ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-707-716
УДК 612.392.99:637.5'8

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Разработка функциональных композиций сухих концентратов морепродуктов и исследование их свойств

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

Дальневосточные государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

**e-mail: And-sim@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 03.11.2020
Дата принятия в печать: 25.12.2020

© В. Д. Богданов, А. А. Симдянкин, А. В. Панкина, В. Д. Мостовой, 2020

Аннотация.
Введение. Фактор питания оказывает существенное влияние на здоровье, работоспособность, качество и продолжительность жизни человека. Целью исследований является разработка рецептур функциональных композиций криоконцентратов морепродуктов.
Объекты и методы исследования. Сухие концентраты, полученные по криотехнологии из тушки кальмара тихоокеанского (*Todarodes pacificus*), мускульной оболочки кукумарии (*Cucumaria japonica*), мантии морского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*), кожи осьминога (*Octopus dofleini*), молок сельди тихоокеанской (*Pacific herring*), ламинарии японской (*Laminaria japonica*), а также их поликомпонентные смеси. Содержание биологически активных веществ определяли спектрофотометрическим методом. Безопасность и биологическую ценность сухих концентратов морепродуктов и их смесей исследовали биотестированием с помощью реснитчатой инфузории *Tetrahymena pyriformis*.
Результаты и их обсуждение. Экспериментальные данные показывают, что сухие концентраты морепродуктов характеризуются высоким содержанием белка, минеральных веществ и биологически активных компонентов: гексозаминов, тритерпеновых гликозидов, каротиноидов и нуклеиновых кислот. Химический состав композиций криоконцентратов морепродуктов может варьироваться в большом диапазоне значений в зависимости от функциональной направленности смеси. Содержание белка в предложенных составах изменяется от 28,8 до 57,6 %, липидов – от 3,1 до 6,9 %, углеводов – от 15,0 до 35,9 %, минеральных веществ – от 10,9 до 22,9 %, гексозаминов – от 2,2 до 5,6%. Криокоцентраты морепродуктов и их смеси имеют высокие органолептические показатели и биологическую ценность.
Выводы. Разработаны рецептуры и получены функциональные смеси сухих концентратов морепродуктов. Разработанные смеси, в зависимости от рецептуры, отличаются высоким содержанием белков животного происхождения и минеральных веществ, а также веществ, проявляющих биологическую активность: гексозаминов, тритерпеновых гликозидов, каротиноидов, нуклеиновых кислот. Проявляя высокие органолептические свойства функциональные композиции концентратов морепродуктов безопасны для здоровья человека, а также имеют высокую относительную биологическую ценность.

Ключевые слова. Криопорошки, сухие концентраты, морепродукты, химический состав, органолептические свойства, биологическая ценность

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного заказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России).

Для цитирования: Разработка функциональных композиций сухих концентратов морепродуктов и исследование их свойств / В. Д. Богданов, А. А. Симдянкин, А. В. Панкина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 4. – С. 707–716. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-707-716.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

New Functional Formulations for Dry Seafood Concentrates and their Properties

Valery D. Bogdanov, Andrei A. Simdiankin*, Anna V. Pankina, Vadim D. Mostovoi

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

Received: November 03, 2020
Accepted: December 25, 2020

*e-mail: And-sim@mail.ru

© V.D. Bogdanov, A.A. Simdiankin, A.V. Pankina, V.D. Mostovoi, 2020

Abstract.
Introduction. Nutrition has a significant impact on human health, performance, well-being, and lifespan. The research objective was to develop formulations for functional compositions of seafood cryoconcentrates.
Study objects and methods. The study featured concentrates obtained by cryotechnology from carcasses of Pacific squid (*Todarodes pacificus*), muscular shell of cucumaria (*Cucumaria japonica*), scallop mantle (*Mizuhopecten yessoensis*), octopus skin (*Octopus dofleini*), milt of Pacific herring (*Pacific herring*), and Japanese kelp (*Laminaria japonica*), as well as their multicomponent mixes. The content of biologically active substances was determined by the spectrophotometric method. The safety and biological value were biotested on *Tetrahymena pyriformis*.
Results and discussion. The dry seafood concentrates had a high content of protein, minerals, and biologically active components, i.e. hexosamines, triterpene glycosides, carotenoids, nucleic acids, etc. The seafood cryoconcentrate mixes were divided into fortifying, restoring, immunomodulating, and mineral. Their chemical composition varied greatly, depending on the functional aim of the mix. For instance, the protein content varied from 28.8 to 57.6%, lipids – from 3.1 to 6.9%, carbohydrates – from 15.0 to 35.9%, minerals – from 10.9 to 22.9%, and hexosamines – from 2.2 to 5.6%. The experiments made it possible to substantiate the composition of the dry mixes. The compilation principle was based on the chemical profile of the raw material, as well as on the choice of biologically active substances. All the dry seafood concentrates showed a high relative biological value. However, the values differed, depending on the type of raw material: from 65.5% for the scallop mantle sample to 86.3% for the octopus skin sample. The difference could be explained by the chemical composition of the cryopowders and their availability to ciliate enzymes.
Conclusion. The research resulted in formulations and functional mixes of dry seafood concentrates obtained by cryotechnology. The dry seafood concentrates can be used both independently and as functional compositions. The developed mixes demonstrated rather high content of animal proteins, minerals, and biologically active substance, e.g. hexosamines, triterpene glycosides, carotenoids, nucleic acids, etc. Their functional compositions proved to have excellent sensory properties; they are biologically safe for human consumption and have a high relative biological value.

