

УДК 664.951.3 : 631:147

Специализированные продукты спортивного питания с использованием протеиновых композиций гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья

Н. Ю. Романенко, О. Я. Мезенова*, Ю. О. Некрасова

*Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
e-mail: mezenova@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

Информация о статье Реферат

Поступила в редакцию
24.08.2021;

получена
после доработки
10.09.2021

Ключевые слова:

спортивное питание,
активные пептиды,
протеиновые
биодобавки,
специализированное
питание,
коллаген,
коллагенсодержащее
рыбное сырье,
чешуя

Разработка специализированного спортивного питания с биологически активными компонентами коллагенсодержащего рыбного сырья обусловлена дефицитом отечественных продуктов данной группы, проблемой переработки рыбных отходов, научными данными о биоактивных пептидах морского происхождения. Из чешуи сардины и сардинеллы методами глубокого гидролиза получали низкомолекулярные активные пептиды и протеино-минеральные композиции в форме порошкообразных и жидких биодобавок. При гидролизе сырья первоначально проводили ферментализацию ферментом Alcalase 2.5L, затем термогидролиз при температурах 130–140 °С. Изучены химический состав чешуи двух видов рыб, продуктов ее гидролиза, аминокислотный состав белков. Исследовано количество низкомолекулярных пептидов в гидролизатах чешуи сардины при различных способах гидролиза. Обоснованы рациональные способы гидролиза чешуи – ферментативный и ферментативно-термический, позволяющие получать протеиновые добавки с содержанием белка 83,9–85,2 % при доле активных пептидов с молекулярной массой менее 10 кДа 91,7–98,1 %. Разработана технология получения из чешуи рыб протеиновых биодобавок, изучен их аминокислотный состав. Показано наличие в пептидной добавке ценных в спортивном питании незаменимых и эргогенных аминокислот, сопутствующих азотистых соединений. Установлено повышенное содержание в протеино-минеральной биодобавке кальция, фосфора и магния, значимых для костно-мышечных тканей спортсмена. На основе протеиновых биодобавок в сухой и жидкой форме с добавлением продуктов пчеловодства разработана технология жевательного мармелада для спортивного питания. Биопродукт "АпиколлТонус" принадлежит к классу гейнеров с содержанием белка 20,5 %, углеводов 41,6 % при аминокислотном показателе ВСАА (изолейцин : лейцин : валин) 2 : 1 : 1,5. Разработан поликомпонентный батончик для спортивного питания с применением протеиновых гидролизатов чешуи рыб, льняного и яблочного жмыхов, кедровых орехов. Батончик является функциональным по содержанию кальция и фосфора, пищевых волокон, флавоноидов, витамина Е. Обоснованы рекомендации по употреблению новых продуктов спортивного питания.

Для цитирования

Романенко Н. Ю. и др. Специализированные продукты спортивного питания с использованием протеиновых композиций гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья. Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, № 4. С. 414–427. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-4-414-427>.

Specialized sports nutrition products using protein hydrolysis compositions of collagen-containing fish raw materials

Natalia Yu. Romanenko, Olga Ya. Mezenova*, Yulia O. Nekrasova

*Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia;
e-mail: mezenova@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

Article info

Received
24.08.2021;
received
in revised form
10.09.2021

Key words:

sports nutrition,
active peptides,
protein supplements,
specialized nutrition,
collagen,
collagen-containing
fish raw materials,
scales

Abstract

The development of specialized sports nutrition with components of collagen-containing fish raw materials is due to the shortage of domestic products of this group, the problem of fish waste processing, scientific data on bioactive peptides of marine origin. Low-molecular active peptides and protein-mineral compositions in the form of powder and liquid dietary supplements were obtained from the scales of sardine and sardinella by methods of deep hydrolysis. During the hydrolysis of raw materials, fermentolysis was carried out with the Alcalase 2.5L enzyme, thermohydrolysis – at temperatures of 130–140 °C. The chemical composition of the scales of two fish species, the products of its hydrolysis, and the amino acid composition of its proteins have been studied. The amount of low-molecular-weight peptides in hydrolysates of sardine scales was investigated by various methods of hydrolysis. Rational methods of hydrolysis of scales – enzymatic and enzymatic-thermal – have been substantiated. They make it possible to obtain protein supplements with protein content of 83.9–85.2 % with a proportion of active peptides with a molecular weight of less than 10 kDa 91.7–98.1 %. A technology for obtaining protein supplements from fish scales has been developed, and their amino acid composition has been studied. The presence of irreplaceable and ergogenic amino acids, accompanying nitrogenous compounds, valuable in sports nutrition, was shown in the peptide supplement. An increased content of calcium, phosphorus and magnesium in the protein-mineral dietary supplement being important for the musculoskeletal tissues of an athlete has been established. On the basis of protein supplements in dry and liquid forms with the addition of beekeeping products, the technology of chewing marmalade for sports nutrition has been developed. Bioproduct "Apikolltonus" belongs to the class of gainers with a protein content of 20.5 %, a carbohydrate of 41.6 % with an amino acid value of BCAA (isoleucine : leucine : valine) 2 : 1 : 1.5. A multicomponent bar for sports nutrition has been developed using protein hydrolysates of scales, flaxseed and apple cakes, and pine nuts. The bar is functional in terms of the content of calcium and phosphorus, dietary fiber, flavonoids, and vitamin E. Recommendations for the use of new sports nutrition products are substantiated.

For citation

Romanenko, N. Yu. et al. 2021. Specialized sports nutrition products using protein hydrolysis compositions of collagen-containing fish raw materials. *Vestnik of MSTU*, 24(4), pp. 414–427. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-4-414-427>.

Введение

Использованием биопотенциала коллагенсодержащего рыбного сырья (КРС) занимаются многие отечественные и зарубежные ученые. Особенно перспективно данное направление при создании продуктов питания нового поколения – специализированных и функциональных (Цибизова, 2014; Якубова и др., 2009; Антипова и др., 2018; Воробьев, 2020).

КРС является источником многих биологически активных соединений, принимающих участие в жизненно важных физиологических процессах. Важнейшими компонентами КРС являются белки (протеины), из которых в организме человека продуцируются разнообразные протеиновые композиции (аминокислоты, олигопептиды, полипептиды), выступающие строительным материалом и регуляторами многочисленных биологических эффектов (Тутельян и др., 2014; Мезенова О. Я. и др., 2015; Мезенова О. Я., 2018а, б, в).

Свойства протеиновых продуктов зависят от качественного состава аминокислот, их последовательности, строения молекулы и ее конфигурации. Наиболее ценными являются биологически активные пептиды – тканеспецифичные низкомолекулярные фрагменты белковых молекул. Доказано, что низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой (ММ) менее 10 кДа обладают выраженной фармакологической активностью, что делает их привлекательными компонентами для использования в составе специализированного питания (Гришин и др., 2017; Marine..., 2013). Низкомолекулярные пептиды обладают гормональной активностью, регулируют пищеварительные процессы, аппетит, обладают обезболивающим, противоопухолевым и противовоспалительным эффектами, регулируют высшую нервную деятельность, артериальное давление, биохимические процессы, связанные с механизмами памяти, страха, ярости, тонуса сосудов, стимулируют многие другие эффекты (Takenawa et al., 2015; Boutin et al., 2012; Gua et al., 2011).

Перспективным источником биоактивных пептидов является КРС (головы, хребты, кожа, чешуя, плавники рыб). Данное сырье содержит основной белок коллаген, сопутствующие белки (проколлаген, оссеин, склеропротеид, глюкопротеид мукоид, миозин, актин и миоген) и другие биологически активные вещества (нейтральные жиры и фосфолипиды, неорганические формы кальция и фосфора, соли магния, натрия, калия и др.), извлечение которых позволяет получать на их основе специализированные продукты спортивного питания (Мезенова О. Я. и др., 2015; Мезенова Н. Ю. и др., 2014; Мезенова Н. Ю., 2017; Свириденко и др., 2017; Kim et al., 2012). В настоящее время КРС в нашей стране практически не перерабатывается. В лучшем случае из него получают кормовую муку, корм для звероферм или агроудобрения. Но чешуя, остающаяся при производстве консервов типа "Сардины в масле" из сардины и сардинеллы, не используется даже на кормовые цели, создавая проблему утилизации. При этом чешуя рыб представляет собой натуральный концентрат минерализованного рыбного коллагена (ихтиоколлагена), который является источником биологически ценных протеиновых продуктов. Доказано, что морской коллаген в гидролизованном состоянии стимулирует синтез своего коллагена, ускоряет восстановление тканей опорно-двигательного аппарата, улучшает подвижность суставов, уменьшает боли, замедляет процесс разрушения хрящевой ткани (Antibacterial..., 2019; Slizyte et al., 2016; Lin et al., 2020; Zhou et al., 2019; Chen et al., 2017; Kim et al., 2018). Низкомолекулярные пептиды – продукты гидролиза ихтиоколлагена – обладают эргогенным эффектом, что в совокупности с пластическими и антиоксидантными свойствами делает их привлекательными и перспективными для применения в составе спортивного питания (Волков и др., 2012; Antibacterial..., 2019; Kim et al., 2018).

