

УДК 664.9

Исследование и рациональное применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей

Д-р техн. наук **О. Я. МЕЗЕНОВА**¹, д-р наук **Д. ТИШЛЕР**², канд. техн. наук **С. В. АГАФОНОВА**¹,

канд. техн. наук **Н. Ю. МЕЗЕНОВА**¹, **В. В. ВОЛКОВ**¹,

канд. техн. наук **Д. А. БАРАНЕНКО**³, **Т. ГРИММ**⁴, д-р техн. наук **С. РИДЕЛЬ**⁵

¹Калининградский государственный технический университет

²Рурский Университет Бохума, Германия

³Университет ИТМО

⁴Биотехнологическая компания АНИМОКС, Германия

⁵Технический университет Берлина, Германия

E-mail: mezenova@klgtu.ru

*Показана актуальность переработки вторичного коллагенсодержащего рыбного и мясного вторичного сырья с получением активных низкомолекулярных пептидов. Получены и исследованы пептидные и липидные композиции при гидролизной переработке голов кильки, говяжьих ребер и берцовых костей. Максимальный выход протеиновой фракции с наименьшей молекулярной массой пептидов установлен при термогидролизе в водной среде и с предварительным отделением жира и ферментализом. В данных композициях содержится от 19,8 до 78,9% пептидов с молекулярной массой менее 10 кДа, в зависимости от вида сырья и применяемого фермента. Для определения рациональных направлений использования пептидных и жировых композиций исследован их биопотенциал. Установлены органолептические свойства и аминокислотный состав сублимированных пептидных композиций. Показано повышенное содержание во всех образцах глицина, пролина, аланина, аргинина, лейцина и других аминокислот, обладающих остеотропной и нейтропротекторной эффективностью. Относительно соевых белков исследованы функционально-технологические свойства пептидов мясокостного сырья. Показаны их повышенные жирозмульгирующие свойства. Рациональными направлениями применения пептидных композиций определены специализированные продукты питания спортивного и нейтрогуморального назначения, эмульсионные жиросодержащие пищевые системы (майонезы, соусы, колбасные изделия). Установлены показатели гидролитической и окислительной порчи липидных фракций, полученных при гидролизе коллагенсодержащих животных тканей. Жиры, выделяемые перед гидролизом, по показателям гидролитической и окислительной порчи соответствуют пищевым жирам животного происхождения. Жиры, получаемые при термогидролизе, не соответствуют показателям безопасности по перекисным и кислотным числам. Они рекомендованы в качестве гидрофобного источника углерода для микробиологического синтеза биоразлагаемых полимеров. Говяжьи жиры были апробированы в микробном синтезе с применением *Ralstonia eutropha* для получения полигидроксисалканоатов — биоразлагаемых полиэфиров со свойствами пластмасс.*

Ключевые слова: коллагенсодержащие ткани, термогидролиз, ферментализ, низкомолекулярные пептиды, липиды, специализированное питание, полигидроксисалканоаты.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 22.12.2020, принята к печати 02.02.2021

DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-46-58

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Мезенова О. Я., Тишлер Д., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Волков В. В., Бараненко Д. А., Grimm Т., Ридель С. Исследование и рациональное применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 46–58. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-46-58

Research and rational use of peptide and lipid compositions obtained by hydrolysis processing of collagen-containing tissues

D. Sc. **O. Ya. MEZENOVA**¹, Dr. **D. TISCHLER**²,

Ph. D. **S. V. AGAFONOVA**¹, Ph. D. **N. Yu. MEZENOVA**¹, **V. V. VOLKOV**¹,

Ph. D. **D. A. BARANENKO**³, **T. GRIMM**⁴, D. Sc. **S. RIEDEL**⁵

¹Kaliningrad State Technical University

²Ruhr-Universität Bochum

³ITMO University⁴Biotechnology company ANiMOX GmbH⁵Technical University of Berlin

E-mail: mezenova@klgtu.ru

*The urgency of processing secondary collagen-containing fish and meat secondary raw materials to obtain active low-molecular peptides is shown. Peptide and lipid compositions have been obtained and studied in the course of hydrolysis processing of sprat heads, beef ribs and tibia. The maximum yield of the protein fraction with the lowest molecular weight of the peptides was established during thermohydrolysis in an aqueous medium and with preliminary fat separation and enzymolysis. These compositions contain from 19.8 to 78.9% of peptides with MW less than 10 kDa, depending on the type of raw material and the enzyme used. To determine the rational directions for the use of peptide and fatty compositions, their biopotential was studied. Organoleptic properties and amino acid composition of sublimated peptide compositions were determined. An increased content of glycine, proline, alanine, arginine, leucine and other amino acids with osteotropic and neuroprotective efficacy has been shown in all samples. Functional and technological properties of peptides of meat and bone raw materials were investigated with respect to soy proteins. Shown are their increased fat emulsifying properties. The rational directions for the use of peptide compositions are determined by specialized food products for sports and neurohumoral purposes, emulsion fat-containing food systems (mayonnaise, sauces, sausages). Indicators of hydrolytic and oxidative deterioration of lipid fractions obtained by hydrolysis of collagen-containing animal tissues were established. Fats released before hydrolysis correspond to edible fats of animal origin in terms of hydrolytic and oxidative spoilage. The fats obtained by thermohydrolysis do not meet the safety indicators for peroxide and acid numbers. They are recommended as a hydrophobic carbon source for the microbiological synthesis of biodegradable polymers. Beef fats were tested in microbial synthesis using *Ralstonia eutropha* to obtain polyhydroxyalkanoates — biodegradable polyesters with plastic properties.*

Keywords: collagen-containing tissues, thermohydrolysis, enzymolysis, low molecular weight peptides, lipids, specialized nutrition, polyhydroxyalkanoates.

Article info:

Received 22/12/2020, accepted 02/02/2021

DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-46-58

Article in Russian

For citation:

Mezenova O. Ya., Tischler D., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Volkov V. V., Baranenko D. A., Grimm T., Riedel S. Research and rational use of peptide and lipid compositions obtained by hydrolysis processing of collagen-containing tissues. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021. No 1. p. 46–58. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-46-58

Введение

В «Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ до 2030 года» прописана необходимость глубокой переработки продовольственного сырья с рациональным использованием всех получаемых продуктов. Сказанное относится к коллагенсодержащим отходам животного происхождения (кости животных, головы рыб, чешуя, плавники и т. д.), в состав которых входят ценные биологически активные вещества, которые можно применять в специализированном питании и других областях [1]–[3].

На рыбоконсервных комплексах Калининградской обл. в настоящее время вырабатывается около 70% всех рыбных консервов, производимых в России, при этом только за сутки накапливается до 10 тонн коллагенсодержащего рыбного сырья (голова, чешуя, хребты), переработка которого практически не осуществляется. Особенно остро стоит проблема использования копченых рыбных отходов, имеющих место при производстве консервов «Шпроты в масле». Подобные проблемы испытывают мясопереработчики, поскольку побочное мясокостное сырье (берцовые и реберные кости, костный шрот), остающееся на мясокомбинатах региона при пе-

реработке крупного рогатого скота (КРС), практически не направляется на пищевые цели [4]–[6].

Коллагенсодержащее рыбное и мясное сырье в основном высоко минерализовано, содержание кальция и фосфора в нем достигает 30% и более. Это обуславливает трудности в переработке его обычными технологиями. Часто данное сырье безвозвратно утилизируют, при этом наносится серьезный экологический ущерб природе [4],[7].

В Калининградском государственном техническом университете, совместно с биотехнологической фирмой ANiMOX (Германия) разработаны способы глубокой переработки вторичного животного сырья, основанные на высокотемпературном гидролизе, которые позволяют из данного сырья получать низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой (ММ) от 10 до 100 КДа [8, 9]. Данные пептиды обладают уникальными свойствами и называются активными пептидами [10]–[12]. Как показывает мировая практика, активные пептиды, образующиеся при гидролизе животного сырья, могут быть использованы как функциональные пищевые ингредиенты в технологии специализированных и персонализированных продуктов, в составе фармацевтических препаратов и косметических средств, кормов, микробиологических сред и других отраслях [13]–[15].