Keywords. Cryopowders, dry concentrates, seafoods, chemical composition, organoleptic properties, biological value

Funding. The work was performed as part of the state order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka).

For citation: Bogdanov VD, Simdiankin AA, Pankina AV, Mostovoi VD. New Functional Formulations for Dry Seafood Concentrates and their Properties. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(4):707–716. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-707-716.

Введение

Фактор питания оказывает существенное влияние на здоровье, работоспособность, качество и продолжительность жизни человека. Одним из важных направлений профилактики неинфекционных заболеваний является производство обогащенных функциональными ингредиентами продуктов питания [1].

Сухие концентраты натуральных сырьевых источников – это продукты с содержанием воды от 5 до 12 %. Они обладают высокой пищевой ценностью за счет большой концентрации важных химических компонентов пищи, в том числе эссенциальных, минорных и биологически активных веществ. Благодаря этому они могут выступать в роли натуральных функциональных ингредиентов (биокорреторов) при получении обогащенных продуктов питания. Они также могут быть использованы в качестве основы для получения разнообразных инстант-продуктов. Для получения сухих функциональных концентратов применяют сырье микробиологического или растительного происхождения. В первом случае используют микробные или дрожжевые биомассы, во втором – овощи, фрукты, ягоды и корнеплоды. Биологическое сырье водного происхождения, обладая уникальным химическим составом, может успешно применяться для получения высокофункциональных сухих пищевых концентратов (криопорошков) широкого спектра действия (инстант-продукты, биокорректоры пищи и др.).

В рыбной отрасли для их производства перспективными видами могут быть как недоиспользуемые сырьевые ресурсы (например, кальмар тихоокеанский), так и пищевые отходы от разделки ценных гидробионтов при их основной переработке. Однако анализ производственной и научной литературы показывает, что круг функциональных ингредиентов из гидробионтов весьма ограничен. Представлен он ферментативными гидролизатами из голотуриевых, препаратами из двустворчатых моллюсков и бурых водорослей. Поэтому производство функциональных продуктов из водных биологических ресурсов является актуальным направлением развития рыбной отрасли Дальнего Востока.

Стоит отметить, что химический состав сухого концентрата отдельно взятого морепродукта своеобразен и не всегда может обеспечить желаемую корректировку пищевой ценности продукта. Поэтому

для достижения желаемого технологического эффекта целесообразно составление смесей сухих концентратов из различных видов сырья. Такие смеси сухих концентратов из морепродуктов с регулируемым составом имеют целевое назначение и являются продуктами профилактического, диетического, лечебного или спортивного питания. Получение смесей определенной функциональности требует знаний химического состава компонентов и композиций, содержания в них биологически активных веществ, органолептических свойств.

Целью исследования является разработка рецептур функциональных композиций криоконцентратов морепродуктов. Для реализации данной цели необходимо провести исследование химического состава, органолептических свойств, биологической ценности сухих концентратов морепродуктов как отдельно взятых, так и их смесей.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись сухие концентраты, полученные из тушки кальмара тихоокеанского (*Todarodes pacificus*), мускульной оболочки кукумарии (*Cucumaria japonica*), мантии морского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*), кожи осьминога (*Octopus dofleini*) и молок сельди тихоокеанской (*Pacific herring*). Также в качестве объекта исследования использовали порошок микронизированный из ламинарии японской (*Laminaria japonica*) производства компании «Дивия-фарм Сахалин», соответствующий по качественным показателям действующей нормативной документации. Выбор сырья для производства обогатителей из морепродуктов основан на анализе сырьевой базы объектов промысла, рациональности комплексного использования сырья, его технохимических характеристик, а также наличия и содержания в нем биологически активных веществ.

Сухие концентраты морепродуктов получали по разработанной нами криотехнологии, включающей следующие основные операции: предварительное измельчение сырья → доморaживание → тонкое измельчение → сублимационная сушка → смешивание → замораживание → криоизмельчение → фасование.

Мороженое сырье, направляемое на переработку, предварительно измельчают на кусочки размером от 10 до 30 мм. Используется блокорезка «STARCUTTER 348», имеющая достаточную мощность и производительность и обеспечивающая измельчение сырья до заданных размеров частиц (от 14 до 20 мм).

Сырье, поступившее на переработку в замороженном виде и имеющее температуру в центре продукта –18 °С, направляют на доморaживание с целью снижения температуры в центре продукта до –30 °С.

Сырьевые компоненты измельчают на шаровой криомельнице до размера частиц 0,1–3,0 мм. В процессе криоизмельчения температура продукта не должна подниматься выше –20 °С.

Полученный мороженый измельченный материал раскладывают тонким слоем (не более 10 мм) на поддоны, охлажденные до температуры не выше –25 °С, и направляют в сублимационную сушилку.

