

Научная статья  
УДК 664.38:796/799  
DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-4-603-616>



## Обоснование использования биопотенциала гидролизатов коллагенсодержащего рыбного сырья в протеиновом спортивном питании

Юлия Олеговна Некрасова\*, Ольга Яковлевна Мезенова\*,  
Йорг-Томас Мерзель\*\*

\*Калининградский государственный технический университет,  
г. Калининград, Российская Федерация

\*\* Научно-исследовательская лаборатория UBF, г. Альтландсберг, Германия

Автор, ответственный за переписку: Некрасова Юлия Олеговна, [yulya.nekrasova.1998@mail.ru](mailto:yulya.nekrasova.1998@mail.ru)

**Аннотация.** Поскольку роль низкомолекулярных пептидов коллагенового происхождения очень важна в метаболизме организма, целью настоящей работы являлось обоснование использования продуктов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья (чешуи) в составе протеинового питания спортсменов. Низкомолекулярная сублимированная пептидная водорастворимая и высушенная водонерастворимая белково-минеральная добавки из чешуи сардины/сардинеллы получены методом ферментативно-термического гидролиза. Исследован биопотенциал продуктов гидролиза чешуи и вспомогательных пищевых добавок (яблочные выжимки, льняной жмых, кедровые орехи) с применением стандартных и общепринятых методик. Оценка содержания белка и его аминокислотного состава в пептидной добавке и анализ минерального состава белково-минеральной добавки показали высокий биопотенциал добавок по названным критериям. Пептидная добавка содержит все незаменимые аминокислоты при биологической ценности 59,9%. В белково-минеральной добавке отсутствует триптофан, но много кальция (22,2 г/100 г) и фосфора (12,0 г/100 г). Показано высокое содержание функциональных пищевых ингредиентов (белка, пектина, целлюлозы, полифенолов, минеральных веществ, витамина С) во вспомогательном растительном сырье. Обоснована форма продукта спортивного питания в виде порционного батончика в шоколадной глазури. Установлена основная рецептура протеинового батончика массой 60 г с требуемым содержанием белка, заданной структурой и высокими потребительскими свойствами. При содержании белка 23,5% батончик обеспечивает 24,1% калорийности продукта, что соответствует «высокобелковому продукту» спортивного питания согласно ГОСТ 34006-2016. Биологическая ценность белка батончика увеличилась относительно пептидной добавки на 12% и составила 71,38%. Протеиновый батончик спортивного питания является функциональным по содержанию аминокислот (изолейцин, лейцин, валин, метионин и цистин, фенилаланин и тирозин, триптофан, лизин, треонин, аланин, аргинин, гистидин, глицин, карнозин, таурин, орнитин, цитруллин), клетчатки, полифенолов, кальция и фосфора и рекомендуется спортсменам и людям, ведущим активный образ жизни.

**Ключевые слова:** коллагенсодержащее рыбное сырье, чешуя, спортивное питание, протеиновый батончик, биологическая ценность, функциональные пищевые ингредиенты, функциональный продукт

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность сотрудникам научно-консультационной лаборатории UBF (г. Альтландсберг, Германия) и коллегам за консультации и помощь в проведении аналитических исследований.

**Для цитирования:** Некрасова Ю. О., Мезенова О. Я., Мерзель Й.-Т. Обоснование использования биопотенциала гидролизатов коллагенсодержащего рыбного сырья в протеиновом спортивном питании // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. N 4. С. 603–616. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-4-603-616>.

## Biopotential of collagen-containing hydrolysates obtained from fish raw materials for protein sports nutrition

Yuliya O. Nekrasova\*, Olga Ya. Mezenova\*,  
Joerg-Thomas Moersel\*\*

\*Kaliningrad State Technical University, г. Калининград, Российская Федерация

\*\*UBF-Untersuchungs-, Beratungs-, Forschungslaboratorium GmbH, Altlandsberg, Germany

Corresponding author: Yuliya O. Nekrasova, yulya.nekrasova.1998@mail.ru

**Abstract.** Low-molecular peptides of collagen origin are of crucial importance for the body metabolism. This work aims to substantiate the use of the hydrolysates of collagen-containing fish raw materials (scale) for protein sports nutrition. Sublimated low-molecular weight peptide water-soluble and dried water-insoluble protein-mineral supplements from the sardine scale were obtained by enzymatic thermal hydrolysis. The biopotential of scale and auxiliary food additives (apple pomace, flaxseed cake, pine nuts) was investigated using standard methods. The protein content and amino acid composition of the peptide supplement and the mineral composition of the protein-mineral supplement were analysed; their high biopotential according to the above criteria was shown. The peptide supplement contains all essential amino acids having a biological value of 59.9%. The protein-mineral supplement contains no tryptophan but a high amount of calcium (22.2 g/100 g) and phosphorus (12.0 g/100 g). The high content of functional food ingredients (protein, pectin, cellulose, polyphenols, minerals, vitamin C) in auxiliary vegetable raw materials was shown. The shape of a sports nutrition product (chocolate glazed protein bar) was substantiated. The basic recipe of a 60 g protein bar having the required protein content, a given structure and high consumer properties was established. Having a protein content of 23.5%, the bar provides a 24.1% calorific value, which corresponds to the "protein-rich food" for sports nutrition according to GOST 34006-2016. The biological protein value in the bar increased relative to the peptide supplement by 12% and amounted to 71.38%. The developed protein sports nutrition bar is dietary balanced by the content of amino acids (isoleucine, leucine, valine, methionine and cystine, phenylalanine and tyrosine, tryptophan, lysine, threonine, alanine, arginine, histidine, glycine, carnosine, taurine, ornithine, citrulline), fibre, polyphenols, calcium and phosphorus and is recommended for athletes and people having an active lifestyle.

**Keywords:** collagen-containing fish raw materials, scale, sports nutrition, protein bar, biological value, functional food ingredients, functional food product

**Acknowledgments.** The authors are grateful to the staff of the UBF-Untersuchungs-, Beratungs-, Forschungslaboratorium GmbH (Altlandsberg, Germany) and colleagues for their advice and assistance in conducting analytical studies.

**For citation:** Nekrasova Yu. O., Mezenova O. Ya., Moersel J.-Th. Biopotential of collagen-containing hydrolysates obtained from fish raw materials for protein sports nutrition. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2021;11(4):603-616. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-4-603-616>.

### ВВЕДЕНИЕ

Спортивные нагрузки сопровождаются большим расходом энергии, нервно-психологическим напряжением, что обуславливает повышенную потребность организма в энергии и отдельных пищевых веществах. Питание является важным элементом подготовки спортсменов, снабжая организм энергией, необходимой для поддержания постоянной температуры тела, осуществления всех биологических функций и биохимических процессов, а также выполнения мышцами механической работы. Правильное построение суточного рациона – один из важнейших способов обеспечения работоспособности спортсмена, несбалансированное же питание, напротив, значительно снижает защитные силы организма и может способствовать возникновению многих

заболеваний [1, 2].

Главными тенденциями развития рынка спортивного питания в России можно считать разработку новых продуктов, оказывающих эффективное специфическое воздействие во время тренировочного процесса [3, 4].