Установлено, что низкомолекулярные пептиды животного происхождения являются эффективными антиоксидантами, антисептиками, обладают иммуномодулирующей, гипотензивной, регенеративной, репродуктивной функциями, оказывают цитотоксическое действие на некоторые клеточные линии рака, ингибируют ангиотензин-превращающие ферменты [15]–[18].

Доказаны опиоидность активных пептидов морского происхождения, наличие функций ингибитора ренина, фактора активации тромбоцитов ацетил-гидролазы, пролил-эндопептидазы, α -амилазы, антикоагулянтная активность, а также индукционный эффект. Показано, что данные пептиды применимы для профилактики гипертонии и инфекционных заболеваний, снижают уровень холестерина в крови. Пептиды, полученные из коллагенсодержащих тканей, являются эффективным пластическим материалом для репарации опорно-двигательного аппарата и профилактики остеопороза [19]–[22].

Коллагенсодержащее минерализованное животное сырье, как правило, богато жирами, которые выполняют важные функции в данных органах. Это: костный мозг в трубчатых костях КРС и хребтах рыб, подкожная жировая клетчатка в составе покровных тканей и др. [23, 24]. Получение и применение жиров из вторичного животного сырья при его комплексной переработке гидролизными методами также является важной задачей настоящего исследования. Жиры животного происхождения являются ценными пищевыми компонентами, однако под действием гидролитических и окислительных факторов они могут быстро ухудшать свое качество. В данном состоянии они могут быть использованы в качестве биодоступного источника углерода для микробиологического синтеза биоразлагаемых полимеров, например, полигидроксикарбоновых кислот (ПГА), обладающих свойствами пластмасс [25, 26].

Целью исследования является получение высокотемпературным гидролизом пептидных и жировых композиций из коллагенсодержащего рыбного и мясного

сырья, оценка их биопотенциала и обоснование рациональных направлений использования.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проводили в Центре передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета. Для получения пептидов, липидов и сопутствующих фракций органических веществ из вторичного рыбного и мясного сырья применяли метод глубокого высокотемпературного гидролиза с предварительным отделением жира и без него и предварительным ферментологическим протеолитическими ферментами [8, 9].

При проведении экспериментов использовали следующее сырье:

- головы балтийской кильки — отходы шпротного производства с содержанием жира 14,1% (осенняя партия), 19,5% (зимняя партия) и 24,5% (весенняя партия), предоставленные рыбоконсервным комплексом СПК «За Родину» (Калининградская обл.);
- кости говяжьей берцовые, полученные от компании «ЛЭАР», пос. Голубево Калининградской обл.;
- ребра говяжьей, с остатками мяса от бойни пос. Доброе Гурьевского района Калининградской обл.;
- смешанное мясокостное сырье говяжье (ребра и куски трубчатых костей с суставами) от предприятия ООО «Беркат-ЮГ» (г. Ростов-на-Дону).

При проведении экспериментов измельченное сырье смешивали с горячей водой (70–80 °C) в соотношении 1:1, выдерживали 30 мин, после чего выделившийся жир удаляли центрифугированием. Обезжиренная часть загружалась в ферментер, где проводили ферментологический процесс с применением ферментных препаратов (алкалаза 2,5 Л и протосубтилин ГЗХ) при встряхивании в течение 2 ч при температуре 40–50 °C, после чего систему нагревали до 85 °C для инактивации ферментов. Ферментированную массу загружали в термореактор для проведения термического гидролиза при температуре 130 °C в течение

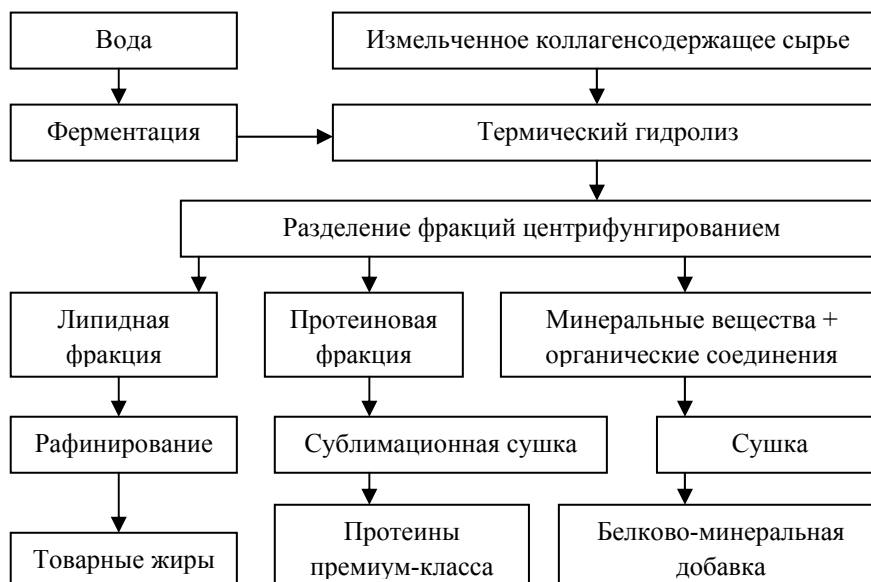


Рис. 1. Схема переработки коллагенсодержащего сырья

Fig. 1. Diagram of collagen-containing raw materials processing

60 мин при давлении в рубашке 0,15–0,20 МПа. Отдельные эксперименты проводили без предварительного обезжиривания. Гидролизованную массу далее разделяли центрифугированием на жировую (верхнюю), пептидную (среднюю) и белково-минеральную (нижнюю). Пептидную фракцию высушивали сублимационно, белково-минеральную осадочную фракцию сушили конвекционно при температуре 55 °С. Жировые фракции, полученные до и в процессе гидролиза исследовали отдельно [27, 28].

Комплексная схема переработки вторичного коллагенсодержащего сырья с получением основных органических продуктов приведена на рис. 1

Оценку показателей качества полученных пептидов и жиров проводили на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ, в лаборатории биотехнологической фирмы ANiMOX и Техническом университете Берлина (Германия).

В исследовании использовали стандартные и общепринятые аналитические, органолептические и физико-химические методы анализа.

Молекулярный фракционный состав пептидных гидролизатов определяли масс-спектрометрически при разделении их на фракции методом ВЭЖХ/Phenomenex (Yarra ZuSEC-200) при идентификации молекулярной массы (MM) на приборе UV–Detektor при 214 нм и pH 6,8.

Содержание аминокислот определяли по ГОСТ 32195–2013 (ISO 13903:2005) «Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот». Функционально-технологические свойства пептидных гидролизатов оценивали по водосвязывающей, жиросвязывающей, жироземмулирующей и пенообразующей способностям, стабильности пены.

Качество пептидных композиций и жира оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с требованиями ГОСТ 25292–2017 «Жиры животные топленые пищевые», ГОСТ 8714–2014 «Жир пищевой из рыбы и водных млекопитающих».

Результаты исследования

Первоначально определяли общий химический состав сырья, массовый выход и органолептические свой-

ства продуктов гидролиза, а также фракционный состав пептидов в зависимости от их молекулярной массы.

По химическому составу головы кильки содержат воды 58,3–60,1%, белков 14,6–20,2%, жиров 9,53–24,8% и минеральных веществ 3,3–8,1%. В мясокостном сырье содержание протеина во всех образцах составляло от 16,7 до 18,5%, минеральных веществ — от 33,8 до 36,3%, содержание жира в ребрах говяжьих колебалось в диапазоне 14,7–16,1%, в берцовых костях 20,1–22,5%, в смешанном сырье 19,8–24,4%.

Анализ проведенных ранее экспериментов по обоснованию рациональных факторов гидролиза [5, 23, 24, 27, 28] показал, что, независимо от вида коллагенсодержащего сырья, наиболее рациональным режимом обработки является: предварительное отделение жира; ферментализ с Alcalase 2,5 L при дозировке 0,25% в течение 2 ч при 60 °С; термолиз при 130 °С (рыбное сырье) и 140 °С (мясное сырье) в течение 1 ч. В данном случае выходы при переработке голов кильки сублимированной протеиновой, жировой и сухой белково-минеральной фракций максимальны и составляют в среднем (% массы сырья): соответственно 10,3%, 8,7% и 17,0%. При переработке говяжьих берцовых костей выходы соответствующих фракций при рациональном режиме составляют 11,5; 15,4 и 43,1% массы сырья.