Сушку осуществляют при температуре –15–20 °С под вакуумом 8–9 Па. При сублимации вода, которая находится в сырье в виде льда, переходит из твердого агрегатного состояния в пар, минуя жидкую фазу. При этом удаляется 75–90 % воды. Оставшаяся вода испаряется при досушивании при температуре 40–60 °С. Общая продолжительность процесса составляет 16–20 ч. На первую стадию приходится 7–8 ч, к ее окончанию отмечается существенное уменьшение скорости сушки. Содержание воды в материале после сушки не должно превышать 12 %.

Высушенные отдельно взятые морепродукты смешивают в соответствии с рецептурами разработанных нами функциональных смесей биокорректоров продуктов питания.

Сухие концентраты морепродуктов или их смеси охлаждают до температуры от –70 °С до –100 °С и направляют на криоизмельчение до порошкообразного состояния с размером частиц 20–200 мкм. Используется криогенный измельчитель для пищевых продуктов марки «HX-200» компании «Jiangsu», обеспечивающий необходимую степень дробления материала и соответствующую производительность.

Полученные порошки сухих концентратов из морепродуктов фасуют в пакеты из полимерных материалов массой нетто от 5 до 500 г, которые вакуумируют и герметизируют путем термосварки пакетов.

Определение общего азота, липидов, минеральных веществ и воды осуществляли общепринятыми для пищевых продуктов методами[1]. Содержание углеводов рассчитывали по разности суммы содержания белков, липидов, минеральных веществ и воды от 100 %.

Количественное определение каротиноидов и запись спектров поглощения проводили на спектрофотометре «UV-2100» (Shimadzu, Япония). Запись спектров этанольных и гексановых экстрактов вели против соответствующих растворителей. Масляные экстракты разбавляли гексаном, запись спектров вели против масла, разбавленного соответствующим количеством гексана.

Содержание гексозаминов устанавливали спектрофотометрическим методом согласно Фармокопейной статье № 42-1286-99.

[1] ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М. : Стандартинформ, 2010. – 123 с.

Таблица 1. Химический состав сухих концентратов морепродуктов

Table 1. Chemical composition of dry seafood concentrates

Показатели	Кукумария	Кальмар тушка	Кожа осьминога	Молоки сельди	Мантия гребешка	Морская капуста
Массовая доля воды, %	9,4	9,1	6,2	8,2	7,1	8,7
Массовая доля белка, %	67,4	78,1	64,4	78,7	63,9	7,2
Массовая доля липидов, %	1,0	0,9	1,1	5,0	2,2	2,5
Массовая доля минеральных веществ, %	19,3	8,7	22,1	8,9	16,5	30,7
Массовая доля углеводов, %	2,9	3,2	6,2	Следы	10,3	50,9
Каротиноиды, мг/г	0,1	0,04	0,08	0,03	0,03	0,04
Тритерпеновые гликозиды, мг/г	0,87	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Гексозамины, %	8,5	4,3	8,2	0,9	3,2	0,5
ДНК, %	–	–	–	31,7	–	–

Определение содержания тритерпеновых гликозидов проводили по методу, основанному на способности тритерпеновых гликозидов после проведения реакции с щелочью образовывать окрашенные соединения с максимумом поглощения в УФ-области спектра при длине волны 258 нм. Использовали спектрофотометр «UV-2100» [3].

Для определения содержания дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) использовали метод, основанный на стандартном гидролизе ДНК 0,5 М раствором хлорной кислоты до растворимых фрагментов, их последующей экстракции раствором хлорной кислоты и измерении ультрафиолетового поглощения при длине волн 270 и 290 нм с использованием спектрофотометра «UV-2100» [4].

Органолептические исследования проводили в соответствии с ГОСТ ISO 4121-2016 и ГОСТ ISO 13299-2015[2].

Безопасность сухих концентратов из морепродуктов и их относительную биологическую ценность (ОБЦ) исследовали, используя метод биологической оценки пищевых продуктов с помощью реснитчатой инфузории *Tetrahymena pyriformis* класса *Ciliata*. Биологическую ценность сухих концентратов определяли относительно казеина [5].

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 их обсуждение

Результаты исследования химического состава полученных нами сухих концентратов морепродуктов приведены в таблице 1.

Экспериментальные данные таблицы 1 показывают, что сухие концентраты кукумарии, кальмара, кожи осьминога, молок сельди и мантии гребешка относятся к высокобелковым продуктам, т. к. содержание белка в них находится в пределах от 63,9 до 78,7 %. Факт высокого содержания белка животного происхождения, который является источником незаменимых аминокислот, дает основание отнести исследуемые концентраты морепродуктов к натуральным функциональным пищевым продуктам [2, 6, 7]. Следует учитывать литературные данные относительно биологической ценности белков кальмара, осьминога и гребешка [8–10]. Они показывают, что белки этих моллюсков, в сравнении с идеальным белком, перегружены определенными незаменимыми аминокислотами. Из этого следует вывод о возможности их использования для обогащения продуктов питания.

Содержание липидов в исследуемых продуктах относительно невысокое. Больше всего их обнаружено в концентрате молок сельди – 5,0 %, меньше в концентрате кальмара – 0,9 %. Результаты исследований показывают, что в концентратах морепродуктов содержится много минеральных веществ, особенно показательны кукумария – 19,3 % и морская капуста – 30,7 %. В этой связи данные концентраты можно применять в качестве обогатителей продуктов питания минералами.