Наиболее популярны среди потребителей протеиновые батончики, в состав которых входят углеводы, пищевые волокна, витамины, минеральные вещества и повышенное количество белка [5]. В качестве источника белка используются в основном протеиновые гидролизаты, получаемые из молочной сыворотки и соевого белка. Перспективным направлением является использование протеиновых гидролизатов из коллагенсодержащего вторичного рыбного сырья. При переработке рыбы на пищевые цели по тра-

диционным технологиям остается очень много отходов, богатых белком, основной частью которого является коллаген. Это головы, кожа, внутренности, чешуя, кости, плавники и др., которые сегодня используются на кормовые цели или утилизируются. Протеины данного сырья входят в состав важных органов и тканей, находятся в комплексе с минеральными, липидными и нуклеиновыми материалами, содержат все незаменимые и ценные заменимые аминокислоты, что свидетельствует о его высокой биологической ценности [6, 7]. Богатейшим источником коллагена является чешуя рыб, которая из-за высокой клейкости при варке и повышенной минерализованности практически не используется на кормовые цели, представляя серьезную экологическую проблему на рыбоперерабатывающих предприятиях [8, 9].

На кафедре пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета (КГТУ) (г. Калининград, Россия) разработан и апробирован способ получения протеиновых композиций из вторичного рыбного сырья путем гидротермальной нехимической технологии, основанной на термическом разрушении белков в воде под давлением, экстракции образующихся пептидов в водную среду, их отделения и сушке. При этом остается непрогидролизованная водонерастворимая осадочная часть, представляющая собой композицию высокомолекулярного коллагена с минеральными веществами [10]. Установлено, что молекулярная масса водорастворимых пептидов колеблется от 0,1 до 100 кДа, при этом более 90% из них относится к активным пептидам (молекулярная масса менее 10 кДа) [11]. Низкомолекулярные активные пептиды коллагенсодержащего сырья имеют доказанную физиологическую активность, востребованную в спортивном питании [12].

Одна из установленных функций активных пептидов морского происхождения – антиоксидантная. Антимикробные пептиды, выделенные из рыбьего коллагена, проявляют широкий спектр антибактериальной активности, которая основана на доказанных антибактериальных, противовирусных, противогрибковых, иммуномодуляторных и противоопухолевых эффектах, в том числе в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий [13, 14].

Одной из наиболее изученных характеристик биоактивных пептидов коллагенового происхождения, полученных из кожи карпа путем гидролиза протеолитическими ферментами (алкалаза, коллагеназа, протеиназа и/или трипсин), является ингибирующая активность ангиотензинпревращающего фермента (АПФ), что играет решающую роль в профилактике гипертонии, сопровождающей спортсмена при повышенных физических нагрузках [15].

Важное значение в спорте имеют репаратив-

ные процессы. Чрезмерно высокие физические нагрузки оказывают негативное воздействие на костно-суставной аппарат, сердечно-сосудистую и мышечную системы, что в свою очередь ведет к развитию остеопороза и тяжелой патологии опорно-двигательного аппарата [16]. Психологическое перенапряжение формирует стрессовое состояние организма, в связи с чем возникает необходимость в употреблении веществ, способствующих эффективной и быстрой профилактике «острых зон». Такими веществами потенциально являются биологически ценные протеины, коллагеновые белки, продукты их гидролиза, а также нутрицевтики и парафармацевтики растительного происхождения. Коллаген дает организму спортсменов такие особо важные аминокислоты, как глицин (нейромедиатор), креатин, пролин и оксипролин (строительный материал связок), глютамин (активатор иммунной системы) и другие, необходимые для поддержания активности организма [17].

Установлено, что коллаген, выделенный из рыбного сырья (ихтиоколлаген), имеет высокую биосовместимость с коллагеном человека [18]. Биологически активные пептиды рыбного коллагена оказывают положительное влияние не только на синтез коллагена человека, но и на минерализацию матрицы остеобластов, что свидетельствует о потенциальной полезности использования продуктов его гидролиза в качестве биоматериала для регенерации костной ткани в профилактике травм костных тканей в спорте [19]. Ионы кальция стимулируют биосинтез коллагена посредством действия на Ca-чувствительный рецептор CASR и костный морфогенетический белок BMP4. Синтез коллагена в организме поддерживается действием определенных «остеотропных» микронутриентов – ионов  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , выступающих в роли кофакторов соответствующих ферментов. Поэтому, например, кальцийсодержащие композиции способствуют повышению эффективности коллагенообразования в соединительной ткани [20].

Исследования элементного состава минеральной части чешуи выявили повышенное содержание ионов кальция и фосфора в чешуе сардины и сардинеллы в соотношении 2:1, близком к рекомендуемому в питании спортсменов [21].

Помимо биологически активных протеиновых композиций, получаемых из чешуи рыб методом глубокого гидролиза, в поликомпонентных продуктах спортивного питания гармоничным дополнением являются функциональные компоненты растительного происхождения. В связи с этим целесообразно использовать биопотенциал (химический состав, биологическую ценность) кедровых орехов, жмыха льняного семени и яблочных выжимок, содержащих ценные протеиновые и липидные фракции, полифенольные компоненты, органические кислоты, витамины, минеральные вещества и дру-

гие БАВы, нужные спортсмену.

Целью настоящего исследования являлось изучение биопотенциала гидролизатов рыбной чешуи как основного и перспективного коллагенсодержащего материала (после гидролиза) и обоснование получения на их основе пищевой композиции, эффективной в спортивном питании, в форме протеинового батончика.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

Исследования проводились в лаборатории кафедры пищевой биотехнологии КГТУ и в научно-консультационной лаборатории UBF (г. Альтландсберг, Германия). В качестве основного сырья для производства протеинового батончика применяли водорастворимую и нерастворимую фракции, получаемые из чешуи сардины/сардинеллы способом глубокого гидролиза, основанном на ферментативной обработке в сочетании с термогидролизом. Для ферментативной обработки использовали протеиназу микробиологического происхождения Alcalase 2,5L (Novozymes, Дания): активность – 2,5 AU/г (единицы Ансона);  $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\text{pH}=7,0$ . При проведении ферментативного гидролиза гомогенизированную смесь измельченной чешуи с горячей водой  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  при гидромодуле 1:1 и  $\text{pH}=7,0$  выдерживали в течение 6 ч при постоянном перемешивании. Измельчение чешуи проводили с целью увеличения ее удельной поверхности для интенсификации ферментолиза в специальном измельчителе. Первоначальный размер чешуек составлял 0,6–0,8 см, в измельченном виде средний размер частичек составил 0,2–0,3 см.

Термогидролиз ферментированной системы вели при температуре  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ , давлении 0,25 МПа,  $\text{pH}=7,0$  в течение 60 мин в автоклаве. Последующее разделение фракций проводили центрифугированием при скорости вращения 3500 об./мин в течение 10 мин. Далее систему охлаждали и разделяли на пептидную водорастворимую (низкомолекулярную) фракцию и белково-минеральную (водонерастворимую, осадочную), содержащую высокомолекулярные белки. Полученные фракции обезвоживали сублимационным и конвекционным способами соответственно, получая пептидную и белково-минеральные добавки, которые использовали в качестве основных компонентов в составе продукта спортивного питания в форме порционного батончика [22].

Отнесение полученных добавок к пищевым основано на результатах их химического анализа [10, 11] и технологии их изготовления при температуре термогидролиза сырья  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ , обеспечивающей полную санитарную безопасность. На технологию получения и качество пищевых пептидной и белково-минеральной добавок из чешуи рыб разработаны и утверждены технические условия (ТУ 9283-005-00471544-2019) и соответствующая

технологическая инструкция.

