

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 664.951:639.512

**А.П. Ярочкин¹, Г.Н. Тимчишина¹, В.Н. Акулин¹, А.Н. Баштовой¹,
С.П. Касьянов², И.М. Виговская^{3*}**¹ Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;² Национальный научный центр морской биологии
им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17;³ Владивостокский РКЗ,
690034, г. Владивосток, ул. Фадеева, 63а**БИОТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ МЕЛКИХ КРЕВЕТОК
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ**

Представлены основные технoхимические характеристики мелкой северной *Pandalus borealis* и углохвостой *Pandalus goniurus* креветок, а также антарктического криля *Euphausia superba*. Показаны основные процессы переработки креветок с использованием собственного комплекса протеиназ для получения продуктов автопротеолиза. Пищевая ценность лизатов креветки сопоставима с пищевой ценностью нежирного творога, отличается от последнего тем, что белок лизатов является полноценным животным белком, сходным с говяжьим. Показано, что лизаты креветок относятся к категории специализированных и функциональных пищевых продуктов и пищевых ингредиентов как источники белка с низким содержанием жира, при высоком уровне омега-3 жирных кислот и астаксантина. Летучие компоненты лизатов из креветки характеризуются наличием 30 соединений, включая тиран, метилтиран, диметилдисульфид, тиоуксусную кислоту, 2-меркаптопропановую кислоту, которые обуславливают вкусоароматические

* Ярочкин Альберт Павлович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: albert.yarochkin@tinro-center.ru; Тимчишина Галина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, e-mail: galina.timchishina@tinro-center.ru; Акулин Валерий Николаевич, кандидат биологических наук, главный специалист, e-mail: valeriy.akulin@tinro-center.ru; Баштовой Александр Николаевич, кандидат технических наук, заведующий сектором, e-mail: a.n.bashtovoy@mail.ru; Касьянов Сергей Павлович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: serg724@yandex.ru; Виговская Инна Михайловна, главный технолог, e-mail: inna1987.06@mail.ru.

Yarochkin Albert P., D. Tech., leading researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: albert.yarochkin@tinro-center.ru; Timchishina Galina N., Ph.D., leading researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: galina.timchishina@tinro-center.ru; Akulin Valery N., Ph.D., chief specialist, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: valeriy.akulin@tinro-center.ru; Bashtovoy Alexander N., Ph.D., head of sector, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: a.n.bashtovoy@mail.ru; Kasyanov Sergey P., Ph.D., senior researcher, National Scientific Center of Marine Biology, Far-Eastern Branch, Russian Ac. Sci., 17, Palchevskogo St., Vladivostok, 690041, Russia, e-mail: serg724@yandex.ru; Vigovskaya Inna M., technologist, Vladivostok fish cannery, 63a, Fadeeva St., Vladivostok, 690034, Russia, e-mail: inna1987.06@mail.ru.

свойства крабов и креветок. По содержанию хлорорганических соединений, радионуклидов, токсичных элементов и микробиологическим характеристикам креветки и лизаты из них безопасны, так как уровень перечисленных соединений, элементов и микроорганизмов, содержащихся в них, ниже ПДК. Лизаты из креветок пригодны к использованию при изготовлении эмульсионных и пастообразных продуктов, товарные показатели которых позволяют причислить их к группе гастрономических продуктов, имеющих высокие вкусовые качества и пищевую ценность.

Ключевые слова: креветка северная *Pandalus borealis*, креветка углохвостая *Pandalus goniurus*, антарктический криль *Euphausia superba*, продукты автопротеолиза, эмульсионные и пастообразные продукты, пищевая ценность, омега-3 жирные кислоты, астаксантин, летучие компоненты лизатов, вкусоароматические свойства.

DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-460-485.

Yarochkin A.P., Timchishina G.N., Akulin V.N., Bashtovoy A.N., Kasyanov S.P., Vigovskaya I.M. Biotechnological processing of small-sized shrimps for using as seafood // Izv. TINRO. — 2020. — Vol. 200, Iss. 2. — P. 460–485.

Main technological and chemical characteristics of small-sized shrimps *Pandalus borealis*, *P. goniurus* and krill *Euphausia superba* are presented. The main processes of this kind of shrimp processing are described, with usage of its own complex of proteinases to produce autoprolysis products. Lysates of these shrimps have high nutritional value comparable with the value of low-fat cottage cheese, though the shrimp lysate protein is a completely animal protein similar to beef one. As a source of low-fat protein, the shrimp lysates belong to the category of specialized and functional food and food ingredients; they also can be considered as the source of omega-3 fatty acids and astaxanthin. Volatile components of the shrimp lysates contain 30 compounds responsible for taste and aroma properties of crabs and shrimps, as thiran, methylthiran, dimethyldisulfide, thioacetic acid, 2-mercaptopropanoic acid, etc. Safety of shrimps and their lysates is provided by low content of organochlorine compounds, radionuclides, toxic elements and low values of microbiological parameters, below of the maximum permissible levels. The shrimp lysates are suitable for using in manufacture of emulsion and pasty products with high commodity properties, classified as gastronomic products with high taste and nutritional value.

Key words: shrimp, *Pandalus borealis*, *Pandalus goniurus*, antarctic krill, *Euphausia superba*, autoprolysis product, emulsion product, pasty product, nutritional value, omega-3 fatty acid, astaxanthin, volatile component of lysate, taste and aroma value.

Введение

Среди объектов донного промысла на Дальневосточном бассейне на долю глубоководных креветок приходится около 24 % от общего допустимого объема вылова ракообразных Берингова, Охотского и Японского морей.

При обработке улова на судовой фабрике всех некондиционных (мелкие, поврежденные и тому подобные особи) креветок выбрасывают в море, а величину уловов определяют по выходу готовой продукции (по трюму). При этом даже совершенно целая неповрежденная креветка, вне зависимости от ее размеров, после проведения промысловых операций при возврате в море неизбежно погибает. Суммарные выбросы уловов могут превышать 60 %, основная доля которых (более 40 %) приходится на мелкую креветку [Мизюркин и др., 2012], к настоящему времени ситуация с выбросами не изменилась.

Вылов северной и углохвостой креветок на 2019 г. рекомендован в количестве соответственно 14,33 и 8,51 тыс. т*.

Анализ состояния работ в области средств переработки мелких креветок показывает, что решением проблемы является создание технологий и технических средств, позволяющих использовать свежих или мороженных мелких креветок с получением

* Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего вылова гидробионтов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2018 г. (краткая версия). Владивосток: ТИНРО-центр, 2018. 434 с.

как очищенного мяса, так и лизатов — продуктов их биотехнологической переработки [Антарктический криль, 2001].

В основу технологического процесса переработки креветок с получением очищенного мяса положена технология переработки криля. Испытания показали, что предложенная технология и технические средства позволяют получить очищенное мясо из мелкой свежей или мороженой северной креветки со сроком морозильного хранения в пределах 1,5 мес. [Ярочкин и др., 2014].

Однако оборудование линии сложно разместить на среднетоннажных судах, на которых ведется промысел и обработка креветок, что ограничивает возможность освоения технологии переработки креветок с получением очищенного мяса в море.

В основе технологии лизатов лежит процесс автопротеолиза креветок под действием собственного комплекса ферментов с их последующей термической инактивацией — пастеризацией и отделением панциря от продуктов автопротеолиза. Проведенные ранее исследования автопротеолиза криля [Василькова, Ярочкин, 1983; Ярочкин и др., 1983] показали эффективность процессов и возможности пищевого использования крилевых лизатов. На креветках подобные исследования не проводились. В то же время предлагаемая технология получения лизатов отличается простотой технического исполнения и позволяет создать как судовую, так и береговую малогабаритную установку.

Цель работы — обосновать технологию обработки мелких креветок автопротеолизом для получения лизатов и показать направления их пищевого использования.

Материалы и методы

Объектом исследования служили креветки северная *Pandalus borealis* и углохвостая *Pandalus goniurus*, выловленные в июле-августе в Аяно-Майском и Тугуро-Чумиканском районах Охотского и северной части Японского морей, а также антарктический криль *Euphausia superba*.

Размерно-массовый состав определяли в соответствии с существующими методическими указаниями [Методические рекомендации..., 1981].

Массу тела измеряли на электронных весах фирмы «AND» HL-400 (Япония) с точностью 0,1 г. Для изучения размерно-массового состава использовали самцы и самки с различной стадией развития икры без личиночных признаков.

Общий химический состав креветки и продуктов автопротеолиза (массовая доля воды, азотсодержащих веществ) определяли по общепринятым методикам [Лазаревский, 1955; ГОСТ 7636-85].

В работе приняты следующие коэффициенты расчета энергетической ценности основных пищевых веществ, ккал/г: белки — 4, жиры — 9, углеводы — 4 [Химический состав..., 2002].

Оценку относительной биологической ценности (ОБЦ) образцов определяли с помощью реснитчатой инфузории *Tetrahymena pyriformis* [Игнатъев, Шаблий, 1978; Игнатъев и др., 1980; Методические рекомендации..., 1987*].

Азот концевых аминогрупп ($N_{ам}$) определяли по показателям оптической плотности продуктов взаимодействия тринитробензолсульфокислоты со свободными аминокислотами без белкового экстракта ткани при длине волны 340 нм на спектрофотометре СФ-46 [Okuyama, Sarake, 1960].

Содержание углеводов в ткани определяли в растворе с антроном после щелочного гидролиза ткани [Практикум по биохимии, 1989].

Экстракцию липидов и их массовую долю определяли по методу Блайя и Дайера [Bligh, Dyer, 1959]. Для определения состава жирных кислот общие липиды конверти-

* Методические рекомендации (микрометод) токсико-биологической оценки рыбы и других гидробионтов. Киев (Белая Церковь): Гортипোগрафия, 1987. 16 с.

ровали в метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) по известной методике [Carreau, Dubacq, 1978].

Общий аминокислотный состав белков определяли после кислотного гидролиза образца 6 N раствором соляной кислоты в течение 24 ч [Журавская и др., 1985; Остерман, 1985], затем методом ионно-обменной хроматографии на высокоскоростном анализаторе Hitachi L-8800.

Биологическую ценность (БЦ) белков оценивали по аминокислотному скору [Nutritional evaluation..., 1980], который рассчитывали в соответствии с рекомендованной шкалой ФАО/ВОЗ, принятой для классификации белка*.

Массовую долю депротеинизированного панциря определяли по ГОСТ 7636-85.

Для определения протеолитической активности ферментного комплекса креветок использовали модифицированный метод Ансона [Полыгалина и др., 2003; ГОСТ 20264.2-88]. Удельную активность пептидгидролаз выражали по приросту тирозина в миллиграммах на 1 г белка/ч.

Ферментативную активность определяли при следующих рН среды: кислая — 3, слабокислая — 5, нейтральная — 7 и щелочная — 8. Для создания рН среды использовали буферные растворы: для кислой с рН = 3 и 5 — растворы, содержащие лимонную кислоту и фосфат натрия — Na_2HPO_4 ; для нейтральной с рН = 7 и щелочной с рН = 8 — фосфатные растворы. Инкубацию проб проводили при температурах 30, 40, 50, 60, 70 и 80 °С.

Качественный и количественный состав макро- и микроэлементов исследуемых образцов устанавливали по ГОСТ 30178-96 методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «Nippon Yarell Ash», модель АА-855 (Япония). Содержание свинца и мышьяка определяли на приборе «Hitachi», модель 170-70 (Япония), используя в качестве атомизатора графитовую кювету. Содержание ртути устанавливали беспламенным атомно-абсорбционным методом на микроанализаторе ртути «Hiramuna Hg-1» (Япония). Применяли стандартные растворы элементов, прошедшие государственную проверку и включенные в реестр [Славин, 1971]. В качестве средней пробы использовали 5 образцов после минерализации их азотной кислотой по ГОСТ 26929-94.