Химический состав концентрата морской капусты отличается от составов рассмотренных выше высокобелковых концентратов морепродуктов. Ее концентрат следует позиционировать как продукт с высоким содержанием углеводных компонентов и минеральных веществ – 50,9 и 30,7 % соответственно. Из литературных источников известно, что углеводную фракцию ламинарии японской составляют альгиновые кислоты, фукоиды, ламинаран, проявляющие свойства мягких пищевых волокон и выступающие в роли энтеросорбентов [11, 12]. Важнейшими макроэлементами ламинариевых являются (% в сухом веществе): Ca – 0,7–1,0, Na – 0,9–4,1, Ka – 3,6–10,3 и Mg – 0,38–0,9. Из микроэлементов следует отметить йод в количестве 0,14–0,60 %, железо 0,021–0,053 %,

[2] ГОСТ ISO 4121-2016. Органолептический анализ. Руководящие указания по применению шкал количественных характеристик. – М. : Стандартинформ, 2019. – 21 с.

Таблица 2. Рецептуры смесей сухих концентратов морепродуктов

Table 2. Formulations of mixes of dry seafood concentrates

№ рецептуры	Компоненты, %					
	Кукумария	Кальмар тушка	Кожа осьминога	Молоки сельди	Морская капуста	Мантия гребешка
Общеукрепляющая						
1	10	50	10	10	10	10
Восстанавливающая						
2	25	25	21	6	15	8
Иммуномодулирующая						
3	50	–	–	30	15	5
Минералокорректирующая						
4	15	–	15	–	50	20

а также Zn 0,0034–0,0096 % [13]. При этом йод и кальций являются органически связанными с аминокислотами и белками, что способствует их хорошему усвоению в организме человека [14–16].

Нами установлено, что сухие концентраты морепродуктов содержат биологически активные вещества. Во всех образцах концентратов обнаружены каротиноиды. Их содержание составляет от 0,03 до 0,1 мг на 1 г продукта при сравнительно невысоком содержании липидов. Также во всех образцах присутствуют гексозамины. Высокое содержание гексозаминов отмечено в образцах из кукумарии (8,5 %) и кожи осьминога (8,2 %). Такие биологически активные вещества, как тритерпеновые гликозиды, обнаружены только в кукумарии в количестве 0,87 мг в г продукта, а нуклеиновые кислоты в виде ДНК содержатся в сухом концентрате молок сельди тихоокеанской в количестве 31,7 %. Известно, что биологическая активность обнаруженных в концентратах веществ проявляется: у каротиноидов в антиоксидантной активности; гексозаминов – хондопротекторных свойствах; тритерпеновых гликозидов – адаптогенной, противоопухолевой, антибактериальной и противовирусной активности; нуклеиновых кислот – адаптогенных свойствах, повышении физической и умственной работоспособности организма человека [17–21]. В Российской Федерации разработаны и рекомендованы суточные нормы потребления данных БАВов, которые для взрослого человека имеют следующие значения, мг: каротиноиды – 2, гликозиды – 2, гексозамины – 700, ДНК – 150, но не более 500. Суточное птребление белка для мужчины 45 лет с физической нагрузкой 2500 ккал составляет 72 г, в т. ч. 36 г – животного белка[3,4].

Таким образом, рассмотренные выше результаты исследования химического состава сухих концентратов морепродуктов показывают, что он оригинален для каждого вида исследуемого объекта. Особенно это прослеживается в части содержания биологически активных компонентов: тритерпеновых гликозидов, ДНК, гексозаминов и каротиноидов. Поэтому для получения пищевых продуктов, обладающих полифункциональными или определенными ярко выраженными свойствами, целесообразно производить смешивание сухих концентратов отдельно взятых морепродуктов либо готовить смеси сырьевых компонентов после их измельчения в мороженом виде перед вакуумной сушкой.

Разрабатываемые нами функциональные смеси криоконцентратов морепродуктов условно разделены на 4 группы. В основу классификации смесей положено их целенаправленное действие на организм человека (функциональность) при систематическом употреблении за счет содержания в них компонентов, проявляющих биологическую активность. На основе данного принципа нами определены следующие группы функциональных смесей:

– общеукрепляющие – с высоким содержанием полноценных белков, а также содержанием биологически активных веществ, (гликозидов, гексозаминов, каротиноидов, нуклеатидов, минеральных веществ и балластных веществ);

– восстанавливающие (после травм, хирургических или других вмешательств) – с повышенным содержанием гексозаминов, а также белков, минералов, гликозидов, каротиноидов;

– иммуномодулирующие – с повышенным содержанием тритерпеновых гликозидов;

– минералокорректирующие – с повышенным содержанием макро- и микроэлементов.

Обоснован состав сухих смесей. Принцип его составления основан на анализе химического состава исходного сырья и отдельных сухих концентратов морепродуктов и выбора тех компонентов рецептур, которые создадут повышенное содержание биологически активных веществ, определяющих заданную функциональность композиции.

Рецептуры смесей сухих концентратов морепродуктов представлены в таблице 2.

[3] МР 2.3.1.2432-2008. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.

[4] ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – 2011. – 242 с.

