей 1 500 об/мин в течение 2 мин. Полученную тонкоизмельченную дисперсную фаршевую систему выдерживали в закрытом виде при температуре 5–8 °С в течение 30 мин и направляли на замораживание. Низкотемпературная обработка образцов рыбного фарша осуществлялась в морозильном аппарате, оборудованном холодильной установкой АМЕ-L-3x2EC2 на базе трех полугерметичных поршневых компрессоров 2EC-22-40С фирмы Bitzer. Измерение температуры осуществлялось с помощью датчиков WT-1, WT-5 с диапазоном от –70 до +300 °С, с точностью измерения ± 0,1 °С. Замораживание осуществлялось до температуры –25 °С. После замораживания опытные образцы направлялись на хранение при такой же температуре. Размораживались образцы при комнатной температуре до температуры около 0 °С.

В работе использовали химические, физические, микробиологические, сенсорные методы исследования пищевых систем. Устойчивость рыбного фарша к действию низких температур характеризовали изменениями его структурно-функциональных свойств: криоскопической температуры, ВУС, потери массы при размораживании, количества бульона после термообработки, степени синерезиса фаршевого термогеля, реологических и органолептических показателей.

Определение общего азота, липидов, минеральных веществ, воды осуществляли общепринятыми для пищевых продуктов методами (ГОСТ 7636–85). Также определение массовой доли воды осуществляли на влагомере ML-50 фирмы AND (Япония) в соответствии с инструкцией, прилагаемой к прибору. Температуру сушки устанавливали 200 °С.

Степень синерезиса (степень сжатия по высоте) рыбного фарша при термообработке определяли путем измерения высоты дисперсной системы до и после нагрева и рассчитывали по формуле

$$C_c = (h_0 - h_1) / h_0 \cdot 100,$$

где C_c – степень синерезиса, %; h_0 – высота фаршевой системы до термообработки, мм; h_1 – высота фаршевой системы после термообработки, мм.

Относительное количество выделившегося при термообработке бульона рассчитывали по формуле

$$M_6 = M_1 / M_0 \cdot 100,$$

где M_6 – относительное количество выделившегося бульона, %; M_1 – количество жидкости после термообработки фарша, г; M_0 – масса навески фарша, г.

Сенсорная оценка качества фаршевых дисперсных систем осуществлялась дегустационной комиссией, состоящей из прошедших подготовку специалистов, с использованием разработанных нами балльных шкал в соответствии с рекомендациями и терминологией описания признаков, ставшей наиболее распространенной на практике [10, 11].

Степень устойчивости белков рыбного фарша к воздействию холода оценивали по изменению содержания солерастворимых белков до и после холодильной обработки, используя известную методику определения степени денатурации белков [12].

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.

Микробиологические показатели определяли по ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ Р 52816-2007, ГОСТ Р 52815-2007, ГОСТ 29185-2014, ГОСТ Р 52814-2007, ГОСТ Р 51921-2002, ГОСТ 10444.12-2013.

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

Результаты исследований

Экспериментально обоснованы рациональные составы композиционных криопротекторов, включающие 1 % поваренной соли и композиции: № 1 – 2,0 % сорбита + 2,0 % смеси криоконцентратов МНК; № 2 – 2,0 % сорбита + 2,0 % криоконцентрата молока; № 3 – 3,0 % сорбита + 3,0 % смеси криоконцентратов МНК. В качестве контроля использовался рыбный фарш из охлажденного минтая без добавок.

Изменение состава фаршевых дисперсных систем исследовали в процессе их холодильной обработки по стадиям технологического процесса. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Влияние криопротекторов на величину потерь массы рыбного фарша при его холодильной обработке

The effect of cryoprotectors on the amount of mass loss of minced fish during its refrigeration treatment

Рыбный фарш с композиционными криопротекторами	Потери при размораживании, %		Количество бульона при термообработке, %		
	после замораживания	после хранения	перед замораживанием	после замораживания	после хранения (45 сут)
С добавкой № 1	2,2	2,9	2,1	5,1	6,4
С добавкой № 2	1,9	2,1	1,5	4,8	5,9
С добавкой № 3	1,0	1,5	1,3	4,4	5,1
Контроль	5,3	6,5	4,8	12,6	15,7

Экспериментальные данные, приведенные в табл. 2, показывают, что введение в рыбный фарш криопротекторных композиций уменьшает потери тканевого сока рыбного фарша по разным технологическим операциям холодильной обработки более чем в 2 раза, причем в большей степени это свойство проявляет криопротекторная смесь № 3. Известно, что с водной фазой рыбного фарша теряются содержащиеся в нем ценные органические и минеральные вещества, что в целом отрицательно сказывается на пищевой ценности продукта. Кроме того, консистенция продукта становится сухой, а также умень-

шается его технологический выход.

