

УДК 664.951.014: 639.55: 627.8

Оценка биопотенциала вторичного крабового сырья и продуктов его гидролиза для использования в аквабиотехнологии

Д-р техн. наук О. Я. МЕЗЕНОВА¹, д-р техн. наук С. Н. МАКСИМОВА²,
канд. техн. наук С. В. АГАФОНОВА¹, канд. техн. наук Н. Ю. РОМАНЕНКО¹,
Н. С. КАЛИНИНА¹, В. В. ВОЛКОВ¹, д-р наук Й.-Т. МЕРЗЕЛЬ³

¹Калининградский государственный технический университет

²Дальневосточный технический рыбохозяйственный университет

³Научно-исследовательская и консультационная лаборатория UBF GmbH, Альтландсберг, Германия

E-mail: mezenova@klgtu.ru

Россия является мировым лидером по добыче камчатских крабов. После отделения конечностей остается 24–36% крабовых отходов, которые в нашей стране в основном утилизируются, хотя содержат ценные органические компоненты. Целью исследований являлась оценка биопотенциала крабовых отходов и продуктов его гидролиза высокотемпературным и ферментативным способами. В работе использованы общепринятые и стандартные методы оценки химического состава, биологической и питательной ценности. Крабовые отходы (головогрудь, карапакс, гепатопанкреас, абдомен) содержат 15,6–16,9% белка, 8,3–8,6% минеральных веществ, 1,4–1,9% жира, 72,6–75,8% воды, 1,8–2,4% углеводов (хитина). При высокотемпературном и ферментативном гидролизе после разделения и сушки образуются водорастворимая и осадочной фракции с содержанием протеинов соответственно 61,1–68,9% и 34,9–45,8% (термогидролиз) и 62,5–66,3% и 31,3–38,5% (ферментализ). При ферментализе крабовых отходов с применением алкалазы достигнут более глубокий уровень расщепления белков, чем при обработке коллагеназой. Установлена близость аминокислотного состава различных гидролизатов, наличие в них практически всех незаменимых аминокислот. Преобладают аланин, аргинин, глицин, таурин, лейцин, лизин. Установлен молекулярно-фракционный состав водорастворимых гидролизатов. Во всех образцах преобладают фракции с молекулярной массой менее 100 кДа (100% в термогидролизатах и 91,36% в ферментализатах). В термогидролизатах содержание низкомолекулярных активных пептидов с ММ менее 5 кДа несколько выше, чем ферментализатах (соответственно 41,72% и 38,12%). Анализ жирно-кислотного состава крабового жира показал его высокую биологическую ценность по содержанию ПНЖК (42,5%), ЖК семейства омега-3 (30,6%) и омега-6 (12,3%). Водорастворимые термогидролизат успешно испытан в составе комбикормов при выращивании молоди форели. Установлено повышение коэффициент роста экспериментальных рыб в 1,24 раза относительно контрольных. Полученные результаты свидетельствуют о высоком биопотенциале и рациональности применения гидролизатов крабовых отходов в аквабиотехнологии.

Ключевые слова: вторичное крабовое сырье, гидролиз, термолиз, ферментализ, активные пептиды, аминокислотный состав, жирно-кислотный состав, молекулярно-фракционный состав, аквакультура.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 20.06.2023, одобрена после рецензирования 20.07.2023, принята к печати 27.07.2023

DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-3-44-52

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Мезенова О. Я., Максимова С. Н., Агафонова С. В., Романенко Н. Ю., Калинина Н. С., Волков В. В., Мерзель Й.-Т. Оценка биопотенциала вторичного крабового сырья и продуктов его гидролиза для использования в аквабиотехнологии. // Вестник Международной академии холода. 2023. № 3. С. 44-52. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-3-44-52

Biopotential of secondary crab raw materials and products of its hydrolysis for use in aquabiotechnology

D. Sc. O. Ja. MEZENOVA¹, D. Sc. S. N. MAKSIMOVA²,
Ph. D. S. V. AGAFONOVA¹, Ph. D. N. Yu. ROMANENKO¹,
N. S. KALININA¹, V. V. VOLKOV¹, D. Sc. J.-T. MÖRSEL³

¹Kaliningrad State Technical University

²Far East Technical Fisheries University

³Research and consulting laboratory UBF GmbH, Altlandsberg, Germany

E-mail: mezenova@klgtu.ru

Russia is the world leader in the extraction of king crabs. After the separation of the limbs, 24–36% of crab waste remains, which in our country are mainly utilized despite their containing valuable organic components. The purpose of the research is to assess the biopotential of Kamchatka crab waste and its hydrolysis products by high-temperature and enzymatic methods. The work used generally accepted and standard methods for assessing the chemical composition, biological and nutritional value. It has been shown that, on average, crab waste (cephalothorax, carapace, hepatopancreas, and abdomen) contains 15.6–16.9% protein, 8.3–8.6% minerals, 1.4–1.9% fat, 72, 6–75.8% water, and 1.8–2.4% carbohydrates (chitin). During high-temperature and enzymatic hydrolysis after separation of the system and drying of the products, water-soluble and sedimentary fractions are formed with a protein content of 61.1–68.9% and 34.9–45.8% (thermo-hydrolysis), and 62.5–66.3% and 31.3–38.5% (fermentolysis). The enzymatic lysis of crab waste using the enzyme alkalase achieved a deeper level of hydrolysis than the treatment with collagenase. The proximity of the amino acid composition of proteins of various hydrolysates as well as the presence of almost all essential amino acids in them have been established. Alanine, arginine, glycine, taurine, leucine, and lysine predominate. The molecular-fractional composition of water-soluble hydrolysates has been established. In all samples, fractions with a molecular weight of less than 100 kDa predominate (100% in thermo-hydrolysates and 91.36% in fermentolysates). In thermo-hydrolysates, the content of low molecular weight active peptides with MM less than 5 kDa is somewhat higher than in enzymes (41.72% and 38.12%, respectively). An analysis of the fatty acid composition of crab fat showed its high biological value in terms of the content of PUFAs (42.5%), fatty acids of the omega-3 (30.6%) and omega-6 (12.3%) families. The water-soluble thermo-hydrolyzate was successfully tested in the composition of feed for growing trout fry. An increase in the growth coefficient of experimental fish by 1.24 times relative to the control ones was established. The obtained results testify to the high biopotential and rationality of the use of crab waste hydrolysates in aquabiotechnology.