Таблица 3. Химический состав смесей сухих концентратов морепродуктов

Table 3. Chemical composition of mixes of dry seafood concentrates

Показатели	Номер рецептуры			
	1	2	3	4
Вода, %	9,9	9,9	10,0	9,3
Белок, %	57,6	49,7	54,7	28,8
Липиды, %	6,6	4,8	6,9	3,1
Углеводы, %	15,0	21,7	11,3	35,9
Минеральные вещества, %	10,9	13,9	17,1	22,9
Каротиноиды, мг/г	0,09	0,10	0,17	0,15
Тритерпеновыегликозиды, мг/г	0,15	0,12	0,48	0,20
Гексозамины, %	2,2	5,6	4,9	2,7
ДНК, %	3,3	5,1	13,6	н/о

Приготовленные по разработанным рецептурам смеси криоконцентратов морепродуктов подвергались химическим и органолептическим методам исследования. В таблице 3 приведен общий химический состав смесей и содержание в них биологически активных веществ.

Из данных таблицы 3 видно, что состав основных пищевых веществ может варьироваться в большом диапазоне значений в зависимости от состава смеси концентратов. Так, например, содержание белка в предложенных составах изменяется от 28,8 до 57,6 %, содержание липидов – от 3,1 до 6,9 %, содержание углеводов – от 15,0 до 35,9 %, минеральных веществ – от 10,9 до 22,9 %.

Разработанные рецептуры смесей отличаются как высоким содержанием функциональных белков животного происхождения, минеральных веществ, так и веществ, проявляющих биологическую активность: гексозаминов, тритерпеновых гликозидов, каротиноидов и нуклеиновых кислот. Расчеты показывают, что если мужчина 45 лет интеллектуального труда употребит, например, порцию смеси «Общеукрепляющая» в количестве 10 г, то она обеспечит суточную потребность (нормы приведены выше) в животном белке на 16 %, гексозаминах – 31,5 %, гликозидах – 75 %, каротиноидах – 45 %, нуклеиновых кислотах – 220 %. Считается, что в функциональных продуктах питания содержание функциональных пищевых ингредиентов должно быть в количестве не менее 15 % от суточной потребности в расчете на одну порцию [22]. Разработанные нами смеси криоконцентратов морепродуктов могут быть рекомендованы для профилактического, лечебного, диетического и спортивного питания или выступать в качестве биокорректоров при производстве различных обогащенных пищевых продуктов.

В таблице 4 приведены результаты органолептической оценки сухих концентратов морепродуктов и их смесей.

По внешнему виду сухие концентраты морепродуктов представляли собой порошкообразную, тонкодисперсную, однородную сухую массу. Цвет ее зависел от вида сырья и изменялся от молочно-розового у концентрата кальмара до светло-бежевого у концентратов мантии гребешка, молок сельди и смесей рецептур № 1–3. Минералокорректирующая смесь (№ 4) имела серо-бежевый цвет, как и концентрат кукумарии, а концентрат из кожи осьминога был серо-розового цвета.

Вкус и запах исследуемых концентратов характеризовался как «креветочный, вяленой, соленой рыбы, крабовый, сладковатый, солоноватый, приятный, морской, гармоничный и др.». Для каждого вида концентратов они были своеобразными и определялись индивидуальными особенностями сырья, из которого получены.

Наибольшее количество баллов получили образцы сухих концентратов из кальмара и смесей общеукрепляющей (№ 1) и восстанавливающей (№ 2). Несколько хуже оценен концентрат молок сельди, у которого большинство дегустаторов отметили горьковатый привкус и оттенки «тукового» запаха. Запах и вкус концентрата кукумарии определены как нейтральные, слабо выраженные, едва уловимые. Отмечено, что наибольшей интенсивностью запаха и вкуса обладают сухие концентраты из молок сельди и кальмара. Также установлена высокая интенсивность

Таблица 4. Органолептическая оценка сухих концентратов морепродуктов и их смесей

Table 4. Sensory evaluation of dry seafood concentrates and their mixes

Вид сухого концентрата	Оценка, баллы				
	Внешний вид	Цвет	Запах	Вкус	Общая оценка
Кукумария	4	5	4	4	17
Кальмар тушка	5	5	5	5	20
Кожа осьминога	5	4	4	5	18
Молоки сельди	5	5	4	3	17
Морская капуста	5	5	5	4	19
Мантия гребешка	5	5	4	4	18
Общеукрепляющая (№ 1)	5	5	5	5	20
Восстанавливающая (№ 2)	5	5	5	5	20
Иммуномоделирующая (№ 3)	5	5	5	4	19
Минералокорректирующая (№ 4)	5	4	5	4	18

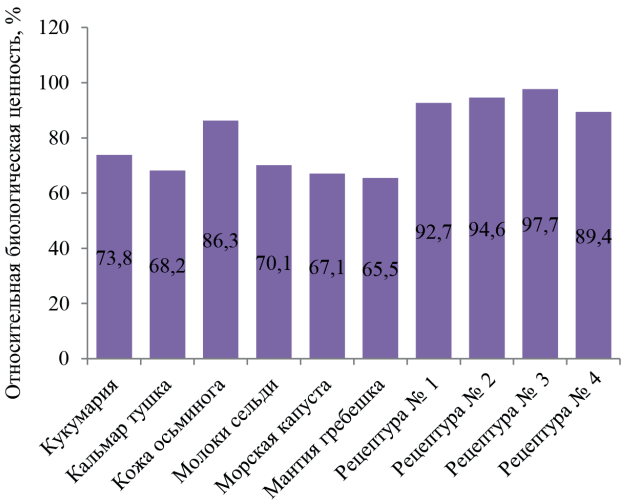

Рисунок 1. Относительная биологическая ценность концентратов морепродуктов и их смесей