Химический состав продуктов гидролиза коллагенсодержащего сырья, проведенного по рациональным способам обработки, приведен в табл. 1.

Внешний вид полученных композиций протеинового, белково-минерального и жирового составов представлен на рис. 2.

Все протеиновые сублимированные продукты гидролиза имеют вид тонкодисперсных порошков светло-бежевого цвета с различными оттенками, легко растворяются в воде и в слюне, имеют свойственные данному сырью в выварено-сушеном состоянии органолептические свойства («шпротный» и «бульонный» запах и вкус соответственно у рыбных и мясных гидролизатов). Образцы белково-минеральных добавок представляют собой порошок темно-коричневого (рыбные) и светло-се-

Таблица 1

Химический состав продуктов гидролиза вторичного коллагенсодержащего сырья

Table 1

Chemical composition of secondary collagen-containing raw materials hydrolysis product

Продукты гидролиза	Химический состав, %			
	Вода	Протеин	Зола	Жир
<i>Рыбное коллагенсодержащее сырье (головы кильки)</i>				
Жир				100
Сублимированный протеиновый гидролизат	<u>4,8–8,7¹⁾</u> 6,7 ²⁾	<u>79,1–86,3</u> 82,7	<u>6,3–10,9</u> 8,6	<u>1,4–2,6</u> 2,0
Высушенный белково-минеральный остаток	<u>3,3–4,5</u> 3,9	<u>51,2–57,8</u> 54,5	<u>21,2–26,8</u> 24,0	<u>12,6–23,6</u> 18,1
<i>Мясное коллагенсодержащее сырье (реберные и берцовые говяжьи кости)</i>				
Жир				100
Сублимированный протеиновый гидролизат	<u>2,58–8,78</u> 5,7	<u>69,5–91,9</u> 80,7	<u>0,45–5,8</u> 3,1	<u>0,14–9,2</u> 4,7
Высушенный белково-минеральный остаток	<u>1,6–16,8</u> 9,2	<u>10,1–47,9</u> 29,0	<u>43,0–82,9</u> 63,0	<u>0,94–6,45</u> 3,7

Примечание: ¹⁾ — диапазон показателей; ²⁾ — среднее значение

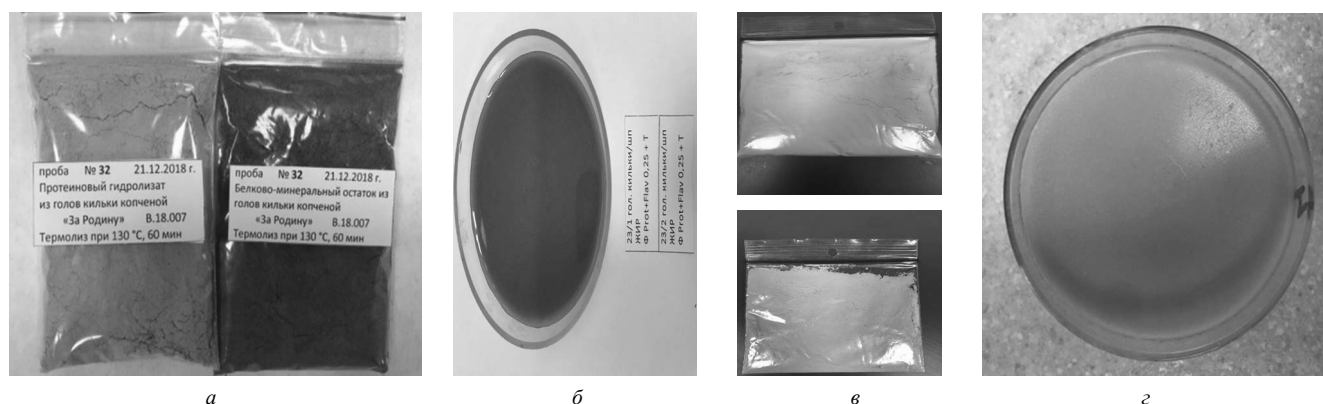


Рис. 2. Внешний вид продуктов гидролиза голов копченой кильки (а, б) и реберных говяжьих костей (в, г): а и б — протеиновая, белково-минеральная фракции и жир из рыбного сырья; в и г — протеиновая, белково-минеральная фракции и жир из мясного сырья

Fig. 2. Hydrolysis products of smoked sprat heads (a, б) and beef ribs (в, г): a and б — protein, protein-mineral fractions and fat from fish raw-materials; в and г — protein, protein-mineral fractions and fat from meat raw-materials

роватого (мясные) цвета, не растворяющийся в воде. Запах и вкус — специфичные, свойственные соответствующему сырью, без порочащих признаков. При разжевывании неприятных ощущений нет.

Внешний вид, запах, вкус, консистенция жировых добавок были свойственными исходному сырью, без порочащих признаков. Цвет рыбного жира был коричневым, мясного — бежево-желтым.

Наибольший интерес для пищевой промышленности представляют сублимированные водорастворимые протеиновые фракции, содержащие от 80% протеинов,

представленных в основном биоактивными низкомолекулярными пептидами. Известно, что характер биологической активности пептидов определяется их молекулярной массой и аминокислотным составом. Чем ниже ММ образованного пептида, тем выше усвояемость и активнее его физиологические эффекты [10]–[22].

На рис. 3 и 4 приведены данные по молекулярной массе протеиновых фракций, полученных из голов кильки и говяжьего сырья термолизом с предварительным отделением жира и ферментализмом.

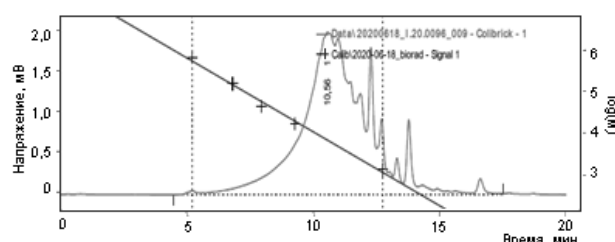
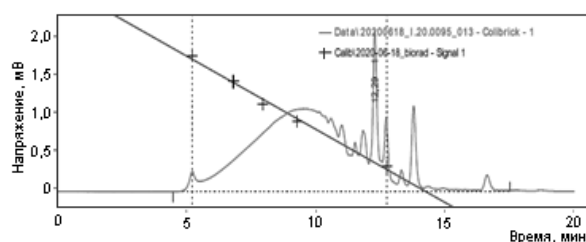
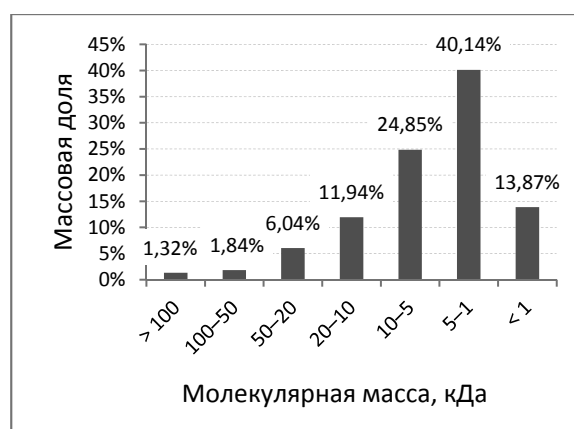


Рис. 3. Диаграмма фракционного распределения пептидов в зависимости от молекулярной массы в составе протеиновых гидролизатов, полученных термолизом из голов кильки с предварительным отделением жира и ферментализмом с применением ферментов: а — алакалаза; б — протосубтили

Fig. 3. Fraction distribution of peptides depending on their molecular mass as a component of protein hydrolysates obtained by thermohydrolysis of sprat heads with preliminary fat separation and enzymolysis with the use of: а — alcalase; б — protosubtilin