Исходная чешуя и полученные пептидная и белково-минеральная добавки, использованные в работе, по показателям безопасности соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции».

Для повышения биологической ценности белка протеинового батончика и роста его пищевой ценности по содержанию биологически активных веществ в составе нового продукта применяли яблочные выжимки, льняной жмых, кедровые орехи, соответствующие по качеству ГОСТ 31852-2012, ГОСТ 10974-95.

Для оптимизации рецептуры батончика по содержанию добавок из чешуи проводили специальные эксперименты с применением математического моделирования согласно ортогональному центральному композиционному плану (ОЦКП) 2-го порядка для двух факторов – пептидной и белково-минеральной добавок – ПД и БМД. В обобщенный параметр оптимизации вошли следующие частные отклики: содержание белка в готовой продукции (не менее 20% от его энергетической ценности, согласно ГОСТ 34006-2016 «Продукция пищевая специализированная для питания спортсменов. Термины и определения»), содержание кальция и фосфора на функциональном уровне, при этом обеспечивая оптимальное соотношение данных макроэлементов – 1:2.

Массовую долю влаги, жира и золы определяли соответственно по ГОСТ 5900-2014, ГОСТ 31902-2012 и ГОСТ 5901-2014. Массовую долю белка определяли по методу Кьельдаля. Аминокислотный состав (АКС) белков пептидной и белково-минеральной добавок определяли ионно-обменной хроматографией на приборе Acme IC System. Минеральный состав белково-минеральной добавки определяли по методу атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрометре серии AAS 5 FL (Carl Zeiss Jena GmbH, Германия). Содержание лигнина определяли по ГОСТ 26177-84, содержание пектиновых веществ – методом Мелитца<sup>1</sup>. Количество витамина С определяли йодометрическим методом в соответствии с ГОСТ 24556-89. Определение суммы фенольных веществ проводили на спектрофотометре U-3000 (Hitachi, Япония) при длине волны 760 нм с реактивом Фолина – Чокальтеу, в качестве стандарта использовали галловую кислоту SOP 3.IV.18\_2 (StandardOperationProcedures 3.IV.18\_2. Биологическую ценность (БЦ) белков, содержащихся в батончике, определяли по нескольким показателям: аминокислотный (АК) скор, коэффициент утилитарности АК состава, коэффициент различия АК скор. Сбалансированность аминокис-

<sup>1</sup>Донченко Л. В. Методы количественного определения пектиновых веществ в растительном сырье: методические указания к практическим занятиям. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2005. 30 с.

лотного (АК) состава относительно «идеального» белка оценивали по АК-скорю согласно методике ФАО/ВОЗ. Энергетическую ценность готового продукта определяли путем пересчета количества макронутриентов на коэффициенты энергетической ценности (ккал/100 г): для белков и углеводов – 4, для жиров – 9.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований необходимо было доказать целесообразность получения и использования в рецептуре протеинового батончика для спортивного питания двух видов протеиновых добавок, получаемых путем ферментации с последующим термолизом коллагенсодержащей чешуи сардины/сардинеллы. Добавки представляют собой обезвоженные порошки – водорастворимый пептидный гидролизат и белково-минеральная тонкодисперсная нерастворимая добавка со специфическими вкусо-ароматическими свойствами, характерными для рыбных гидролизатов. Данные добавки были использованы в качестве основных компонентов в проектируемой рецептуре протеинового продукта.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что пептидная добавка отличается высоким содержанием протеиновых компонентов – 98,85 г/100 г продукта, в то время как в белково-минеральной добавке содержание белка составляет 21,09 г/100 г.

**Таблица 1.** Содержание белка в пептидной и белково-минеральной добавках

**Table 1.** Protein content in protein hydrolysate and protein-mineral supplement

Продукт	Содержание белка, г/100 г продукта
Пептидная добавка	98,85
Белково-минеральная добавка	21,09

В табл. 2 приведены характеристики аминокислотных составов протеиновых фракций пептидной и белково-минеральной добавок.

Аминокислотный состав пептидной добавки характеризуется содержанием всех незаменимых аминокислот, в особенности повышенным содержанием лизина, лейцина, фенилаланина. Среди заменимых аминокислот повышенным содержанием отличаются аланин, аргинин, глицин. Хроматографический анализ позволил обнаружить также и другие азотистые соединения (карнозин, цитруллин, орнитин и таурин), имеющие биологическую ценность.

L-цитруллин снижает концентрацию лактата и мышечную боль через 24 ч после тренировки [23]. Карнозин отвечает за активацию АТФазы в выработке энергии для мышечной деятельности, хелатирование и гомеостаз ионов металлов (меди, цинка и железа) [24]. Таурин активно участ-

вует в регуляции высвобождения  $Ca^{2+}$  из саркоплазматического ретикулума и помогает поддерживать чувствительность сократительных элементов к  $Ca^{2+}$ , что чрезвычайно важно в спорте [25]. Орнитин является эффективным регулятором процессов утомления и восстановления организма спортсменов после интенсивных физических нагрузок. Данная аминокислота способна снижать выраженность аммиак-индуцированных проявлений утомления и повреждения скелетных мышц [26].

**Таблица 2.** Аминокислотный состав пептидной и белково-минеральной добавок, полученных из чешуи сардины/сардинеллы методом ферментативно-термического гидролиза (г/100 г чешуи)

**Table 2.** Amino acid composition of protein and protein-mineral additives obtained from sardine/sardinella scales (g/100 g scale)

Аминокислота	Пептидная добавка	Белково-минеральная добавка
Незаменимые аминокислоты		
Изолейцин	5,07	0,22
Лейцин	11,68	1,38
Валин	7,68	0,46
Метионин	5,41	0,31
Фенилаланин	6,81	0,73
Триптофан	0,98	0
Лизин	9,89	1,17
Треонин	5,13	0,97
Заменимые аминокислоты		
Аланин	9,99	1,04
Аргинин	8,75	2,06
Аспарагин	1,38	0,29
Аспарагиновая кислота	2,50	0,96
Карнозин	0,32	0
Цитруллин	0,79	0
Глутамин	1,17	0,14
Глутаминовая кислота	6,20	0,52
Глицин	7,16	0,75
Гистидин	3,90	0,94
Гидроксипролин	0,48	0
Орнитин	3,56	0,16
Пролин	2,75	0,20
Серин	4,41	1,14
Таурин	1,64	0,33
Тирозин	3,68	0,62

Аминокислотный состав белково-минеральной добавки характеризуется высоким содержанием среди заменимых АК аланина, аргинина, серина, аспарагиновой кислоты, глицина, гистидина. Среди незаменимых АК высоким содержанием отличаются треонин, лизин и лейцин. Однако отсутствие триптофана снижает биологическую ценность белка данной добавки. Показатели биологической ценности пептидной и белково-минеральной добавок, представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Биологическая ценность белковой фракции пептидной и белково-минеральной добавок