Летучие ароматические вещества в автолизате определяли методом ГЖХ-МС. Пробу для анализа готовили следующим образом: помещали 1 л автолизата с растворенным в нем бензойнокислым натрием (0,1 % от массы) в круглодонную колбу, смесь нагревали до температуры 30 °С и пропускали через нее гелий в течение 3 ч. Летучие компоненты собирали на микроколонке с внутренним диаметром 2,5 мм и высотой 80,0 мм. В качестве неподвижной фазы использовали Chromosorb 105 («Shimadzu», Япония). Летучие соединения элюировали диэтиловым эфиром, затем раствор концентрировали при температуре 20 °С и атмосферном давлении. Анализ проводили на хромато-масс-спектрометре «Varian 1200L» (США).

Автолиз сырья (грубоизмельченного фарша креветки) проводили в емкости из нержавеющей стали в реакторе (термостат) периодического действия «VEB MLW prüfgerate» (Германия), снабженном лопастной мешалкой, при температуре 45–50 °С и с гидромодулем фарш : вода — 1,0 : 0,5, рН = 8, время процесса — 1–6 ч. Пастеризацию полученной смеси осуществляли при температуре 85–95 °С в течение 20–25 мин, после чего смесь фильтровали, отделяя панцирь на капроновой сетке с диаметром отверстий 1 мм. Автолизат центрифугировали на центрифуге «ЦЛП 3-3,5» (фактор разделения 2400 g) в течение 20 мин для разделения автолизата на плотную (пасту) и жидкую (бульон) части.

Названия продуктов автопротеолиза:

— лизат креветки (автолизат, автопротеолизат, лизат неразделенный) — креветочная масса после гидролиза собственными ферментами креветки и отделения панциря;

* Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of joint FAO/WHO/UNU expert consultation. Geneva, 2007. 265 p.

— креветочная паста (плотная часть) — плотная часть автолизата после центрифугирования;

— креветочный бульон (жидкая часть) — жидкая часть автолизата после центрифугирования.

Степень гидролиза белков в процессе автопротеолиза оценивали по накоплению $N_{ам}$ при термостатировании грубоизмельченного фарша креветки при естественном $pH = 8$ и температуре $45-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1–6 ч. Степень гидролиза (СГ) определяли по формуле [Зюзьгина, Ярочкин, 2006]

$$СГ = \frac{N_{ам. автол} - N_{ам. сырь\ddot{a}} \cdot 100\%}{N_{общ} - N_{хитина} - N_{н.б}}$$

где $N_{ам. автол}$ — содержание аминного азота в автолизате, %; $N_{общ}$ — содержание общего азота в фарше креветки, %; $N_{н.б}$ — содержание небелкового азота в фарше креветки, %; $N_{хитина}$ — содержание азота хитина в фарше креветки, %; $N_{ам. сырь\ddot{a}}$ — содержание аминного азота в фарше креветки, %.

Микробиологические исследования сырья и готовой продукции проводили согласно общепринятым методикам в соответствии с установленными требованиями ТР ТС 21/2011.

Результаты и их обсуждение

Технохимические характеристики мелкой северной и углохвостой креветок и процесс их автопротеолиза

Несмотря на различия креветок по длине и массе (табл. 1), выход частей тела (головогрудь, панцирь) не имеет существенных различий, а различия в выходе мяса зависят в основном от тщательности препарирования.

Таблица 1

Размерно-массовый состав исследованных образцов мелкой северной, углохвостой креветок и криля

Table 1

Size-weight composition of the specimens of small-sized shrimps and krill

Вид креветки	Общая длина, мм	Общая масса, г	Масса, % к общей массе		
			Мясо шейки	Головогрудь	Панцирь
Северная	$87,50 \pm 2,62$	$7,63 \pm 0,77$	$40,95 \pm 2,39$	$14,09 \pm 1,57$	$41,77 \pm 1,85$
Углохвостая	$61,11 \pm 4,23$	$3,31 \pm 0,41$	$34,71 \pm 1,24$	$16,94 \pm 0,75$	$45,67 \pm 1,38$
Криль*	29,30–52,40	0,18–1,22	26,70–35,00	18,30–26,60	40,70–42,32

* Литературные данные [Антарктический криль, 2001].

По химическому составу исследованные виды креветок различаются весьма незначительно (табл. 2). Различия химического состава северной и углохвостой креветок рода *Pandalus* в сравнении с крилем *Euphausia superba* также незначительны. Заметным отличием может являться доля липидов в криле, она может быть в 3–5 раз выше, чем в креветках, но это, скорее, исключение [Зюзьгина, Ярочкин, 2006].

Результаты исследования азотсодержащих веществ северной и углохвостой креветок, представленные в табл. 3, не противоречат ранее полученным данным [Зюзьгина, Ярочкин, 2006] и показывают, что содержание небелковых азотсодержащих соединений в исследованных креветках сопоставимо с таковым у криля и составляет 28–33 % от общего содержания азотистых веществ. При этом на долю небелкового азотсодержащего компонента хитина приходится 14–19 % от общего содержания небелкового азота в ткани исследованных креветок, в антарктическом криле этот показатель ниже — 5–6 %.

Содержание основных питательных веществ — белка, липидов, минеральных веществ, а также доля панциря в креветках рода *Pandalus* (см. табл. 2) сопоставимы с

Таблица 2
Технохимический состав мелкой северной, углохвостой креветок и криля, % от массы тела
Table 2

Technological and chemical composition of *Pandalus borealis*, *P. goniurus*,
and *Euphausia superba* tissues, % of body weight

Вид креветки	Вода	Доля депротенизированного панциря	Белковые вещ-ва, N _{белка} * 6,25, %	Липиды	Минеральные вещества
Северная	73,1 ± 0,4	13,7 ± 0,3	8,1 ± 0,2	1,1 ± 0,1	4,0 ± 0,1
Углохвостая	74,6 ± 0,3	12,8 ± 0,2	7,5 ± 0,3	1,2 ± 0,1	3,9 ± 0,1
Криль*	75,6–79,9	11,7–12,6	4,8–8,1	1,2–6,9	2,5–3,0

* Литературные данные [Антарктический криль, 2001].

Таблица 3
Содержание азотсодержащих веществ в мелкой северной, углохвостой креветках и криле
Table 3

Portion of nitrogen-containing substances in tissues of small-sized shrimps and krill

Вид креветки	N _{общ}	N _{н.б}		N _{хитина}	
	мг/100 г	мг/100 г	Доля от N _{общ} , %	мг/100 г	Доля от N _{общ} , %
Северная	2615 ± 26	835 ± 14	32,2 ± 0,9	485 ± 18	18,7 ± 0,5
Углохвостая	2218 ± 22	7220 ± 10	32,6 ± 0,8	305 ± 11	13,7 ± 0,4
Криль*	2500 ± 25	710 ± 80	28,4 ± 0,9	130 ± 20	5,1 ± 0,8

* Литературные данные [Антарктический криль, 2001].

их содержанием и долей в криле, поэтому подходы к технологиям их переработки для пищевого использования могут быть одинаковыми.

Исследование активности комплекса протеолитических ферментов креветок имеет практическое значение как для регулирования процессов первичной обработки сырья, так и для изготовления автолизатов (лизатов) из мелких креветок. Установлено, что максимумы активности кислых, щелочных и нейтральных протеиназ северной и углохвостой креветок, как и у криля, наблюдаются в интервале 40–50 °С, а увеличение температуры до 70–80 °С инактивирует протеиназы креветок при всех значениях pH [Зюзьгина, Ярочкин, 2006].

Протеолитическая активность ферментного комплекса печени северной и углохвостой креветок при pH = 7,0 и температуре 50 °С составляет около 150 ПЕ/г белка печени/ч. При массе экземпляра креветки 5,0 г и содержании белка в экземпляре креветки 8 %, массе печени креветки 0,06 г и содержании белка 10 % фермент-субстратное отношение в гомогенате из креветок только за счет протеиназ печени составит 2,2–2,3 ПЕ/г белковых тканей [Черногорцев, 1973; Зюзьгина, Ярочкин, 2006]. Этого достаточно для проведения протеолиза и получения лизатов с приемлемыми вкусовыми свойствами, тем более что в креветках на начало проведения процесса около 30 % азота находится в низкомолекулярной форме (небелковый азот).

Эксперименты по автолизу углохвостой креветки продолжительностью от 0 до 180 мин показали зависимость между степенью (глубиной) гидролиза белковых веществ креветки и органолептическими свойствами лизата (табл. 4).

По данным табл. 4 видно, что рациональная продолжительность процесса автопротеолиза при температуре 45–50 °С, достаточная для получения лизата с натуральным креветочным вкусом, составляет не более 60 мин, при этом глубина гидролиза белковых веществ креветок ≈ 60 %. Дальнейшее увеличение продолжительности автопротеолиза до 3 ч приводит к увеличению глубины протеолиза и ухудшению органолептических свойств лизата.

Установлено (табл. 5), что выходы продуктов после автопротеолиза углохвостой и северной креветок составляют: лизат (жидкая + плотная части) ≈ 68–69 %, панцирь-содержащие отходы ≈ 31–32 %.

Таблица 4

Автопротеолиз белковых веществ углохвостой креветки и органолептика лизатов

Table 4

Autoproteolysis of proteinaceous substances of shrimp *Pandalus goniurus* and organoleptics properties of the lysates

Продолжительность автопротеолиза, мин	Степень автопротеолиза, %	Органолептические показатели лизатов
0	8,9	Цвет — светло-оранжевый; запах — интенсивный, свойственный креветке, без посторонних запахов; вкус — интенсивно выражен, очень хорошо различим сладковатый вкус; консистенция — творожистая, умеренной плотности и сочности
15	30,5	
30	59,6	
45	60,0	
60	61,7	
75	63,4	Цвет — оранжевый; запах — слабовыражен, слабый запах окислившегося жира; вкус — выражен умеренно, сладковатый вкус различим слабо, отмечается слабый щиплющий горький привкус
90	65,1	
105	69,5	
120	71,9	
135	76,2	
150	77,4	
165	80,0	
180	80,7	

Таблица 5

Выход продуктов автопротеолиза креветок, % от массы сырья

Table 5

Shrimps autoproteolysis yield, % of raw materials weight

Вид креветки	Жидкая часть лизата	Плотная часть лизата (паста)	Панцирьсодержащие отходы
Углохвостая	15,9	52,8	32,3
Северная	15,5	53,9	30,6

Таким образом, после автопротеолиза основной массой продуктов для использования в пищевых целях становятся паста и жидкий лизат.

При сравнении эффективности технологий автопротеолизата из мелкой креветки и пасты «Океан» из криля [Антарктический криль, 2001] очевидно, что выход продуктов автопротеолиза значительно превышает выход пасты «Океан», технология которой основана на отделении панциря прессованием. При практически равном содержании сухих веществ выход жидкой и плотной частей автопротеолизата составляет ≈ 68 – 69 %, а пасты «Океан» — 21 – 23 %.

Основные технологические операции получения лизатов из креветок можно осуществлять на следующем оборудовании:

- устройство грубого измельчения креветки;
- реактор с мешалкой для проведения автопротеолиза и пастеризации лизата;
- нутч-фильтр или шнековый пресс для отделения панциря от лизата;
- центрифуга для разделения лизата на фракции — плотную (пасту) и жидкую (бульон) части [Пат. РФ № 2554994].

На основании полученных данных установлено, что одним из способов эффективного решения проблемы переработки мелких креветок может стать технология автолизатов (лизатов) с последующим использованием их в пищевых продуктах [Пат. РФ № 2554994; Ярочкин и др., 2014].

Характеристика лизатов из мелкой (северной) креветки — биологическая и относительная биологическая ценность, безопасность

Содержание пищевых веществ, энергетическая ценность продуктов переработки креветок в сравнении с нежирным творогом и говядиной первой категории показаны

в табл. 6. Творог и говядина выбраны как рекомендуемые белковые компоненты для диетических продуктов, относящиеся к безусловно традиционному пищевому сырью и пищевым продуктам.