Установленные потери фаршем водной фазы являются следствием физико-химических изменений, происходящих в дисперсной системе при ее холодильной обработке. Они связаны в основном с фазовым переходом воды в лед и денатурационными изменениями в белковых структурах рыбного фарша. Результаты исследований структурно-функциональных свойств рыбного фарша на различных технологических этапах его холодильной обработки приведены в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Влияние криопротекторов на структурно-функциональные свойства рыбного фарша

The effect of cryoprotectors on the structural and functional properties of minced fish

Рыбный фарш с композиционными криопротекторами	ВУС, %	Вязкость, Па·с	Степень синерезиса, %	Степень денатурации, %
Рыбный фарш с криозащитными добавками до замораживания				
Контроль	78,6	967	2,3	22,9
С добавкой № 1	83,4	1 231	1,1	22,3
С добавкой № 2	84,1	1 258	0,85	22,5
С добавкой № 3	85,9	1 370	0,53	22,8
Рыбный фарш с криозащитными добавками после замораживания				
Контроль	61,5	1 035	3,7	43,7
С добавкой № 1	80,8	1 315	1,7	33,4
С добавкой № 2	81,1	1 334	1,4	32,9
С добавкой № 3	82,6	1 345	0,72	32,1
Рыбный фарш с криозащитными добавками после холодильного хранения 45 сут				
Контроль	54,6	1 093	5,4	51,1
С добавкой № 1	78,2	1 401	2,3	39,4
С добавкой № 2	79,5	1 415	1,2	38,6
С добавкой № 3	80,9	1 427	0,80	38,1

Как следует из данных, приведенных в табл. 3, замораживание и холодильное хранение ведет к ослаблению структурно-функциональных свойств рыбного фарша. Об этом свидетельствует уменьшение его ВУС и возрастание вязкости, степени синерезиса и степени денатурации белков. При этом более выраженные негативные изменения первоначальных свойств рыбного фарша отмечаются у контрольного образца. Значительно в меньшей степени они проявляются в фарше, содержащем разработанные нами композиционные криопротекторы.

Исследовалось влияние криопротекторов на органолептические свойства рыбного фарша, результаты приведены в табл. 4.

Исследовалось влияние криопротекторов на органолептические свойства рыбного фарша, результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4

Table 4

Влияние криопротекторов на органолептические свойства рыбного фарша

The effect of cryoprotectors on the organoleptic properties of minced fish

Рыбный фарш с композиционными криопротекторами	Органолептические показатели, баллы				Общая оценка, баллы
	внешний вид	запах	вкус	консистенция	
Рыбный фарш с криозащитными добавками до замораживания					
Контроль	5,0	5,0	5,0	4,8	19,8
С добавкой № 1	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0
С добавкой № 2	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0
С добавкой № 3	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0
Рыбный фарш с криозащитными добавками после замораживания					
Контроль	4,6	4,8	4,9	4,5	18,8
С добавкой № 1	5,0	5,0	5,0	4,9	19,9
С добавкой № 2	5,0	5,0	5,0	4,8	19,8
С добавкой № 3	5,0	5,0	5,0	5,0	20,0
Рыбный фарш с криозащитными добавками после холодильного хранения 45 сут					
Контроль	4,1	4,7	4,2	4,0	17,0
С добавкой № 1	5,0	4,9	4,9	4,9	19,7
С добавкой № 2	5,0	5,0	4,9	4,8	19,7
С добавкой № 3	5,0	4,9	4,8	4,9	19,6

Органолептическая оценка рыбного фарша показывает, что качество продукта при холодильной обработке несколько снижается, в большей степени у контрольного образца, меньшей – у образцов, содержащих криопротекторы. Результаты сенсорной оценки фарша, подвергнутого холодильной обработке, хорошо согласуются с рассмотренными выше изменениями его структурно-функциональных свойств: чем глубже эти изменения, тем ниже показатели органолептической оценки. В целом же следует отметить высокую органолептическую оценку образцов, содержащих разработанные нами криопротекторные смеси.

Исследовалось качество и хранимоспособность рыбных формованных продуктов, при изготовлении которых использовали разработанные нами криопротекторы.