**Table 3.** Biological value of protein fractions of protein and protein-mineral supplement

Аминокислота	Содержание АК в белке «эталона» ФАО/ВОЗ, г/100 г	Пептидная добавка		Белково-минеральная добавка	
		АК в исследуемом белке, г/100 г	АКС, %	АК в исследуемом белке, г/100 г	АКС, %
Изолейцин	2,8	5,12	182,85	1,04	37,14
Лейцин	6,3	11,81	187,46	6,54	103,80
Лизин	4,8	10,00	208,33	5,55	115,62
Метионин + цистин	2,3	5,47	237,82	1,47	63,91
Фенилаланин + тирозин	4,1	10,60	258,53	6,40	156,09
Треонин	2,5	5,18	207,20	4,60	184,00
Триптофан	0,6	0,99	165,00	0	0
Валин	4,0	7,76	194,00	2,18	54,50
Коэффициент различия аминокислотного состава (КРАС), %		40,1		89,3	
Биологическая ценность, %		59,9		10,7	
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава, доли ед.		0,79		-	

На основании данных, представленных в табл. 3, можно сделать вывод о достаточно высокой биологической ценности белка пептидной добавки (59,9%). Полноценность и аминокислотная эффективность данной добавки подтверждается значениями аминокислотных скоров для всех незаменимых аминокислот выше 100% (165–258,53%), при этом лимитирующей аминокислотой является триптофан (скор 165%). Обобщающий коэффициент утилитарности аминокислотного состава (0,79) характеризует высокую степень сбалансированности незаменимых аминокислот по отношению к физиологической норме. Протеиновая часть белково-минеральной добавки характеризуется низкой биологической ценностью (10,7%), что объясняется отсутствием незаменимой аминокислоты триптофан. Однако белково-минеральная добавка помимо белка является источником ценных минеральных веществ, отсутствующих в пептидной добавке, но которые необходимы в питании спортсмена в повышенном количестве.

Содержание основных минеральных веществ (кальций, фосфор, магний, калий, натрий) в белково-минеральной добавке представлено в табл. 4. Как видно из табл. 4, белково-минеральная добавка характеризуется высоким содержанием кальция и фосфора при их рациональном соотношении: на долю Са приходится 22,19%, на долю Р – 11,9%. Данные макроэлементы особенно важны в спортивном питании: кальций необходим для строительства костной ткани, участвует в процессах сокращения мышечной ткани, фосфор входит в состав нуклеопротеидов, нуклеотидов, фосфопротеидов, фосфатидов, фосфорных эфиров углеводов, обеспечивает высокое содержание молекул АТФ в крови [27, 28].

Таким образом, пептидная водорастворимая добавка, полученная из чешуи, может быть введена в рецептуру протеинового батончика в качестве источника физиологически активных пеп-

тидов и аминокислот при их высокой сбалансированности, а также ценных биологически активных азотистых соединений (орнитин, цитруллин, таурин, карнозин), которые важны в спортивном питании. Белково-минеральная добавка также рациональна для проектируемого спортивного питания в качестве источника важных минеральных веществ, прежде всего, кальция и фосфора.

**Таблица 4.** Содержание минеральных веществ в белково-минеральной добавке, г/100 г

**Table 4.** Content of mineral substances in the protein-mineral supplement, g/100 g

Минеральные вещества (макроэлементы)	Содержание в белково-минеральной добавке, г/100 г
Na	0,21
K	0,09
Ca	22,19
Mg	0,32
P	11,97

На следующем этапе исследований оценивали биопотенциал и рациональность использования в составе протеинового батончика вспомогательных компонентов – яблочного жмыха, льняного жмыха, кедровых орехов – в качестве источников белка, пищевых волокон, витаминов, органических кислот, аминокислот и других нутрицевтиков и парафармацевтиков, важных в питании спортсмена. Для покрытия батончика, придания ему привлекательного вида и приятных органолептических свойств использовали шоколадную глазурь.

Химический состав яблочного жмыха, остающегося после получения сока из яблок сорта Гала прямым отжимом, представлен в табл. 5. Как видно из полученных данных, яблочное сырье характеризуется высоким содержанием углеводов, в особенности пищевых волокон клетчатки (9,94%) и пектина (3,1%), а также витамина

С (21,3 мг%) и полифенолов (25,4 мг%).

Таблица 5. Биопотенциал яблочных выжимок

Table 5. Biopotential of apple pomace

Показатель	Содержание, г/100 г продукта
Влага	80,20
Сухие вещества	19,80
Белок	0,38
Жир	0,69
Зола	0,81
Углеводы, в том числе:	17,92
сырая клетчатка	9,94
Лигнин (пересчет на содержание клетчатки)	1,60
Пектин	3,10
Витамин С, мг%	21,30
Полифенолы, мг%	25,40
Кислотность (в пересчете на яблочную кислоту), %	0,065

Анализ химического состава льняного жмыха (табл. 6) показывает, что данное сырье содержит большое количество клетчатки и лигнина, которые необходимы для нормальной работы желудочно-кишечного тракта. Также льняной жмых богат полифенолами (более 1,2 г/100 г), среди которых высоким содержанием отличаются лигнаны. Основным лигнаном в льняном семени является SDG (диглюкозид секоизолярицирезинола), который находится в связанной макромолекулярной структуре [31]. Лигнандиглюкозид секоизолярицирезинола обладает антиоксидантными, противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами. В результате его действия повышается иммунитет организма, снижается вероятность возникновения воспалительных процессов [32]. Также льняной жмых содержит около 30% белка и относится к высокобелковым сырьевым ресурсам, что обуславливает рациональность использования его аминокислотного потенциала для повышения биологической ценности белка в целевом продукте спортивного питания.

Таблица 6. Биопотенциал жмыха льняного семени

Table 6. Biopotential of flax seed cake

Показатель	Содержание, г/100 г продукта
Влага	8,89
Сухие вещества	91,11
Белок	30,17
Жир	14,24
Зола	4,69
Углеводы, в том числе:	42,01
Сырая клетчатка	36,53
Лигнин (пересчет на сухое вещество)	2,90
Полифенолы, мг%	1251,70

Известно, что яблочный пектин как структурный гидрополисахарид обладает высокой степе-

ню этерификации и особенно высоким содержанием разветвленных боковых цепей, что обуславливает его функции структурообразователя. При введении в поликомпонентную рецептуру батончика молекулы пектина «скрепляют» отдельные компоненты батончика за счет взаимодействия с другими функциональными группами, делая его однородным и придавая необходимую структуру [29]. Полифенолы в основном состоят из гликозидов флоридзина, эпикатехина, хлорогеновой кислоты и кверцетина, обладающих провитаминным и антиоксидантным эффектами [30].

Кедровый орех, как видно из табл. 7, отличается высоким содержанием жира (66,96%), который характеризуются наличием полиненасыщенных жирных кислот [33]. Помимо жира отмечается высокое содержание белка (30,17%). Благодаря аминокислотному составу белки кедрового ореха имеют исключительно высокую биологическую ценность, поэтому сами орехи могут успешно использоваться для обогащения пищевых продуктов или в составе специализированного белкового питания [34]. Кроме того, в составе кедровых орехов идентифицированы полифенолы, являющиеся провитаминами и антиоксидантами (614 мг/100 г).