Таблица 6

Пищевые вещества (%) в продуктах автопротеолиза, мясе креветок, твороге, говядине и их энергетическая ценность (ккал/100 г)

Table 6

Nutrients (%) and energy value (kcal/100 g) for autoprotoeolysis products and meat of shrimps, cottage cheese, and beef

Объект	Вода	Белок	Жир	Углеводы	Зола	Энергетическая ценность
Лизат креветки	80,7	16,6	1,5	0,5	0,7	76
Плотная часть, паста	77,7	20,2	1,3	0,3	0,5	89
Жидкая часть лизата	88,1	11,3	0,2	0,1	0,3	49
Мясо креветки северной	78,2	18,3	1,2	0,8	1,5	87
Творог нежирный*	72,8	22,1	0,6	3,3	1,2	107
Говядина 1-й категории*	64,5	18,6	16,0	0,0	0,9	218

* Литературные данные [Химический состав..., 2002].

По данным табл. 6 видно, что по общему химическому составу в исследованных продуктах существуют определенные различия по содержанию белков, липидов, углеводов и минеральных веществ.

Интересно, что плотная часть лизата по составу практически идентична мясу креветок и, вероятно, они имеют одинаковую биологическую ценность.

Образцы пищевых продуктов, выбранные в качестве сравнения, сходны по содержанию белковых веществ (19–22 %) с мясом и плотной частью (пастой) креветки, поэтому можно предполагать, что они будут иметь близкие значения БЦ и ОБЦ. Различия продуктов из креветок существенны по белковым веществам для жидкой части лизата, которая получается после центрифугирования и пастеризации. Возможно, это приведет к снижению как биологической, так и относительной биологической ценности жидкой фракции лизата.

В связи с этим был определен аминокислотный состав мяса северной креветки и продуктов ее автопротеолиза: лизата, пасты и жидкой части и представлен в сравнении с аминокислотным составом творога, говядины и эталонного белка ФАО/ВОЗ (табл. 7).

Как следует из данных табл. 7, белковые вещества мяса креветки и лизата имеют незначительные различия как по суммарному количеству незаменимых аминокислот, так и по отдельным аминокислотам. В то же время в пасте наблюдается некоторое превышение уровня незаменимых аминокислот, а в жидкой части — их значительное снижение. При этом в жидкой части лизата лимитирующими аминокислотами является пара фенилаланин + тирозин, составляющая 50 % от эталона, а в твороге аминокислоты — метионин + цистеин, составляющие 85 % от эталона.

Белки мяса креветки, неразделенного лизата, пасты и говядины не имеют лимитирующих аминокислот и по БЦ, установленной путем коррекции величин аминокислотных скоров на коэффициенты усвояемости белков (МУК 2.3.2.2306-07), являются полноценными животными белками.

На основании данных по аминокислотному составу можно предполагать, что у мяса креветки и пасты относительная биологическая ценность не будет иметь существенных различий, а в бульоне может наблюдаться ее значительное снижение (табл. 7).

Это предположение подтверждается исследованиями ОБЦ по определению роста и развития реснитчатой инфузории *Tetrahymena pyriformis* на мясе креветок и продуктах автопротеолиза в сравнении с казеином (табл. 8). Очевидно, что наиболее благотворно влияют на рост и развитие простейших мясо креветки и плотная часть (паста) — ОБЦ 98,8 % по сравнению с жидкой фракцией — ОБЦ 88,8 %. Следует отметить, что на всех

Таблица 7

Незаменимые аминокислоты продуктов из северной креветки, творога и говядины, г/100 г белка

Table 7

Essential amino acids from shrimp *Pandalus borealis*, cottage cheese and beef, g/100 g protein

Аминокислота	Креветка, мясо	Продукты автопротеолиза			Творог нежирный*	Говядина, 1-я категория*	Эталон ФАО/ВОЗ**
		Лизат креветки	Плотная часть (паста)	Жидкая часть (бульон)			
Гистидин	3,3	3,2	3,2	2,3	3,10	3,8	1,5
Валин	5,3	5,6	5,6	3,9	5,50	5,6	3,9
Метионин+цистеин	3,8	3,9	3,8	2,6	1,87	2,4	2,2
Изолейцин	5,0	4,8	5,5	2,9	5,55	4,2	3,0
Лейцин	7,5	7,3	7,9	5,3	10,30	7,9	5,9
Фенилаланин+тирозин	6,7	4,3	5,2	1,9	10,34	4,3	3,8
Лизин	8,7	7,3	7,5	7,9	8,06	8,5	4,5
Треонин	4,3	3,1	3,3	2,4	4,45	4,3	2,3
Триптофан	1,0	0,9	0,9	0,3	1,00	1,1	0,6
Σ незаменимые АК	42,3	37,2	40,2	28,9	47,07	42,1	27,7
Лимитирующие АК, скор, %	Нет	Нет	Нет	Фен+тир 50 %	Мет+цис 85 %	Нет	

* Литературные данные [Химический состав..., 1987].

** Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of joint FAO/WHO/UNU expert consultation. Geneva, 2007. 265 p.

Таблица 8

Оценка роста инфузории *Tetrahymena pyriformis* (средние данные по 10 полям зрения), ОБЦ, %

Table 8

Evaluation of ciliates *Tetrahymena pyriformis* growth (averaged value for 10 fields of view), %

Образец	Время генерации инфузории, сут					
	0	1	2	3	4	5
Мясо креветки	5	30	70	77	89	98,8
Плотная часть (паста)	5	30	71	78	89	98,8
Жидкая часть	5	24	57	67	80	88,8
Казеин (контроль)	5	33	69	80	90	100

исследуемых образцах время генерации инфузорий ускоряется, инфузория активна, имеет крупные размеры клеток — 0,34–0,42 мм, деформации клеток не наблюдается.

Как следует из данных табл. 6–8, продукты автопротеолиза креветок, за исключением жидкой части, содержат сопоставимое с говядиной количество белковых пищевых веществ идентичного с говядиной аминокислотного состава, обладают высокой биологической ценностью при отсутствии лимитирующих аминокислот и являются, в отличие от творога, полноценными источниками животного белка.

Таким образом, выход белковых продуктов полноценного аминокислотного состава после автопротеолиза креветок более чем в 2 раза превышает выход белка в мясе после разделки креветок вручную, не говоря уже о механических способах разделки (выход мяса из креветок при ручной разделке до 30 %, лизата неразделенного до 70 %). Различия по энергетической ценности продуктов автопротеолиза креветок по сравнению с говядиной объясняются более высоким содержанием жира в говядине.

Липиды мелкой (северной) креветки и продуктов автопротеолиза

При исследовании содержания липидов в мелкой северной креветке и продуктах из нее было установлено, что исследуемые образцы являются маложирными (табл. 9).

Таблица 9
Содержание липидов в мелкой северной креветке и продукции из нее
Table 9
Lipid content in tissues of shrimp *Pandalus borealis* and products thereof

Показатель	Креветка	Мясо креветки	Лизат неразделенный	Паста	Жидкая часть (бульон)
Липиды, г/100 г образца	1,20	1,25	1,51	1,30	0,20
От исходной суммы, %*	100,0	28,0	87,5	58,3	2,5
Энергетическая ценность, ккал/100 г	11,4	11,9	21,2	11,9	1,9

* При пересчете на выход продукции, %: мясо — 30,0; лизат неразделенный — 70,0; паста — 54,0; жидкая часть — 16.

При пересчете содержания липидов на массу сухого вещества в пасте установлено, что вклад липидов составляет 9–11 % от массы сухого остатка, следовательно, можно рассмотреть вопрос о влиянии липидов как на энергетическую, так и на биологическую ценность продукции из креветки. Также представляет интерес оценка влияния ферментной системы креветок на гидролиз липидов в процессе получения лизатов.

В липидах креветки, мяса и продуктах автопротеолиза были определены фракционный состав липидов (табл. 10), состав полярных липидов (табл. 11) и жирных кислот (табл. 12).

Таблица 10
Фракционный состав липидов мелкой северной креветки и продукции из нее, % от суммы
Table 10
Fractional composition of lipids in tissues of shrimp *Pandalus borealis* and products thereof, %

Фракция	Креветка	Мясо креветки	Лизат креветки	Паста	Жидкая часть (бульон)
Эфиры стеринов	1,2	1,0	1,1	1,8	2,0
Триглицериды	29,5	25,5	29,0	30,2	22,4
Свободные жирные кислоты	22,4	16,4	25,1	20,6	20,5
Холестерин	17,5	18,5	16,9	19,0	17,6
Моно- и диглицериды	1,5	1,0	1,5	1,4	1,5
Фосфолипиды	25,8	36,9	25,9	26,4	35,0
Другие	2,2	0,7	0,5	0,6	1,0

Таблица 11
Полярные липиды мелкой северной креветки и продукции из нее
Table 11
Polar lipids in tissues of shrimp *Pandalus borealis* and products thereof

Наименование образца	Содержание липидов, г/100 г образца	Содержание фосфолипидов, г/100 г липидов	Индивидуальные фосфолипиды, % от суммы фосфолипидов					
			Pi	Sm	PC	PE	PS	LPC+LPE
Целая креветка	1,9	25,8	1,4	2,9	62,5	24,6	1,4	6,9
Мясо креветки	1,3	36,9	1,5	3,6	61,4	30,7	0,8	2,0
Автолизат	1,5	25,9	1,4	2,5	67,0	22,0	0,9	6,4
Жидкая часть	0,2	35,0	1,3	3,2	69,4	20,4	1,0	4,6
Плотная часть	1,3	26,4	1,5	2,2	63,1	25,7	1,2	6,4

Примечание. Pi — фосфатидилинозитол; Sm — сфингомиелин; PC — фосфатидилхолин; PE — фосфатидилэтанолламин; PS — фосфатидилсерин; LPC — лизо-фосфатидилхолин; LPE — лизо-фосфатидилэтанолламин.

По фракционному составу липидов можно сделать вывод об увеличении СЖК в лизатах (до 25,1 %) в сравнении с показателями в целой креветке (22,4 %). Этот факт

Таблица 12
 Основные жирные кислоты липидов мелкой северной креветки и продукции из нее,
 % от общей суммы жирных кислот

Table 12
 Main fatty acids in in lipids of shrimp *Pandalus borealis* and products thereof,
 % of total fatty acids

Жирная кислота	Целая креветка	Мясо	Лизат	Жидкая часть	Плотная часть
14:0	4,87	3,17	4,32	3,69	3,94
16:0	18,36	22,98	17,58	17,91	17,66
16:1n-7	17,30	12,69	16,08	13,83	15,60
18:1n-9	12,22	11,72	12,82	12,78	13,11
18:1n-7	7,28	7,86	7,45	7,40	7,51
18:3n-3	0,13	0,13	0,13	0,32	0,31
18:4n-3	0,50	0,28	0,45	0,56	0,51
20:4n-6	0,94	1,11	1,11	1,15	1,11
20:5n-3	16,20	20,57	15,83	18,24	16,33
22:5n-3	0,65	–	0,41	0,60	0,59
22:6n-3	5,51	6,96	7,35	6,65	6,55
∑ насыщен.	27,87	30,42	26,05	26,57	25,66
∑ ненасыщен.	45,14	39,10	45,77	41,23	45,26
∑ ПНЖК	26,99	30,48	28,48	32,20	29,08
n-3	23,65	27,94	24,59	26,85	24,85

показывает, что гидролиз липидов в процессе автолиза незначителен и не может существенно влиять на качественный состав продуктов автопротеолиза.

Основными фосфолипидами у креветок, как и у большинства морских гидробионтов, являются фосфатидилхолин (62–69 %) и фосфатидилэтанолламин (20–30 %). Именно их соотношение определяет адаптогенные свойства мембран и организма в целом к температурным изменениям среды. В минорных количествах представлены фосфатидилинозитол (1,3–1,5 %), сфингомиелин (2,2–2,9 %), фосфатидилсерин (0,8–1,4 %) и лизоформы фосфолипидов (2,0–7,0 %).