Keywords: secondary crab raw materials, hydrolysis, thermolysis, enzymatic lysis, active peptides, amino acid composition, fatty acid composition, molecular fractional composition, aquaculture.

Article info:

Received 06/10/2023, approved after reviewing 05/04/2023, accepted 07/06/2023

DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-3-44-52

Article in Russian

For citation:

Mezenova O. Ja., Maksimova S. N., Agafonova S. V., Romanenko N. Yu., Kalinina N. S., Volkov V. V., Mörsel J.-T.

Biopotential of secondary crab raw materials and products of its hydrolysis for use in aquabiotechnology. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2023. No 3. p. 44-52. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-3-44-52

Введение

Камчатские крабы (*Paralithodes Camtschaticus*) являются популярным объектом лова на Дальнем Востоке, мышечная ткань их конечностей обладает прекрасными вкусовыми качествами. При этом вторичное сырье или отходы, которые составляют 24–36% от массы сырья, как правило, не используются и утилизируются выбросом в море. Крабовые отходы представлены в основном сырой или вареной головогрудью, содержащей карапакс, абдомен, гепатопанкреас, жабры [1, 2]. Данное сырье богато органическими веществами, обладающими кормовой питательной ценностью. В высушенных крабовых отходах содержание белка колеблется от 21 до 27%, воды 7–8%, липидов 0,2–0,4%, минеральных веществ 34–39%, хитина 26–32% [3, 4]. Однако непосредственное применение отходов для корма животных или рыб затруднено из-за повышенной механической прочности, высокого содержания минеральных веществ и хитина, а также быстрой порчи, обусловленной активными ферментами гепатопанкреаса.

Промышленная переработка крабовых отходов не превышает 2–3% всей биомассы вторичного крабового сырья. Из крабовых отходов вырабатывают кормовую крабовую крупку, которую используют для получения хитина/хитозана [5, 6]. Из гепатопанкреаса выделяют ферменты, наиболее ценными из которых являются протеазы коллагеназной специфичности [7]. Специалисты ВНИРО пред-

ложили из крабовых отходов получать кормовую добавку путём автоферментолиза за счет ферментов внутренностей или с вносимого папаина. Полученная ферментированная масса содержит незаменимые аминокислоты, жирные кислоты, минеральные элементы и хитин [4].

В Дальрыбвтузе разработана технология получения из крабовых отходов с применением автоферментолиза при низких значениях pH полуфабриката, напоминающего по химическому составу и органолептическим свойствам мышечную ткань крабов. Такая крабовая биомасса рекомендуется для выработки различных пищевых и кормовых продуктов [8].

Крабовые отходы в основном используются для получения биополимеров хитина и его деацетилированного производного хитозана, который нашел широкое применение в пищевой, аграрной, ветеринарной, косметической, медицинской и других отраслях промышленности [1, 2, 5, 6]. Однако до сих пор масштабного производства этих биополимеров в нашей стране нет. Хитин/хитозан получают путем жесткой химической депротеинизации и деминерализации крабовой крупки щелочами и кислотами, что экологически проблемно для производства.

Другим направлением использования крабовых отходов является получение из них крабовой муки по технологии кормовой рыбной муки для использования в животноводстве и рыбоводстве. Однако такой продукт обладает низкой питательной ценностью, что обусловлено, прежде всего, высо-

ким содержанием в готовом продукте минеральных веществ и хитина (29,4%) и низким уровнем белка (42,6%) [9].

Представляется перспективным получение из крабовых отходов путем глубокого высокотемпературного гидролиза по технологии КГТУ органических композиций с высоким содержанием низкомолекулярных пептидов в протеиновой фракции [10]. По результатам предварительно проведенных на кафедре пищевой биотехнологии экспериментов из крабовых отходов по данной технологии было получено два продукта — пептидно-протеиновый с содержанием низкомолекулярного белка 45–67%, и белково-минеральный продукт, содержащий 27–34% высокомолекулярного белка и 35–56% минеральных веществ с хитином [11]. Данные продукты по уровню и качеству протеиновых составляющих имеют преимущества перед крабовой мукой, поскольку они включают весь органический биопотенциал сырья при безотходной переработке крабовых отходов. Предлагаемая технология рациональна к применению в судовых условиях, где проводится первичная разделка крабов. Она также может быть реализована на береговых предприятиях при обработке мороженых отходов.

Представляют также научный интерес результаты исследования биопотенциала жиров, выделяемых из крабовых отходов при высокотемпературной переработке по технологии КГТУ. Установлено, что в мышечной ткани крабов жиров мало, в основном они содержатся в отходах, в частности, печени [1]–[4].

Цель и задачи исследования

Цель работы заключалась в оценке протеинового и жирового биопотенциала крабовых отходов (головогрудь, печень, карапакс, абдомен, гепатопанкреас) и их гидролизатов, а также рациональности их использования в составе кормов для индустриальной аквакультуры.

Для достижения поставленной цели исследовали общий химический состав крабовых отходов и их гидролизатов, полученных высокотемпературным и ферментативным способами гидролиза, определяли эффектив-

ность ферментализации воздействием различных ферментных препаратов, исследовали аминокислотный состав протеинов и жирнокислотный состав липидной фракции гидролизатов, устанавливали молекулярно-фракционный состав их протеиновых фракции. В специальных биологических исследованиях определяли эффективность введения в корма молоди радужной форели полученных водорастворимых гидролизатов крабовых отходов.