Последними исследованиями доказано, что низкомолекулярные пептиды, полученные из рыбного сырья, являются эффективными антиоксидантами, антисептиками, обладают иммуномодулирующей, гипотензивной, регенеративной, репродуктивной функциями, оказывают цитотоксическое действие на некоторые клеточные линии рака. Установлены опиоидность морских олигопептидов, функции ингибитора ренина, фактора активации тромбоцитов ацетил-гидролазы, пролил эндопептидазы, α -амилазы, антикоагулянтная активность, а также индукционный эффект. Показана применимость активных пептидов морского происхождения для профилактики гипертонии и инфекционных заболеваний, снижения уровня холестерина в крови, использования в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе специализированных, функциональных и персонализированных продуктов, фармацевтических препаратов и косметических средств. Они также востребованы в составе кормов для животных и рыб, микробиологических сред, строительных тензидов, текстильных материалов и др. (Lin et al., 2017; Lee et al., 2010; Mendis et al., 2005; Vázquez et al., 2020; Chia et al., 2015; Cai et al., 2019; Slizyte et al., 2016).

Проблема использования коллагенсодержащего рыбного сырья актуальна в Калининградской области, поскольку здесь функционирует более 30 рыбоперерабатывающих предприятий и 11 рыбоконсервных производств, продуцирующих 30–40 тыс. т отходов в год, в том числе около 100 т рыбной чешуи.

В Калининградском государственном техническом университете сотрудники кафедры пищевой биотехнологии совместно с биотехнологической фирмой ANiMOX (Германия, Берлин) разработали способ комплексной переработки коллагенсодержащих рыбных отходов (чешуя, головы, хребты), позволяющий получать низкомолекулярные пептидные и высокомолекулярные протеиновые продукты в композиции с минеральными веществами (Способ получения..., 2019). Представляется перспективным обоснование

с их применением продуктов спортивного питания, направленных на быстрое восстановление организма после физических нагрузок и укрепление опорно-двигательных тканей.

Спортивное питание (СП) представляет собой стремительно развивающуюся эргогенную диетическую, включающую биологически активные вещества и добавки, направленные на ключевые реакции обмена веществ, повышающие физическую работоспособность организма. В соответствии с ГОСТ 34006-2016¹ продукты спортивного питания должны быть поликомпонентными и обогащать традиционные рационы спортсменов целевыми функциональными ингредиентами. Сегодня спортивное питание представлено множеством товарных категорий, таких как протеиновые смеси, креатин, аминокислотные и витаминные комплексы, "жиросжигатели", гейнеры, энергетика, спортивные напитки и батончики, изотоники и прочее. Однако эксперты сходятся во мнении, что наибольшей популярностью у российских спортсменов пользуются протеиновые продукты и аминокислотные комплексы (Худяков, 2015; Мезенова Н. Ю., 2017).

В нашей стране сфера индустрии спортивного питания во многом импортозависима, что предопределяет актуальность ее развития путем применения отечественных инновационных технологий.

Целью исследований являлось обоснование рационального способа получения пищевых протеиновых биодобавок из коллагенсодержащего рыбного сырья и разработка с их применением продуктов спортивного питания.

Материалы и методы

Объектами исследования являлась чешуя сардины и сардинеллы, образующаяся на рыбоконсервном комплексе ОАО "РосКон" при производстве консервов "Сардины в масле", а также чешуя леща балтийского.

Гидролиз чешуи осуществляли по схеме глубокого гидролиза, приведенного на рис. 1.

Гидролиз КРС (ферментализация и термогидролиз) проводили в воде с применением фермента Alcalase 2.5L (активность 2,5 AU/g), а также термическим способом в управляемом гидроавтоклаве (термогидролиз – $t = 1-1,5$ ч, $T = 130-140$ °C, $p = 0,25$ МПа, $pH = 7,0$). Обезвоживание низкомолекулярной водорастворимой пептидной фракции осуществляли сублимационным способом в лиофильной сушильной установке Martin Christ Alpha1-2 LDplus. Протеино-минеральную композицию высушивали конвекционным способом при температуре 70–75 °C.

В исследованиях применяли органолептические и физико-химические методы (стандартные, общепринятые и модифицированные). Общий химический состав сырья и готовой продукции определяли по ГОСТ 7636-85² (массовые доли влаги, белка, жира, минеральных веществ). Аминокислотный (АК) состав белков оценивали методом ионно-обменной хроматографии в лаборатории UBF GmbH (г. Альтландсберг, Германия). Минеральный состав протеино-минеральной фракции определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии в лаборатории UBF GmbH (г. Альтландсберг, Германия). Фракционный молекулярный состав пептидных гидролизатов оценивали масс-спектрометрически при разделении их на фракции методом ВЭЖХ / Phenomenex (Yarra ZuSEC-200) в лаборатории ANiMOX (г. Берлин, Адлерсхоф, Германия).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Office 2010 (Mr Word, Ms Excel) и Mathcad 2000 Professional на 95%-м доверительном уровне.

Результаты и обсуждение

Химический состав коллагенсодержащего рыбного сырья, в наибольшей степени аккумулируемого на рыбоконсервном предприятии ОАО "РосКон", приведен в табл. 1.

Таблица 1. Общий химический состав коллагенсодержащего рыбного сырья
Table 1. General chemical composition of collagen-containing fish raw materials

Вид сырья		Содержание, г/100 г сырья		
		протеина	минеральных веществ	жира
Сардина	головы	16,0	8,6	9,8
	чешуя	15,3	3,3	8,5
	кости	17,2	3,8	20,0
Сардинелла	головы	15,6	7,0	14,8
	чешуя	20,2	3,6	9,5
	кости	16,9	3,7	18,3

Из табл. 1 видно, что КРС сардины и сардинеллы характеризуется достаточно высоким содержанием протеина (15,3–17,2 %), минеральных веществ (3,8–8,6 %), жира (18,3–20,0 %). Наибольший интерес для

¹ ГОСТ 34006-2016. Продукция пищевая специализированная. Продукция пищевая для питания спортсменов. Термины и определения. М., 2018.

² ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М., 2010.

получения протеиновых композиций, рациональных к использованию в спортивном питании, представляет чешуя данного сырья, которая характеризуется наибольшим содержанием коллагена (более 70 %).

Экспериментальные данные по аминокислотному составу и биологической ценности белков чешуи сардины и сардинеллы (табл. 2) свидетельствуют о целесообразности использования белкового биопотенциала чешуи для получения протеиновых продуктов, содержащих данные аминокислоты, и их применения в составе спортивного питания.