Липиды северной креветки интересны высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот [Jiao et al., 2015]. Хотя содержание липидов в целом незначительное (до 2 %), благодаря содержанию фосфолипидов — 30 % от общих липидов — их комплекс является наиболее ценным с пищевой точки зрения. Данный продукт следует относить к рекомендуемым при нарушениях сердечно-сосудистой деятельности, учитывая их высокую эмульгирующую способность, приводящую к увеличению транспорта ПНЖК в кровь, а также к нормализации функционирования желудочно-кишечного тракта [Küllenberg et al., 2012; Abdelhamid et al., 2018].

Привлекает внимание высокое содержание ПНЖК и эйкозапентаеновой кислоты в жидкой части по сравнению с лизатом и пастой (табл. 12). Это указывает на самостоятельную ценность этого продукта.

Ткани креветок содержат значительные количества природных антиоксидантов. Наиболее важным и востребуемым является астаксантин. Поскольку данный каротиноид жирорастворим, то очевидно, что при автопротеолизе креветок он переходит в лизат вместе с липидами, придавая ему оранжево-красный цвет.

Астаксантин, обладая антиоксидантной активностью, проявляет громадный спектр биологических свойств: защищает кожу от УФ-излучения и рака; проявляет противовоспалительную, антидиабетическую активности, влияет на сердечно-сосудистую систему; является участником иммунного ответа и нейропротекции [Sindhua, Sherief, 2011; Ambati et al., 2014].

Астаксантин в креветке связан с белками и локализуется в панцире. При автопротеолизе эти комплексы распадаются и большая часть каротиноидов переходит в раствор,

ассоциируясь с разрушенными глобулами тех же белков, и особенно липидами, в которых они хорошо растворимы. Основываясь на литературных данных по содержанию астаксантина в северной креветке [Shahidi, Synowiecki, 1991] — 14,8 мг/100 г сухого вещества — и на собственных данных по содержанию липидов в неразделенном лизате и пасте, можно заключить, что его содержание в этих продуктах будет составлять соответственно 4,9 и 4,2 мг/100 г продукта. При норме потребления астаксантина 2 мг/сут [МР 2.3.1.1915-04] 50 г потребления плотной части пасты обеспечивает суточную потребность организма в этом соединении.

Минеральные вещества северной креветки и продуктов автопротеолиза

Данные по содержанию макро- и микроэлементов в мясе креветки и продуктах автопротеолиза показывают, что их максимальная концентрация наблюдается в жидкой части лизата (табл. 13). Паста и мясо креветки сопоставимы по содержанию макроэлементов калия и натрия, но существенно различаются по содержанию кальция, концентрация которого в пасте в 4 раза выше, чем в мясе.

Таблица 13

Макро- и микроэлементы в мясе северной креветки, продуктах автопротеолиза, твороге и говядине, мг/100 г

Table 13

Macro- and microelements content in autoprolysis products and meat of shrimp *Pandalus borealis*, cottage cheese, and beef, mg/100 g

Элемент	Панцирь	Жидкая часть лизата	Плотная часть, паста	Мясо креветки	Лизат креветки	Творог нежирный*	Говядина 1-й категории*
K	75,0	3250,0	250,0	300,40	900,0	1170	3260
Na	37,50	1250,0	87,50	64,50	340,0	440	650
Ca	800,0	2500,0	412,50	88,60	864,0	1200	90
Mg	80,0	225,0	77,50	34,20	110,0	240	220
Cu	0,50	2,25	0,375	0,19	0,80	—	—
Fe	0,25	2,50	1,75	1,50	1,74	3	27
Zn	0,10	5,50	2,0	0,90	2,60	—	—
Mn	Н.п.о**	Н.п.о	Н.п.о	0,04	Н.п.о	—	—

* Литературные данные [Химический состав..., 2002].

** Ниже пределов обнаружения.

Содержание макро- и микроэлементов в продуктах автопротеолиза креветок сопоставимо с их содержанием в твороге и говядине, что дает возможность их комбинированного использования, так как эти элементы регулирует электрохимические процессы, происходящие в тканях сердца и различных мышцах, а также участвуют в обменных процессах организма.

Кроме того, в продуктах автопротеолиза из креветки обнаружено незначительное содержание железа и меди.

Представляет интерес распределение макро- и микроэлементов между продуктами, получаемыми после автопротеолиза креветок.

Исходя из содержания элементов в продуктах автопротеолиза (табл. 13) и выхода этих продуктов (см. табл. 5), распределение макро- и микроэлементов выглядит следующим образом (табл. 14): 75 % калия и натрия, как наиболее растворимых элементов, переходят в жидкую часть лизата; кальций и магний относительно равномерно распределяются между фракциями; половина цинка остается в пасте. Железо (97 %) и медь (67 %) обнаруживаются в пасте, что, вероятно, объясняется тем, что металлопротеины, в состав которых входят эти металлы, не гидролизуются до разрушения простетических групп, а остаются в составе крупных белковых фрагментов, подвергаемых термокоагуляции и осаждению.

Распределение макро- и микроэлементов между продуктами автопротеолиза из 1 кг северной креветки

Distribution of macro and micronutrients between autoproteolysis products from 1 kg of shrimp *Pandalus borealis*

Элемент	Исходное, мг	Панцирь		Жидкая часть лизата		Плотная часть (паста)	
		Мг	Доля к исходному, %	Мг	Доля к исходному, %	Мг	Доля к исходному, %
K	6502,5	250,0	3,8	4907,5	75,5	1345,0	20,7
Na	2483,2	125,0	5,0	1887,5	76,0	470,7	19,0
Ca	8658,0	2664,0	30,7	3775,0	43,6	2219,0	25,6
Mg	930,0	266,4	28,6	340,0	36,5	323,6	34,7
Cu	207,0	1,7	0,8	3,4	1,6	202,0	97,6
Fe	14,0	0,8	5,7	3,8	27,1	9,4	67,1
Zn	22,0	3,3	15,0	8,3	37,0	10,8	49,0

Исследование летучих ароматических соединений в мелкой северной креветке и автолизате

Известно, что сенсорные свойства сырья определяющим образом влияют на качество готовой продукции. Запах свежих гидробионтов формируется большим числом летучих веществ, из которых в настоящее время идентифицировано более 200. Они объединяют различные классы соединений: углеводороды, спирты, альдегиды, кетоны, летучие жирные кислоты, бромфенолы, пиридины, амины, серо- и азотсодержащие вещества.

Считается, что гетероциклические серосодержащие соединения играют главную, определяющую роль в формировании запаха морских ракообразных, а также мясных ароматов в мясных продуктах.

По данным различных исследователей [Whitfield et al., 1981; Cha et al., 1993] соединения серы с прямой цепью, а также некоторые серосодержащие гетероциклы идентифицированы в летучих компонентах крыла, креветки, краба и других беспозвоночных. Считается, что они обеспечивают приятный морской запах в свежих морепродуктах.

Два серосодержащих соединения с прямыми цепями, а именно диметилдисульфид и диметилтрисульфид, характерные для большинства термически обработанных ракообразных, идентифицированы в сырой креветке и устрице, в мясе сырого краба обнаружен только диметилтрисульфид.

Данные компоненты влияют на общий аромат гидробионтов из-за своих низких пороговых значений, при этом запах диметилтрисульфида описывался как овощной с оттенками зелени, а запах диметилдисульфида характеризовался как луковый, капустный.

В термически обработанных гидробионтах серосодержащие компоненты принимают активное участие в формировании как желательных, так и нежелательных оттенков запаха.

Сопоставление состава летучих веществ различных видов вареных ракообразных показало, что наиболее характерными соединениями их запаха являются тиазолы, пирозины, диметилди- и диметилтрисульфиды, метиональ, альдегиды и кетоны с числом атомов углерода C₆–C₁₀.

В результате проведенных нами экспериментов были обнаружены более 30 соединений, из которых идентифицировано пять серосодержащих соединений, обуславливающих характерные вкусоароматические свойства креветочного автолизата (рис. 1–6).

Для получения данных по изменению состава летучих компонентов водорастворимых азотсодержащих веществ мелких креветок при хранении в различных условиях автолизаты расфасовывались в полимерную герметично укупоренную тару и помещались на хранение при температурах минус 18 и минус 32 °С в течение 6 мес.

Рис. 1. Хроматограмма летучих компонентов автолизата из мелкой северной креветки: **а** — общий вид; **б** — хроматограмма с временем удерживания ионов от 1 до 4 мин: 1 — тиран, 2 — метилтиран, 3 — диметилдисульфид, 4 — тиоуксусная кислота (метанкарботиоловая кислота), 5 — 2-меркаптопропановая кислота

Fig. 1. Chromatogram of volatile components of autolysate from shrimp *Pandalus borealis*: **a** — general view; **б** — chromatogram with ion retention time of 1–4 min.: 1 — thiirane, 2 — methylthiirane, 3 — dimethyldisulfide, 4 — thioacetic acid (methanecarbothiol acid), 5 — 2-mercaptopropanoic acid

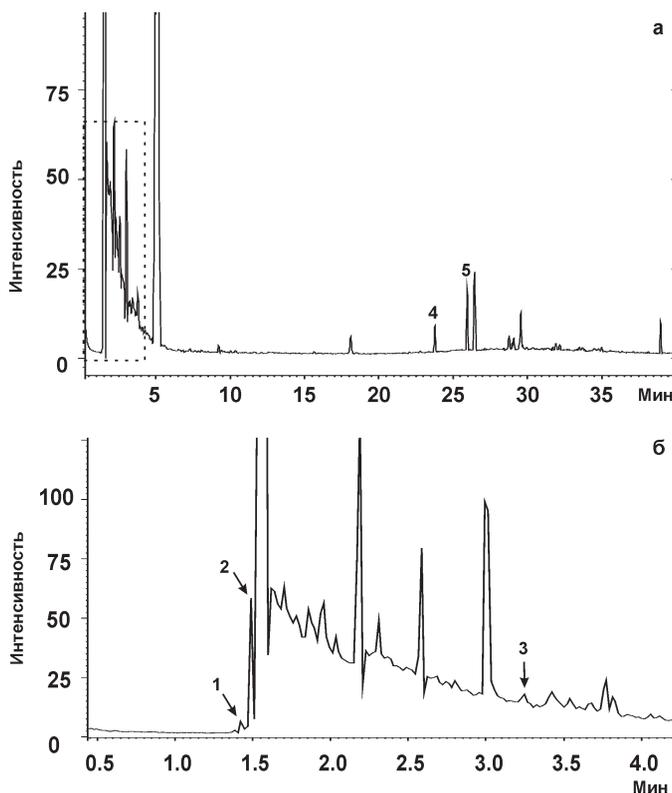
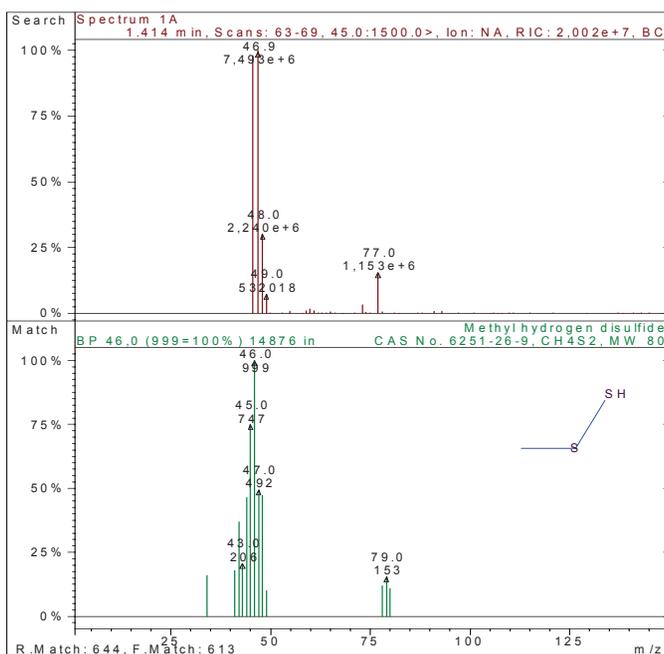


Рис. 2. Масс-спектр метилдисульфида, обнаруженного в автолизате из северной креветки

Fig. 2. Mass spectrum of methyl hydrogen disulfide found in autolysate from shrimp *Pandalus borealis*



По истечении установленного срока хранения по органолептическим показателям — цвету и запаху — изменений не установлено как у образца, хранившегося при температуре минус 32 °С, так и у образца, хранившегося при температуре минус 18 °С. Образцы имели приятные креветочные вкус и запах.