Материалы и методы исследования

В качестве сырья использовали отходы от разделки камчатских крабов *Paralithodes camtschaticus*. Общий химический состав сырья и гидролизатов (содержание воды, белка, жира, минеральных веществ, аминного или формольно-титруемый азота) определяли по ГОСТ 7636.

Для получения гидролизатов сырье измельчали и подвергали 2-м видам гидролиза. Высокотемпературный гидролиз проводили в термореакторе при температуре 120–140 °С и давлении 1,3–1,6 бар в течение 1 ч [12]. Ферментативную обработку крабовых отходов проводили в водной среде при гидромодуле 1:1 ферментными препаратами алкалаза 2,5 L (Novozymes), активность 2,5 AU/г; коллагеназа (ОАО «Биопрогресс»).

Аминокислотный состав протеинов определяли хроматографическим методом ВЭЖХ/УФ-ФД AT 1200 Series Infinity DAD и 1260 FLD; жирнокислотный состав липидов — методом газовой хроматографии (ГХ/МС) на AT GC/MS 5975. Данные исследования проводили в Научно-исследовательской и консультационной лаборатории UBF (Альглансберг, Германия).

Молекулярно-фракционный состав образующихся при гидролизе пептидов определяли методом жидкостной хроматографии на приборе LaChrom (Hitachi, колонка Yarra phenomenex) по методике Германии (§ 64 LFGB).

Эксперименты по получению крабовых гидролизатов проводили в пятикратной повторности. Для анализа брали усредненный образец. Жир выделяли тепловым способом из печени и внутренностей (гепатопанкреаса) крабов.

Таблица 1

Химический состав крабовых отходов и продуктов его термического и ферментативного гидролиза

Table 1

Chemical composition of crab waste and products of its thermal and enzymatic hydrolysis

Вид сырья	Химический состав, % массы				
	Вода	Углеводы (в т. ч. хитин)	Жир	Минеральные вещества	Протеины
Крабовые отходы, мороженые	72,6–75,8 74,2	1,8–2,4 2,1	1,4–1,9 1,65	8,3–8,6 8,45	15,6–16,9 16,25
Продукты термического гидролиза					
ППФ ¹ из крабовых отходов	7,6–8,4 8,0	3,1–4,8 3,95	0,2–0,3 0,25	15,7–16,4 16,1	59,7–67,9 63,8
БМФ ² из крабовых отходов	12,3–13,9 13,1	5,1–7,3 6,2	0,4–1,4 0,9	34,2–39,4 36,8	34,9–45,8 40,35
Продукты ферментативного гидролиза с применением алкалазы					
ППФ ¹ из крабовых отходов	7,9–8,7 8,3	2,3–3,5 2,9	0,15–0,4 0,28	14,3–15,8 15,1	62,5–66,3 64,4
БМФ ² из крабовых отходов	12,0–13,8 12,9	5,5–7,9 6,7	0,8–2,4 1,6	36,1–42,3 39,2	31,3–38,5 34,9

Примечание: ¹ППФ — пептидно-протеиновая фракция (сублимированная); ²БМФ — белково-минеральная фракция (высушенная конвекционно)

Биологические испытания по выращиванию радужной форели в аквакультуре проводили на ООО «Промкорма» в УЗВ установках.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли методами регрессивного анализа с использованием пакетов программ «Microsoft Office 2010» (Mr Word, Ms Excel)» на 95%-ном доверительном уровне.

Результаты исследования, их обсуждение

Общий химический состав (среднее из 5 измерений) крабовых отходов (карапакс, абдомен, гепатопанкреас, жабры) и полученных из них гидролизатов приведен в табл. 1.

Из данных табл. 1 следует, что исследованное сырье содержит достаточно много белка (15,6–16,9%) и минеральных веществ (8,3–8,6%) при невысокой жирности

(1,4–1,9%), что согласуется с литературными данными и позволяет считать данное сырье перспективным для получения белковых и белково-минеральных продуктов [1]–[4]. При переработке его гидролизным методом с последующим фракционированием и сушкой образующихся фракций в полученных продуктах (ППФ и БМФ) содержание протеинов соответственно увеличивается до 63,8% (при термогидролизе) и 64,4% (при ферментализе) при высоком уровне минерализации БМФ (соответственно 36,8% и 39,2%), обогащенных хитиновыми компонентами (6,2% и 6,7%).

Ферментативный способ гидролиза крабовых отходов изучали в экспериментах с применением 2-х видов ферментных препаратов (алкалаза и коллагеназа) при одинаковых дозировках (0,5% к массе сырья) и темпера-

Таблица 2

Результаты оценки глубины ферментализа крабовых отходов разными ферментами

Table 2

Results of assessing the depth of enzymatic lysis of crab waste by different enzymes

Вид ферментного препарата	Количество ферментного препарата, % к массе сырья	Продолжительность гидролиза, ч	Температура гидролиза, °C	Масса водорастворимого гидролизата, г	Масса водонерастворимого плотного остатка, г	Содержание сухих веществ в гидролизате, %	Значение ФТА в гидролизате, мг/100 г
Алкалаза	0,5	2	55	198,2	101,8	7,58	324,8
Коллагеназа	0,5	2	37	170	130	6,09	199,0

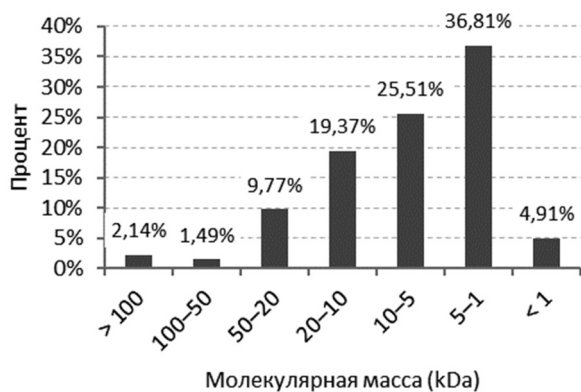
Таблица 3

Аминокислотный состав водорастворимых гидролизатов, полученных высокотемпературным термоллизом и ферментализом различными ферментами