Таблица 2. Аминокислотный состав белков чешуи сардины и сардинеллы
 Table 2. Amino acid composition of proteins in scales of sardine and sardinella

Название АК	Средняя массовая доля в сухой чешуе			
	сардины		сардинеллы	
	г/100 г белка	г/100 г чешуи	г/100 г белка	г/100 г чешуи
Аланин	5,8	3,3	11,2	5,60
Аргинин	7,2	4,1	7,9	4,00
Аспарагин	0,0	0,0	0,10	0,10
Аспарагиновая кислота	6,1	3,4	4,9	2,50
Карнозин	0,0	0,0	0,1	0,01
Цитрулин	0,02	0,01	0,0	0,00
Цистин	0,2	0,1	0,0	0,00
Глутамин	0,04	0,02	0,8	0,40
Глутаминовая кислота	9,3	5,3	8,5	4,30
Глицин	12,6	7,1	26,0	13,1
Гистидин	1,7	1,0	1,2	0,60
Гидроксипролин	9,5	5,0	10,7	4,40
Лейцин	3,7	2,1	2,7	1,30
Изолейцин	2,1	1,2	1,0	0,50
Лизин	2,7	1,5	4,0	2,00
Метионин	2,8	1,6	0,01	0,01
Орнитин	0,07	0,04	0,0	0,00
Фенилаланин	2,8	1,6	2,2	1,10
Фосфоэтаноламин	0,0	0,0	0,0	0,00
Пролин	9,4	5,3	11,7	5,90
Серин	4,0	2,3	2,9	1,50
Таурин	0,10	0,06	0,0	0,00
Треонин	1,2	1,7	2,1	1,10
Тирозин	1,5	0,9	0,6	0,30
Валин	2,1	1,2	1,5	0,80
∑ незаменимых АК	17,4	10,8	13,5	6,8
∑ коллаген+эластин	76,3	40,4	86,4	35,5

На основании приведенных данных по АК составу (табл. 2) были рассчитаны показатели биологической ценности (БЦ) белков чешуи сардины (79,9 %) и сардинеллы (62,8 %). Высокие значения БЦ свидетельствуют о значимом аминокислотном потенциале данного сырья. Также важно, что данные виды чешуи содержат максимальное количество структурных белков коллагена и эластина (76,3–86,4 %), востребованных для пластических нужд спортсмена.

При обосновании рационального способа гидролиза чешуи сардины и сардинеллы исследовали шесть различных фракций продуктов гидролиза (водорастворимых и осадочных), полученных с применением ферментного препарата Alcalase 2.5L тремя различными способами (табл. 3) – термическим (Т), ферментативным (Ф) и ферментативно-термическим (Ф-Т) (Мезенова О. Я. и др., 2018а). Гидролизованную массу разделяли центрифугированием на три фракции: протеиновую, жировую, минерально-белковую. Жировую фракцию после рафинации отправляли на пищевые и/или технические цели, водорастворимую протеиновую фракцию сублимационно высушивали, получая пептидную пищевую биодобавку.

Из данных табл. 3 следует, что ферментативный и ферментативно-термический способы гидролиза чешуи позволяют получать протеиновый материал с содержанием низкомолекулярных пептидов с ММ менее 10 кДа более 90 % (91,7–98,1 %), что потенциально свидетельствует о наличии биологической активности данной композиции. При этом образуются пептидные композиции с содержанием протеинов 83,9–85,2 % от массы сухой фракции.

Таблица 3. Химический состав различных фракций гидролизата чешуи рыб при различных способах гидролиза
Table 3. Chemical composition of different fractions of fish scales hydrolyzate with different hydrolysis methods

Способ гидролиза	Содержание белка в сублимированной протеиновой фракции, % ¹	Содержание жира в жировой фракции, % ²	Содержание сухих веществ в сухой осадочной фракции (белково-минеральной), % ³	Содержание пептидов в протеиновой фракции с ММ ≤ 10 кДа ⁴
Чешуя сардины				
Термический	27,5	63,5	97,7	53,3
Ферментативный	65,0	83,7	79,7	98,1
Ферментативно-термический	83,9	74,9	96,4	91,7
Чешуя сардинеллы				
Термический	27,2	39,9	92,2	46,2
Ферментативный	55,9	72,8	92,4	97,7
Ферментативно-термический	85,2	79,8	86,0	89,6

Примечание. 1 – процент массы протеиновой фракции; 2 – процент массы жировой фракции; 3 – процент массы минерально-белковой фракции; 4 – процент массы протеиновой фракции.

На основе полученных результатов разработана комплексная схема изготовления пищевых биодобавок из чешуи рыб с использованием ферментативного и ферментативно-термического способов как дающих наибольший выход протеиновых компонентов с максимальным содержанием активных пептидов с ММ менее 10 кДа (рис. 1).

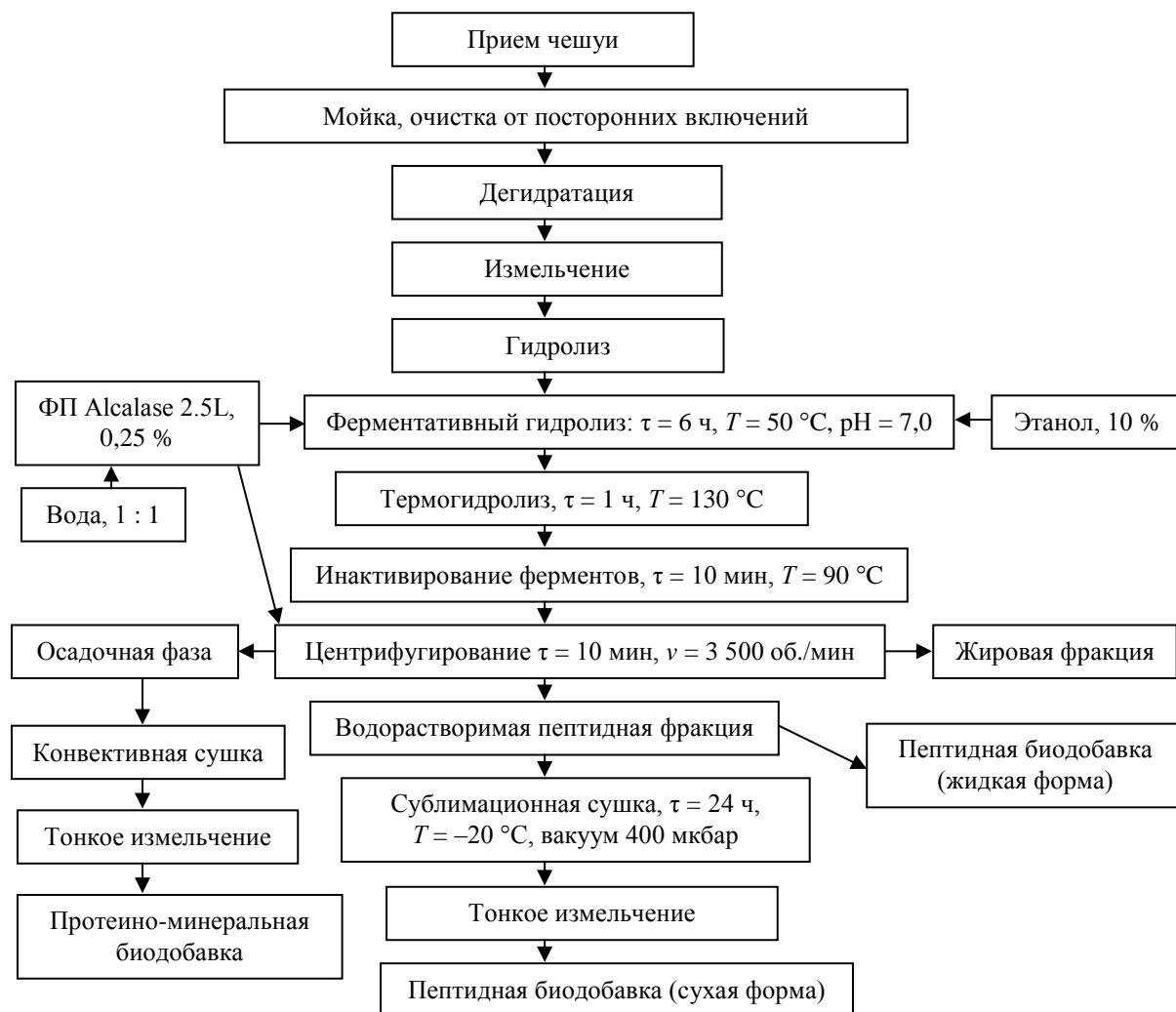


Рис. 1. Технологическая схема изготовления пищевых биодобавок из чешуи рыб
Fig. 1. Technological scheme for manufacturing food supplements from fish scales

Ключевыми этапами технологии (рис. 1) являются: подготовка гомогенизированной смеси из чешуи и воды, внесение протеолитического фермента и его выдержка в смеси при заданных параметрах с добавлением 10 % этилового спирта (в качестве консерванта), разделение гидролизованной суспензии на три фракции (жировую, протеиновую и белково-минеральную), охлаждение фракций с последующей сублимационной сушкой жидкой протеиновой фракции или без сушки. Жидкая форма добавки идет на изготовление различных биопродуктов с повышенным содержанием воды (желе, пастила, хлеб и др.). Сухая форма рекомендуется для изготовления таблетированных изделий или в виде пищевых биодобавок для обогащения рационов питания, также как и высушенная белково-минеральная фракция. Обе биодобавки рекомендуются для введения в составы продуктов спортивного питания.