Figure 1. Relative biological value of seafood concentrates and their mixes

вкуса концентрата кожи осьминога, но его запах характеризуется как слабо выраженный

Смеси сухих концентратов морепродуктов имеют близкие характеристики органолептических показателей: приятные вкус и запах сушеной рыбы и морепродуктов. Отмечено положительное влияние морской капусты в составе смесей в количестве около 15 %, которое определено дегустаторами как гармонизирующее, облагораживающее, подчеркивающее морское происхождение продукта. Применение морской капусты в рецептуре смеси в количестве более 20 % приводит к проявлению выраженного вкуса данного компонента. При этом отмечается общее положительное восприятие эмоциональной оценки продукта.

Безопасность и биологическую ценность сухих концентратов морепродуктов исследовали биотестированием с помощью реснитчатой инфузории *Tetrahymena pyriformis*.

Биотестирование смесей концентратов из морепродуктов показало, что они не проявляют токсичность. Не отмечено угнетение подвижности, наличие гибели единичных особей, деформации клеточной стенки инфузории. В процессе культивирования имеет место устойчивый рост количества клеток в течение 4–5 суток на всех исследуемых образцах, что свидетельствует о биологической безопасности для здоровья человека разработанных нами новых пищевых продуктов.

Биологическая ценность сухих концентратов морепродуктов и их смесей представлена на рисунке 1.

Результаты экспериментальных исследований показывают высокую биологическую ценность сухих концентратов морепродуктов. При этом отмечается существенная разница ее значений, в зависимости от вида сырья: от 65,5 % у образца из мантии гребешка до 86,3 % у образца из кожи осьминога. Это связано с особенностями химического состава исследуемых криопорошков и его доступностью ферментам инфузории. Следует отметить, что биологическая ценность смесей оказалась выше, чем отдельно взятых концентратов морепродуктов. Это можно объяснить оптимизацией макро- и микронутриентного состава разработанных целевых продуктов.

Выводы

В результате проведенных исследований разработаны рецептуры и получены по криотехнологии функциональные композиции сухих концентратов морепродуктов: общеукрепляющая, восстанавливающая, иммуномодулирующая и минералокорректирующая.

Исследованиями химического состава криоконцентратов морепродуктов установлено высокое содержание в них белков и минеральных веществ при небольшом количестве липидов. Сухие концентраты морепродуктов содержат биологически активные вещества: каротиноиды, гексозамины, тритерпеновые гликозиды и нуклеиновые кислоты.

Сухие концентраты морепродуктов могут применяться как самостоятельно, так и в виде функциональных композиций. Разработанные смеси, в зависимости от рецептуры, отличаются достаточно высоким содержанием белков животного происхождения, минеральных веществ, а также веществ, проявляющих биологическую активность: гексозаминов, тритерпеновых гликозидов, каротиноидов и нуклеиновых кислот. Расчеты показывают, что концентрация этих биологически активных веществ в разработанных композициях (при употреблении порции в 1 упаковке 10 г) обеспечивает установленные государством суточные нормы их потребления, что дает основания отнести их к функциональным продуктам. Разработанные нами смеси криоконцентратов морепродуктов могут быть рекомендованы для профилактического, лечебного, диетического и спортивного питания или выступать в качестве биокорректоров при производстве различных обогащенных пищевых продуктов.

Исследование органолептических свойств сухих концентратов морепродуктов и их композиций показало, что они имеют высокие характеристики и могут употребляться в качестве продуктов питания как самостоятельно, так и входить в составы других пищевых систем.

Результаты биотестирования показали, что сухие концентраты морепродуктов как отдельно взятые, так и в составе разработанных композиций, биологически безопасны для здоровья человека и проявляют высокую относительную биологическую ценность.

Критерии авторства

В. Д. Богданов – руководство исследованием,

подготовка статьи. А. А. Симдянкин – подготовка сухих концентратов, подготовка рисунков, работа с результатами. А. В. Панкина – определение биологической ценности, подготовка результатов. В. Д. Мостовой – разработка и подготовка композиций сухих концентратов из морепродуктов, подготовка результатов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

V.D. Bogdanov supervised the research and prepared the manuscript. A.A. Simdiankin prepared the dry concentrates, designed the illustrative material, and developed the results. A.V. Pankina defined the biological value and worked on the results. V.D. Mostovoi developed and prepared the compositions, as well as developed the research results.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Научные и практические аспекты технологий продуктов питания функциональной направленности / И. Ю. Потороко, А. В. Паймулина, Д. Г. Ускова [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2018. – Т. 6, № 1. – С. 49–59. https://doi.org/10.14529/food180106.

2. Effects of the edible cuttlefish gelatin on textural, sensorial and physicochemical quality of octopus sausage / N. Souissi, M. Jridi, R. Nasri [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 65. – P. 18–24. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.051.

3. Состав и антиоксидантные свойства ферментативного гидролизата мышечной ткани трепанга / Н. Н. Ковалев, Ю. М. Позднякова, А. Д. Перцева [и др.] // Пищевая промышленность. – 2016. – № 1. – С. 52–55.