Table 3

Amino acid composition of water-soluble hydrolysates obtained by high-temperature thermolysis and fermentolysis by various enzymes

№	Аминокислота	Содержание в гидролизате, г/100 г, полученном		
		высокотемпературным термоллизом	ферментализом с коллагеназой	ферментализом с алкалазой
1	Аланин	6,4	6,2	5,7
2	Аргинин	5,4	5,5	6,4
3	Аспарагин	0,3	1,6	1,8
4	Аспарагиновая кислота	3,2	1,9	2,0
5	Карнозин	<0,1	—	—
6	Цитрулин	0,1	0,1	0,1
7	Цистин	<0,1	0,1	0,1
8	Глутамин	<0,1	0,8	1,0
9	Глутаминовая кислота	2,5	4,1	3,7
10	Глицин	5,7	5,6	4,9
11	Гистидин	0,8	1,3	1,6
12	Гидроксипролин	<0,1	0,1	<0,1
13	Изолейцин	4,3	4,0	<0,1
14	Лейцин	4,0	4,0	4,0
15	Лизин	4,5	4,5	4,4
16	Метионин	2,0	1,9	2,1
17	Орнитин	0,1	1,0	0,4
18	Фенилаланин	3,1	3,2	3,9
19	Пролин	2,7	2,5	1,8
20	Серин	2,8	2,0	2,4
21	Таурин	5,3	4,2	3,7
22	Треонин	2,4	2,9	3,0
23	Триптофан	0,4	0,5	0,7
24	Тирозин	3,3	1,1	2,8
25	Валин	3,7	3,8	3,9



а



б

Рис. 1. Молекулярно-массовый состав водорастворимых фракций гидролизатов крабовых отходов, полученных: а — высокотемпературным гидролизом; б — ферментализом с применением алкалазы

Fig. 1. Molecular weight composition of water-soluble fractions of hydrolysates of crab waste obtained by: a — high-temperature hydrolysis; b — fermentolysis using alkalase

турах рекомендуемого оптимума. Об эффективности такой обработки судили по содержанию сухих веществ и накоплению низкомолекулярного аминного азота (формольно-титруемый азот — ФТА) в водорастворимом гидролизате (табл. 2). Видно, что для получения более глубокого уровня гидролиза протеинов сырья рациональнее применять фермент алкалаза, т. к. показатель ФТА (324, 8 мг/100 г) в 1,6 раза превышает соответствующее значение количества аминного азота в гидролизате, полученном с применением коллагеназы (199,0 мг/100 г).

О биологической ценности водорастворимых фракций крабовых гидролизатов, полученных различными способами, судили по аминокислотному составу протеинов (табл. 3).

Анализ полученных данных (табл. 3) показывает близость аминокислотного состава гидролизатов различных способов получения по количественному и качественному составу аминокислот, при этом во всех образцах присутствуют практически все незаменимые аминокислоты, в том числе ценный лизин (4,4–4,5 г/100 г), при этом установлено незначительное содержание триптофана (0,4–0,7 г/100 г). Преобладают аланин, аргинин, глицин, таурин, лейцин, лизин, причем их содержится установлено примерно на одинаковом уровне (6,4–7,7 г/100 г белка). Повышенное количество глицина (4,9–5,7 г/100 г) и пролина (1,8–2,7 г/100 г) свидетельствует о приоритетном присутствии в сырье коллагеновых тканей, в составе которых преобладают данные аминокислоты. Установлено минимальное содержание гидроксипролина (0,1 г/100 г и менее), характерного для рыбного коллагена, что свидетельствует о разном строении коллагеновых белков рыб и хитинсодержащего сырья, к которому относятся крабы.

Диаграммы результатов определения фракционно-молекулярного состава водорастворимых гидролизатов крабовых отходов, полученных различными способами, приведены на рис. 1. Видно, что по количественному содержанию низкомолекулярных фракций гидролизаты тоже близки. Полученные гидролизаты можно назвать пептидно-протеиновыми, т. к. основная масса фракций имеет молекулярную массу (ММ) менее 100 кДа

Таблица 4

Жирно-кислотный состав жира, выделенного из печени камчатского краба (гепатопанкреаса)

Table 4

Fatty acid composition of fat isolated from king crab liver (hepatopancreas)

№	Жирная кислота	Содержание, % массы жира
1	14:0 Миристиновая	1,8
2	15:0 Пентадекановая	0,5
3	16:0 Пальмитиновая	10,6
4	16:1 n7 Пальмитолеиновая	9,2
5	17:0 Маргариновая	1,3
6	17:1 Маргаринолеиновая	1,2
7	18:0 Стеариновая	3,7
8	cis 18:1 n9 trЭлаидиновая	0,7
9	cis 18:1 n9 Олеиновая	11,2
10	cis 18:1 n7 Вакценовая	12,3
11	tr 18:2 n6 Октадекадиеновая	0,3
12	cis 18:2 n6 Линолевая	0,9
13	cis 18:3 n6 Гамма-линоленовая	7,5
14	cis 20:0 Арахидиновая	0,4
15	cis 18:3 n3 Альфа-линоленовая	3,6
16	cis 20:1 n9 Гондоиновая	2,7
17	cis 20:2 n6 Эйкозодиеновая	1,2
18	cis 20:3 n3 Эйкозатриеновая	4,4
19	cis 22:0 Бегеновая	0,3
20	cis 20:4 n6 Арахидононовая	2,4
21	cis 20:5 n3 Эйкозапентаеновая (ЭПК)	15,2
22	24:0 Лигноцериновая	0,9
23	cis 24:1 n9 Нервоновая	0,5
24	cis 22:5 n3 Докозапентаеновая	1,8
25	cis 22:6 n3 Докозагексаеновая (ДГК)	5,7
26	Сумма	100,0
27	Сумма НЖК	19,3
28	Сумма МНЖК	37,3
29	Сумма ПНЖК	42,5
30	Сумма омега 6	12,3
31	Сумма Trans ЖК	0,9
32	Сумма n3 ЖК	30,6