Обоснование рецептур продуктов спортивного питания проводили с учетом содержания белка и его аминокислотного состава в биодобавках, полученных из чешуи сардины ферментативно-термическим способом при рациональных условиях гидролиза (табл. 4). Содержание белка в пептидной и протеино-минеральной биодобавках составило соответственно (в г/100 г) 98,9 и 21,1.

Таблица 4. Аминокислотный состав пептидной и протеино-минеральной биодобавок (г/100 г продукта)
Table 4. Amino acid composition of peptide and protein-mineral dietary supplements (g/100 g of product)

Аминокислота	Пептидная биодобавка	Протеино-минеральная биодобавка
Аланин	9,99	1,04
Аргинин	8,75	2,06
Аспарагин	1,38	0,29
Аспарагиновая кислота	2,5	0,96
Карнозин	0,32	0
Цитруллин	0,79	0
Глутамин	1,17	0,14
Глутаминовая кислота	6,2	0,52
Глицин	7,16	0,75
Гистидин	3,9	0,94
Гидроксипролин	0,48	0
Изолейцин	5,07	0,22
Лейцин	11,68	1,38
Лизин	9,89	1,17
Метионин	5,41	0,31
Орнитин	3,56	0,16
Фенилаланин	6,81	0,73
Пролин	2,75	0,2
Серин	4,41	1,14
Таурин	1,64	0,33
Треонин	5,13	0,97
Триптофан	0,98	0
Тирозин	3,68	0,62
Валин	7,68	0,46

Из табл. 4 следует, что в отличие от протеино-минеральной добавки пептидная биодобавка наиболее богата аминокислотами, это объясняется наибольшим переходом протеиновой фракции чешуи в раствор при гидролизе. АК состав протеинового гидролизата характеризуется содержанием всех незаменимых аминокислот, а также повышенным содержанием лизина, лейцина, фенилаланина. Полноценность данного продукта подтверждается высокими значениями аминокислотных скоров для всех незаменимых аминокислот (165–258,53 %), при этом расчетный показатель биологической ценности белка составил 59,9 %. Важно, что в составе пептидной композиции в повышенном количестве содержатся 3 аминокислоты, необходимые для эргогенного эффекта мышц (BCAA) – это комплекс, включающий три незаменимые аминокислоты (г/100 г): лейцин (11,68), валин (7,68), изолейцин (5,07).

Среди заменимых аминокислот пептидной биодобавки повышенным содержанием отличаются аланин, аргинин, глицин. Обнаружены также и другие азотистые соединения: карнозин, цитруллин, орнитин и таурин. L-цитруллин является небелковой аминокислотой с антиоксидантными свойствами, снижает концентрацию

лактата и мышечную боль через 24 часа после тренировки. Недостаток аминокислоты выражается в упадке сил и мышечной усталости (Papadia et al., 2018). Карнозин (b-аланил-L-гистидин) представляет собой цитоплазматический дипептид, который повышает pH, активирует мышечные АТФазы для обеспечения энергии. Таурин играет важную роль в качестве антиоксидантного протектора в регуляции транспорта Ca^{2+} и регулятора осмотического давления в тканях, оказывает противовоспалительное действие, поддерживает чувствительность сократительных элементов к Ca^{2+} , что чрезвычайно важно в спорте. Орнитин – это ключевой субстрат для синтеза пролина, полиаминов и цитруллина, является эффективным регулятором процессов утомления и восстановления организма спортсменов после истощающих физических нагрузок (Оковитый и др., 2020; Николаева и др., 2014; Мезенова О. Я., 2018).

Белок протеино-минеральной биодобавки характеризуется пониженной биологической ценностью из-за отсутствия незаменимой АК триптофан и низкого содержания других незаменимых АК. Его биологическая ценность составляет всего 10,7 %. Однако его нерастворимая протеиновая часть представлена высокомолекулярным коллагеновым белком (21,1 %), выполняющим роль пищевых волокон животного происхождения. Кроме того, данная биодобавка является источником ценных минеральных веществ (табл. 5), которые отсутствуют в протеиновом гидролизате.

Таблица 5. Содержание минеральных веществ в протеино-минеральной биодобавке (мг/100 г продукта)
Table 5. The content of minerals in the protein-mineral supplement (mg/100 g of the product)

Минеральные вещества (макроэлементы)	Содержание в БМО, г/100 г	Суточная потребность, мг/сут*	Верхний допустимый уровень потребления, мг/сут	% от суточной потребности
Na	0,22	1 300	Не установлен	16,5
K	0,09	2 500	Не установлен	3,7
Ca	22,19	1 000	2 500	2 219,2
Mg	0,32	400	Не установлен	80,0
P	11,98	800	Не установлен	1 497,2

Примечание. * – согласно МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.

Протеино-минеральная биодобавка (табл. 5) характеризуется высоким содержанием кальция (22,19 мг/100 г) и фосфора (11,98 мг/100 г), а также магния и натрия – важных минеральных веществ для спортсмена. Кальций необходим для строительства костной ткани, он участвует в процессах сокращения мышечной ткани и свертываемости крови, является одним из элементов, выполняющих пластическую функцию. При адекватном содержании кальция в пище у спортсменов не возникает проблем с плотностью костной ткани. Повышенное потребление кальция необходимо при росте костной ткани у подростков и у спортсменов при высоких физических нагрузках (Волков и др., 2012; Громова и др., 2016).

Неорганический фосфор содержится в организме в форме фосфорнокислых солей, является источником нуклеопротеидов, нуклеотидов, фосфопротеидов, фосфатидов, фосфорных эфиров углеводов. Как важнейшая часть этих органических веществ фосфор играет в жизненном процессе исключительную роль. Фосфаты калия и натрия входят в буферную систему крови. Фосфор – электролит, обмен которого тесно связан с метаболизмом кальция. 80–85 % фосфора входит в состав скелета, остальное количество распределяется между тканями и жидкостями организма (Иорданская и др., 2011).

На основе полученной из рыбной чешуи пептидной добавки с добавлением продуктов пчеловодства (перга, пыльца, прополис), а также вкусовых и структурообразующих добавок (желатин, пектин) разработана рецептура и технология биодобавки для спортивного питания, названной "АпиколлТонус" (рис. 2). Продукты пчеловодства обладают многими физиологически активными эффектами, необходимыми для физических и защитных сил спортсмена (Хомутов и др., 2014). Основными операциями технологии являются: подготовка смеси до растворения и равномерного распределения всех ингредиентов, желирование смеси, формование и охлаждение штучных изделий.

По органолептическим свойствам биопродукт "АпиколлТонус" представляет собой желатиновые формованные изделия типа жевательного мармелада массой 10 г, имеющие цвет от светло-желтого до янтарного; консистенция – упругая, студнеобразная, плотная, не липкая; поверхность – гляncованная, ровная; запах – свойственный данной композиции, нейтральный (рис. 3). Из профилограммы аромата и вкуса (рис. 4) видно, что во вкусе и аромате полученного продукта преобладают медовые, сладкие и сливочные оттенки, при этом нежелательных привкусов (горький, рыбный, лекарственный и др.) нет.