Опытные образцы готовили из свежего минтая, который обезглавливали, обесшкуривали, филети-

ровали, измельчали на мясорубке. После внесения криопротекторов из полученной фаршевой смеси формировали брикеты высотой 20 мм, упаковывали их в полимерные пакеты. В центр брикета устанавливали термодатчик. Замораживали образцы в морозильном аппарате до температуры в центре образца -22 ± 2 °С, при этой же температуре осуществляли хранение в холодильной камере в течение 7 месяцев. В данном эксперименте мы расширили круг криозащитных композиций, добавив смеси: 2,0 % глицерина + 2,0 % смеси криоконцентратов МНК; 2,0 % пектин + 2,0 % криоконцентрат молока сельди тихоокеанской. В качестве контроля использовали брикеты из фарша минтая без добавления криопротекторов.

В табл. 5 приведены данные исследования качественных показателей формованных изделий сразу же после их холодильной обработки.

Таблица 5

Table 5

Физико-химические и органолептические показатели формованных изделий с криопротекторными добавками

Physico-chemical and organoleptic characteristics of molded products with cryoprotective additives

Группа	Потери при размораживании, %	Потери при термообработке, %	ВУС, %	Количество солерастворимого белка, мг/см ³	Усредненная органолептическая оценка, баллы	Вода, %
Контроль	0,08	18,1	52,1	2,0	4,6	79,2
Смесь № 1	0,01	1,6	81,5	2,2	4,9	73,2
Смесь № 2	0,01	1,2	84,2	2,75	4,9	73,2
Смесь № 3	0,01	1,3	90,2	2,9	4,9	75,5
Глицерин 2 % + МНК 2 %	0,04	2,2	83,3	2,9	4,8	76,0
Пектин 2 % + молоки 2 %	0,03	1,7	80,2	2,8	–	77,1

Данные табл. 5 показывают, что исследуемые криопротекторные смеси оказывают положительный эффект на сохранение качества формованных рыбных продуктов после их замораживания. Так, все исследуемые показатели, характеризующие состояние рыбных мышечных белков, значительно выше по сравнению контрольным образцом (без криопротектора). Эти данные дают основания рас-

сматривать все 5 исследуемых смесей в дальнейшей работе как рабочие варианты.

В продолжение работы исследовались изменения микробиологических показателей рыбных формованных изделий с криопротекторными добавками для установления их хранимоспособности. Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 6 (смесь № 1).

Таблица 6

Table 6

Изменение микробиологических показателей опытных образцов рыбных формованных изделий в процессе хранения

Changes in microbiological parameters of experimental samples of fish molded products during storage

Микробиологический показатель, норма	Продолжительность хранения, мес.					
	0	2	4	6	7	
КМАФАнМ, не более $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г	$1,2 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	
Плесени и дрожжи, не более 100 КОЕ/г	отсутствуют	отсутствуют	не более 10	не более 20	не более 30	
БГКП (не допускается в 0,1 г продукта)			отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют
<i>S. aureus</i> (не допускается в 0,1 г продукта)						
Патогенные, в том числе сальмонеллы, в 25 г продукта						
<i>L. monocytogenes</i> (не допускается в 25 г продукта)						

Экспериментальные данные табл. 6 подтверждают факт микробиологической безопасности рыбных формованных изделий с криопротекторными добавками в течение всего периода их холодильного хранения. С учетом рекомендуемого коэффициента резерва для скоропортящихся продуктов считаем возможным рекомендовать по микробиоло-

гическим показателям срок годности рыбных формованных изделий с криопротекторными добавками 6 месяцев при температуре хранения -22 ± 2 °С.

Исследовались изменения органолептических свойств формованных рыбных изделий с криопротекторными добавками (табл. 7) при холодильном хранении.

Таблица 7

Table 7

Органолептические изменения свойств формованных рыбных изделий с криопротекторными добавками

Organoleptic changes in the properties of molded fish products with cryoprotective additives

Сенсорный показатель	Продолжительность хранения, мес.									
	0	2	4	6	7	0	2	4	6	7
Внешний вид	Формованные изделия с криопротекторной добавкой, смесь № 1					Формованные изделия с криопротекторной добавкой, смесь № 2				
	5,0	4,9	4,9	4,8	4,4	5,0	5,0	4,9	4,8	4,6
Цвет	4,8	4,8	4,8	4,8	4,5	5,0	5,0	5,0	4,9	4,7
Запах	4,9	4,9	4,9	4,8	4,3	5,0	5,0	5,0	4,8	4,6
Вкус	4,9	4,9	4,8	4,7	4,5	5,0	4,9	4,9	4,8	4,7
Консистенция	4,9	4,9	4,8	4,8	4,6	4,9	4,9	4,8	4,8	4,6
Комплексная оценка	4,9	4,9	4,9	4,8	4,6	5,0	4,9	4,8	4,7	4,5

Данные табл. 7 свидетельствуют о стабильности органолептических показателей рыбных формованных изделий с криопротекторными добавками при их холодильном хранении.