Таблица 7. Биопотенциал семян кедровой сосны

Table 7. Biopotential of cedar pine seeds

Показатель	Содержание, г/100 г продукта
Влага	3,34
Сухие вещества	96,66
Белок	14,95
Жир	66,96
Зола	2,15
Углеводы, в том числе:	12,60
сырая клетчатка	3,40
Полифенолы, мг%	614,00

Исходя из полученных результатов, исследованные льняной жмых, кедровый орех и яблочный выжимки в составе проектируемого протеинового батончика являются дополнительным источником биологически активных веществ (жирных кислот, витаминов, минеральных веществ, полифенолов, лигнанов, клетчатки, органических кислот), важных в питании спортсменов, а также людей, ведущих активный образ жизни.

На следующем этапе исследований была обоснована рецептура протеинового батончика с применением метода математического моделирования и оптимизации эксперимента, а также оценен его химический состав и биологическая ценность.

На основе полученной математической модели с натуральными значениями уровней факторов были определены оптимальные значения дозировок добавок из чешуи в порции батончика массой 60 г: пептидная добавка – 12,9 г, белково-минеральная добавка – 2,1 г:

$$y = 0,0057 \cdot \text{ПД}^2 + 0,6053 \cdot \text{БМД}^2 + 0,0024 \cdot \text{ПД} \cdot \text{БМД} - 0,1488 \cdot \text{ПД} - 2,2323 \cdot \text{БМД} + 3,4686,$$

где  $y$  – обобщенный параметр оптимизации, учитывающий содержание белка, кальция и фосфора в батончике; ПД и БМД – пептидная и белково-минеральная добавки соответственно.

С учетом полученных данных и на основании результатов органолептических исследований была предложена итоговая рецептура протеинового батончика, покрытого шоколадной глазурью (табл. 8).

**Таблица 8.** Рецептура протеинового батончика для спортивного питания

**Table 8.** Recipe of protein bar for sports nutrition

Ингредиент	Количество, г/100 г
Пептидная добавка	21,5
Белково-минеральная добавка	3,5
Яблочный жмых	16,7
Кедровый орех	15,0
Льняной жмых	35,0
Шоколадная глазурь	8,3

Приготовление протеинового батончика по заданной рецептуре проводили по следующей схеме: протирание яблочного жмыха, измельчение кедрового ореха, смешивание компонентов (пептидная добавка, белково-минеральная добавка, измельченный орех, льняной жмых, плодовая мякоть яблочного жмыха), формование батончиков массой 60 г, покрытие теплой шоколадной глазурью, охлаждение.

Оценку качества и биологической ценности готового продукта проводили путем анализа физико-химических показателей (табл. 9).

Из представленных в табл. 9 данных видно, что готовый протеиновый батончик массой 60 г является высокобелковым продуктом (МД белка 23,54%), функциональным по содержанию таких макроэлементов, как кальций и фосфор (удовлетворяет суточную потребность на 44% и 27,5 % соответственно), а также по уровню пищевых волокон (клетчатке) – на 72,15% и полифенолов – на 87,36%. При расчете энергетической ценности установлено, что доля белка в общей калорийности продукта составляет 24,14%, что позволяет отнести его к «высокобелковым продуктам» согласно ГОСТ 34006-2016.

Показатели биологической ценности (БЦ) белка протеинового батончика, определенные по нескольким показателям, приведены в табл. 10.

На основании полученных значений (см. табл. 10) можно сделать вывод о высокой биологической ценности белка полученного протеинового батончика. Например, показатель БЦ белка батончика имеет значение 71,38%, что свидетельствует о достаточной аминокислотной сбалансированности продукта, достигнутой путем комбинирования нескольких протеиновых источников. Полноценность белка в батончике подтверждается частными значениями аминокислотных скоров для всех незаменимых аминокислот выше 100% (180,5 – 245,85%), при этом лимитирующей аминокислотой является валин (скор 180,5%). Обобщающий коэффициент утилитарности аминокислотного состава, характеризующий степень сбалансированности незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме, также повысился и составляет 0,87.

**Таблица 9.** Физико-химические показатели батончика для спортивного питания

**Table 9.** Physical and chemical parameters of sports nutrition bar

Показатель	Результаты эксперимента	Пересчет на 60 г готового продукта, г/60 г	Суточная потребность**, г/сут.	Процент от суточной потребности (60 г продукта)
Массовая доля, %:				
влаги	13,47	8,10	–	–
сухих веществ	86,53	51,9	–	–
белка	23,54	14,12	81,7	17,20
жира	10,51	6,30	96,5	5,20
зола	4,22	2,53	–	–
углеводов*	48,26	28,95	–	–
в т.ч. клетчатки	24,05	14,43	20,0	72,15
Содержание:				
Са, г	0,73	0,44	1,0	44,00
Р, г	0,36	0,22	0,8	27,50
полифенолов, мг%	364,85	218,40	250,0	87,36
витамина С, мг%	3,45	2,07	90,0	2,20
Энергетическая ценность, ккал	390,03	234,0	–	–

\*Массовая доля углеводов получена расчетным путем; \*\*согласно МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.

Таблица 10. Показатели биологической ценности белка протеинового батончика

Table 10. Indicators of the protein bar biological value

Аминокислота	Содержание АК		АКС, %	КРАС, %	БЦ, %	U, доли. ед.
	в белке «эталона» ФАО/ВОЗ, г/100 г	в исследуемом белке, г/100 г				
Изолейцин	2,8	6,32	225,71	28,62	71,38	0,87
Лейцин	6,3	12,58	199,68			
Лизин	4,8	9,52	198,33			
Метионин + цистин	2,3	4,31	187,39			
Фенилаланин + тирозин	4,1	10,08	245,85			
Треонин	2,5	5,18	207,20			
Триптофан	0,6	1,37	228,33			
Валин	4,0	7,22	180,50			

В табл. 11 приведены показатели степени удовлетворения рекомендуемой суточной потребности по каждой аминокислоте, рассчитанные согласно МР 2.3.1.1915-04, в соответствии с которыми можно судить о протеиновой функциональности проектируемого продукта спортивного питания.

Рекомендуемая суточная доза протеинового батончика составляет 60 г (1 батончик), что может удовлетворить суточную потребность организма в основных аминокислотах более чем на 15%: в валине – на 40%, лейцине – 36,9%, изолейцине – 45%, лизине – 33,3%, метионине и цистине – 33,3%, треонине – 29,1%, триптофане – 25%, фе-

нилаланине и тирозине – 31,8%, аланине – 21,2%, аргинине – 19,6%, гистидине – 23,8%. В особенности идет активное поступление важных для организма спортсмена азотистых соединений, удовлетворяя потребность: в карнозине – на 19,5%, орнитине – на 435%, таурине – на 50%, цитруллине – на 96,6%. Важно, что одновременно происходит существенная компенсация организма: в кальции – на 44%, фосфоре – на 27,5%, клетчатке – на 72,15%, полифенолах – на 87,36%.

Таким образом, разработанный батончик является специализированным продуктом спортивного питания по основным функциональным ингредиентам.