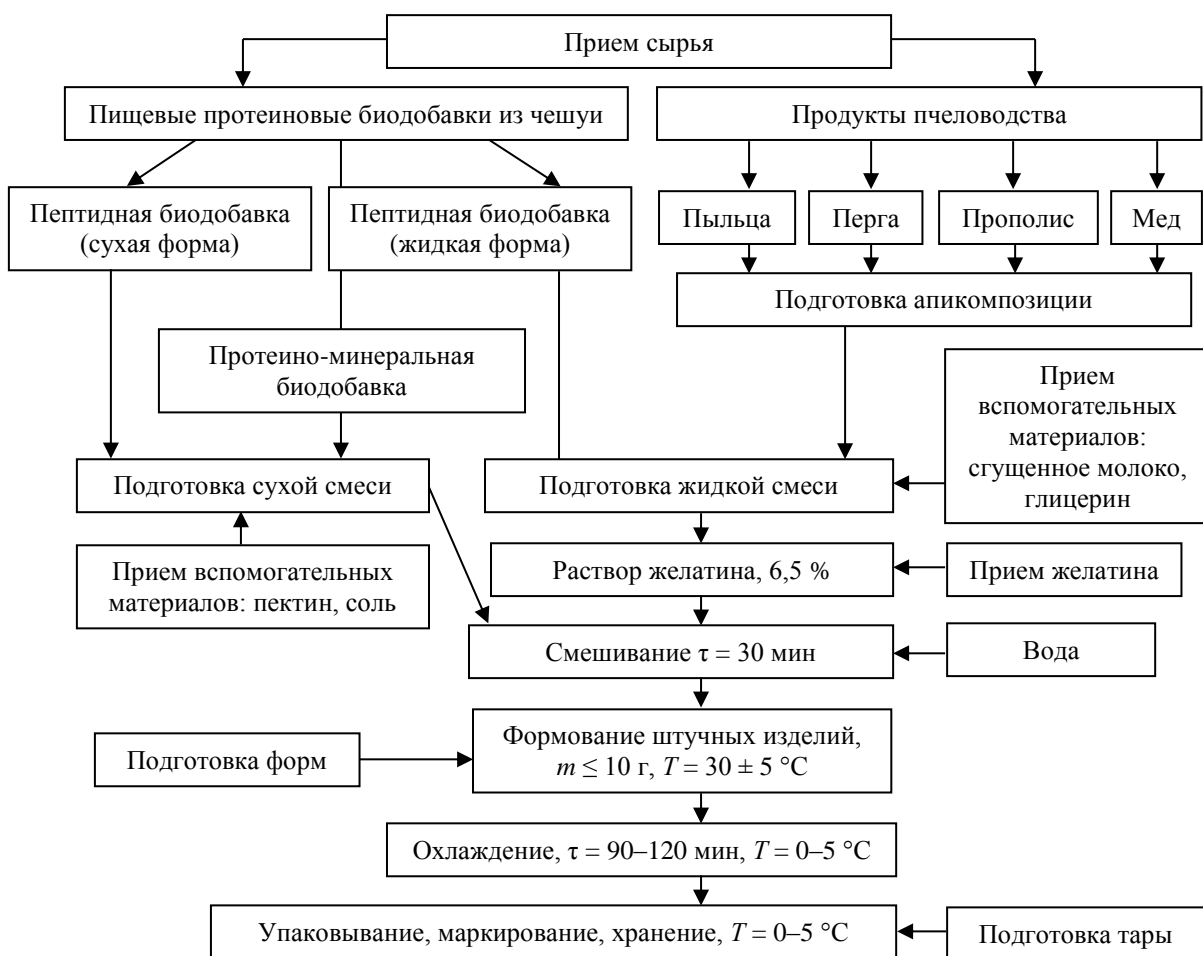


Рис. 2. Технологическая схема изготовления биодобавки для спортивного питания "АпиколлТонус" на основе протеиновых продуктов гидролиза чешуи рыб
 Fig. 2. Technological scheme for the manufacture of dietary supplements for sports nutrition "ApikollTonus" based on protein products of hydrolysis of fish scales



Рис. 3. Биопродукт "АпиколлТонус" в желированной форме
 Fig. 3. Bioproduct "ApikollTonus" in the gelled form

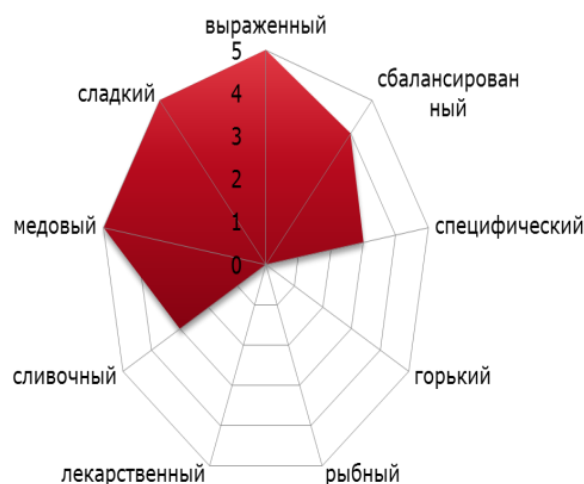


Рис. 4. Профилограмма вкусо-ароматических характеристик биопrodukта "АпиколлТонус"
 Fig. 4. Profilogram of taste and aroma characteristics of the bioproduct "ApikollTonus"

По общему химическому составу биопродукт "АпиколлТонус" является преимущественно белково-углеводной смесью, может быть отнесен к классу гейнеров и содержит (в %): белок – 20,5; углеводы – 41,6; жир – 2,8; минеральные вещества – 6,4 %. Расчетное значение биологической ценности белков биопродукта составило 91,2 %, что на 11,3 % превышает данный показатель в белках чистой чешуи. Аминокислотный показатель ВСАА, характеризующий соотношение основных для спортсменов аминокислот с разветвленной боковой цепью (изолейцин : лейцин : валин) составил 2 : 1 : 1,5 при рекомендуемом значении 2 : 1 : 1 (Волков и др., 2017; Мезенова Н. Ю., 2017).

Биопродукт рекомендуется употреблять спортсменам до и после тренировки по 2–3 штуки.

Другой вид спортивного питания, полученный с применением протеиновых продуктов гидролиза чешуи, – протеиновый батончик массой 60 г – разработан в соответствии с рецептурой (табл. 6). Он дополнен кедровыми орехами, льняным и яблочным жмыхом – источником ценных белков, липидов, витаминов и минеральных веществ, в вариантах с шоколадной глазурью и без нее (рис. 5).

Таблица 6. Рецептура поликомпонентного протеинового батончика для спортивного питания
Table 6. Recipe for a multicomponent protein bar for sports nutrition

Ингредиент	Количество, г/100 г
Протеиновый гидролизат	21,5
Белково-минеральная добавка	3,5
Яблочный жмых	16,7
Кедровый орех	15
Льняной жмых	35
Шоколадная глазурь	8,3

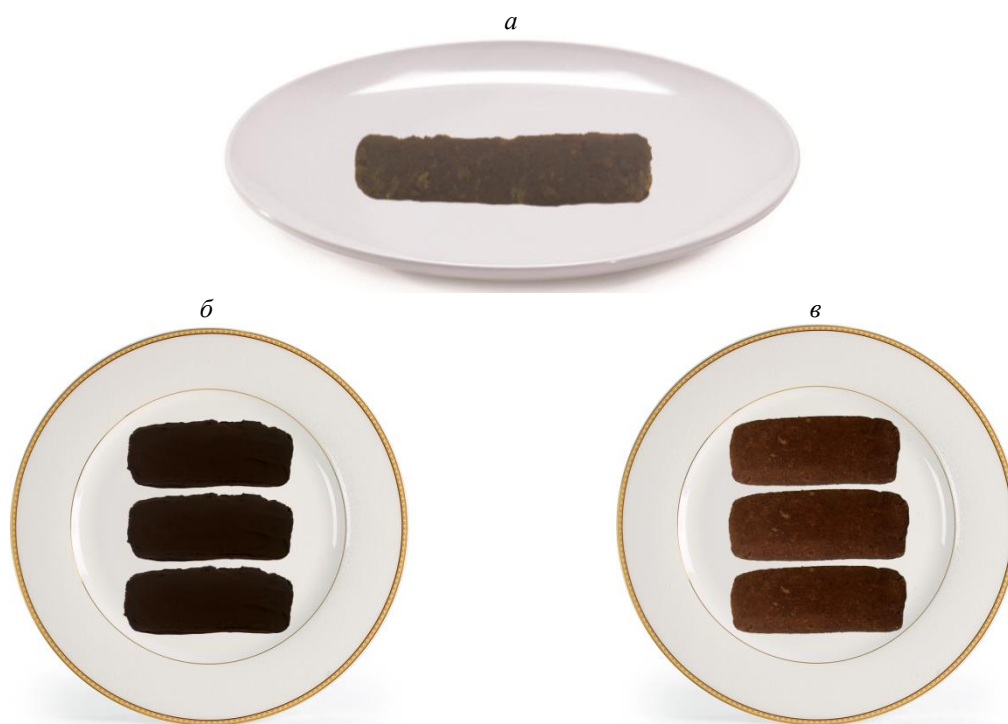


Рис. 5. Поликомпонентный батончик для спортивного питания с протеиновыми продуктами на основе гидролиза чешуи: а – вид на разрезе; б – с шоколадной глазурью; в – без шоколадной глазури

Fig. 5. The multicomponent bar for sports nutrition with protein products based on hydrolysis of scales: а – sectional view; б – with chocolate icing; в – without chocolate icing

Оценку качества и биологической ценности проводили органолептическим путем с учетом физико-химических показателей (табл. 7). При анализе вкуса и запаха учитывали наличие оттенков вносимых добавок (шоколадной глазури, кедрового ореха, яблочного жмыха, льняного жмыха, протеинового гидролизата, протеино-минеральной добавки). Результаты показали, что протеиновый батончик имеет приятный вкус, свойственный данной пищевой композиции, с преобладанием оттенков шоколадной глазури.