(100% — в термогидролизатах и 91,36% в ферментолизатах), при этом 8,64% ферментолизатов имеют фракции с ММ более 100 кДа (рис. 1, а и 1, б). Термогидролиз позволяет получать несколько больше низкомолекулярных пептидов с ММ менее 50 кДа (96,37%), чем ферментолиз (88,06%). При этом содержание пептидов с ММ менее 5 кДа, которые считаются физиологически активными [13]–[16], преобладает в гидролизатах термического способа получения (41,72% против 38,12%).

При исследовании биопотенциала крабового жира, выделенного при гидролизе гепатопанкреаса крабов, следует отметить его специфические органолептические характеристики. Жир имел характерный для крабового сырья запах, без порочащих признаков и неприятных оттенков. Анализ жирно-кислотного состава жира показал его высокую биологическую ценность по содержанию эссенциальных высоконепредельных жирных кислот (табл. 4).

Из данных табл. 4 следует, что крабовый жир отличается повышенным содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК — 42,5%), в том числе жирных кислот (ЖК) семейства омега-3 (30,6%) и омега-6 (12,3%). Установлено, что в жирах крабовых отходов содержание насыщенных ЖК (НЖК) составляет 19,3% (в том числе пальмитиновой 10,6%), мононенасыщенных ЖК (МНЖК) 37,3%, в том числе олеиновой (11,2%) и вакценовой (12,3%). Следует отметить, что основную долю ПНЖК в жире краба составили жирные кислоты семейства омега-3 (30,6%), при этом преобладающими в данной группе являются эйкозапентаеновая (15,2%) и докозагексаеновая (5,8%) жирные кислоты. Доля физиологически активных омега-6 жирных кислот составила 12,3%, что объясняется повышенным количеством основной линоленовой кислоты (7,5%).

Из полученных данных следует, что 1,2 г крабового жира полностью удовлетворит ежесуточную потребность организма человека всех возрастов, начиная от 3-х лет, в употреблении ДГК и ЭПК. Рекомендуемая физиологическая норма в данных жирных кислотах (250 мг/сутки) регламентирована в МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ».

С другой стороны, химические показатели безопасности качества полученного жира показывают, что по значениям гидролитической и окислительной порчи данные жиры не соответствуют требованиям безопасности, предъявляемым к пищевым рыбным жирам (ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»). Значение кислотного числа (КЧ) было равно 5,5 мг КОН/г жира (норма для рыбного жира — не более 4,0 мг КОН/г жира), перекисного числа (ПЧ) — 85,6 (норма — не более 10 ммоль акт. кислорода /кг).

Вопрос безопасности крабового жира для пищевого использования человеком требует специального изучения, поскольку указанный выше документ по безопасности распространяется только на рыбные жиры. При этом полученный крабовый жир вполне может быть применим в кормовых целях.

С учетом изученного биопотенциала вторичного крабового сырья и его гидролизатов было рекомендовано использовать водорастворимую фракцию (высушенную пептидно-протеиновую фракцию) в составе комби-

кормов при выращивании радужной форели в промышленной аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) по методике кормовых испытаний [17]–[20]. Испытания были проведены в ООО «Промкорма» (Калининградская обл.) в течение 56 суток (с 27.04.23 по 1.06.23), на молоди форели, предоставленной рыбководной компанией ООО «Полекс-Аква» (средняя масса рыб 110 г). При этом в рецептуре стандартного корма (контрольная группа) 5% рыбной муки было заменено на 5% ППФ (экспериментальная группа). В сравнительных испытаниях по измерению масс рыб в конце экспериментов было установлено, что прирост массы в контрольной группе рыб составил 48,3%, а в экспериментальной — 60%, что свидетельствует о повышении коэффициента роста рыбы в последнем случае в 1,24 раза.

Таким образом, в биологических испытаниях по использованию крабовых гидролизатов в комбикормах форели, выращиваемой в промышленной аквакультуре, была подтверждена эффективность и перспективность их получения и применения. Установлена повышенная усвояемость водорастворимых гидролизатов крабовых отходов, внесенных в рецептуру корма при замене части традиционной рыбной муки.

Выводы

Показана рациональность переработки отходов камчатского краба (*Paralithodes Camtschaticus*) методом глубокого гидролиза с применением высокотемпературного и ферментативного способов и получением низкомолекулярных водорастворимой пептидно-протеиновой и водонерастворимой белково-минеральной фракций в форме сухих добавок.

Установлен химический состав крабовых отходов и продуктов его гидролиза. Показано высокое содержание белка в сырье (15,6–16,9%). Высушенные водорастворимые продукты гидролиза содержат протеинов соответственно 61,1–68,9% (термогидролиз) и 62,5–66,3% (ферментолиз).

Обоснована высокая биологическая ценность водорастворимых протеиновых гидролизатов по аминокислотному составу и молекулярной массе образующихся пептидных фракций. Установлено присутствие во всех гидролизатах всех незаменимых аминокислот. В термогидролизатах 100% пептидов имели молекулярную массу менее 100 кДа, в ферментолизатах подобная доля составила 91,36%. Содержание низкомолекулярных (активных) пептидов с ММ менее 5 кДа составило соответственно 41,72% и 38,12%.