Хроматограммы летучих компонентов автолизатов из мелкой креветки после окончания хранения практически идентичны. Они характеризуются наличием тех

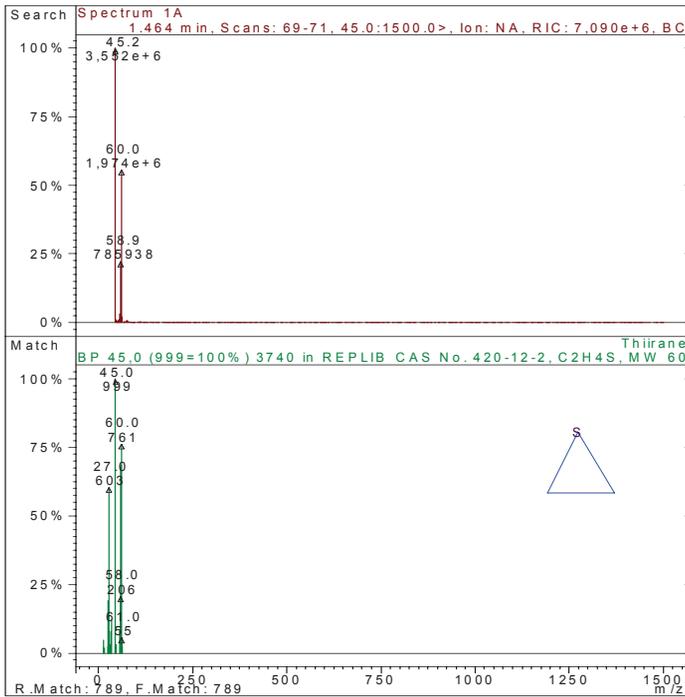


Рис. 3. Масс-спектр ти-ирана, обнаруженного в автолизате из северной креветки

Fig. 3. Mass spectrum of thiirane found in autolysate from shrimp *Pandalus borealis*

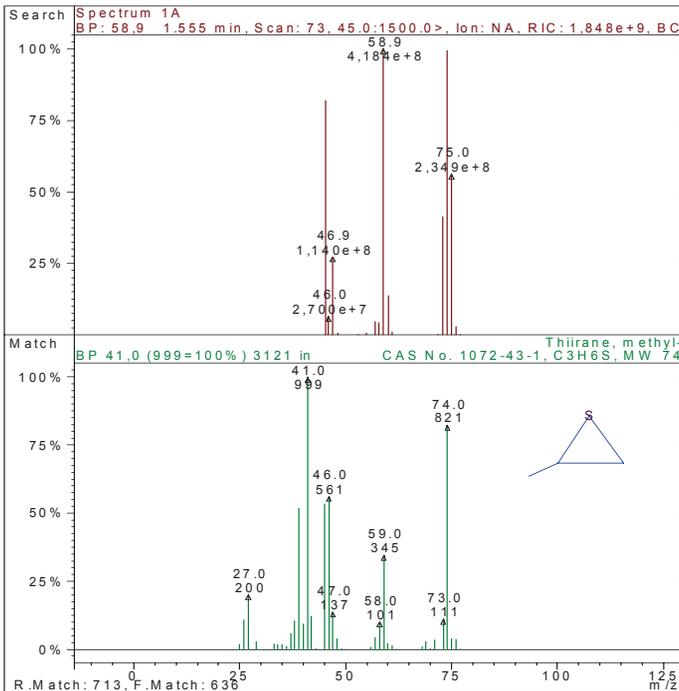


Рис. 4. Масс-спектр метилтиирана, обнаруженного в автолизате из северной креветки

Fig. 4. Mass spectrum of methylthiirane found in autolysate from shrimp *Pandalus borealis*

же 30 летучих соединений, что и в исходном образце, включая 5 серосодержащих соединений: тиран, метилтиран, диметилдисульфид, тиоуксусная кислота, 2-меркаптопропановая кислота, которые, согласно литературным данным [Whitfield et al., 1981; Chen, Ho, 1986], определяют вкусоароматические свойства анализируемой субстанции.

Обобщение и анализ данных состава летучих компонентов водорастворимых азотсодержащих веществ автолизата из северной креветки позволили заключить, что

Рис. 5. Масс-спектр метанкарботиоловой кислоты (тиоуксусной кислоты), обнаруженной в автолизате из северной креветки

Fig. 5. Mass spectrum of methanecarbothiol acid (thioacetic acid) found in autolysate from shrimp *Pandalus borealis*

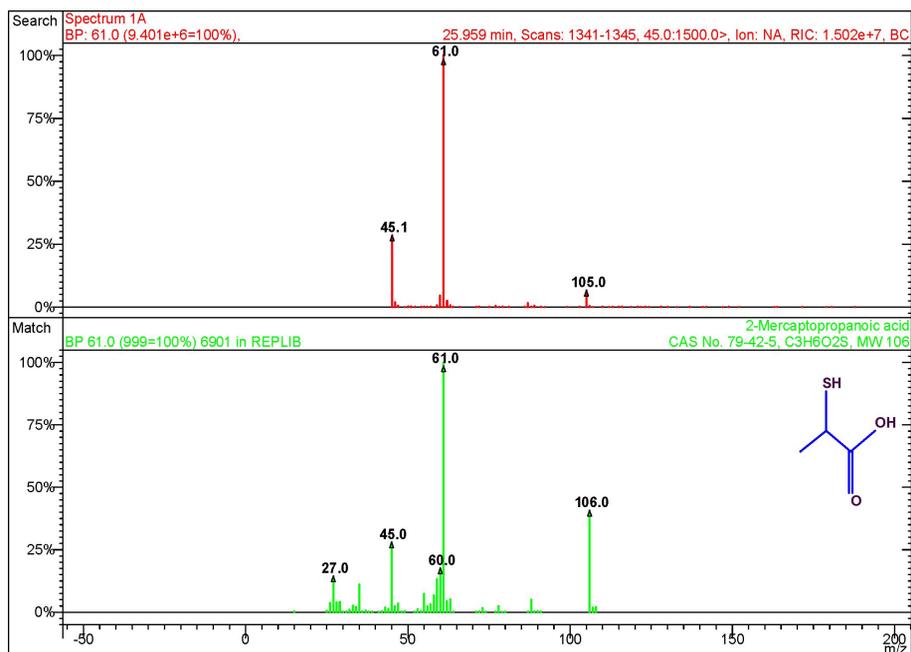
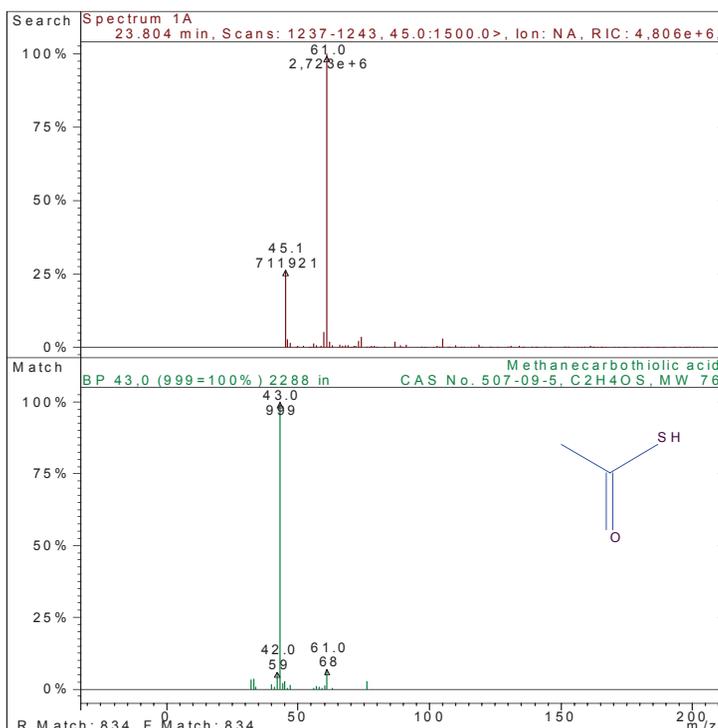


Рис. 6. Масс-спектр 2-меркаптопропановой кислоты, обнаруженной в автолизате из северной креветки

Fig. 6. Mass spectrum of 2-mercaptoпропановой кислоты found in autolysate from shrimp *Pandalus borealis*

в процессе хранения в течение 6 мес. при отрицательных температурах (минус 32 и минус 18 °С) состав летучих соединений остается постоянным. Температура минус 18 °С может быть использована для хранения автолизатов в течение 6 мес.

Безопасность и санитарно-гигиеническая оценка креветок и продукции из них

По содержанию хлорорганических соединений и радионуклидов (табл. 15) креветки и лизаты соответствуют Техническому регламенту о безопасности пищевой продукции (ТР ТС 021/2011).

Радионуклиды в углохвостой, северной креветках и лизатах, Бк/кг

Table 15

Radionuclides in shrimps *Pandalus borealis* and *P. goniurus* and their lysates, Bq/kg

Показатель	Значение по ТР ТС 21/2011, не более	Углохвостая креветка	Лизат из углохвостой креветки	Северная креветка	Лизат из северной креветки
Цезий-137	130	5,0 ± 2,5	5,0 ± 2,5	4,8 ± 2,4	5,8 ± 2,9
Стронций-90	100	3,6 ± 1,8	3,6 ± 1,8	3,8 ± 1,9	4,5 ± 2,3

Анализ данных по содержанию тяжелых металлов показал, что их содержание также не превышает величины допустимых уровней (табл. 16).

Токсичные элементы в углохвостой, северной креветках и лизатах, мг/кг

Table 16

Toxic elements in shrimps *Pandalus borealis* and *P. goniurus* and their lysates, mg/kg

Образец	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
Углохвостая креветка	0,01	2,57	0,02	0,11
Лизат	0,01	2,55	0,01	0,10
Северная креветка	0,15	2,03	0,50	0,17
Лизат	0,13	2,02	0,30	0,15
ПДК*	10,00	5,00	2,00	0,20

* По ТР ТС 21/201.

Микробиологические исследования креветок и лизатов, которые хранились в запаянных пакетах из комбинированных материалов в течение 10 мес. при температуре минус 18 °С, показали, что во всех продуктах общая микробная обсемененность находится значительно ниже установленных допустимых значений (табл. 17), санитарно-показательные бактерии и представители условно-патогенных микроорганизмов, в том числе *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, не обнаружены.

Микробиологические показатели углохвостой, северной креветок и лизатов свежизготовленных и через 10 мес. хранения, КМАФАнМ, КОЕ/г, не более

Table 17

Microbiological indicators for shrimps *Pandalus borealis* and *P. goniurus* and their lysates in fresh condition and after 10 months of storage, CFU/g, no more

Образец	Значение по НД	Углохвостая креветка	Лизат из углохвостой креветки	Северная креветка	Лизат из северной креветки
Свежий продукт	1,0 × 10 ⁵	4,0 × 10 ²	4,0 × 10 ¹	1,0 × 10 ³	1,0 × 10 ¹
Через 10 мес. хранения	1,0 × 10 ⁵	1,0 × 10 ¹	4,0 × 10 ¹	1,0 × 10 ¹	< 10

По органолептическим показателям до 10 мес. хранения не отмечали выраженных изменений вкуса и запаха лизатов.