4. Северин, С. Е. Практикум по биохимии / С. Е. Северин, Г. А. Соловьева. – М. : МГУ, 1989. – 509 с.

5. Богданов, В. Д. Исследование безопасности и биологической ценности сухого концентрата трепанга биотестированием / В. Д. Богданов, О. В. Сахарова, Т. Г. Сахарова // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2016. – Т. 37. – С. 93–98.

6. Physico-chemical and film forming properties of giant squid (*Dosidicus gigas*) gelatin / B. Giménez, J. Gómez-Estaca, A. Alemán [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2009. – Vol. 23, № 3. – P. 585–592. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.003.

7. Лисицын, А. Б. Современные тенденции развития индустрии функциональных пищевых продуктов в России и за рубежом / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, О. И. Лунина // Теория и практика переработки мяса. – 2018. – Т. 3, № 1. – С. 29–45. https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45.

8. Anti-aging effect of sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) hydrolysate on fruit flies and d-galactose-induced aging mice / L. Lin, K. Yang, L. Zheng [et al.] // Journal of Functional Foods. – 2018. – Vol. 47. – P. 11–18. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.033.

9. Flavored-functional protein hydrolysates from enzymatic hydrolysis of dried squid by-products: Effect of drying method / P. Sukkhown, K. Jangchud, Y. Lorjaroenphon [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2018. – Vol. 76. – P. 103–112. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.026.

10. Зюзьгина, А. А. Химический состав и технологическая характеристика осьминогов японского моря / А. А. Зюзьгина, Н. М. Купина // Известия ТИНРО. – 2005. – Т. 142. – С. 323–328.

11. Primary structure and anticoagulant activity of fucoidan from the sea cucumber *Holothuria polii* / M. B. Mansour, R. Balti, L. Yacoubi [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2019. – Vol. 121. – P. 1145–1153. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.129.

12. Fucoidan from *Laminaria japonica* exerts antitumor effects on angiogenesis and micrometastasis in triple-negative breast cancer cells / W.-J. Hsu, M.-H. Lin, T.-C. Kuo [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – Vol. 149. – P. 600–608. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.256.

13. Characterization of a seafood-flavoring enzymatic hydrolysate from brown alga *Laminaria japonica* / X. Zhang, D. Jiang, D. Li [et al.] // Journal of Food Measurement and Characterization. – 2019. – Vol. 13, № 2. – P. 1185–1194. https://doi.org/10.1007/s11694-019-00034-6.

14. The specific use of alginate from: *Laminaria japonica* by *Bacteroides* species determined its modulation of the *Bacteroides* community / C. Ai, P. Jiang, Y. Liu [et al.] // Food and Function. – 2019. – Vol. 10, № 7. – P. 4304–4314. https://doi.org/10.1039/C9FO00289H.

15. Prevention and possible mechanism of a purified *Laminaria japonica* polysaccharide on adriamycin-induced acute kidney injury in mice / X.-Y. Li, H.-R. Chen, X.-Q. Zha [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – Vol. 148. – P. 591–600. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.159.

16. Protective effects of a mixed plant extracts derived from *Astragalus membranaceus* and *Laminaria japonica* on PTU-induced hypothyroidism and liver damages / M. Mohibbullah, K. M. I. Bashir, S.-K. Kim [et al.] // Journal of Food Biochemistry. – 2019. – Vol. 43, № 7. https://doi.org/10.1111/jfbc.12853.

17. Antioxidant and functional properties of gelatin hydrolysates obtained from skin of sole and squid / B. Giménez, A. Alemán, P. Montero [et al.] // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 114, № 3. – P. 976–983. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.050.

18. Nam, K. A. Molecular and physical characteristics of squid (*Todarodes pacificus*) skin collagens and biological properties of their enzymatic hydrolysates / K. A. Nam, S. G. You, S. M. Kim // Journal of Food Science. – 2008. – Vol. 73, № 4. – P. C249–C255. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00722.x.

19. Tabakaeva, O. V. Tissue carotenoid composition of the Far-East bivalve mollusk *Anadara broughtonii* / O. V. Tabakaeva, A. V. Tabakaev // Chemistry of Natural Compounds. – 2015. – Vol. 51, № 6. – P. 1171–1173. https://doi.org/10.1007/s10600-015-1522-2.

20. Zhong, Y. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) / Y. Zhong, M. A. Khan, F. Shahidi // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, № 4. – P. 1188–1192. https://doi.org/10.1021/jf063085h.

21. Simultaneous double cationic and anionic molecule separation from herring milt hydrolysate and impact on resulting fraction bioactivities / R. Durand, E. Fraboulet, A. Marette [et al.] // Separation and Purification Technology. – 2019. – Vol. 210. – P. 431–441. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.08.017.

22. Коденцова, В. М. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 31–50.

References

1. Potoroko IYu, Paimulina AV, Uskova DG, Kalinina IV. Scientific and practical aspects of functional food technology. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2018;6(1):49–59. (In Russ.). https://doi.org/10.14529/food180106.

2. Souissi N, Jridi M, Nasri R, Ben Slama R, Njeh M, Nasri M. Effects of the edible cuttlefish gelatin on textural, sensorial and physicochemical quality of octopus sausage. LWT – Food Science and Technology. 2016;65:18–24. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.051.