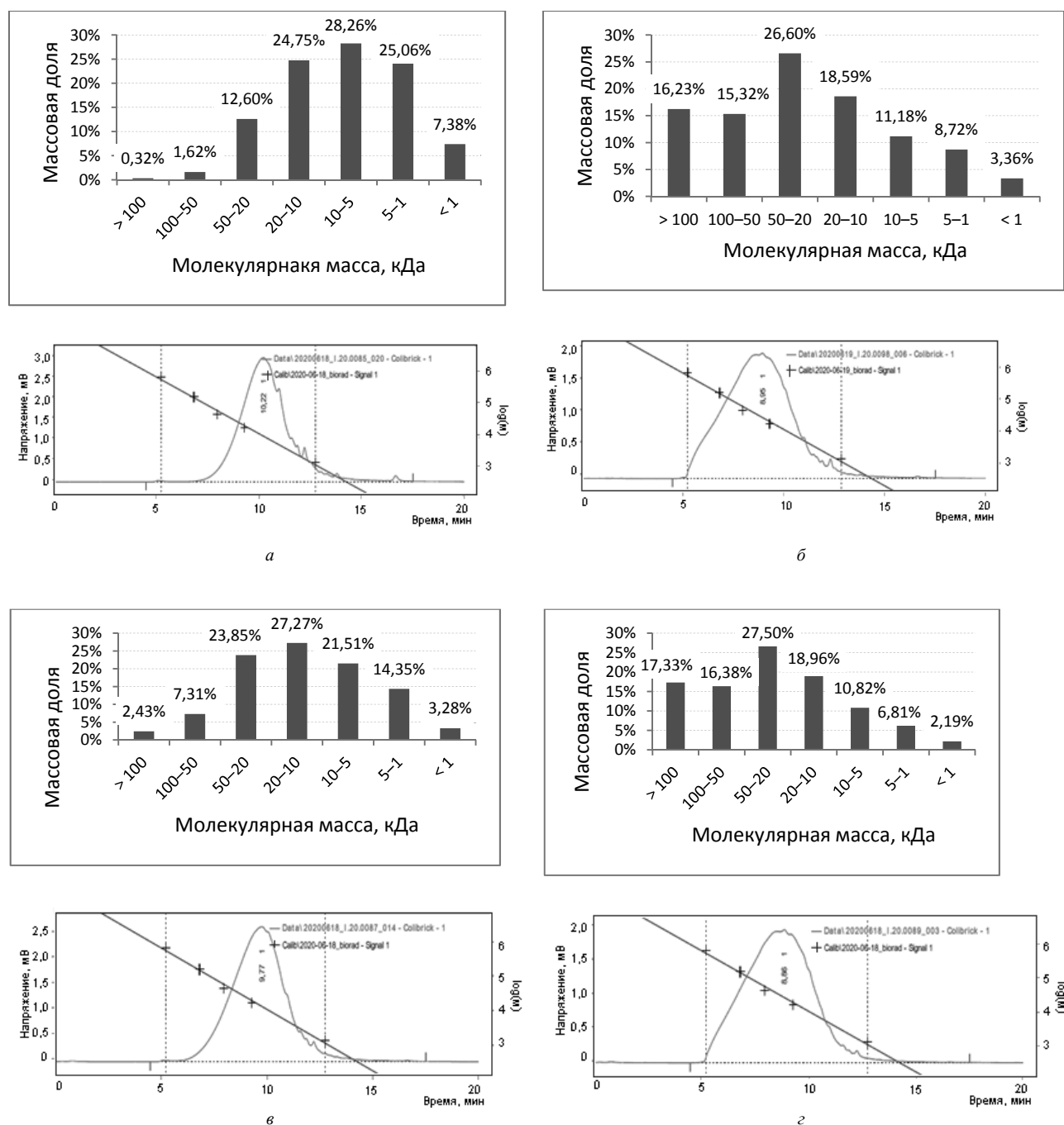


Рис. 4. Диаграммы фракционного распределения пептидов в зависимости от молекулярной массы в составе протеиновых гидролизатов, полученных термолизом мясокостного сырья с предварительным отделением жира и ферментализмом:

а, б — ребер говяжьих с ферментами алкалаза и протосубтилин;
в, г — костей трубчатых с ферментами алкалаза и протосубтилин

Fig. 4. Fraction distribution of peptides depending on their molecular mass as a component of protein hydrolysates obtained by thermohydrolysis of meat and bone raw materials with preliminary fat separation and enzymolysis:

а, б — beef ribs with alcalase and protosubtilin; в, г — tibia with alcalase and protosubtilin

Из рис. 3 и 4 следует, что, независимо от вида сырья, разработанный способ гидролиза позволяет получать водорастворимые пептидные композиции с ММ пептидов менее 100 кДа, которые являются олигопептидами (количество аминокислот не более 10) и обладают биологически активными свойствами. При этом количество ди- и трипептидов (ММ менее 10 кДа) в данных композициях колеблется от 19,8 до 78,9%, в зависимости от вида сырья и применяемого фермента. Наибольшее количество

активных пептидов с ММ менее 10 кДа образуется при гидролизе голов кильки (52,8–78,9%), при этом наибольшую эффективность проявляет фермент протосубтилин. Менее глубокий распад белков имел место при обработке мясокостного сырья, в котором доля активных пептидов с ММ менее 10 кДа составляет 19,8–60,7%. При этом более эффективно деградируют белки говяжьих ребер (23,3–60,7%), чем берцовых костей (19,8–39,1%). Наиболее эффективным ферментом при обработке мясокост-

ного сырья, в отличие от экспериментов с рыбным сырьем, являлась алкалаза. Полученные результаты можно объяснить особенностями состава коллагенсодержащего сырья и спецификой действия ферментов.

Полученные пептидные композиции потенциально могут быть участвующими в иммунном, антиоксидантном, антисептическом и других физиологических эффектах [10]–[22]. Кроме того, они являются поставщиками в организм ценных пластических аминокислот. Аминокислотный состав пептидных композиций коллагенсодержащего сырья приведен в табл. 2 и 3.

Из табл. 2 и 3 следует, что аминокислотные профили пептидов, полученных из различного коллагенсодержащего сырья, близки. Важно, что во всех протеиновых фракциях преобладают такие аминокислоты, как глицин, пролин, аланин, аргинин, лейцин, лизин, аргинин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. Эти аминокислоты обладают остеотропными свойствами, играют ведущую роль в синтезе опорных и покровных тканей организма, а также многими метаболическими эффектами [19]–[21].

Таблица 2

Аминокислотный состав пептидной композиции, полученной термогидролизом голов кильки с предварительным ферментализмом различными ферментами, г/100 г белка

Table 2

Aminoacid content of peptide composition obtained by thermohydrolysis of sprat bones with with preliminary and enzymolysis by various enzymes, g/100g of protein

№ п/п	Аминокислота	Головы кильки (сырье)	Протеиновый гидролизат (алкалаза)	Протеиновый гидролизат (протосубтилин)
1	Аланин	8,91	7,15	8,25
2	Аргинин	5,21	5,69	5,78
3	Аспарагин	0,29	0,30	0,19
4	Аспарагиновая кислота	8,76	9,57	9,42
5	Карнозин	0,07	0,00	0,06
6	Цитруллин	0,22	0,36	0,19
7	Цистин	0	0	0,06
8	Глутамин	0,07	0,06	0,06
9	Глутаминовая кислота	13,03	11,81	12,48
10	Глицин	8,83	9,02	7,21
11	Гистидин	2,10	2,60	2,47
12	Гидроксипролин	1,67	1,64	0,71
13	Изолейцин	1,88	2,79	2,86
14	Лейцин	6,66	6,78	6,89
15	Лизин	6,37	6,60	5,59
16	Метионин	0,07	0,73	0,52
17	Орнитин	1,38	1,39	1,43
18	Фенилаланин	3,48	4,18	5,20
19	Пролин	4,63	4,85	4,03
20	Саркозин	8,91	7,03	8,25
21	Серин	7,02	6,60	6,69
22	Таурин	2,24	1,33	1,04
23	Треонин	3,48	3,94	3,90
24	Тирозин	1,74	1,70	2,60
25	Валин	2,97	3,88	4,09

При этом в полученных пептидах присутствуют незаменимые аминокислоты (изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, фенилаланин). Основное количество аминокислот приходится на глицин (21,5 г/100 г белка в мясных и 7,21–9,02 г/100 г в рыбных пептидных композициях). Известно, что глицин является функциональным нейромедиатором и рекомендуется в фармакологии в составе БАД-нейропротекторов или антистрессовых препаратов для укрепления нервной системы. Следует отметить присутствие в рыбных пептидах саркозина и таурина, которые также могут использоваться в составе специализированного питания [18, 20]. Так, саркозин (метилглицин) является эффективным нейромедиатором, который облегчает симптомы депрессии и шизофрении, улучшают мыслительный процесс. Карнозин — дипептид (бета-аланин и L-гистидин), который уже используется в качестве пищевой биологически активной добавки. Цитруллин используется для выведения молочной кислоты и аммиака из организма, восстанавливает запасы АТФ и креатинфосфата после тренировок, что важно в спортивном питании [21]. Таурин зарекомендовал себя, как пищевая добавка — энергоноситель и нейромедиатор, в качестве лекарственного средства оказывает кардиотонический и противосудорожный эффекты. В последние годы стал обычным компонентом «энергетических напитков» и продуктов спортивного питания [10, 18, 20]. Важно, что все аминокислоты в полученных пептидных композициях находятся в усвояемой форме, что обуславливается низкими значениями их молекулярных масс, а значит, они потенциально могут обуславливать названные физиологические эффекты.