Исследована биологическая эффективность крабового жира по жирно-кислотному составу; содержание ПНЖК составляет 42,5%, в том числе жирных кислот семейства омега 3–30,6%, омега 6–12,3%. Преобладающими в группе омега 3 являются эйкозапентаеновая (15,2%) и докозагексаеновая (5,8%) жирные кислоты. 1,2 г крабового жира удовлетворяют ежесуточную потребность организма человека в употреблении ДГК и ЭПК.

Показана биологическая эффективность применения водорастворимых крабовых гидролизатов в составе комбикормов при выращивании радужной форели; в сравнительных экспериментах при введении гидролизата вместо 5% рыбной муки установлена интенсификация роста мальков в 1,24 раза.

Литература

1. Максимова С. Н., Полещук Д. В., Суrowцева Е. В., Верещачина К. К., Милованов А. В. Потенциал вторичных ресурсов камчатского краба как технологически ценного сырья // Пищевая промышленность. 2019. Т. 4. № 4. С. 30–36. DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-4-4.
2. Подкoryтова А. В., Строгова Н. Г., Семикова Н. В. Комплексная переработка камчатского краба при производстве пищевой продукции и биологически активных веществ // Труды ВНИРО. Серия «Технология переработки водных биоресурсов». 2018. Т. 172. С. 198–212.
3. Максимова С. Н., Полещук Д. В., Верещачина К. К., Панчичина Е. М., Суrowцева Е. В. Перспективы биомодификации отходов от разделки синего краба *Paralithodes platypus*. // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2020. № 3 (78). С. 14–23.
4. Игнатьева Т. А., Родина Т. В., Подкoryтова А. В. Биотехнологическая конверсия отходов от разделки краба *Paralithodes camtschaticus* при получении кормовой добавки с хитином // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2015. Т. 11. № 1. С. 20–27.
5. Bioconversion of shrimp waste *Penaeus merguensis* using lactic acid fermentation: an alternative procedure for chemical extraction of chitin and chitosan / F. Sedaghat, M. Yousefzadi, H. Toiserkani, S. Najafipour // *Int. J. Biol. Macromol.* 2017. V. 104. pp. 883–888. DOI 10.1016/j.ijbiomac. 2017.06.099.
6. Yadav M., Goswami P., Paritosh K. et al. Seafood waste: a source for preparation of commercially employable chitin/chitosan materials. // *Bioresour. Bioprocess.* 2019. V. 6. No 8. DOI. org/10.1186/s40643-019-0243-y.
7. Пonomарева Т., Тимченко М., Филиппов М., Лапаев С., Согорин Е. Перспективы переработки гепатопанкреаса камчатского краба. // Фундаментальная и прикладная биохимия ФИЦ «Пушчинский научный центр биологических исследований РАН». Оpubл. 2.01.2021. URL: <https://www.mdpi.com/2313-4321/6/1/3> (дата обращения: 18.06.2023).
8. Максимова С. Н., Полещук Д. В., Верещачина К. К. и др. Исследование процесса аутопротеолиза отходов от разделки синего краба (*Paralithodes platypus*). // Пищевая промышленность. 2021. № 7. С. 20–23. DOI: 10.52653/PPI. 2021.7.7.002
9. Шевченко Д. Г., Передняя А. А. Отходы переработки сырья крабового промысла как перспективный компонент комбикормов. ФГУП «ВНИРО», ЗАО «Рыболовецкий колхоз «Восток-1». [Электронный ресурс]: <https://akvarium-moskva.ru/science/rubbish.html> (дата обращения: 18.06.2023).
10. Способ получения пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением гидролиза: пат. 2681352 Рос. Федерация. № 2018103795/10 / Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Байдалинова Л. С., Городниченко Л. В., Волков В. В., Мезенова Н. Ю., Гримм Т., Хелинг А.; заявл. 31.01.2018; опубл. 06.03.2019. Бюл. № 12. 18 с.
11. Мезенова О. Я. Биопотенциал вторичного хитинсодержащего сырья и рациональные направления его использования // Известия КГТУ. 2023. № 69. С. 74–88. DOI. 10.46845/1997-3071-2023-69-74-88.
12. Мезенова О. Я., Волков В. В., Мерзель Т., Гримм Т., Кюн С., Хелинг А., Мезенова Н. Ю. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении протеинов и исследование их аминокислотной сбалансированности // Известия вузов. Прикладная химия