Хранение после 10 мес. признано нецелесообразным из-за ухудшения органолептических характеристик, выразившегося в ослаблении интенсивности креветочного запаха и вкуса. Цвет продуктов в процессе хранения не изменялся.

Таким образом, по показателям безопасности: содержанию хлорорганических соединений, радионуклидов, токсичных элементов, а также микробиологическим характеристикам — креветки и лизаты из них безопасны, так как уровень перечисленных соединений, элементов и микроорганизмов, присутствующих в них, ниже ПДК.

Позиционирование продуктов автопротелиза креветок как пищевых продуктов

В литературе имеются многочисленные рекомендации по величине одноразовой порции того или иного продукта, например, подобные советы существуют в США*. Одноразовой считается порция, которая нормально съедается за один прием пищи. Так, в соответствии с данными справочника [Химический состав..., 2002] одноразовая порция, как условная величина, взятая из нормативных документов и имеющегося опыта применения рыбных продуктов, составляет 50 г, что эквивалентно 20–25 экз. мелких креветок. В соответствии с этим было рассчитано покрытие потребности в энергии и пищевых веществах для мужчин возрастом старше 60 лет потреблением порции в 50 г продуктов из креветки в сравнении с нежирным творогом и говядиной первой категории (табл. 18).

Из данных табл. 18 видно, что калорийность 50 г лизатов и мяса креветок невелика и сопоставима с калорийностью творога и говядины и покрывает суточную энергетическую потребность человека на 1,1–1,9 % при 2,3 % для творога и 4,7 % для говядины. Из этого следует, что продукты переработки креветок и творог не являются весомыми источниками энергии в проектируемых продуктах. Более высокая энергетическая ценность говядины объясняется повышенным содержанием в ней жира.

Потребление 50 г лизатов или мяса креветок может обеспечить до 27 % суточной потребности в белке, как и говядина. Для творога этот показатель несколько выше — 32 %, но, как отмечено ранее, творог не является полноценным источником животного белка.

Потребление 50 г лизатов может обеспечить до 1,0 % суточной потребности организма в липидах, для творога это 0,4 %, для говядины — 10,4 %. При этом качественный состав липидов креветок несравненно разнообразнее липидов творога по содержанию полиненасыщенных жирных кислот, включая кислоты 20:5n-3 (эйкозапентаеновую) и 22:6n-3 (докозагексаеновую), фосфолипидов, обладающих высокой эмульгирующей способностью, и астаксантина.

Углеводы в продуктах автолиза креветок присутствуют в минорных количествах и, вероятно, не оказывают существенного влияния на их пищевую ценность.

Основные минеральные вещества, которые содержатся в лизатах, говядине и твороге, — K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn .

Привлекает внимание повышенное содержание кальция и меди в продуктах автопротелиза (жидкой части) — 50 г могут обеспечить более 100 % суточной потребности человека в этих элементах.

Известно, что медь способствует улучшению состояния соединительных тканей, нормализации энергетического обмена, нормализации транспорта железа в организме и т.д. Кальций способствует поддержанию нормального состояния костей. Необходимо отметить, что содержание кальция и меди в одноразовой порции продуктов автопротелиза не превышает верхнего допустимого уровня потребления [ГОСТ Р 55577].

Таким образом, пищевая ценность лизатов креветки сопоставима с пищевой ценностью нежирного творога, отличается от последнего тем, что белок лизатов (исключая жидкую часть) по аминокислотному составу не содержит лимитирующих аминокислот и является полноценным животным белком. Говядина 1-й категории по своим пищевым показателям сходна с лизатом, за исключением более высокого содержания липидов (с преобладанием насыщенных жиров) и, соответственно, более высокой энергетической

* FDA Consumer. 1993. Vol. 27, № 4. 64 p.; FDA. Food and Cosmetic Regulatory Responsibilities. Washington, 1997.

Таблица 18

Покрывание потребности в энергии и пищевых веществах для мужчин старше 60 лет потреблением 1 порции (50,0 г) продуктов из креветки, творога и говядины

Table 18

Covering of energy and nutrient requirements for a man in age over 60 by consuming of 50 g of shrimp, cottage cheese, and beef products

Показатель	Потребность в сутки*	Жидкая часть лизата	Плотная часть паста	Лизат креветки	Мясо креветки	Творог нежирный**	Говядина 1-й катег.**
Энергия, ккал	2300	24,50	44,50	38,0	43,50	53,50	109,0
% от суточной потребности	100	1,10	1,90	1,70	1,90	2,30	4,7
Животный белок, г	34	5,90	9,50	7,70	9,20	11,0	9,3
% от суточной потребности	100	17,20	27,90	22,50	26,90	32,4	27,4
Жиры, г	77	0,10	0,65	0,75	0,60	0,30	8,0
% от суточной потребности	100	0,13	0,84	0,97	0,78	0,39	10,4
Углеводы, г	335	0,05	0,15	0,20	0,40	1,65	0
% от суточной потребности	100	0,01	0,04	0,06	0,12	0,49	0
Элемент							
К, мг	2500	1625	125	450	150,2	585	1630
% от суточной потребности	100	65,0	5,0	18,0	6,0	23,40	65,2
Na, мг	1300	625	43,75	170	32,25	220,0	325,0
% от суточной потребности	100	48,10	3,40	13,10	2,50	16,90	25,0
Ca, мг	1200	1250	206,3	432	44,30	600	45,0
% от суточной потребности	100	104,20	17,20	36,0	3,70	50,0	3,8
Mg, мг	400	112,50	38,80	55,0	17,10	120	110
% от суточной потребности	100	28,10	9,70	13,80	4,30	30,0	27,5
Cu, мг	1	1,10	0,20	0,40	0,10	Н.п.о	Н.п.о
% от суточной потребности	100	112,50	18,80	40,0	9,50	–	–
Fe, мг	10	1,30	0,90	0,87	0,80	1,50	13,5
% от суточной потребности	100	12,50	8,75	8,70	7,50	15,0	135
Zn, мг	12	2,80	1,0	1,30	0,50	Н.п.о	Н.п.о
% от суточной потребности	100	22,90	8,30	10,80	3,80	–	–

* МР 2.3.1.2432-08.

** Литературные данные [Химический состав..., 2002].

ценности. Этот недостаток легко устраним добавлением в лизат необходимых жировых компонентов, что позволит получать продукт прогнозируемого липидного состава.

По содержанию на 100 г продукта паста и неразделенный лизат по категории специализированных и функциональных пищевых продуктов и функциональных пищевых ингредиентов [ГОСТ Р 55577] являются источниками белка (≥ 12 % энергетической ценности продукта обеспечивается белком) с низким содержанием жира (≤ 3 г жира) и источниками омега-3 жирных кислот ($\geq 0,33$ г).

По своим качественным показателям автолизаты креветок близки к ферментализатам из рыбного сырья и мидий, свойства и технологию которых мы исследовали ранее [Ярочкин и др., 1997, 2014; Пат. РФ № 2017437; Пат. РФ № 2090084]. Было установлено, что рыбный ферментный гидролизат обладает высокой пенообразующей способностью — до 240 %, стойкость пен составляет 35 %, а стабильность эмульсий с пониженным до 10 % содержанием растительного масла находится на уровне 98–100 %. Мидийный ферментный гидролизат обладал сходными реологическими свойствами, но отличался выраженной вкусоароматикой моллюсков.

Полученные результаты позволяют предполагать, что лизаты из креветок пригодны к использованию по различным вариантам, в том числе для изготовления эмульсионных и пастообразных продуктов, обладающих стабильностью при хранении.

В Российской Федерации набирают популярность пасты из ферментированных мелких креветок. Например, креветочная паста китайского производства «Lee Kum Kee» (227 г, 625 руб.), состав: креветки ферментированные (75 %), соль; срок годности — 36 мес. [<http://kungpao.ru/krevetochnaya-pasta-lee-kum-kee.html>].

Для определения перспективных направлений пищевого использования получаемых лизатов были приготовлены образцы пищевой продукции, в которых лизаты из креветок являлись основным компонентом (рис. 7): 1 — паста «Креветочная» (состав: плотная часть лизата 90 %, масло оливковое 7 %, соль поваренная, перец красный (по вкусу); подавали с гарниром — отварной рис (50 г пасты, 150 г риса)); 2 — соусы по типу «Майонез» из лизата неразделенного (состав: лизат 70 %, растительное масло, томат-паста, вода — по 7 % каждого, сахар, соль, горчица, перец красный в зависимости от желаемого вкуса продукта; подавали к овощным салатам); 3 — масло «Креветочное» (состав: лизат креветки (неразделенный) 40 г, масло сливочное 58 г, соль; подавали на

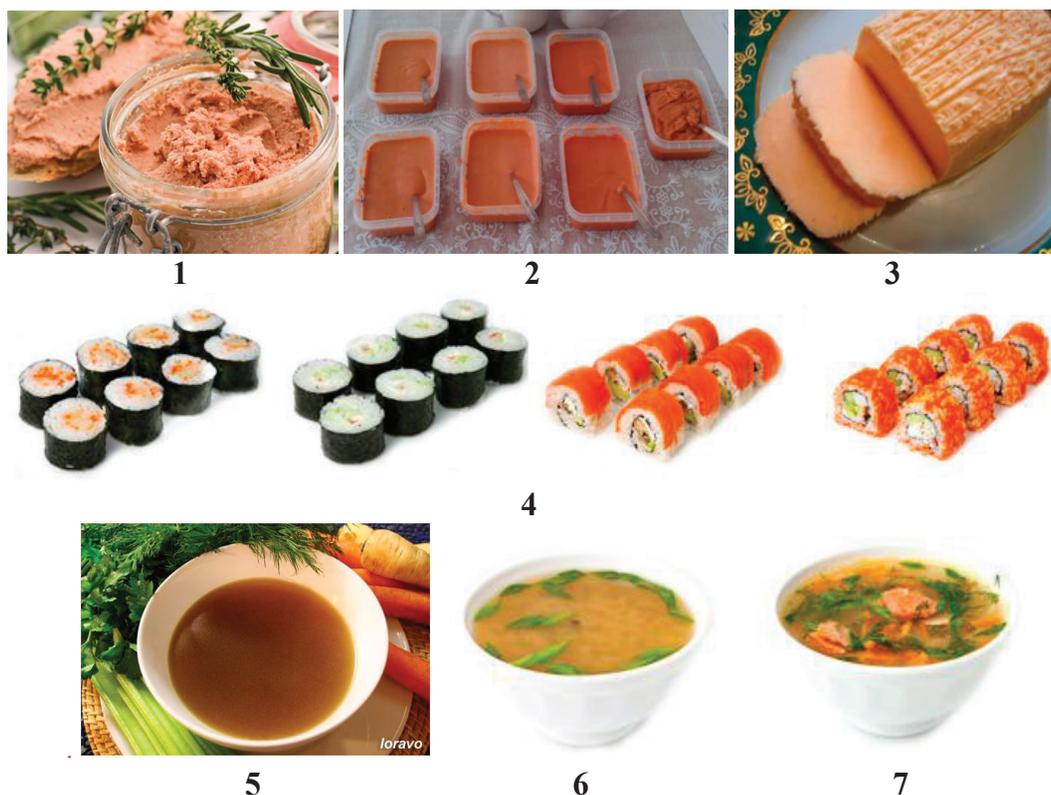


Рис. 7. Кулинарная продукция, изготовленная с использованием автолизатов (обозначения в тексте)

Fig. 7. Culinary products manufactured using autolysates (see explanations in the text)

хлебе, как бутерброд); 4 — роллы с 20 % пасты; 5 — жидкая фракция автолизата; 6, 7 — бульон и рыбный суп с 70 % жидкой фракции автолизата. Лизаты были изготовлены из креветки углохвостой, выловленной ОАО «Босантур-Два» (г. Владивосток), срок хранения сыромороженной креветки составлял 2 мес.