Данные табл. 7 свидетельствуют, что протеиновый батончик является белково-углеводным продуктом (содержание белка и углеводов 23,5 и 48,3 % соответственно), функциональным по содержанию кальция и фосфора (60 г удовлетворяют суточную потребность на 44 и 27,5 % соответственно), а также по пищевым

волокнам – на 72,2, флавоноидам – на 87,4, витамину Е – на 22,4 %. Содержание белка в данном продукте составляет 24,14 % от энергетической ценности продукта, что позволяет отнести разработанный протеиновый батончик к высокобелковым продуктам согласно ГОСТ 34006-2016³. Биологическая ценность белка протеинового батончика составила 71,4 %, значениями аминокислотных скоров для всех незаменимых аминокислот были от 180,5 до 245,85 %. Коэффициент утилитарности аминокислотного состава – 0,87 – характеризует высокую степень сбалансированности незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме.

Таблица 7. Физико-химические показатели протеинового батончика для спортивного питания
Table 7. Physical and chemical parameters of a protein bar for sports nutrition

Наименование показателя	Содержание	Пересчет на 60 г готового продукта	Суточная потребность ³ г/сут	% от суточной потребности (60 г продукта)
Массовая доля (МД) воды, %	13,5	8,1	–	–
МД сухих веществ, %	86,5	51,9	–	–
МД белка, %	23,5	14,1	81,7	17,2
МД жира, %	10,5	6,3	96,5	5,2
МД золы, %	4,2	2,5	–	–
МД углеводов ¹ , %, в т. ч. клетчатки, %	48,3 24,1	29,0 14,4	20	72,2
Содержание Са, г	0,7	0,44	1,0	44,0
Содержание Р, г	0,4	0,22	0,8	27,5
Флавоноиды, мг/%	364,9	218,4	250	87,4
Витамин Е ² , мг/%	5,6	3,4	15	22,4
Витамин С, мг/%	3,5	2,1	90	2,2
Энергетическая ценность, ккал	390,0	234,0	–	–

Примечание. 1 – МД углеводов получена расчетным способом; 2 – содержание витамина Е получено расчетным путем исходя из его содержания в кедровых орехах; 3 – согласно МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.

Рекомендуемая суточная доза протеинового батончика составляет 60 г (1 батончик) в сутки.

Заключение

Проанализировано использование коллагенсодержащего рыбного сырья и его биопотенциал. Рассмотрены свойства и физиологические эффекты биоактивных пептидов морского происхождения. Разработаны рецептуры и технологии специализированного спортивного питания с протеиновыми компонентами, полученными глубоким гидролизом чешуи сардины и сардинеллы. Методом ферментативного гидролиза с применением фермента Alcalase 2.5L и ферментативно-термическим способом при температурах 130–140 °С из чешуи получены низкомолекулярные активные пептиды и протеино-минеральные композиции. Они использованы в качестве биодобавок в составе двух видов спортивного питания типа гейнеров в форме жевательного мармелада и протеинового батончика. Изучены общий химический состав и аминокислотный состав белков чешуи и продуктов ее гидролиза, содержание в них минеральных и биологически активных веществ, органолептические свойства и биологическая ценность готовых изделий. Обоснована функциональность целевых продуктов и разработаны рекомендации по их применению.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы ГБ НИР рег. №АААА3-А18-11806089089-2 в Калининградском государственном техническом университете по теме: "Оптимизация технологии получения и применения протеиновых и липидных технологических пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением высокотемпературной обработки". Авторы благодарят директора Научно-исследовательской и консультационной лаборатории UBF (Альтландсберг, Германия) доктора наук Томаса Мерзеля за оказанную помощь в проведении физико-химических и биохимических анализов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

³ ГОСТ 34006-2016. Продукция пищевая специализированная. Продукция пищевая для питания спортсменов. Термины и определения. М., 2018.

Библиографический список

- Антипова Л. В., Стурблевцев С. А., Гетманова А. А. Коллагенсодержащие напитки для функционального питания // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80, № 3. С. 97–103. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-97-103>.
- Волков В. В., Grimm Т., Ланге Т., Мезенова О. Я. [и др.]. Изучение различных способов гидролиза вторичного сырья тихоокеанских лососевых рыб на примере голов нерки (*Oncorhynchus nerka*) // Известия КГТУ. 2017. № 45. С. 136–146.
- Волков Н. И., Олейников В. И. Эргогенные эффекты спортивного питания: учебно-методические рекомендации для тренеров и спортивных врачей. М. : Советский спорт, 2012. 99 с.
- Воробьев В. И. Использование рыбьей кожи с чешуей в пищевых целях // Известия КГТУ. 2020. № 58. С. 75–83.
- Гришин Д. В., Подобед О. В., Гладилина Ю. А., Покровская М. В. [и др.]. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 3. С. 19–31.
- Громова О. А., Торшин И. Ю., Томилова И. К., Гилельс А. В. Кальций и биосинтез коллагена: систематический анализ молекулярных механизмов воздействия // Лечащий врач. 2016. № 9. С. 96–103.
- Иорданская Ф. А., Цепкова Н. К. Фосфор крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния высококвалифицированных спортсменов // Вестник спортивной науки. 2011. № 4. С. 30–33.
- Мезенова Н. Ю. Разработка технологии биопродукта для спортивного питания с использованием биомодифицированного коллагенсодержащего рыбного сырья : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Калининград : КГТУ, 2017. 24 с.
- Мезенова Н. Ю., Байдалинова Л. С., Мезенова О. Я., Moersel J.-T. [и др.]. Активные пептиды рыбной чешуи в гейнерах для спортивного питания // Вестник Международной академии холода. 2014. № 2. С. 48–52.
- Мезенова О. Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья // Вестник Международной академии холода. 2018. № 1. С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10>.
- Мезенова О. Я., Байдалинова Л. С., Землякова Е. С. [и др.]. Вторичное рыбное сырье: состав, свойства, биотехнологии переработки. Калининград : Изд-во КГТУ, 2015. 317 с.
- Мезенова О. Я., Волков В. В., Мерзель Т., Grimm Т. [и др.]. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018а. Т. 8, № 4. С. 83–94. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-83-94>.
- Мезенова О. Я., Волков В. В., Хелинг А., Мерзель Т. Протеиновый биопотенциал коллагенсодержащего рыбного сырья в пищевой биотехнологии // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 25–27 апреля 2018 г.). Иркутск : ИрНИТУ, 2018б. С. 89–95.
- Мезенова О. Я., Хелинг А., Мерзель Т. Биопотенциал вторичного рыбного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018в. № 1(361). С. 11–15.
- Николаева Т. И., Шеховцов П. В. Гидролизаты коллагена в профилактике и лечении заболеваний суставов // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–3. С. 524–528.
- Оковитый С. В., Шустов Е. Б. Орнитинзависимые механизмы коррекции мышечного утомления и восстановления после физических нагрузок // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020. Т. 97, № 4. С. 74–83. DOI: <https://doi.org/10.17116/kurort20209704174>.
- Свириденко Ю. Я., Мягконос Д. С., Абрамов Д. В., Овчинникова Е. Г. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 1. Технология производства и технические характеристики гидролизатов // Пищевая промышленность. 2017. № 5. С. 48–51.
- Способ получения пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением гидролиза : пат. 2681352 Рос. Федерация / Агафонова С. В., Байдалинова Л. С., Волков В. В., Городниченко Л. В. [и др.]. № 2018103795 ; заявл. 31.01.2018 ; опубл. 06.03.2019. Бюл. № 7.
- Тутельян В. А., Хавинсон В. Х., Рыжак Г. А., Линькова Н. С. Короткие пептиды как компоненты питания: молекулярные основы регуляции гомеостаза // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134, № 3. С. 227–235.
- Хомутов А. Е., Гинойн Р. В., Лушникова О. В., Пурсанов К. А. Апитерапия // Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2014. 442 с.
- Худяков М. С. Рынок спортивного питания // Сибирский торгово-экономический журнал (СТЭЖ). 2015. № 1(20). С. 89–91.
- Цибизова М. Е. Научное обоснование и методология переработки водных биологических ресурсов Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна : дис. ... д-ра техн. наук. Астрахань, 2014. 406 с.
- Якубова О. Я., Бекешева А. А. Обоснование регламентируемых показателей качества пищевого рыбного желатина // Индустрия питания. 2018. Т. 3, № 4. С. 60–65. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-3-4-7>.