Таблица 3

Аминокислотный состав пептидной композиции, полученной из ребер говяжьих термогидролизом с применением алкалазы, г/100 г белка

Table 3

Aminoacid content of peptide composition obtained by thermohydrolysis of beef ribs with the use of alcalase, g/100g of protein

Аминокислоты	Содержание аминокислот
Аланин	9,9±1,10
Аргинин	7,6±0,70
Аспарагиновая кислота+аспарагин	5,8±0,8
Глутаминовая кислота+глутамин	10,6±1,2
Гистидин	1,20±0,33
Серин	3,11±0,28
Глицин	21,5±2,20
Треонин	2,05±0,17
Тирозин	0,97±0,28
Валин	3,05±0,40
Метионин	0,84±0,10
Пролин	12,2±1,80
Изолейцин	1,70±0,13
Фенилаланин	2,45±0,33
Лейцин	4,12±0,38
Лизин	3,95±0,38
Цистин	0,082±0,017

Ценный биопотенциал пептидных композиций вторичного рыбного сырья нашел применение в технологиях специализированной пищевой продукции — комбинированных протеиновых батончиков, предназначенных для спортивного питания, и желированных продуктов антистрессовой направленности, выполненных в форме жевательного мармелада [29, 30].

Пептидные композиции из коллагенсодержащего говяжьего сырья были исследованы на функционально-технологические свойства, результаты оценки которых свидетельствуют о перспективности их применения при производстве эмульгированных жиросодержащих пищевых изделий (табл. 4).

Из табл. 4 следует, что пептиды мясного сырья обладают высокой жиросвязывающей способностью (134–189%) и в 2,3–3,3 раза превосходят этот показатель у соевого изолята. У пептидной композиции очень высокая жироземульгирующая способность (14,0–14,5 г), что в 2,4–2,9 раза выше, чем у контроля. Необходимо отметить очень высокую стабильность образующейся эмульсии, при центрифугировании которой при 2700 об/мин в течение 15 мин она совершенно не разделилась, при этом в контрольной соевой эмульсии при указанных условиях разделения оставалось всего 62,9% ее массы.

На основании полученных данных можно сделать вывод о перспективности использования пептидных композиций в эмульсионных жиросодержащих пищевых системах (майонезы, пасты, соуса, заливки, эмульсионные мясные продукты), в том числе продукции специализированного назначения. Говяжьи пептидные композиции были положительно апробированы в составе ре-

Таблица 4
Показатели функционально-технологических свойств сублимированных пептидных композиций из мясокостного сырья и соевого белкового изолята

Table 4
Characteristics of functional-technological properties of sublimated peptide compositions from meat and bone raw materials and soy protein isolate

Показатель	Соевый белковый изолят (контроль)	Пептидная композиция из говяжьих ребер
Водосвязывающая способность, %	78,0	60,0–70,0
Жиросвязывающая способность, %	56,8	134–189
Пенообразующая способность, %	70,0	30,0–44
Стабильность пены, %	40,0	18,2–21,0
Жироземульгирующая способность, г масла на 1 г гидролизата	5,0–7,0	14,0–14,5
Потери при термической обработке, %	28,0	24,0

цептур сосисок «Спортивные», предназначенных для спортсменов скоростно-силовых видов спорта и людей, как пищевые добавки с полифункциональными свойствами — эмульгаторы, пластический материал для мышц и связок и нейромедиаторы [24].

Сублимированные пептиды шпротного происхождения, а также жировые композиции, полученные параллельно глубоким термогидролизом из копченых голов

Характеристика качества жира, полученного из коллагенсодержащего сырья, по показателям кислотного и перекисного чисел

Таблица 5

The quality indicators of fat obtained from collagen-contained raw-materials in terms of their acid and peroxide numbers

Table 5

Используемое сырье	Кислотное число, мг КОН на 1 г жира	Перекисное число, миллимоль активного кислорода /1 кг жира
<i>Жир, предварительно выделенный перед термогидролизом</i>		
Головы копченой кильки, с предварительным ферментололизом, жирность 24,4%	2,93	8,93
Головы копченой кильки, без предварительного ферментололиза, жирность 24,4%	2,75	2,35
Головы копченой кильки, с предварительным ферментололизом, жирность 14,1%	2,64	4,06
Головы копченой кильки, без предварительного ферментололиза, жирность 14,1%	3,05	2,79
Головы копченой кильки, жирность 19,5%	1,69	9,14
Головы копченой кильки, без предварительного ферментололиза, жирность 19,5%	3,07	3,87
Кость говяжья трубчатая берцовая, с предварительным ферментололизом, жирность 20,5%	1,14	7,02
Ребро говяжье, с предварительным ферментололизом, жирность 14,8%	0,74	8,69
Смесь говяжья (ребро, мослы, лопатка), с предварит. ферментололизом, жирность 18,3%	0,51	1,93
<i>Жир, выделенный из термогидролизованной массы</i>		
Головы копченой кильки, с предварительным ферментололизом, жирность 24,4%	13,85	21,02
Головы копченой кильки, без предварительного ферментололиза, жирность 24,4%	10,45 10,93	8,57
Головы копченой кильки, с предварительным ферментололизом, жирность 14,1%	11,41	7,91
Головы копченой кильки, без предварительного ферментололиза, жирность 14,1%	10,81	4,61
Кость говяжья берцовая, с предварительным ферментололизом, жирность 20,5%	15,24	25,78
Ребро говяжье, с предварительным ферментололизом, жирность 14,8%	14,12	7,61
Смесь говяжья, с предварительным ферментололизом, жирность 18,3%	29,94	12,25



Рис. 4. Пищевые продукты, полученные с использованием пептидных и жировых композиций из копченого рыбного сырья
Fig. 4. Food products obtained with the use of peptide and lipid compositions from smoked fish raw-materials

кильки, были успешно апробированы в составе рецептур различных пищевых продуктов, выпущенных рыбоконсервным комплексом «За Родину» с различными товарными названиями [28]: «Шпротное масло», «Томатно-белковый соус», «Шпротные крекеры», «Суп рыбный с ароматом копчености», «Морской коллаген», «Консервы в ароматизированном шпротном масле». Они были изготовлены по проекту FishCollagenPro для конкурса «Бизнес Баттл» (2019 г.), на котором были удостоены 1 места и денежного приза (рис. 4).

При исследовании жировых композиций, полученных из коллагенсодержащего сырья по разработанной технологии, установлено, что их качество зависит от стадии выделения жира (табл. 5). При предварительном отделении жира (перед гидролизом) в полученных фракциях показатели кислотного (КЧ) и перекисного чисел (ПЧ) соответствовали требованиям ГОСТ 25292–2017 (табл. 1), что позволяет рекомендовать их к использованию в качестве пищевого жира. При получении жировой фракции после разделения гидролизованной массы она не соответствовала по показателям КЧ и ПЧ жирам пищевым. Это можно объяснить нестойкостью любых липидов к гидролитической и окислительной порче, что усиливается при высокотемпературной нагрузке и особенно касается рыбного жира, характеризующегося высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот [1, 2].