Все образцы получили высокие оценки расширенной дегустационной комиссии, положительно отмечена текстура новых продуктов и ярко выраженные вкусовые и ароматические свойства. На основании предшествующих исследовательских работ авторов и заключений дегустационной комиссии весь разработанный ассортимент рекомендован к широкому применению в производстве пищевых продуктов диетического и лечебно-профилактического направления.

К организации переработки прилова мелких креветок

Существующая практика судовой переработки уловов промысловых беспозвоночных ориентирована на простейшую переработку сырья и выпуск конечной продукции с очень слабой инновационной составляющей, по сути «архаичного» характера. В то же время включение прилова из неконтрактной мелкой креветки в развитую цепочку добавленной стоимости позволяет повысить экономические показатели добывающего судна или предприятия, ведущего выпуск продукции из этого вида сырья.

Возможны два направления переработки мелкой креветки:

— раздельное производство лизатов в виде замороженных полуфабрикатов из свежей креветки на промысловых судах и последующая их переработка на берегу с получением различных видов пищевой продукции;

— заморозка мелкой креветки на судах, производство лизатов из замороженной креветки на берегу и их переработка в различные виды пищевой продукции.

Оба направления имеют определенные преимущества и недостатки, их выбор предполагает анализ вариантов конкретных проектов биотехнологической переработки креветки, включая создание необходимых технических средств.

Для организации производства лизатов и продукции из мелкой креветки предприниматели должны быть уверены в экономической эффективности, которая определяется себестоимостью продукции и отпускной ценой.

Предлагаемая технология получения лизатов отличается простотой технического исполнения и позволяет создать как судовую, так и береговую малогабаритную установки.

Затраты на производство лизатов креветок (заработная плата, социальные отчисления, заводские и цеховые расходы, энергопотребление, водопотребление, упаковка, амортизация оборудования) без стоимости сырья практически останутся на уровне затрат для кормовой продукции, получаемой с использованием ферментов [Акулин и др., 2013]. По предварительным расчетам они составляют 10–12 руб./кг лизата.

Приемлемой ценой за мелкую, неконтрактную, сыромороженую креветку блоками по 10–12 кг считается \$ 3/кг (198 руб./кг). В этом случае себестоимость лизата, при его выходе в 70 % от сырья, будет составлять ~290 руб./кг.

Отпускная цена лизата определяются комплексом его показателей:

— органолептических — креветочный вкус, цвет, запах;

— качеством и содержанием белка — биологическая ценность лизата превышает такую у творога и одинакова с говядиной 1-й категории;

— наличием достаточного количества полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, астаксантина, отсутствующих в говядине и твороге, необходимых минеральных веществ;

— применимостью в функциональных и диетических продуктах;

— технологичностью в использовании: сочетаемость с различными компонентами в пищевых продуктах.

Перечисленный далеко не полный комплекс товарных показателей лизата из креветок позволяет приравнять его к группе деликатесных гастрономических

товаров — готовых к употреблению высококачественных продуктов, имеющих благородные вкусовые качества и высокую пищевую ценность.

Совокупность этих свойств предполагает, что отпускная цена на лизат должна быть выше отпускной цены на качественную говядину и быть сопоставимой со стоимостью очищенного крилевого или креветочного мяса ≥ 400 руб./кг.

Вероятно, себестоимость 290 руб./кг и оптовая цена лизата ≥ 400 руб./кг при реализации в виде полуфабриката позволят соблюдать уровень рентабельности, достаточно привлекательный для организации производства.

Заметим, что для получения этого объема доходов от продукции инновационного направления из неконтрактной мелкой креветки, безусловно, требуется соблюдение международных технологических стандартов, использование высокотехнологичного оборудования и высококачественных упаковочных материалов.

Заключение

Выполненные исследования показали, что предлагаемая биотехнология переработки мелких креветок, основанная на их автопротеолизе, позволяет получать пищевые полуфабрикаты (лизаты), характеризующиеся высокой пищевой ценностью и высокими гастрономическими свойствами. Показано, что паста и неразделенный лизат креветки по категории специализированных и функциональных пищевых продуктов являются источниками животного белка с низким содержанием жира и источниками омега-3 морских жирных кислот.

Лизаты креветки обладают совокупностью свойств, позволяющих производить широкий ассортимент различных видов пищевых продуктов, включая функциональные и диетические. Это дает возможность организовать на основе ферментированных мелких креветок и других гидробионтов производство нового поколения пищевых продуктов.

Основным препятствием для использования мелких креветок является необходимость организации их вылова и первичной обработки, так как у рыбаков нет мотивации для выполнения этих задач. Решением проблемы является внесение в Правила рыболовства пункта о необходимости полной переработки всех поднятых на борт креветок, включая мелких. При этом квота вылова креветок на судно должна корректироваться на увеличенный объем вылова.

Благодарности

Авторы благодарны коллективу аналитической научно-испытательной лаборатории Тихоокеанского филиала ТИНРО за проведение экспериментов по определению макро- и микроэлементов, в том числе токсичных, а также ведущему специалисту сектора микробиологии Г.И. Загородной за проведение микробиологических анализов.

Финансирование работы

Результаты настоящего исследования были получены в рамках выполнения Государственной работы.

Соблюдение этических стандартов

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Информация о вкладе авторов

А.П. Ярочкин — организация, планирование и проведение экспериментов, обработка данных, написание и редактирование статьи; Г.Н. Тимчишина, С.П. Касья-

нов — проведение экспериментов, обработка данных, написание и редактирование статьи; А.Н. Баштовой — проведение экспериментов, оформление, написание и редактирование статьи; В.Н. Акулин — идея использования неконтрактного сырья (мелких креветок), редактирование статьи; И.М. Виговская — проведение экспериментов, обработка данных.

Список литературы

Акулин В.Н., Никулин Ю.П., Покровский Б.И., Ярочкин А.П. Перспективы развития производства кормовых продуктов из гидробионтов на Дальнем Востоке // Рыб. хоз-во. — 2013. — № 6. — С. 102–104.

Антарктический криль. Справочник / под ред. В.М. Быковой — М. : ВНИРО, 2001. — 207 с.

Василькова Г.М., Ярочкин А.П. Определение условий гидролиза белков криля сырца собственным комплексом протеаз // Рыб. хоз-во. — 1983. — № 5. — С. 65–67.

Журавская Н.К., Алехина Л.Т., Отряшенкова Л.М. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов : учеб. пособие. — М. : Агропромиздат, 1985. — 296 с.

Зюзьгина А.А., Ярочкин А.П. Сравнительная характеристика общего химического состава и активности протеаз северной *Pandalus borealis*, углохвостой *Pandalus goniurus* и антарктической *Euphausia* spp. креветок // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 147. — С. 354–360.

Игнатьев А.Д., Исаев М.К., Долгов В.Т. и др. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью реснитчатой инфузории тетрахимена пириформис // Вопр. питания. — 1980. — № 1. — С. 70–71.

Игнатьев А.Д., Шаблий В.Я. Использование инфузорий тетрахимена пириформис как тест-объект при биологических исследованиях в сельском хозяйстве. — М. : ВНИИТЭИСХ, 1978. — 51 с.

Лазаревский А.А. Техно-химический контроль в рыбообработывающей промышленности : пособие для работников заводских и исследовательских лабораторий. — М. : Пищепромиздат, 1955. — 520 с.

Методические рекомендации «Технохимические исследования рыбы и беспозвоночных» / сост. В.П. Быков, В.А. Смирнова. — М. : ВНИРО, 1981. — 96 с.

Мизюркин М.А., Кобликов В.Н., Борилко О.Ю., Корнейчук И.А. Оценка уловов и выбросов на промысле креветок ловушками и тралами // Мат-лы Всерос. науч. конф. «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление», посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2012. — С. 350–358.

Остерман Л.А. Хроматография белков и нуклеиновых кислот : моногр. — М. : Наука, 1985. — 536 с.

Пат. РФ № 2017437. Пищевая эмульсия типа майонез и способ ее получения / Е.С. Чупикова, А.П. Ярочкин, Н.А. Градов. Заявл. 15.04.1991; Оpubл. 15.08.1994.

Пат. РФ № 2090084. Способ переработки мидий / Ю.Н. Кузнецов, А.П. Ярочкин. Заявл. 17.01.1995; Оpubл. 20.09.1997.

Пат. РФ № 2554994. Способ получения пищевого белкового продукта из креветок / Ю.Г. Блинов, А.П. Ярочкин, И.М. Виговская и др. Заявл. 10.11.2013; Оpubл. 07.10.2015. Бюл. № 19.

Польгалина Г.В., Чередниченко В.С., Римарева Л.В. Определение активности ферментов. Справочник. — М. : ДеЛи принт, 2003. — 375 с.

Практикум по биохимии. Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под. ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. — М. : МГУ, 1989. — 509 с.

Славин У. Атомно-абсорбционная спектроскопия : моногр. : пер. с англ. — Л. : Химия, Ленингр. отд., 1971. — 296 с.

Химический состав пищевых продуктов. Справочник / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Агропромиздат, 1987. — 358 с.

Химический состав российских пищевых продуктов. Справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. — М. : ДеЛи принт, 2002. — 236 с.

Черногорцев А.П. Переработка мелкой рыбы на основе ферментирования сырья : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1973. — 152 с.

Ярочкин А.П., Блинов Ю.Г., Мизюркин М.А. и др. Использование мелких креветок: проблемы и пути решения // Рыб. хоз-во. — 2014. — № 3. — С. 120–125.

Ярочкин А.П., Роль Л.Н., Ерошкина М.Я. Утилизация отходов производства крилевого мяса путем автопротеолиза // Тез. докл. Первой Всесоюз. науч.-техн. конф. по производству и использованию хитина и хитозана из панциря крыля и других ракообразных. — Владивосток, 1983. — С. 23–25.

Ярочкин А.П., Чупикова Е.С., Кузнецов Ю.Н., Градов Н.А. Биотехнологическая утилизация белоксодержащих отходов рыбпереработки // Изв. ТИНРО. — 1997. — Т. 120. — С. 44–48.

Abdelhamid A.S., Brown T.J., Brainard J.S. et al. Omega-3 fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease // Cochrane Database of Systematic Reviews. — 2018. — Vol. 7(17). DOI: 10.1002/14651858.cd003177.pub3.

Ambati R.R., Phang S.M., Ravi S., Aswathanarayana R.G. Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications — a review // Mar. Drugs. — 2014. — Vol. 12(1). — P. 128–152. DOI: 10.3390/md12010128.

Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. — 1959. — Vol. 37, № 8. — P. 911–917. DOI: 10.1139/o59-099.

Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. — 1978. — Vol. 151, Iss. 3. — P. 384–390. DOI: 10.1016/S0021-9673(00)88356-9.

Cha Y.J., Cadwallader K.R., Baek H.H. Volatile flavor components in Snow Crab cooker effluent and effluent concentrate // J. Food Sci. — 1993. — Vol. 58, Iss. 3. — P. 525–530. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb04316.x.

Chen C.-C., Ho C.-T. Identification of sulfurous compounds of Shiitake mushroom (*Lentinus edodes* Sing.) // J. Agric. Food Chem. — 1986. — Vol. 34(5). — P. 830–833. DOI: 10.1021/jf00071a016.

Jiao G., Hui J.P., Burton I.W. et al. Characterization of shrimp oil from *Pandalus borealis* by high performance liquid chromatography and high resolution mass spectrometry // Mar. Drugs. — 2015. — Vol. 13(6). — P. 3849–3876. DOI: 10.3390/md13063849.