Таблица 11. Функциональность аминокислот протеинового батончика

Table 11. Functionality of protein bar amino acids

Аминокислота	Адекватный уровень потребления, г/сутки	Верхний допустимый уровень потребления, г/сутки	Содержание в продукте, г/60 г	Процент удовлетворения
Незаменимые аминокислоты				
Валин	2,5	3,9	1,0	40,0
Изолейцин	2,0	3,1	0,9	45,0
Лейцин	4,6	7,3	1,7	36,9
Лизин	4,1	6,4	1,3	31,7
Метионин + цистин	1,8	2,8	0,6	33,3
Треонин	2,4	3,7	0,7	29,1
Триптофан	0,8	1,2	0,2	25,0
Фенилаланин+тирозин	4,4	6,9	1,4	31,8
Заменимые аминокислоты				
Аланин	6,6	10,6	1,4	21,2
Аргинин	6,1	9,8	1,2	19,6
Аспарагиновая кислота	12,2	19,5	0,3	2,40
Гистидин	2,1	3,4	0,5	23,8
Глицин	3,5	5,6	0,5	14,2
Глутаминовая кислота	13,6	21,8	0,8	5,80
Пролин	4,5	7,2	0,4	8,80
Серин	8,3	13,3	0,6	7,20
Другие соединения				
	мг/сутки	мг/сутки	мг	
Карнозин	200	2000	39,0	19,5
Орнитин	100	500	435,0	435,0
Таурин	400	1200	200,0	50,0
Цитруллин	100	500	96,6	96,6

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о перспективности безотходной переработки рыбной чешуи – недоиспользуемого

коллагенсодержащего сырья, путем комбинированного гидролиза (ферментализации с последующим термогидролизом) с получением функциональных пищевых биодобавок – пептидной и

белково-минеральной. Пептидная добавка является высокобелковым концентратом (98 г/100 г), содержащим все незаменимые аминокислоты при биологической ценности белка 59,9%. Белково-минеральная добавка характеризуется высоким содержанием минеральных веществ, особенно важных для спортсменов, – кальция (22,2 г/100 г) и фосфора (11,4 г/100 г). Входящие в ее состав непрогидролизованные белки являются пищевыми волокнами животного происхождения.

Обосновано использование полученных протеиновых биодобавок в спортивном питании в форме поликомпонентного протеинового батончика с применением вторичного растительного и рыбного сырья, на компоненты которого приходится 77% от его состава. Предлагаемый продукт является новым на рынке спортивного питания. Проведена оценка биопотенциала дополнительных пищевых компонентов, вводимых в рецептуру батончика (яблочные выжимки, льняной жмых, кедровые орехи) с целью оптимизации аминокислотного состава белковой части

продукта и формирования необходимой структуры и потребительских свойств.

Установлено наличие в растительных добавках ценных функциональных пищевых ингредиентов (жирные кислоты, витамины, полифенолы, клетчатка, пектина), повышающих сбалансированность батончика по биологически активным веществам и аминокислотную сбалансированность. Рассчитаны показатели биологической ценности белка в протеиновом батончике, свидетельствующие о его аминокислотной сбалансированности.

Поликомпонентный батончик массой 60 г является функциональным продуктом по содержанию таких аминокислот, как изолейцин, лейцин, валин, метионин и цистин, фенилаланин и тирозин, триптофан, лизин, треонин, аланин, аргинин, гистидин, глицин, карнозин, таурин, орнитин, цитруллин, а также кальция, фосфора, клетчатки и полифенолов и рекомендуется к употреблению спортсменам и всем людям, ведущим активный образ жизни.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гаврилова Н. Б., Щетинин М. П., Молибога Е. А. Современное состояние и перспективы развития производства специализированных продуктов для питания спортсменов // Вопросы питания. 2017. Т. 86. N 2. С. 100–106.
2. Saura R. A., Rentero M. P. Z., Hernández J. M. Sports nutrition and performance (open access peer-reviewed chapter). In: Mózsic G., Figler M. (eds.) Nutrition in Health and Disease – Our Challenges Now and Forthcoming Time. 2019. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84467>.
3. Latkov N. Yu, Vekovtsev A. A., Koshelev Yu. A., Bakaytis V. I. Relevant problems of sports nutrition // Foods and Raw materials. 2015. Vol. 3, no. 1. P. 77–85. <https://doi.org/10.12737/11241>.
4. Худяков М. С. Рынок спортивного питания // Сибирский торгово-экономический журнал. 2015. N 1 (20). С. 89–91.
5. Некрасова Ю. О., Мезенова О. Я. Батончики-снеки для спортивного питания: маркетинговое исследование и технология // Вестник молодежной науки. 2020. N 3 (25). С. 8. [https://doi.org/10.46845/2541-8254-2020-3\(25\)-8-8](https://doi.org/10.46845/2541-8254-2020-3(25)-8-8).
6. Мезенова О. Я., Мезенова Н. Ю., Байдалинова Л. С., Мерзель Й.-Т., Хелинг А. Биотехнология гейнеров для спортивного питания на основе активных пептидов рыбной чешуи // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2014. Т. 10, N 1. С. 20–24.
7. Мезенова О. Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья // Вестник Международной академии холода. 2018. N 1. С. 5–10. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10>.
8. Иванова Е. А., Якубова О. С. Анализ молекулярно-массового состава и свойств желатина и клея из чешуи рыб // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: труды Междунар. науч.-техн. конф. (Воронеж, 13–14 ноября 2014 г.). Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2014. Т. 1. С. 204–209.
9. Sionkowska A., Kozłowska J. Fish scales as a biocomposite of collagen and calcium salts // Key Engineering Materials. 2014. Vol. 587. P. 185–190. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.587.185>.
10. Пат. № 2681352, Российская Федерация. Способ получения пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением гидролиза / С. В. Агафонова, Л. С. Байдалинова, В. В. Волков, Л. В. Городниченко, Т. Гримм, Н. Ю. Мезенова [и др.]; патентообладатель ООО «Биотех»; заявл. 31.01.2018; опубл. 06.03.2019. Бюл. № 7.
11. Мезенова Н. Ю., Байдалинова Л. С., Мезенова О. Я., Moersel J.-T., Hoeling A. Активные пептиды рыбной чешуи в гейнерах для спортивного питания // Вестник Международной академии холода. 2014. N 2 (51). С. 47–52.
12. Хелинг А., Гримм Т., Волков В. В., Мезенова Н. Ю., Мезенова О. Я. Инновационное получение протеинов из белоксодержащего биологического сырья // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3, N 2. С. 3–8. [Электронный ресурс]. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/08/2017-N2-Hoehling-Mezenova.pdf> (17.08.2021).
13. Wald M., Schwarz K., Rehbein H., Bußmann B., Beermann C. Detection of antibacterial activity of an enzymatic hydrolysate generated by processing rainbow trout by-products with trout pepsin // Food Chemistry. 2016. Vol. 205. P. 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.048>.

org/10.1016/j.foodchem.2016.03.002.

14. Bader M., Ganten D. Update on tissue renin-angiotensin systems // *Journal of Molecular Medicine*. 2008. Vol. 86, no. 6. P. 615–621. <https://doi.org/10.1007/s00109-008-0336-0>.

15. Bougateg A., Nedjar-Arroume N., Manni L., Ravallec-Ple R., Barkia A., Guillochon D., et al. Purification and identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products proteins // *Food Chemistry*. 2010. Vol. 118, no. 3. P. 559–565. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.021>.

16. Lucas J. A., Lucas P. R., Vogel S., Gamble G. D., Evans M. C., Reid I. R. Effects of sub elite competitive running on bone density, body composition and sexual maturity of adolescent females // *Osteoporosis International*. 2003. Vol. 14, no. 10. P. 848–856. <https://doi.org/10.1007/s00198-003-1455-7>.