Рациональным решением использования жиров, выделенных из вторичного животного сырья и не отвечающих по качеству жирам пищевым, представляется получение на его основе полигидроксиалканоев (ПГА). Это полиэфиры со свойствами пластмасс, так называемых биопластики, являющиеся биоразлагаемыми. Многие микроорганизмы синтезируют ПГА в качестве запаса углерода и энергии. Исследования, про-

веденные с *Ralstonia eutropha* (грамотрицательная почвенная бактерия класса β -*Proteobacteria*), показали, что этот модельный организм может синтезировать биопластик до 90% своего сухого в виде полигидроксисубутирата (ПГБ). Исследования, проведенные в Техническом университете Берлина на вторичных растительных маслах (пальмовое масло) и жирах животных отходов (говяжий жир) в качестве источника углерода с данным микроорганизмом, показали возможность получения на ее основе ПГА [25]. Эти источники углерода являются экономически предпочтительными по сравнению с другими материалами, доступны в повышенных объемах и характеризуются высокой концентрацией углерода. Группе ученых из Технического университета Берлина под руководством д-ра С. Риделя, совместно с технологической компанией ANiMOX (Германия), с учетом специальной технологии эмульгирования говяжьего жира низкого качества удалось достичь в эксперименте на 5-литровом ферментере выработку 0,40 г ПГА/г жира с производительностью 0,36 г ПГА /л·ч. В дальнейшем было достигнуто получение ПГА на уровне 0,9–1,2 г ПГА / л·ч [26]. Для сравнения на глюкозе достигается выработка 0,32–0,42 г ПГА/г глюкозы, а на растительных жирах 0,72–0,76 г ПГА/г жира [25]. При рыночной цене на животные жиры низкого качества 100–130 \$/т, на пальмовое масло 700–1000 \$/т, на глюкозу 500–700 \$/т и на жиры хорошего качества 500–1000 \$/т видно, что вторичное жировое сырье животного происхождения имеет более высокий коммерческий потенциал для производства биоразлагаемого пластика. При этом одновременно решается проблема переработки некачественных жиров, а также открывается возможность вывода на российский рынок по доступным ценам перспективных биоразлагаемых пластмасс.

Заключение

Проведен анализ потенциальной биологической активности и применения низкомолекулярных пептидных и жировых композиций, полученных термогидролизом из коллагенсодержащих рыбных и мясных тканей (головы кильки, говяжье мясокостное сырье). Максимальное количество протеиновой сублимированной композиции получается при комбинированном способе гидролиза с предварительным отделением жира и ферментализмом.

Установлен фракционный состав и молекулярная масса основных фракций пептидных композиций. Количество пептидов с ММ менее 10 кДа (активные пептиды) составляет 19,8–78,9%, в зависимости от вида сырья и фермента. Массовая доля активных пептидов при гидролизе голов кильки составляет 52,8–78,9%, при обработке мясокостного сырья — 19,8–60,7%.

Установлен аминокислотный состав пептидных композиций, свидетельствующий о повышенном количестве глицина, пролина, аспарагиновой и глутаминовой кислот, наличии орнитина, таурина, обладающих специфическими метаболическими эффектами. Установлены высокие жирозэмульгирующие свойства

сухих форм пептидных композиций из мясокостного сырья.

Пептидные композиции рекомендованы к пищевому использованию в составе рецептур специализированной продукции (спортивное, геродиетическое, нейро- и остеопротекторное питание), многокомпонентных сухих смесей для коррекции метаболических нарушений, а также в качестве эмульгаторов в жиросодержащих пищевых системах.

Определены показатели гидролитической и окислительной порчи липидных фракций, полученных при различных способах гидролиза исследованных тканей. Безопасные по показателям кислотного и перекисного чисел жировые композиции получают при предварительном отделении жира из сырья, они могут быть использованы в пищевых системах. Жиры с высокими показателями гидролитической и окислительной порчи, образующиеся в процессе термогидролиза сырья, рационально использовать в качестве гидрофобного источника углерода для микробиологического синтеза с применением *Ralstonia eutropha* полигидроксиалканоатов — биоразлагаемых полимеров. Это перспективный путь использования дешевых вторичных животных жиров низкого качества.

Литература

References

1. Вторичное рыбное сырье: состав, свойства, биотехнологии переработки: монография. / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, Е. С. Землякова и др. Калининград: Издательство КГТУ 2015. 317 с.
2. Мезенова О. Я. Потенциал вторичного рыбного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 1. С. 11–18.
3. Мезенова О. Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья // Вестник Международной академии холода. 2018. № 1. С. 5–10.
4. Анализ состояния экономики и перспектив применения биотехнологии в рыбной отрасли Калининградской области / О. Я. Мезенова, А. Хелинг, Й. Т. Мерсель, В. В. Волков, Н. Ю. Мезенова, С. В. Агафонова, В. И. Саускан, Б. А. Алтшуль, М. М. Розенштейн, М. П. Андреев. *Рыбное хозяйство*. 2020. № 5. С. 38–50.
5. Мезенова О. Я. Биотехнологические способы получения протеиновых и белково-минеральных добавок из вторичного рыбного сырья копильных производств // Известия вузов. Пищевая технология. 2019. № 2–3. С. 68–71.
6. Исследование протеиновых фракций высокотемпературных гидролизатов из голов копченой кильки / Мезенова О. Я., Волков В. В., Байдалинова Л. С., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Казимирова Е. А., Шендерюк В. И., Гримм Т. // *Рыбное хозяйство*. 2020. № 2. С. 113–117.
7. Ферментативная модификация побочного мясокостного коллагенсодержащего сырья при его переработке / Н. Ю. Мезенова, О. Я. Мезенова, С. В. Агафонова и др. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10 (№ 2). С. 314–324.
8. Патент РФ № 2681352 Способ получения пищевых добавок из вторичного копченого рыбного сырья / Мезенова О. Я., Байдалинова Л. С., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Гордниченко Л. В., Калинина Н. С., Волков В. В., Гримм Т., Хёлинг А. заявл. 22.01.2020, опубл. 22.07.2020.
1. Secondary fish raw materials: composition, properties, processing biotechnology: monograph. / O. Ya. Mezenova, L. S. Baidalinova, E. S. Zemlyakova et al. Kaliningrad: KSTU Publishing House. 2015. 317 p. (in Russian)
2. Mezenova O. Ya. The potential of secondary fish raw materials. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya*. 2018. No. 1. P. 11–18 (in Russian)
3. Mezenova O. Ya. Prospects for obtaining and using proteins from secondary fish raw materials. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda*. 2018. No. 1. P. 5–10 (in Russian)
4. Analysis of the state of the economy and the prospects for the use of biotechnology in the fishing industry of the Kaliningrad region / O. Ya. Mezenova, A. Kheling, J. T. Mersel, V. V. Volkov, N. Yu. Mezenova, S. V. Agafonova, V. I. Sauskan, B. A. Altshul, M. M. Rozenshtein, M. P. Andreev. *Rybnoye khozyaystvo*. 2020. No. 5. P. 38–50 (in Russian)
5. Mezenova O. Ya. Biotechnological methods of obtaining protein and protein-mineral supplements from secondary fish raw materials of smoking industries. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2019. No. 2–3. p. 68–71 (in Russian)
6. Research of protein fractions of high-temperature hydrolysates from heads of smoked sprat / Mezenova O. Ya., Volkov V. V., Baidalinova L. S., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Kazimirova E. A., Shenderyuk V. I., Grimm T. *Rybnoye khozyaystvo*. 2020. No. 2. P. 113–117 (in Russian)
7. Enzymatic modification of collagen-containing raw materials for meat and bone during its processing / N. Yu. Mezenova, O. Ya. Mezenova, S. V. Agafonova et al. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*. 2020. vol. 10 (No. 2). p. 314–324 (in Russian)
8. RF patent No. 2681352 Method of obtaining food additives from secondary smoked fish raw materials / Mezenova O. Ya., Baidalinova L. S., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Gorodnichenko L. V., Kalinina N. S., Volkov V. V., T. Grimm, A. Hohling. declared 01.22.2020, publ. 07.22.2020 (in Russian)