Küllenberg D., Taylor L.A., Schneider M., Massing U. Health effects of dietary phospholipids // Lipids Health Dis. — 2012. — Vol. 11, № 3. — P. 1–16. DOI: 10.1186/1476-511X-11-3.

Nutritional evaluation of protein foods / ed. by Pellett P.L., Young V.R. — Tokyo : United Nations University Press, 1980. — 162 p.

Okuyama G., Sarake K. On the preparation and properties of 2,4,6-trinitrophenylaminoacid and peptides // J. Biochem. — 1960. — Vol. 47, № 5. — P. 456–461.

Shahidi F., Synowiecki J. Isolation and characterisation of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*) processing discards // J. Agric. Food Chem. — 1991. — Vol. 39(8). — P. 1527–1532. doi.org/10.1021/jf00008a032.

Sindhua S., Sherief P.M. Extraction, Characterization, Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Carotenoids from the Shell Waste of Arabian Red Shrimp *Aristeus alcocki*, Ramadan 1938 // The Open Conference Proceedings Journal. — 2011. — Vol. 2. — P. 95–103. DOI: 10.2174/2210289201102010095.

Whitfield F.B., Freeman D.B., Bannister P.A. Dimethyltrisulphide: an important off-flavour component in the royal red prawn (*Hymenopenaeus sibogae*) // Chem. Ind. — 1981. — № 3. — P. 692–693.

References

Akulin, V.K., Nikulin, Yu.P., Pokrovsky, B.I., and Yarochkin, A.P., Prospects for developing production of fodders from aquatic organisms of Far East, *Rybn. Khoz.*, 2013, no. 6, pp. 102–104.

Antarkticheskiy kril'. Spravochnik (Antarctic krill. Handbook), ed. Bykova, V.M., Moscow: VNIRO, 2001.

Vasilkova, G.M. and Yarochkin, A.P., Determination of the conditions for the hydrolysis of raw krill proteins by their own complex of proteases, *Rybn. Khoz.*, 1983, no. 5, pp. 65–67.

Zhuravskaya, N.K., Alekhina, L.T., and Otryashenkova, L.M., *Issledovaniye i kontrol' kachestva myasa i myasoproduktov* (Research and quality control of meat and meat products), Moscow: Agropromizdat, 1985.

Zyuz'gina, A.A. and Yarochkin, A.P., Comparative characteristic of general chemical compound and proteases activity of northern shrimp *Pandalus borealis*, humpy shrimp *Pandalus goniurus*, and antarctic *Euphausia* spp., *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 147, pp. 354–360.

Ignatiev, A.D., Isaev, M.K., Dolgov, V.T., Shabliy, V.Ya., and Nelyubin, V.P., *Modifikatsiya metoda biologicheskoy otsenki pishchevykh produktov s pomoshch'yu resnitchatoy infuzorii tetra-*

khimena piriformis (Modification of the method of biological evaluation of food products using the ciliary ciliates of tetrachimen pyrimiformis), *Vopr. Pitaniya*, 1980, no. 1, pp. 70–71.

Ignatiev, A.D. and Shabliy, V.Ya., *Ispol'zovaniye infuzoriy tetrakhimena piriformis kak test-ob'yeht pri biologicheskikh issledovaniyakh v sel'skom khozyaystve* (The use of ciliates tetrachimene pyrimiformis as a test object in biological research in agriculture), Moscow: Vsesoyuznyy nauchno-issledovatel'skiy institut informatsii i tekhniko ekonomicheskikh issledovaniy po sel'skomu khozyaystvu, 1978.

Lazarevsky, A.A., *Tekhnokhimicheskiy kontrol' v ryboobrabatyvayushchey promyshlennosti : posobiye dlya rabotnikov zavodskikh i issledovatel'skikh laboratoriy* (Techno and chemical control in the fish processing industry: a manual for factory workers and research laboratories), Moscow: Pishchepromizdat, 1955.

Bykov, V.P. and Smirnova, V.A., *Metodicheskiye rekomendatsii «Tekhnokhimicheskiye issledovaniya ryby i bespozvonochnykh»* (Technochemical studies of fish and invertebrates), Moscow: VNIRO, 1981.

Mizyurkin, M.A., Koblikov, V.N., Borilko, O.Yu. and Korneichuk, I.A., Assessment of catches and emissions from the shrimp fishery by traps and trawls, in *Mater. Vseross. nauchn. konf. posvyashch. 80-letnemu yubileyu FGUP «KamchatNIRO» «Vodnye biologicheskie resursy severnoi chasti Tikhogo okeana: sostoyanie, monitoring, upravlenie»* (Proc. All-Russ. Sci. Conf. Commem. 80th Aniv. FGUP KamchatNIRO “Aquatic Biological Resources of the Northern Pacific Ocean: Status, Monitoring, and Management”), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2012, pp. 350–358.

Osterman, L.A., *Khromatografiya belkov i nukleinovykh kislot* (Chromatography of proteins and nucleic acids), Moscow: Nauka, 1985.

Chupikova, E.S., Yarochkin, A.P., and Gradov, N.A., Patent RU № 2017437, Food emulsion of mayonnaise type and method for its production, *Izobret., Polezn. Modeli*, 1994.

Kuznetsov, Yu.N. and Yarochkin, A.P., Patent RU № 2090084, Method for processing mussels, *Izobret., Polezn. Modeli*, 1997.

Blinov, Ju.G., Jarochkin, A.P., Vigovskaja, I.M., Timchishina, G.N., Spitsyn, I.A., and Bashtovoj, A.N., Patent RU № 2554994 C2, Shrimp food protein product manufacture method, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2015, no. 11.

Polygalina, G.V., Cherednichenko, V.S., and Rimareva, L.V., *Opredeleniye aktivnosti fermentov. Spravochnik* (Determination of enzyme activity), Moscow: DeLi print, 2003.

Praktikum po biokhimii (Workshop on biochemistry), ed. Severin, S.E., Solovyov, G.A., Moscow: Moscow State University, 1989.

Slavin, W., *Atomno-absorbtsionnaya spektroskopiya* (Atomic absorption spectroscopy), Leningrad: Khimiya, 1971.

Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov. Spravochnik (The chemical composition of food), eds Skurikhin, I.M., Volgarev, M.N., Moscow: Agropromizdat, 1987.

Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov. Spravochnik (The chemical composition of Russian food products), eds Skurikhin, I.M., Tutellan, V.A., Moscow: DeLi print, 2002.

Chernogortsev, A.P., *Pererabotka melkoy ryby na osnove fermentirovaniya syr'ya* (Small fish processing based on fermentation of raw materials), Moscow: Pishcheyaya Promyshlennost', 1973.

Yarochkin, A.P., Blinov, Y.G., Mizyurkin, M.A., Timchishina, G.N., Pokrovsky, B.I., and Spitzin, I.A., The usage of small shrimps: problems and solutions, *Rybn. Khoz.*, 2014, no. 3, pp. 120–125.

Yarochkin, A.P., Rol', L.N., and Eroshkina, M.Ya., Utilization of waste from the production of krill meat by autoproteolysis, in *Tezisy dokl. Pervoy Vsesoyuz. nauch.-tekhn. konf. po proizvodstvu i ispol'zovaniyu khitina i khitozana iz pantsiry krilya i drugikh rakoobraznykh* (Proc. doc. First All-Union. scientific and technical conf. for the production and use of chitin and chitosan from the shell of krill and other crustaceans), Vladivostok, 1983, pp. 23–25.

Yarochkin, A.P., Chupikova, E.S., Kuznetsov, Yu.N., and Gradov, N.A., Biotechnological utilization of offals containing protein, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1997, vol. 120, pp. 44–48.

Abdelhamid, A., Brown, T., Brainard, J., Biswas, P., Thorpe, G., Moore, H., Deane, K., AlAbdulghafoor, F., Summerbell, C., Worthington, H., Song, F., and Hooper, L., Omega-3 fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease, *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018, vol. 7(17). doi 10.1002/14651858.cd003177.pub3

Ambati, R.R., Phang, S.M., Ravi, S., and Aswathanarayana, R.G., Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications — a review, *Marine Drugs*, 2014, vol. 12(1), pp. 128–152. doi 10.3390/md12010128

Bligh, E.G. and Dyer, W.J., A rapid method of total lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 1959, vol. 37, no. 8, pp. 911–917. doi 10.1139/o59-099

Carreau, J.P. and Dubacq, J.P., Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts, *J. Chromatogr.*, 1978, vol. 151, no. 3, pp. 384–390. doi 10.1016/S0021-9673(00)88356-9

Cha, Y.J., Cadwallader, K.R., and Baek, H.H., Volatile Flavor Components in Snow Crab Cooker Effluent and Effluent Concentrate, *Journal of Food Science*, 1993, vol. 58, no. 3, pp. 525–530. doi 10.1111/j.1365-2621.1993.tb04316.x

Chen, C.-C. and Ho, C.-T., Identification of sulfurous compounds of Shiitake mushroom (*Lentinus edodes* Sing.), *J. Agric. Food Chem.*, 1986, vol. 34(5), pp. 830–833. doi 10.1021/jf00071a016

Jiao, G., Hui, J., Burton, I., Thibault, M.-H., Pelletier, C., Boudreau, J., Tchoukanova, N., Subramanian, B., Djaoued, Y., Ewart, S., Gagnon, J., Ewart, K., and Zhang, J., Characterization of shrimp oil from *Pandalus borealis* by high performance liquid chromatography and high resolution mass spectrometry, *Marine drugs*, 2015, vol. 13(6), pp. 3849–3876. doi 10.3390/md13063849

Küllenberg, D., Taylor, L.A., Schneider, M., and Massing, U., Health effects of dietary phospholipids, *Lipids Health Dis.*, 2012, vol. 11, no. 3, pp. 1–16. doi 10.1186/1476-511X-11-3

Nutritional evaluation of protein foods, eds Pellett, P.L., Young, V.R., Tokyo: United Nations University Press, 1980.

Okuyama, G. and Sarake, K., On the preparation and properties of 2,4,6-trinitrophenylamino acid and peptides, *J. Biochem.*, 1960, vol. 47, no. 5, pp. 456–461.

Shahidi, F. and Synowiecki, J., Isolation and characterisation of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*) processing discards, *J. Agric. Food Chem.*, 1991, vol. 39(8), pp. 1527–1532. doi.org/10.1021/jf00008a032

Sindhua, S. and Sherief, P.M., Extraction, Characterization, Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Carotenoids from the Shell Waste of Arabian Red Shrimp *Aristeus alcocki*, Ramadan 1938, *The Open Conference Proceedings Journal*, 2011, vol. 2, pp. 95–103. doi 10.2174/2210289201102010095

Whitfield, F.B., Freeman, D.B., and Bannister, P.A., Dimethyltrisulphide: an important off-flavour component in the royal red prawn (*Hymenopenaeus sibogae*), *Chem. Ind.*, 1981, no. 3, pp. 692–693.

Sostoyaniye promyslovykh resursov. Prognoz obshchego vylova gidrobiontov po Dal'nevostochnomu rybokhozyaystvennomu basseynu na 2018 g. (kratkaya versiya) (The state of fishing resources. Forecast of the total catch of aquatic organisms in the Far Eastern fisheries basin for 2018 (short version)), Vladivostok: TINRO-tsentr, 2018.

Metodicheskiye rekomendatsii (mikrometod) toksiko-biologicheskoy otsenki ryby i drugikh gidrobiontov (Methodical recommendations (micromethod) of toxicological and biological assessment of fish and other aquatic organisms), Kiev (Bila Tserkva): Gortipografiya, 1987.

Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of joint FAO/WHO/UNU expert consultation. Geneva, 2007.

FDA Consumer, 1993, vol. 27, no. 4.

FDA. Food and Cosmetic Regulatory Responsibilities, Washington, 1997.

Поступила в редакцию 13.02.2020 г.

После доработки 6.03.2020 г.

Принята к публикации 20.05.2020 г.