17. Watkins J. Fundamental biomechanics of sport and exercise. 2014. 664 p. <https://doi.org/10.4324/9780203066461>.

18. Pati F., Datta P., Adhikari B., Dhara S., Ghosh K., Das Mohapatra P. K. Collagen scaffolds derived from fresh water fish origin and their biocompatibility // *Journal of biomedical materials research*. 2012. Vol. 100A, no. 4. P. 1068–1079. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.33280>.

19. Yamada S., Nagaoka H., Terajima M., Tsuda N., Hayashi Y., Yamauchi M. Effects of fish collagen peptides on collagen post-translational modifications and mineralization in an osteoblastic cell culture system // *Dental Materials Journal*. 2013. Vol. 32, no. 1. P. 88–95. <https://doi.org/10.4012/dmj.2012-220>.

20. Громова О. А., Торшин И. Ю., Томилова И. К., Гилельс А. В. Кальций и биосинтез коллагена: систематический анализ молекулярных механизмов воздействия // *Лечащий врач*. 2016. N 9. С. 96–103.

21. Kunstel K. Calcium requirements for the athlete // *Current Sports Medicine Reports*. 2005. Vol. 4, no. 4. P. 203–206. <https://doi.org/10.1097/01.csmr.0000306208.56939.01>.

22. Мезенова О. Я., Байдалинова Л. С., Волков В. В., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Казимирова Е. А. Обоснование рациональных параметров гидролиза коллагенсодержащего высокоминерализованного копченого рыбного сырья // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2019. N 4 (370). С. 46–50.

23. Figueroa A., Wong A., Jaime S.J. Influence of L-citrulline and watermelon supplementation on vascular function and exercise performance // *Current opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2017. Vol. 20, no. 1. P. 92–98. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000340>.

24. Sale C., Artioli G. G., Gualano B., Saunders B.,

Hobson R. M., Harris R. C. Carnosine: from exercise performance to health // *Amino Acids*. 2013. Vol. 44, no. 6. P. 1477–1491. <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1476-2>.

25. Huxtable R. J. Physiological actions of taurine // *Physiological Reviews*. 1992. Vol. 72, no. 1. P. 101–164. <https://doi.org/10.1152/physrev.1992.72.1.101>.

26. Muthukumaran S., Jaidev J., Umashankar V., Sulochana K. N., Ornithine and its role in metabolic disease // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2017. Vol. 86. P. 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.12.024>.

27. Иорданская Ф. А., Цепкова Н. К. Кальций в крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния высококвалифицированных спортсменов // *Вестник спортивной науки*. 2009. N 3. С. 33–35.

28. Иорданская Ф. А., Цепкова Н. К. Фосфор крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния высококвалифицированных спортсменов // *Вестник спортивной науки*. 2011. N 4. С. 30–33.

29. Kruczek M., Gumul D., Kačániová M., Ivanišková E., Mareček J., Gambuš H. Industrial Apple Pomace by-products as a Potential Source of Pro-health Compounds in Functional Food // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2017. Vol. 7, no. 1. P. 22–26. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2017.7.1.22-26>.

30. Rana S., Gupta S., Rana A., Bhushan S. Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient // *Food Science and Human Wellness*. 2015. Vol. 4, no. 4. P. 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.10.001>.

31. Sicilia T., Niemeyer H. B., Honig D. M., Metzler M. Identification and stereochemical characterization of lignans in flaxseed and pumpkin seeds // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003. Vol. 51, no. 5. P. 1181–1188. <https://doi.org/10.1021/jf0207979>.

32. Toure A., Xueming X. Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010. Vol. 9, no. 3. P. 261–269. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00105.x>.

33. Егорова Е. Ю., Позняковский В. М. Пищевая ценность кедровых орехов Дальнего Востока // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2010. N 4 (316). С. 21–23.

34. Колесникова Т. Г., Субботина М. А., Шубенкина Н. С. Исследование химического состава белково-липидного продукта из кедровых орехов // *Техника и технология пищевых производств*. 2013. N 2 (29). С. 22–25.

## REFERENCES

1. Gavrilova N. B., Shchetinin M. P., Moliboga E. F. Modern state and prospects of the development of production of specialized foodstuffs for athletes. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2017;86(2):100–106. (In Russian).
2. Saura R. A., Rentero M. P. Z., Hernández J. M. Sports nutrition and performance (open access peer-reviewed chapter). In: Mózsic G., Figler M. (eds.) *Nutrition in Health and Disease – Our Challenges Now and Forthcoming Time*. 2019. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84467>.
3. Latkov N. Yu., Vekovtsev A. A., Koshelev Yu. A., Bakaytis V. I. Relevant problems of sports nutrition. *Foods and Raw materials*. 2015;3(1):77–85. <https://doi.org/10.12737/11241>.
4. Khudyakov M. S. Sports nutrition market. *Sibirskii torgovo-ekonomicheskii zhurnal*. 2015;1(20):89–91. (in Russian).
5. Nekrasova Yu. O., Mezenova O. Ya. Barsnack for sports nutrition: marketing research and technology. *Vestnik molodezhnoi nauki*. 2020;3:8. (In Russian). [https://doi.org/10.46845/2541-8254-2020-3\(25\)-8-8](https://doi.org/10.46845/2541-8254-2020-3(25)-8-8).
6. Mezenova O. Y., Mesenova N. Y., Baydalina L. S., Moersel J.-T., Hoeling A. Biotechnological production of gainers for sports nutrition, based on active peptides of fish scales. *Vestnik biotekhnologii i fiziko-khimicheskoi biologii imeni Yu. A. Ovchinnikova = Yu. A. Ovchinnikov bulletin of biotechnology and physical and chemical biology*. 2014;10(1):20–24. (In Russian).
7. Mesenova N. Yu. Prospects for producing and using proteins from secondary fish raw materials. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda = Journal of International Academy of Refrigeration*. 2018;1:5–10. (In Russian). <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10>.
8. Ivanova E. A., Yakubova O. S. Analysis of the molecular weight composition and properties of gelatin and glue from fish scales. In: *Prodovol'stvennaya bezopasnost': Nauchnoe, kadrovoe i informatsionnoe obespechenie: trudy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii = Food security: Scientific, personnel and information support: Proceedings of International Scientific and Technical Conference*. 13–14 November 2014, Voronezh. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii; 2014. vol. 1, p. 204–209. (In Russian).
9. Sionkowska A., Kozłowska J. Fish scales as a biocomposite of collagen and calcium salts. *Key Engineering Materials*. 2014;587:185–190. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.587.185>
10. Agafonova S. V., Bajdalina L. S., Volkov V. V., Gorodnichenko L. V., Grimm T., Mezenova N. Yu., et al. *Method of obtaining food additives from secondary fish raw materials using hydrolysis*. Patent RF, no. 2681352; 2018. (In Russian).
11. Mesenova N. Yu., Baydalina L. S., Mezenova O. Ya., Moersel J.-T., Hoeling A. Active peptides of fish scale in gainers for sports nutrition. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda = Journal of International Academy of Refrigeration*. 2014;2:47–52. (In Russian).
12. Hoehling A., Grimm T., Volkov V., Mezenova O., Mezenova N. Innovative protein extracting from protein containing biological raw materials. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii = Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2017;3(2):3–8. Available from: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/08/2017-N2-Hoehling-Mezenova.pdf> [17th August 2021]. (In Russian).
13. Wald M., Schwarz K., Rehbein H., Bußmann B., Beermann C. Detection of antibacterial activity of an enzymatic hydrolysate generated by processing rainbow trout by-products with trout pepsin. *Food Chemistry*. 2016;205:221–228. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.002>.
14. Bader M., Ganten D. Update on tissue renin-angiotensin systems. *Journal of Molecular Medicine*. 2008;86(6):615–621. <https://doi.org/10.1007/s00109-008-0336-0>.
15. Bougatef A., Nedjar-Arroume N., Manni L., Ravallec-Ple R., Barkia A., Guillochon D., et al. Purification and identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products proteins. *Food Chemistry*. 2010;118(3):559–565. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.021>.
16. Lucas J. A., Lucas P. R., Vogel S., Gamble G. D., Evans M. C., Reid I. R. Effects of sub elite competitive running on bone density, body composition and sexual maturity of adolescent females. *Osteoporosis International*. 2003;14(10):848–856. <https://doi.org/10.1007/s00198-003-1455-7>.
17. Watkins J. *Fundamental biomechanics of sport and exercise*. London: Routledge; 2014. 664 p. <https://doi.org/10.4324/9780203066461>.
18. Pati F., Datta P., Adhikari B., Dhara S., Ghosh K., Das Mohapatra P. K. Collagen scaffolds derived from fresh water fish origin and their biocompatibility. *Journal of biomedical materials research*. 2012;100A(4):1068–1079. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.33280>.
19. Yamada S., Nagaoka H., Terajima M., Tsuda N., Hayashi Y., Yamauchi M. Effects of fish collagen peptides on collagen post-translational modifications and mineralization in an osteoblastic cell culture system. *Dental Materials Journal*. 2013;32(1):88–95. <https://doi.org/10.4012/dmj.2012-220>.
20. Gromova O. A., Torshin I. Yu., Tomilova I. K., Gile's A. V. Calcium and collagen biosynthesis: systematic analysis of molecular mechanisms of effect. *Lechashchii vrach = Lechaschi Vrach Journal*. 2016;9:96–103. (In Russian).
21. Kunstel K. Calcium requirements for the athlete. *Current Sports Medicine Reports*. 2005;4(4):203–206.