- Antibacterial peptide of bone collagen of *Larimichthys polyactis* and application of antibacterial peptide : patent CN110547384A / Ye Changqing ; Application CN201910791163A 2019-08-26 ; Publication CN110547384A 2019-12-10.
- Boutin Y., Paradis M.-E., Couture P., Lamarche B. Immunological effects of fish protein supplementation on healthy adults // *Journal of Natural Products*. 2012. Vol. 5. P. 37–44.
- Cai S.-Y., Wang Yu-M., Zhao Yu-Q., Chi C.-F. [et al.]. Cytoprotective effect of antioxidant pentapeptides from the protein hydrolysate of swim bladders of Miiuy Croaker (*Miichthys miiuy*) against H₂O₂-mediated human umbilical vein endothelial cell (HUVEC) injury // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20, Iss. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20215425>.
- Chen X.-L., Peng M., Li J., Tang B.-L. [et al.]. Preparation and functional evaluation of collagen oligopeptide-rich hydrolysate from fish skin with the serine collagenolytic protease from *Pseudoalteromonas* sp. SM9913 // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. Article number: 15716. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15971-9>.
- Chia C.-F., Wang B., Wang Y.-M., Zhang B. [et al.]. Isolation and characterization of three antioxidant peptides from protein hydrolysate of bluefin leatherjacket (*Navodon septentrionalis*) heads // *Journal of Functional Foods*. 2015. Vol. 12. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.027>.
- Gua R.-Z., Lib C.-Y., Liua W.-Y., Yia W.-X. [et al.]. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of low-molecular-weight peptides from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) skin // *Food Research International*. 2011. Vol. 44, Iss. 5. P. 1536–1540. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.006>.
- Kim D.-U., Chung H.-C., Choi J., Sakai Y. [et al.]. Oral intake of low-molecular-weight collagen peptide improves hydration, elasticity, and wrinkling in human skin: A randomized, double-blind, placebo-controlled study // *Nutrients*. 2018. Vol. 10, Iss. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10070826>.
- Kim Se-K., Ngo D.-H., Vo T.-S. Marine fish-derived bioactive peptides as potential antihypertensive agents // *Advances in Food and Nutrition Research*. 2012. Vol. 65. Chap. 16. P. 249–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416003-3.00016-0>.
- Lee S.-H., Qian Z.-J., Kim S.-K. A novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from tuna frame protein hydrolysate and its antihypertensive effect in spontaneously hypertensive // *Food Chemistry*. 2010. Vol. 118, Iss. 1. P. 96–102.
- Lin H.-C., Alashi A. M., Aluko R. E., Pan B. S. [et al.]. Antihypertensive properties of tilapia (*Oreochromis spp.*) frame and skin enzymatic protein hydrolysates // *Food & Nutrition Research*. 2017. Vol. 64. Iss. 1. Article number: 1391666. DOI: <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1391666>.
- Lin Y., Cai X., Wu X., Lin Sh. [et al.]. Fabrication of snapper fish scales protein hydrolysate-calcium complex and the promotion in calcium cellular uptake // *Journal of Functional Foods*. 2020. Vol. 65. Article number: 103717. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103717>.
- Marine Nutraceuticals. Prospects and Perspectives / ed.: Se-K. Kim // Boca Raton : Taylor & Francis Group, LLC, 2013.
- Mendis E., Rajapakse N., Kim S. K. Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Vol. 53, Iss. 3. P. 581–587. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf048877v>.
- Papadia C., Osowska S., Cynober L., Forbes A. Citrulline in health and disease. Review on human studies // *Clinical Nutrition*. 2018. Vol. 37, Iss. 6, Part A. P. 1823–1828. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.10.009>.
- Slizyte R., Rommi K., Mozuraityte R., Eck P. [et al.]. Bioactivities of fish protein hydrolysates from defatted salmon backbones // *Biotechnology Reports*. 2016. Vol. 11. P. 99–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2016.08.003>.
- Takenawa T., Takahashi K., Sun L.-C., Okazaki E. [et al.]. The effect of ovalbumin on the protease activity // *KnE Life Sciences*. 2015. Vol. 2, Iss. 1. P. 39–41. DOI: <https://doi.org/10.18502/cls.v1i0.83>.
- Vázquez J. A., Rodríguez-Amado I., Sotelo C. G., Sanz N. [et al.]. Production, characterization, and bioactivity of fish protein hydrolysates from aquaculture turbot (*Scophthalmus maximus*) wastes // *Biomolecules*. 2020. Vol. 10, Iss. 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom10020310>.
- Zhou W.-J., Wang Fa-X., Yu J., Li X.-H. [et al.]. Cryoprotective effects of protein hydrolysates prepared from by-products of silver carp (*Hypophthalmichthys Molitrix*) on freeze-thawed surimi // *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9, Iss. 3. Article number: 563. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9030563>.

References

- Antipova, L. V., Storublevtsev, S. A., Getmanova, A. A. 2018. Collagen-containing drinks for functional nutrition. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 80(3), pp. 97–103. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-97-103>. (In Russ.)
- Volkov, V. V., Grimm, T., Lange, T., Mezenova, O. Ya. et al. 2017. Study of various methods of hydrolysis of secondary raw materials of Pacific salmonids using the example of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Izvestia KGTU*, 45, pp. 136–146. (In Russ.)
- Volkov, N. I., Oleinikov, V. I. 2012. Ergogenic effects of sports nutrition: Scientific and methodological recommendations for coaches and sports doctors. Moscow. (In Russ.)