References

1. Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Surovtseva E. V., Vereshchagina K. K., Milovanov A. V. Potential of secondary resources of king crab as a technologically valuable raw material. *Food industry.* 2019. V. 4. No. 4. pp. 30–36. DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-4-4. (in Russian)
2. Podkorytova A. V., Strogova N. G., Semikova N. V. Complex processing of king crab in the production of food products and biologically active substances. *Proceedings of VNIRO. Series «Technology of processing of aquatic bioresources».* 2018. V. 172. pp. 198–212. (in Russian)
3. Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Vereshchagina K. K., Panchichina E. M., Surovtseva E. V. Prospects for biomodification of waste from cutting the blue crab *Paralithodes platypus*. *Bulletin of the East Siberian State University of Technology and management.* 2020. No. 3 (78). pp. 14–23. (in Russian)
4. Ignatova T. A., Rodina T. V., Podkorytova A. V. Biotechnological conversion of waste from the butchering of the *Paralithodes camtschaticus* crab when obtaining a feed additive with chitin. *Bulletin of Biotechnology and Physico-Chemical Biology named after Yu. A. Ovchinnikov.* 2015. V. 11. No. 1. pp. 20–27. (in Russian)
5. Bioconversion of shrimp waste *Penaeus merguensis* using lactic acid fermentation: an alternative procedure for chemical extraction of chitin and chitosan / F. Sedaghat, M. Yousefzadi, H. Toiserkani, S. Najafipour. *Int. J. Biol. Macromol.* 2017. V. 104. pp. 883–888. DOI 10.1016/j.ijbiomac. 2017.06.099.
6. Yadav M., Goswami P., Paritosh K. et al. Seafood waste: a source for preparation of commercially employable chitin/chitosan materials. *Bioresour. Bioprocess.* 2019. V. 6. No 8. DOI. org/10.1186/s40643-019-0243-y.
7. Prospects for processing the hepatopancreas of the king crab / T. Ponomareva, M. Timchenko, M. Filippov, S. Lapaev, E. Sogorin // *Fundamental and Applied Biochemistry Federal Research Center «Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences».* Published 2.01.2021. URL: <https://www.mdpi.com/2313-4321/6/1/3> (date of access: 06/18/202) (in Russian)
8. Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Vereshchagina K. K. et al. Study of the process of autolysis of waste from the cutting of blue crab (*Paralithodes platypus*). *Food industry.* 2021. No. 7. pp. 20–23. DOI: 10.52653/PPI. 2021.7.7.002. (in Russian)
9. Shevchenko D. G., Perednya A. A. Waste processing of crab fishery raw materials as a promising component of animal feed. VNIRO, CJSC Fishing Collective Farm Vostok-1. [Electronic resource]: <https://akvarium-moskva.ru/science/rubbish.html> (date of access: 06/18/202). (in Russian)
10. Method for obtaining food additives from secondary fish raw materials using hydrolysis: Pat. 2681352 Ros. Federation. No. 2018103795/10 / Mezenova O. Ya., Agafonova S. V., Baydalinova L. S., Gorodnichenko L. V., Volkov V. V., Mezenova N. Yu., Grimm T., Hoeling A.; dec. 01/31/2018; publ. 03/06/2019. Bull. No. 12. 18 p. (in Russian)
11. Mezenova O. Ya. Biopotential of secondary chitin-containing raw materials and rational directions for its use. *News of KSTU.* 2023. No. 69. P. 74–88. DOI. 10.46845/1997-3071-2023-69-74-88. (in Russian)
12. Mezenova O. Ya., Volkov V. V., Moerzel T., Grimm T., Kühn S., Hoeling A., Mezenova N. Yu. Comparative evaluation of the methods of hydrolysis of collagen-containing fish raw materials in the production of proteins and the study of their amino acid balance. *Izvestiya vuzov. Applied chemistry and bio-*

- и биотехнология. 2018. Т. 8. № 4. С. 83–94. DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-83-94>
13. Тутельян В. А., Хавинсон В. Х., Рыжак Г. А. и др. Короткие пептиды как компоненты питания: молекулярные основы регуляции гомеостаза. // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134. № 3. С. 227–235.
 14. Гришин Д. В., Подобед О. В., Гладиллина Ю. А., Покровская М. В., Александрова С. С. и др. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве // Вопросы питания. 2017. Том 86, № 3. С. 20–31.
 15. 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. № 2. С. 48–52.
 16. Kim S. K., Ngo D. H., Vo T. S. Marine fish-derived bioactive peptides as potential antihypertensive agents // Adv. Food. Nutr. Res. 2012. no 65. pp. 249–60.
 17. Проектирование сбалансированных кормов для индустриальной аквакультуры с применением протеиновых гидролизатов побочного рыбного сырья / О. Я. Мезенова, Д. С. Пьянов, С. В. Агафонова, Н. Ю. Мезенова, В. В. Волков // Рыбное хозяйство. 2021. № 4. С. 81–88. DOI 10.37663/0131-6184-2021-4-81-88
 18. Мезенова О. Я., Тишлер Д., Агафонова С. В., Мезенова Н. Ю., Волков В. В., Бараненко Д. А., Гримм 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
 19. Применение продуктов гидролиза шпротных отходов при кормлении европейского сига *Coregonus lavaretus* в аквакультуре / О. Я. Мезенова, Д. С. Пьянов, С. В. Агафонова, Н. Ю. Романенко, В. В. Волков, Н. С. Калинина // Рыбное хозяйство. 2022. № 3. С. 54–61. DOI 10.37663/0131-6184-2022-3-54-61.
 20. Оценка питательной ценности комбикормов для лососевых с добавлением продуктов гидролиза шпротных отходов / О. Я. Мезенова, Д. С. Пьянов, С. В. Агафонова, Н. Ю. Романенко, В. В. Волков, Н. С. Калинина, Т. Мерзель // Известия КГТУ. 2022. № 67. С. 32–47. DOI 10.46845/1997-3071-2022-67-32-4.
 21. *technology*. 2018. vol. 8. No. 4. pp. 83–94. DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-83-94>. (in Russian)
 22. Tutelyan V. A., Khavinson V. Kh., Ryzhak G. A. and others. Short peptides as nutritional components: molecular basis of homeostasis regulation. *Successes of modern biology*. 2014. V. 134, No. 3. p. 227–235. (in Russian)
 23. Grishin D. V., Podobed O. V., Gladilina Yu. A., Pokrovskaya M. V., Aleksandrova S. S. Bioactive proteins and peptides: current state and new trends in practical application in the food industry and fodder production. *Problems of nutrition*. 2017. V. 86, No. 3. pp. 20–31. (in Russian)
 24. Mezenova N. Yu., Baidalinova L. S., Mezenova O. Ya., Moersel J.-T., Hoeling A. Active peptides of fish scales in gainers for sports nutrition *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2014. No. 2. pp. 48–52. (in Russian)
 25. Kim S. K., Ngo D. H., Vo T. S. Marine fish-derived bioactive peptides as potential antihypertensive agents. *Adv. Food. Nutr. Res.* 2012. no 65. pp. 249–60.
 26. Designing balanced feed for industrial aquaculture using protein hydrolysates of by-product fish raw materials / O. Ya. Mezenova, D. S. Pyanov, S. V. Agafonova, N. Yu. Mezenova, V. V. Volkov. *Fisheries*. 2021. No. 4. pp. 81–88. DOI 10.37663/0131-6184-2021-4-81-88. (in Russian)
 27. 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. (in Russian)
 28. Mezenova O. Ya., Pyanov D. S., Agafonova S. V., Romanenko N. Yu., Volkov V. V., N. S. Kalinina. Application of hydrolysis products of sprat waste when feeding the European whitefish *Coregonus lavaretus* in aqua culture. *Fisheries*. 2022. No. 3. S. 54–61. DOI 10.37663/0131-6184-2022-3-54-61. (in Russian)
 29. Mezenova O. Ya., Pyanov D. S., Agafonova S. V., Romanenko N. Yu., Volkov V. V., Kalinina N. S., Merzel T. Evaluation of the nutritional value of feed for salmon with the addition of sprat waste hydrolysis products. *Izvestiya KSTU*. 2022. No. 67. pp. 32–47. DOI 10.46845/1997-3071-2022-67-32-4. (in Russian)