В целом по результатам исследований можно говорить о высоком качестве и высокой хранимоспособности новых рыбных формованных изделий с криопротекторными добавками в течение 6 меся-

цев. Условия хранения – упаковывание в полимерную тару, температура хранения -22 ± 2 °С.

Заключение

Экспериментально обоснована целесообразность применения криоконцентратов морепродуктов в составе композиций с другими компонентами в качестве криопротекторов при холодильной обработке рыбного сырья.

Список источников

1. Андреев А. А., Садикова Д. Г., Ивлиева Н. А., Борода А. В. Формирование микрочастиц льда в криозащитных растворах // *Биофизика*. 2017. Т. 62, вып. 2. С. 213–220.
2. Конов К. Б. Исследование методами ЭПР воздействия криопротекторов сахарозы, трегалозы, глицерина и сорбита на структуру и динамику модельной липидной мембраны: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Казань, 2016. 21 с.
3. Костяев А. А., Утёмов С. В., Андреев А. А., Полежаева Т. В., Мартусевич А. К., Исаева Н. В., Шерстнев Ф. С., Ветошкин К. А., Калинина Е. Н., Князев М. Г. *Анналы криобиологии. Классификации криопротекторов и криоконсервантов для клеток крови и костного мозга // Вестн. гематологии*. 2016. Т. XII, № 3. С. 23–27.
4. Кузьмина Т. И., Чистякова И. В., Татарская Д. Н. Влияние наночастиц высокодисперсного кремнезема на функциональную активность митохондрий и статус хроматина нативных и девитрифицированных ооцитов *Bos Taurus* при культивировании *in vitro* // *Сельскохозяйственная биология*. 2020. Т. 55, № 4. С. 784–793.
5. Борода А. В. Влияние экзогенных липидов и антиоксидантов на выживаемость и функциональную активность клеток личинок моллюсков и иглокожих после криоконсервации: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Вла-

дывосток, 2010. 24 с.

Исследование изменений состава и свойств рыбных фаршевых дисперсных систем в процессе их целенаправленного преобразования из сырья в полуфабрикат и готовый продукт показало высокую эффективность разработанных криозащитных систем.

Следует отметить высокое качество и хорошую хранимоспособность новых видов рыбных формованных продуктов с использованием разработанных криопротекторных добавок.

6. Глушков О. А. Влияние природных полисахаридов на качественные показатели замороженных полуфабрикатов при хранении // *Харчова наука і технологія*. 2016. Т. 10, № 3. С. 35–38.
7. Timohina O. V., Hancharou A. Y. Characteristics of cryoprotectors used for long-term storage of donor dendritic cells // *Journal of the Belarusian State University. Biology*. 2021. N. 3. P. 102–108.
8. Сивцева С. С. Исследование защитных свойств биологического криопротектора // *Биологические науки*. 2014. № 2 (35). С. 7–9.
9. Bogdanov V. D., Simdiankin A. A., Pankina A. V., Mostovoy V. D. New functional formulations for dry seafood concentrates and their properties // *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020. V. 50 (4). P. 707–716.
10. ГОСТ 7631-2008. Рыба, нерыбные объекты и продукты из них. Методы определения органолептических и физических показателей. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.
11. Сафронова Т. М. *Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции*. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. 244 с.
12. Петрова Л. Д., Богданов В. Д. Структурированные многокомпонентные фаршевые системы на основе глубоководных рыб. Владивосток: Дальнаука, 2013. 224 с.