<https://doi.org/10.1097/01.csmr.0000306208.56939.01>.

22. Mezenova O. Ya., Baydalinova L. S., Volkov V. V., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Kazimirova E. A. Justification of rational parameters of hydrolysis of collagen-containing highly mineralized smoked fish raw. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = News of Institutes of higher Education. Food Technology*. 2019;4:46–50. (In Russian).

23. Figueroa A., Wong A., Jaime S.J. Influence of L-citrulline and watermelon supplementation on vascular function and exercise performance. *Current opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2017;20(1):92–98. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000340>.

24. Sale C., Artioli G. G., Gualano B., Saunders B., Hobson R. M., Harris R. C. Carnosine: from exercise performance to health. *Amino Acids*. 2013;44(6):1477–1491. <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1476-2>.

25. Huxtable R. J. Physiological actions of taurine. *Physiological Reviews*. 1992;72(1):101–164. <https://doi.org/10.1152/physrev.1992.72.1.101>.

26. Muthukumaran S., Jaidev J., Umashankar V., Sulochana K. N., Ornithine and its role in metabolic disease. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2017;86:185–194. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.12.024>.

27. Iordanskaya F. A., Tsepikova N. K. Calcium in the blood: diagnostic and prognostic value for functional state monitoring in elite athletes. *Vestnik sportivnoi nauki = Sports science bulletin*. 2009;3:33–35. (In Russian).

28. Iordanskaya F. A., Tsepikova N. K. Blood phosphorus: diagnostic and prognostic value for functional state monitoring in elite athletes. *Vestnik sportivnoi nauki = Sports science bulletin*. 2011;4:

30–33. (In Russian).

29. Kruczek M., Gumul D., Kačániová M., Ivanišhová E., Mareček J., Gambuś H. Industrial Apple Pomace by-products as a Potential Source of Pro-health Compounds in Functional Food. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2017;7(1):22–26. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2017.7.1.22-26>.

30. Rana S., Gupta S., Rana A., Bhushan S. Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient. *Food Science and Human Wellness*. 2015;4(4):180–187. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.10.001>.

31. Sicilia T., Niemeyer H. B., Honig D. M., Metzler M. Identification and stereochemical characterization of lignans in flaxseed and pumpkin seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003;51(5):1181–1188. <https://doi.org/10.1021/jf0207979>.

32. Toure A., Xueming X. Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010;9(3):261–269. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00105.x>.

33. Egorova E. Yu., Poznyakovskiy V. M. Alimentary value of the Far East cedar nuts. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = News of Institutes of higher Education. Food Technology*. 2010;4:21–23. (In Russian).

34. Kolesnikova T. G., Subbotina M. A., Shubenkina N. S. Study on the chemical composition of the protein-lipid product of pine nuts. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*. 2013;2:22–25. (In Russian).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ю. О. Некрасова,**

аспирант,  
Калининградский государственный  
технический университет,  
236022, г. Калининград, Советский пр-т, 1,  
Российская Федерация,  
yulya.nekrasova.1998@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4946-5971>

**О. Я. Мезенова,**

д.т.н., профессор, заведующая кафедрой  
пищевой биотехнологии,  
Калининградский государственный  
технический университет,  
236022, г. Калининград, Советский пр-т, 1,  
Российская Федерация,  
mezenova@kltu.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

**Й.-Т. Мерзель,**

д.естественных н.,

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Yuliya O. Nekrasova,**

Postgraduate Student,  
Kaliningrad State Technical University,  
1, Sovetskii Ave., Kaliningrad, 236022,  
Russian Federation,  
yulya.nekrasova.1998@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4946-5971>

**Olga Ya. Mezenova,**

Dr. Sci. (Engineering), Professor,  
Head of the Department  
of Food Biotechnology,  
Kaliningrad State Technical University,  
1, Sovetskii Ave., Kaliningrad, 236022,  
Russian Federation,  
mezenova@kltu.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

**Joerg-Thomas Moersel,**

Dr. Sci. (Natural Sciences),

генеральный директор,  
Научно-исследовательская  
и консультационная лаборатория UBF,  
15345, г. Альтландсберг, An der Mühle, 1,  
Германия,  
thomas.moersel@ubf-research.com  
<https://orcid.org/0000-0002-5760-1144>

**Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад  
в подготовку публикации.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта  
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили оконча-  
тельный вариант рукописи.*

**Информация о статье**

Поступила в редакцию 31.08.2021.  
Одобрена после рецензирования 15.11.2021.  
Принята к публикации 30.11.2021.

Director General,  
UBF-Untersuchungs-, Beratungs-,  
Forschungslaboratorium GmbH;  
1, An der Mühle, Altlandsberg, 15345,  
Germany,  
thomas.moersel@ubf-research.com  
<https://orcid.org/0000-0002-5760-1144>

**Contribution of the authors**

The authors contributed equally to this article.

**Conflict interests**

The authors declare no conflict of interests re-  
garding the publication of this article.

*The final manuscript has been read and approved  
by all the co-authors.*

**Information about the article**

The article was submitted 31.08.2021.  
Approved after reviewing 15.11.2021.  
Accepted for publication 30.11.2021.