Сведения об авторах

Мезенова Ольга Яковлевна

Д. т. н., профессор, зав. кафедрой пищевой биотехнологии, Калининградский государственный технический университет, 236022 Россия, Калининград, Советский пр., 1, mezenova@klgtu.ru. ORCID 0000-0002-4716-2571

Максимова Светлана Николаевна

Д. т. н., профессор, зав. кафедрой технологии продуктов питания, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, Россия, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, 52 Б, maxsvet28@mail.ru, ORCID 0000-0001-9654-1044

Агафонова Светлана Викторовна

К. т. н., доцент кафедры пищевой биотехнологии, Калининградский государственный технический университет, 236022 Россия, Калининград, Советский пр. 1, svetlana.agafonova@klgtu.ru, ORCID 0000-0002-5992-414X

Information about authors

Mezenova Olga Ja.

D. Sc., Professor, Chair of the Department of Food Biotechnology of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Sovetskiy pr. 1, mezenova@klgtu.ru. ORCID 0000-0002-4716-2571

Maksimova Svetlana N.

D. Sc., Professor, Chair of the Department of Food Technology, Far Eastern State Technical Fisheries University, 690087, Russia, Primorsky Territory, Vladivostok, st. Lugovaya, 52 B, maxsvet28@mail.ru, ORCID 0000-0001-9654-1044

Agafonova Svetlana V.

Ph. D., Associate Professor of the Department of Food Biotechnology of Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia, Kaliningrad, Sovetskiy pr. 1, svetlana.agafonova@klgtu.ru, ORCID 0000-0002-5992-414X

Романенко Наталья Юрьевна

К. т. н., доцент кафедры пищевой биотехнологии,
Калининградский государственный технический университет,
236022 Россия, Калининград, Советский пр. 1, nataliya.
mezenova@klgtu.ru, ORCID 0000-0002-7433-7189

Калинина Наталья Сергеевна

Зав. лабораториями кафедры пищевой биотехнологии,
Калининградский государственный технический университет,
236022 Россия, Калининград, Советский пр. 1, natalya.
kalinina@klgtu.ru, ORCID 0000-0003-0942-5411

Волков Владимир Владимирович

Директор Центра белка кафедры пищевой биотехнологии,
Калининградский государственный технический университет,
236022 Россия, Калининград, Советский пр., 1, vladimir.
volkov@klgtu.ru, ORCID 0000-0001-5560-7131

Мерзель Йорг-Томас

Доктор наук, профессор, Генеральный директор научно-
консультационной лаборатории UBF GmbH, Ан дер Мюле, 1,
Алтландсберг, Германия, 15345, thomas.moersel@ubf-research.
com. ORCID 0000-0002-5760-1144

Romanenko Natalya Yu.

Ph. D., Associate Professor of the Department of Food
Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, 236022
Russia, Kaliningrad, Sovetskiy pr. 1, nataliya.mezenova@klgtu.ru,
ORCID 0000-0002-7433-7189

Kalinina Natalya S.

Head of the Laboratory of the Department of Food Biotechnology,
Kaliningrad State Technical University, 236022 Russia,
Kaliningrad, Sovetskiy pr. 1, natalya.kalinina@klgtu.ru, ORCID
0000-0003-0942-5411

Volkov Vladimir V.

Director of the Protein Center of the Department of Food
Biotechnology, Kaliningrad State Technical University, 236022
Russia, Kaliningrad, Sovetskiy pr. 1, vladimir.volkov@klgtu.ru

Mörsel Jörg-Thomas

D. Sc., Professor, Director General Geschäftsführer UBF —
Untersuchungs-, Beratungs-, Forschungslaboratorium GmbH, An
der Mühle 1, Altlandsberg, Deutschland, 15345, thomas.moersel@
ubf-research.com, ORCID 0000-0002-5760-1144



Статья доступна по лицензии
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»



28 февраля – 01 марта 2024 года

«Интерагромаш» & «Агротехнологии» – это выставка, направленная на демонстрацию сельскохозяйственной техники, оборудования и материалов для производства и переработки сельхозпродукции.

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ «ИНТЕРАГРОМАШ»:

- Сельскохозяйственная техника и запчасти
- Автоматизация

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ «АГРОТЕХНОЛОГИИ»:

- Растениеводство
- Оборудование для хранения и переработки сельхозпродукции
- Животноводство
- Оборудование для животноводства
- Услуги для АПК

Организатор:

КВЦ «ДонЭкспоцентр»
тел.: (863) 268-77-68

Место проведения:

КВЦ «ДонЭкспоцентр»
г. Ростов-на-Дону, пр. М. Нагибина, 30

Руководитель проекта – Жадан Ольга

тел.: 8-863-268-77-86

моб: 8-918-544-41-20

e-mail: master@donexpocentre.ru

<http://www.interagromash.net/index.html>