References

1. Andpeev A. A., Cadikova D. G., Ivlicheva N. A., Boroda A. V. Fopmipovanie mikropochactic l'da v kpiozashhitnyx ractvopah [Formation of ice microparticles in cryoprotective solutions]. *Biofizika*, 2017, vol. 62, iss. 2, pp. 213-220.
2. Konov K. B. *Issledovanie metodami JePR vozdejstviya krioprotektorov saharozy, tregalozy, glicerina i sorbita na strukturu i dinamiku model'noj lipidnoj membrany. Avtoreferat dissertacii ... kand. fiz.-mat. nauk* [EPR study of the effects of cryoprotectors sucrose, trehalose, glycerin and sorbitol on the structure and dynamics of a model lipid membrane. Abstract of the dissertation ... Candidate of Physical and Mathematical Sciences]. Kazan', 2016. 21 p.
3. Kostjaev A. A., Utjomov S. V., Andreev A. A., Polezhaeva T. V., Martusevich A. K., Isaeva N. V., Sherstnev F. S., Vetoshkin K. A., Kalinina E. N., Knjazev M. G. *Annaly kriobiologii. Klassifikacii krioprotektorov i kriokonservantov dlja kletok krvi i kostnogo mozga* [Annals of Cryobiology. Classifications of cryoprotectors and cryopreservants for blood and bone marrow cells]. *Vestnik gematologii*, 2016, vol. XII, no. 3, pp. 23-27.
4. Kuz'mina T. I., Chistjakova I. V., Tatarskaja D. N. Vlijanie nanochastic vysokodispersnogo kremnezema na funkcional'nuju aktivnost' mitohondrij i status hromatina

- nativnyh i devitricirovannyh oocitov *Bos Taurus* pri kultivirovanii *in vitro* [The effect of highly dispersed silica nanoparticles on the functional activity of mitochondria and chromatin status of native and devitrified *Bos Taurus* oocytes during *in vitro* cultivation]. *Sel'skohozjajstvennaja biologija*, 2020, vol. 55, no. 4, pp. 784-793.
5. Boroda A. V. *Vlijanie jezrogennyh lipidov i antioksidantov na vyzhivaemost' i funkcional'nuju aktivnost' kletok lichinok molljuskov i iglokozhih posle kriokonservacii. Avtoreferat dissertacii ... kand. biol. nauk* [The effect of exogenous lipids and antioxidants on the survival and functional activity of cells of mollusk and echinoderm larvae after cryopreservation. Abstract of the dissertation ... cand. biol. sciences]. Vladivostok, 2010. 24 p.
6. Glushkov O. A. Vlijanie prirodnyh polisaharidov na kachestvennye pokazateli zamorozhennyh polufabrikatov pri hranenii [The effect of natural polysaccharides on the quality of frozen semi-finished products during storage]. *Harchova nauka i tehnologija*, 2016, vol. 10, no. 3, pp. 35-38.
7. Timohina O. V., Hancharou A. Y. Characteristics of cryoprotectors used for long-term storage of donor dendritic cells. *Journal of the Belarusian State University. Biology*, 2021, no. 3, pp. 102-108.

8. Sivceva S. S. Issledovanie zashhitnyh svojstv biologicheskogo krioprotektora [Investigation of the protective properties of a biological cryoprotector]. *Biologicheskie nauki*, 2014, no. 2 (35), pp. 7-9.

9. Bogdanov V. D., Simdiankin A. A., Pankina A. V., Mostovoy V. D. New functional formulations for dry seafood concentrates and their properties. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2020, vol. 50 (4), pp. 707-716.

10. GOST 7631-2008. *Ryba, nerybnye ob#ekty i produkty iz nih. Metody opredeleniya organolepticheskikh i fizicheskikh pokazatelej* [SS 7631-2008. Fish, non-fish objects

and products from them. Methods for determining organoleptic and physical parameters]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 11 p.

11. Safronova T. M. *Spravochnik degustatora ryby i rybnoj produkcii* [The guide of the taster of fish and fish products]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 1998. 244 p.

12. Petrova L. D., Bogdanov V. D. *Strukturirovannye mnogokomponentnye farshevye sistemy na osnove glubokovodnyh ryb* [Structured multicomponent stuffing systems based on deep-sea fish]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2013. 224 p.

Статья поступила в редакцию 07.02.2023; одобрена после рецензирования 18.05.2023; принята к публикации 13.12.2023
The article was submitted 07.02.2023; approved after reviewing 18.05.2023; accepted for publication 13.12.2023

Информация об авторах / Information about the authors

Валерий Дмитриевич Богданов – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры технологии продуктов питания; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; And-sim@mail.ru

Valery D. Bogdanov – Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Food Technology; Far Eastern State Technical Fisheries University; And-sim@mail.ru

Анна Валерьевна Панкина – кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры технологии продуктов питания; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; And-sim@mail.ru

Anna V. Pankina – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Food Technology; Far Eastern State Technical Fisheries University; And-sim@mail.ru

Андрей Андреевич Симдянкин – старший преподаватель кафедры холодильной техники, кондиционирования и теплотехники; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; And-sim@mail.ru

Andrei A. Simdiankin – Senior Lecturer of the Department of Refrigeration, Air Conditioning and Heat Engineering; Far Eastern State Technical Fisheries University; And-sim@mail.ru