9. Патент РФ № 2728468 Способ получения протеиновой пищевой добавки из мясокостного сырья / Агафонова С. В., Байдалинова Л. С., Волков В. В., Казимирова Е. А., Мезенова Н. Ю., Мезенова О. Я. заявл. 22.01.2020., опубл. 29.07.2020.
10. Idowu A. T., Igiehon O. O., Idowu S., Olatunde O. O., Benjakul S. Bioactivity Potentials and General Applications of Fish Protein Hydrolysates // *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 2020. DOI: 10.1007/s10989-020-10071-1
11. Yathisha U. G., Ishani Bhat, Iddya Karunasagar & Mamatha B. S. Critical Reviews in Food Science and Nutrition Antihypertensive activity of fish protein hydrolysates and its peptides Antihypertensive activity of fish protein hydrolysates and its peptides // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018. DOI: 10.1080/10408398.2018.1452182
12. Kehinde B. A., Sharma P. Recently isolated antidiabetic hydrolysates and peptides from multiple food sources: a review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018. DOI: 10.1080/10408398.2018.1528206
13. Tischler D. A Perspective on Enzyme Inhibitors from Marine Organisms. *Mar. Drugs*. 2020. 18:431.
14. José Antonio Vázquez, Isabel Rodríguez-Amado, Carmen G. Sotelo, Noelia Sanz, Ricardo I. Pérez-Martín, and Jesus Valcárcel Production, Characterization, and Bioactivity of Fish Protein Hydrolysates from Aquaculture Turbot (*Scophthalmus maximus*) Wastes // *Biomolecules*. 2020. Feb; 10 (2): 310.
15. Patent CN 110547384. Antibacterial peptide of bone collagen of Larimichthys polyactis and application of antibacterial peptide. Zhong Shan, Chang Qing. 10.12.2019.
16. Injury Shi-Ying Cai, Yu-Mei Wang, Yu-Qin Zhao, Chang-Feng Chi, Bin Wang. Cytoprotective Effect of Antioxidant Pentapeptides from the Protein Hydrolysate of Swim Bladders of Miuiy Croaker (*Miichthys miiuy*) against H2O2-Mediated Human Umbilical Vein Endothelial Cell (HUVEC) // *International Journal of Molecular Sciences*. –2019. No 20 (21). P. 5425.
17. Rasa Slizyte, Katariina Rommi, Reviliya Mozuraityte, Peter Eck, Kathrine Five, Turid Rustad. Bioactivities of fish protein hydrolysates from defatted salmon backbones. *Biotechnology Reports*. 2016. No 11. P. 99–109.
18. María Blanco, José Antonio Vázquez, Ricardo I. Pérez-Martín, and Carmen G. Sotelo. Hydrolysates of Fish Skin Collagen: An Opportunity for Valorizing Fish Industry Byproducts // *Food Science and Technology*. 2017. No 15 (5). P. 131.
19. Yanlan Lin, Xixi Cai, Xiaoping Wu, Shengnan Lin, Shaoyun Wang. Fabrication of snapper fish scales protein hydrolysate-calcium complex and the promotion in calcium cellular uptake // *Journal of Functional Foods*. 2020. No 65. P. 1037.
20. Do-Un Kim, Hee-Chul Chung, Jia Choi, Yasuo Sakai, Boo-Yong Lee. 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. No 10 (7). P. 826.
21. Xiu-Lan Chen, Ming Peng, Jing Li, Bai-Lu Tang, Xuan Shao, Fang Zhao, Chang Liu, Xi-Ying Zhang, Ping-Yi Li, Mei Shi, Yu-Zhong Zhang & Xiao-Yan Song. Preparation and functional evaluation of collagen oligopeptide-rich hydrolysate from fish skin with the serine collagenolytic protease from *Pseudoalteromonas* sp. SM9913 // *Scientific Reports*. 2017. No 7. P. 763.
22. Гришин Д. В. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве / Д. В. Гришин, О. В. Подобед, Ю. А. Гладилина, М. В. По-
9. RF patent No. 2728468 A method of obtaining a protein food supplement from meat and bone raw materials / Agafonova SV, Baidalinova LS, Volkov VV, Kazimirova EA, Mezenova N. Yu., Mezenova O. Ya. declared 01.22.2020., Publ. 07.29.2020. (in Russian).
10. Idowu A. T., Igiehon O. O., Idowu S., Olatunde O. O., Benjakul S. Bioactivity Potentials and General Applications of Fish Protein Hydrolysates. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 2020. DOI: 10.1007/s10989-020-10071-1
11. Yathisha U. G., Ishani Bhat, Iddya Karunasagar & Mamatha B. S. Critical Reviews in Food Science and Nutrition Antihypertensive activity of fish protein hydrolysates and its peptides Antihypertensive activity of fish protein hydrolysates and its peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018. DOI: 10.1080/10408398.2018.1452182
12. Kehinde B. A., Sharma P. Recently isolated antidiabetic hydrolysates and peptides from multiple food sources: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018, DOI: 10.1080/10408398.2018.1528206
13. Tischler D. A Perspective on Enzyme Inhibitors from Marine Organisms. *Mar. Drugs*. 2020. 18:431.
14. José Antonio Vázquez, Isabel Rodríguez-Amado, Carmen G. Sotelo, Noelia Sanz, Ricardo I. Pérez-Martín, and Jesus Valcárcel Production, Characterization, and Bioactivity of Fish Protein Hydrolysates from Aquaculture Turbot (*Scophthalmus maximus*) Wastes. *Biomolecules*. 2020. Feb; 10 (2): 310.
15. Patent CN 110547384. A Antibacterial peptide of bone collagen of Larimichthys polyactis and application of antibacterial peptide / Zhong Shan, Chang Qing, 10.12.2019.
16. Injury Shi-Ying Cai, Yu-Mei Wang, Yu-Qin Zhao, Chang-Feng Chi, Bin Wang. Cytoprotective Effect of Antioxidant Pentapeptides from the Protein Hydrolysate of Swim Bladders of Miuiy Croaker (*Miichthys miiuy*) against H2O2-Mediated Human Umbilical Vein Endothelial Cell (HUVEC). *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. No 20 (21). P. 5425.
17. Rasa Slizyte, Katariina Rommi, Reviliya Mozuraityte, Peter Eck, Kathrine Five, Turid Rustad. Bioactivities of fish protein hydrolysates from defatted salmon backbones. *Biotechnology Reports*. 2016. No 11. P. 99–109.
18. María Blanco, José Antonio Vázquez, Ricardo I. Pérez-Martín, and Carmen G. Sotelo. Hydrolysates of Fish Skin Collagen: An Opportunity for Valorizing Fish Industry Byproducts. *Food Science and Technology*. 2017. No 15 (5). P. 131.
19. Yanlan Lin, Xixi Cai, Xiaoping Wu, Shengnan Lin, Shaoyun Wang. Fabrication of snapper fish scales protein hydrolysate-calcium complex and the promotion in calcium cellular uptake. *Journal of Functional Foods*. 2020. No 65. P. 1037.
20. Do-Un Kim, Hee-Chul Chung, Jia Choi, Yasuo Sakai, Boo-Yong Lee. 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. No 10 (7). P. 826.
21. Xiu-Lan Chen, Ming Peng, Jing Li, Bai-Lu Tang, Xuan Shao, Fang Zhao, Chang Liu, Xi-Ying Zhang, Ping-Yi Li, Mei Shi, Yu-Zhong Zhang & Xiao-Yan Song. Preparation and functional evaluation of collagen oligopeptide-rich hydrolysate from fish skin with the serine collagenolytic protease from *Pseudoalteromonas* sp. SM9913. *Scientific Reports*. 2017. No 7. P. 763.
22. Grishin D. V. Bioactive proteins and peptides: current state and new trends in practical application in the food industry and feed production / D. V. Grishin, O. V. Podobed, Yu. A. Gladilina,