3. Kovalev NN, Poznyakova YuM, Pertseva AD, Tun C. The composition and antioxidant enzymatic hydrolyzate of trepang muscle. Food Industry. 2016;(1):52–55. (In Russ.).

4. Severin SE, Solov′eva GA. Praktikum po biokhimii [Biochemistry workshop]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1989. 509 p. (In Russ.).

5. Bogdanov VD, Sakharova OV, Sakharova TG. Safety studies and biological value of dry concentrate holothuroidea biotesting. Scientific Journal of the Far East State Technical Fisheries University. 2016;37:93–98. (In Russ.).

6. Giménez B, Gómez-Estaca J, Alemán A, Gómez-Guillén MC, Montero MP. Physico-chemical and film forming properties of giant squid (*Dosidicus gigas*) gelatin. Food Hydrocolloids. 2009;23(3):585–592. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.003.

7. Lisitsyn AB, Chernukha IM, Lunina OI. Modern trends in the development of the functional food industry in Russia and abroad. Theory and Practice of Meat Processing. 2018;3(1):29–45. (In Russ.). https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45.

8. Lin L, Yang K, Zheng L, Zhao M, Sun W, Zhu Q, 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;47:11–18. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.033.

9. 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;76:103–112. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.026.

10. Zuzgina AA, Kupina NM. Chemical composition and technological characteristics of two Octopoda species from the Japan Sea. Izvestiya TINRO. 2005;142:323–328. (In Russ.).

11. Mansour MB, Balti R, Yacoubi L, Ollivier V, Chaubet F, Maaroufi RM. Primary structure and anticoagulant activity of fucoidan from the sea cucumber *Holothuria polii*. International Journal of Biological Macromolecules. 2019;121:1145–1153. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.129.

12. Hsu W-J, Lin M-H, Kuo T-C, Chou C-M, Mi F-L, Cheng C-H, 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;149:600–608. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.256.

13. Zhang X, Jiang D, Li D, Yu C, Dong X, Qi H. Characterization of a seafood-flavoring enzymatic hydrolysate from brown alga *Laminaria japonica*. Journal of Food Measurement and Characterization. 2019;13(2):1185–1194. https://doi.org/10.1007/s11694-019-00034-6.

14. Ai C, Jiang P, Liu Y, Duan M, Sun X, Luo T, et al. The specific use of alginate from: *Laminaria japonica* by *Bacteroides* species determined its modulation of the *Bacteroides* community. Food and Function. 2019;10(7):4304–4314. https://doi.org/10.1039/C9FO00289H.

15. Li X-Y, Chen H-R, Zha X-Q, Chen S, Pan L-H, Li Q-M, et al. Prevention and possible mechanism of a purified *Laminaria japonica* polysaccharide on adriamycin-induced acute kidney injury in mice. International Journal of Biological Macromolecules. 2020;148:591–600. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.159.

16. Mohibbullah M, Bashir KMI, Kim S-K, Hong Y-K, Kim A, Ku S-K. Protective effects of a mixed plant extracts derived from *Astragalus membranaceus* and *Laminaria japonica* on PTU-induced hypothyroidism and liver damages. Journal of Food Biochemistry. 2019;43(7). https://doi.org/10.1111/jfbc.12853.

17. Giménez B, Alemán A, Montero P, Gómez-Guillén MC. Antioxidant and functional properties of gelatin hydrolysates obtained from skin of sole and squid. Food Chemistry. 2009;114(3):976–983. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.050.

18. Nam KA, You SG, Kim SM. Molecular and physical characteristics of squid (*Todarodes pacificus*) skin collagens and biological properties of their enzymatic hydrolysates. Journal of Food Science. 2008;73(4):C249–C255. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00722.x.

19. Tabakaeva OV, Tabakaev AV. Tissue carotenoid composition of the Far-East bivalve mollusk *Anadara broughtonii*. Chemistry of Natural Compounds. 2015;51(6):1171–1173. https://doi.org/10.1007/s10600-015-1522-2.

20. Zhong Y, Khan MA, Shahidi F. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007;55(4):1188–1192. https://doi.org/10.1021/jf063085h.

21. 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;210:431–441. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.08.017.

22. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA. The analysis of domestic and international policy of food fortification with vitamins. Problems of Nutrition. 2016;85(2):31–50. (In Russ.).

Сведения об авторах

Богданов Валерий Дмитриевич
д-р техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru
https://orcid.org/0000-0002-0913-780X

Симдянкин Андрей Андреевич
старший преподаватель кафедры холодильной техники, кондиционирования и теплотехники, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, e-mail: And-sim@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7242-5356

Панкина Анна Валерьевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, e-mail: pankina_81_81@mail.ru

Мостовой Вадим Дмитриевич
аспирант кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, e-mail: vadim_14@inbox.ru

Information about the authors

Valery D. Bogdanov
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Food Technology, Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru
https://orcid.org/0000-0002-0913-780X

Andrei A. Simdiankin
Senior Lecturer of the Department of Refrigeration, Air Conditioning and Heating Engineer, Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: And-sim@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7242-5356

Anna V. Pankina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: pankina_81_81@mail.ru

Vadim D. Mostovoi
Postgraduate Student of the Department of Food Technology, Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: vadim_14@inbox.ru