- Vorobiev, V. I. 2020. The use of fish skin with scales for food purposes. *Izvestiya KGTU*, 58, pp. 75–83. (In Russ.)
- Grishin, D. V., Podobed, O. V., Gladilina, Yu. A., Pokrovskaya, M. V. et al. 2017. Bioactive proteins and peptides: Current state and new trends in practical application in the food industry and fodder production. *Problems of Nutrition*, 86(3), pp. 19–31. (In Russ.)
- Gromova, O. A., Torshin, I. Yu., Tomilova, I. K., Gilels, A. V. 2016. Calcium and collagen biosynthesis: A systematic analysis of molecular mechanisms of action. *Lechaschi Vrach Journal*, 9, pp. 96–103. (In Russ.)
- Iordanskaya, F. A., Tsepkova, N. K. 2011. Blood phosphorus: Diagnostic and prognostic value in monitoring the functional state of highly qualified athletes. *Sports Science Bulletin*, 4, pp. 30–33. (In Russ.)
- Mezenova, N. Yu. 2017. Development of a technology for a bioproduct for sports nutrition using biomodified collagen-containing fish raw materials. Abstract of Ph.D. dissertation. Kaliningrad. (In Russ.)
- Mezenova, N. Yu., Baidalinova, L. S., Mezenova, O. Ya., Moersel, J.-T. et al. 2014. Active peptides of fish scales in gainers for sports nutrition. *Journal of International Academy of Refrigeration*, 2, pp. 48–52. (In Russ.)
- Mezenova, O. Ya. 2018. Prospects for obtaining and using proteins from secondary fish raw materials. *Journal of International Academy of Refrigeration*, 1, pp. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10>. (In Russ.)
- Mezenova, O. Ya., Baidalinova, L. S., Zemlyakova, E. S. et al. 2015. Secondary fish raw materials: Composition, properties, biotechnology of processing. Kaliningrad. (In Russ.)
- Mezenova, O. Ya., Volkov, V. V., Merzel, T., Grimm, T. et al. 2018a. Comparative evaluation of the methods of hydrolysis of collagen-containing fish raw materials when obtaining peptides and study of their amino acid balance. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 8(4), pp. 83–94. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-83-94>. (In Russ.)
- Mezenova, O. Ya., Volkov, V. V., Heling, A., Merzel, T. 2018b. Protein biopotential of collagen-containing fish raw materials in food biotechnology. Collection of materials of the II All-Russian scientific and practical research conferences *Actual problems of chemistry, biotechnology and services*. Irkutsk, pp. 89–95. (In Russ.)
- Mezenova, O. Ya., Heling, A., Merzel, T. 2018b. Potential of secondary fish raw materials. *Food Technology*, 1(361), pp. 11–15. (In Russ.)
- Nikolaeva, T. I., Shekhovtsov, P. V. 2014. Collagen hydrolysates in the prevention and treatment of joint diseases. *Fundamentalnye issledovaniya*, 12–3, pp. 524–528. (In Russ.)
- Okovity, S. V., Shustov, E. B. 2020. Ornithine-dependent mechanisms for the correction of muscle fatigue and recovery after physical exertion. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*, 97(4), pp. 74–83. DOI: <https://doi.org/10.17116/kurort20209704174>. (In Russ.)
- Sviridenko, Yu. Ya., Myagkonosov, D. S., Abramov, D. V., Ovchinnikova, E. G. 2017. Scientific and methodological approaches to the development of technology of protein hydrolysates for special nutrition. Part 1. Production technology and technical characteristics of hydrolysates. *Food Industry*, 5, pp. 48–51. (In Russ.)
- Agafonova, S. V., Baidalinova, L. S., Volkov, V. V., Gorodnichenko, L. V. et al. 2019. Method of obtaining food additives from secondary fish raw materials using hydrolysis. Russian Federation, Pat. 2681352. (In Russ.)
- Tutelyan, V. A., Khavinson, V. Kh., Ryzhak, G. A., Lin'kova, N. S. et al. 2014. Short peptides as nutritional components: Molecular basis for the regulation of homeostasis. *Uspekhi sovremennoi biologii*, 134(3), pp. 227–235. (In Russ.)
- Khomutov, A. E., Ginoyan, R. V., Lushnikova, O. V., Pursanov, K. A. 2014. Apitherapy. Nizhny Novgorod. (In Russ.)
- Khudyakov, M. S. 2015. Sports nutrition market. *Sibirskyi torgovo-ekonomicheskii zhurnal*, 1(20), pp. 89–91. (In Russ.)
- Tsibizova, M. E. 2014. Scientific substantiation and methodology for processing aquatic biological resources of the Volga-Caspian fishery basin. Ph.D. Thesis. Astrakhan. (In Russ.)
- Yakubova, O. Ya., Bekesheva, A. A. 2018. Substantiation of regulated indicators of the quality of food fish gelatin. *Food Industry*, 3(4), pp. 60–65. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-3-4-7>. (In Russ.)
- Antibacterial peptide of bone collagen of *Larimichthys polyactis* and application of antibacterial peptide : patent CN110547384A / Ye Changqing; Application CN201910791163A 2019-08-26; Publication CN110547384A 2019-12-10.
- Boutin, Y., Paradis, M.-E., Couture, P., Lamarche, B. 2012. Immunological effects of fish protein supplementation on healthy adults. *Journal of Natural Products*, 5, pp. 37–44.
- Cai, S.-Y., Wang, Yu-M., Zhao, Yu-Q., Chi, C.-F. et al. 2019. Cytoprotective effect of antioxidant pentapeptides from the protein hydrolysate of swim bladders of Miiuy Croaker (*Miichthys miiuy*) against H₂O₂-mediated human umbilical vein endothelial cell (HUVEC) injury. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(21). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20215425>.
- Chen, X.-L., Peng, M., Li, J., Tang, B.-L. et al. 2017. Preparation and functional evaluation of collagen oligopeptide-rich hydrolysate from fish skin with the serine collagenolytic protease from *Pseudoalteromonas* sp. SM9913. *Scientific Reports*, 7. Article number 15716. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15971-9>.
- Chia, C.-F., Wang, B., Wang, Y.-M., Zhang, B. et al. 2015. Isolation and characterization of three antioxidant peptides from protein hydrolysate of bluefin leatherjacket (*Navodon septentrionalis*) heads. *Journal of Functional Foods*, 12, pp. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.027>.

- Gua, R.-Z., Lib, C.-Y., Liua, W.-Y., Yia, W.-X. et al. 2011. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of low-molecular-weight peptides from Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) skin. *Food Research International*, 44(5), pp. 1536–1540. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.006>.
- Kim, D.-U., Chung, H.-C., Choi, J., Sakai, Y. et al. 2018. Oral intake of low-molecular-weight collagen peptide improves hydration, elasticity, and wrinkling in human skin: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Nutrients*, 10(7). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10070826>.
- Kim, Se-K., Ngo, D.-H., Vo, T.-S. 2012. Marine fish-derived bioactive peptides as potential antihypertensive agents. *Advances in Food and Nutrition Research*, 65, Chap. 16, pp. 249–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416003-3.00016-0>.
- Lee, S.-H., Qian, Z.-J., Kim, S.-K. 2010. A novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from tuna frame protein hydrolysate and its antihypertensive effect in spontaneously hypertensive. *Food Chemistry*, 118(1), pp. 96–102.
- Lin, H.-C., Alashi, A. M., Aluko, R. E., Pan, B. S. et al. 2017. Antihypertensive properties of tilapia (*Oreochromis spp.*) frame and skin enzymatic protein hydrolysates. *Food & Nutrition Research*, 64(1). Article number 1391666. DOI: <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1391666>.
- Lin, Y., Cai, X., Wu, X., Lin, Sh. et al. 2020. Fabrication of snapper fish scales protein hydrolysate-calcium complex and the promotion in calcium cellular uptake. *Journal of Functional Foods*, 65. Article number 103717. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103717>.
- Marine Nutraceuticals. Prospects and Perspectives. 2013. Ed.: Se-K. Kim, Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.
- Mendis, E., Rajapakse, N., Kim, S. K. 2005. Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3), pp. 581–587. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf048877v>.
- Papadia, C., Osowska, S., Cynober, L., Forbes, A. Citrulline in health and disease. Review on human studies 2018. *Clinical Nutrition*, 37(6), Part A, pp. 1823–1828. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.10.009>.
- Slizyte, R., Rommi, K., Mozuraityte, R., Eck, P. et al. 2016. Bioactivities of fish protein hydrolysates from defatted salmon backbones. *Biotechnology Reports*, 11, pp. 99–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2016.08.003>.
- Takenawa, T., Takahashi, K., Sun, L.-C., Okazaki, E. et al. 2015. The effect of ovalbumin on the protease activity. *KnE Life Sciences*, 2(1), pp. 39–41. DOI: <https://doi.org/10.18502/cls.v1i0.83>.
- Vázquez, J. A., Rodríguez-Amado, I., Sotelo, C. G., Sanz, N. et al. 2020. Production, characterization, and bioactivity of fish protein hydrolysates from aquaculture turbot (*Scophthalmus maximus*) wastes. *Biomolecules*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/biom10020310>.
- Zhou, W.-J., Wang, Fa-X., Yu, J., Li, X.-H. et al. 2019. Cryoprotective effects of protein hydrolysates prepared from by-products of silver carp (*Hypophthalmichthys Molitrix*) on freeze-thawed surimi. *Applied Sciences*, 9(3). Article number 563. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9030563>.

Сведения об авторах

Романенко (Меzenова) Наталья Юрьевна – Советский пр., 1, г. Калининград, Россия, 236022;
Калининградский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент;
e-mail: nataliya.mezenova@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7433-7189>

Natalya Yu. Pomanenko (Mezenova) – 1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor;
e-mail: nataliya.mezenova@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7433-7189>

Меzenова Ольга Яковлевна – Советский пр., 1, г. Калининград, Россия, 236022; Калининградский государственный технический университет, д-р техн. наук, профессор;
e-mail: mezenova@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

Olga Ya. Mezenova – 1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, Dr Sci. (Engineering), Professor;
e-mail: mezenova@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

Некрасова Юлия Олеговна – Советский пр., 1, г. Калининград, Россия, 236022;
Калининградский государственный технический университет, студентка;
e-mail: yulya.nekrasova.1998@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4946-5971>

Yulia O. Nekrasova – 1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, Student;
e-mail: yulya.nekrasova.1998@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4946-5971>