- кровская, С. С. Александрова и др // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 20–31.
23. Мезенова Н. Ю., Агафонова С. В., Мезенова О. Я. и др. Исследование процесса модификации мясокостного сырья крупного рогатого скота методом высокотемпературного гидролиза // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2020. № 1 (43). С. 18–26.
24. Мезенова Н. Ю., Агафонова С. В., Мезенова О. Я., Байдалинова Л. С., Гримм Т. Изучение глубокой переработки побочного мясокостного говяжьего сырья с получением функциональных органических композиций // Все о мясе. 2020. № 5. с. 207–212.
25. Fukui T, Chou K, Harada K, Orita I, Nakayama Y, Bamba T, Nakamura S, Fukusaki E. Metabolite profiles of polyhydroxyalkanoate-producing *Ralstonia eutropha* H16 // *Metabolomics*. 2013. No 10 (2). P. 190–202.
26. Koller M., Niebelschütz H., Braunnegg G. Strategies for recovery and purification of poly [(R)-3-hydroxyalkanoates] (PHA) biopolyesters from surrounding biomass // *Eng Lif Sci*. 2013. No 13 (6). P. 549–562.
27. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности / О. Я. Мезенова, В. В. Волков, Т. Мерзель, Т. Гримм, С. Кюн, А. Хелинг, Н. Ю. Мезенова // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология, 2018. № 4. С. 83–94.
28. Обоснование рациональных параметров комплексной переработки вторичного рыбного сырья шпротных производств с применением метода высокотемпературного гидролиза / Мезенова О. Я., Байдалинова Л. С., Мезенова Н. Ю., Агафонова С. В., Казимирова Е. А., Шендерюк В. И // Известия ТИНРО, 2020. № 1. С. 210–220.
29. Король С. Обоснование состава и качества желированного биопродукта, предназначенного для повышения стрессоустойчивости организма / С. Король, О. Я. Мезенова // Вестник молодежной науки, 2020. № 3 (25).
30. Некрасова Ю. О., Мезенова О. Я. Батончики-снеки для спортивного питания: маркетинговое исследование и технология // Вестник молодежной науки, 2020. № 3 (25).
- M. V. Pokrovskaya, S. S. Aleksandrova et al. *Voprosy pitaniya*. 2017. Vol. 86. No 3. p. 20–31. (in Russian)
23. Mezenova N. Yu., Agafonova S. V., Mezenova O. Ya. et al. Research of the process of modification of meat and bone raw materials of cattle by the method of high-temperature hydrolysis. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv*. 2020. No. 1 (43). p. 18–26 (in Russian)
24. Mezenova N. Yu., Agafonova S. V., Mezenova O. Ya., Baidalinova L. S., Grimm T. Study of deep processing of side meat and bone beef raw materials to obtain functional organic compositions. *Vse o myase*. 2020. No. 5. p. p. 207–212 (in Russian)
25. Fukui T, Chou K, Harada K, Orita I, Nakayama Y, Bamba T, Nakamura S, Fukusaki E. Metabolite profiles of polyhydroxyalkanoate-producing *Ralstonia eutropha* H16. *Metabolomics*. 2013. No 10 (2). P. 190–202.
26. Koller M., Niebelschütz H., Braunnegg G. Strategies for recovery and purification of poly [(R)-3-hydroxyalkanoates] (PHA) biopolyesters from surrounding biomass. *Eng Lif Sci*. 2013. No 13 (6). P. 549–562.
27. Comparative evaluation of methods of hydrolysis of collagen-containing fish raw materials when obtaining peptides and study of their amino acid balance / O. Ya. Mezenova, V. V. Volkov, T. Merzel, T. Grimm, S. Kuhn, A. Heling, N. Yu. Mezenova. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2018. No. 4. p. 83–94 (in Russian)
28. Substantiation of rational parameters of complex processing of secondary fish raw materials sprat production using the method of high-temperature hydrolysis / Mezenova O. Ya., Baidalinova L. S., Mezenova N. Yu., Agafonova S. V., Kazimirova E. A., Shenderyuk V. I. *Izvestiya TINRO*. 2020. No. 1. P. 210–220 (in Russian)
29. Korol S. Substantiation of the composition and quality of a gelled biological product intended to increase the body's stress resistance. / S. Korol, O. Ya. Mezenova. *Vestnik molodezhnoy nauki*, 2020. No 3 (25). (in Russian)
30. Nekrasova, Yu. O., Mezenova O. Ya. Snack bars for sports nutrition: marketing research and technology. *Vestnik molodezhnoy nauki*, 2020. No 3 (25). (in Russian)

Сведения об авторах

Мезенова Ольга Яковлевна

Д. т. н., профессор, зав. кафедрой пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета, 236022 Россия, Калининград, Советский пр., 1, mezenova@klgtu.ru

Тишлер Дирк

Доктор наук, Рурский университет Бохум, 44801, Германия, г. Бохум, Университетская улица, 150, dirk.tischler@rub.de

Агафонова Светлана Викторовна

К. т. н., доцент кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета, 236022 Россия, Калининград, Советский пр., 1, svetlana.agafonova@klgtu.ru

Information about authors

Mezenova Olga Ja.

DSc., professor, Chair of the Department of food biotechnology of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Soviet Avenue, 1, mezenova@klgtu.ru

Tischler Dirk

Dr. Ruhr-Universitaet Bochum Universitätsstraße, 150, 44801 Bochum, dirk.tischler@rub.de

Agafonova Svetlana V.

PhD, associate Professor of the Food Biotechnology Department of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Soviet Avenue, 1, svetlana.agafonova@klgtu.ru

Мезенова Наталья Юрьевна

К. т. н., доцент кафедры пищевой биотехнологии
Калининградского государственного технического
университета, 236022 Россия, Калининград,
Советский пр., 1, nataliya.mezenova@klgtu.ru

Mezenova Natalia Yu.

PhD, associate Professor of the Food Biotechnology Department
of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia,
Kaliningrad, Soviet Avenue, 1,
nataliya.mezenova@klgtu.ru

Волков Владимир Владимирович

Заместитель директора Технопарка Калининградского
государственного технического университета, 236022 Россия,
Калининград, Советский пр., 1, vladimir.volkov@klgtu.ru

Volkov Vladimir V.

Deputy Director of Technopark of Kaliningrad State Technical
University, 236022 Russia, Kaliningrad, Soviet Avenue, 1,
vladimir.volkov@klgtu.ru

Бараненко Денис Александрович

К. т. н., доцент факультета биотехнологий Университета
ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9,
denis.baranenko@niuitmo.ru

Baranenko Denis A.

Ph. D., Associate Professor of the Faculty of Biotechnology
of ITMO University, Russia, 191002, St. Petersburg,
Lomonosova St. 9, denis.baranenko@niuitmo.ru

Гримм Томас

Директор биотехнологической компании ANiMOX,
Германия 12489, Берлин, ул. Макса Планка,
t.grimm@animox.de

Thomas Grimm

M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) Biotechnologie Geschäftsführer, Leiter
F&E, ANiMOX GmbH, 12489 Berlin Deutschland
Max-Planck-Straße 3, t. grimm(at) animox.de

Ридель Себастьян

Доктор наук Института биотехнологии Технического
университета Берлина, Германия,
Берлин, улица 17 Июня, 145,
riedel@tu-berlin.de

Riedel Sebastian

Dr.-Ing. Technische Universität Berlin,
Institute of Biotechnology, 10623,
Deutschland, Berlin, Straße des 17. Juni, 136,
riedel@tu-berlin.de



Международная выставка продуктов питания и напитков

InterFood St. Petersburg

13–14 апреля 2021 г.

Выставка продуктов питания и напитков **InterFood St. Petersburg** — эффективная бизнес-площадка для проведения переговоров и заключения контрактов между производителями, поставщиками и представителями предприятий оптовой торговли, независимой и сетевой розничной торговли, а также предприятий общественного питания Северо-Западного региона России, заинтересованными в расширении и обновлении ассортимента продуктов питания и напитков.

В фокусе 2021 года представлены разделы:

➤ **Продукты питания:**

- Кондитерские изделия
- Хлеб и хлебобулочные изделия
- Бакалея, крупы, макаронные изделия
- Мясо и птица, колбасные изделия
- Рыба и рыбные консервы
- Масложировая продукция
- Замороженные продукты и полуфабрикаты
- Консервированные продукты
- Молоко и кисломолочные продукты
- Сыры
- Овощи и фрукты
- Плодоовощная продукция, мед, орехи, семена

➤ **Напитки:**

- Безалкогольные напитки
- Алкогольные напитки
- Чай
- Кофе

➤ **Здоровое питание**

Место проведения:

Санкт-Петербург, Петербургское шоссе,
64/1, квц "ЭКСПОФОРУМ"

<http://www.interfood-expo.ru/>