

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 577.115, 595.384 (268.45).

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ В ГЕМОЛИМФЕ КАМЧАТСКОГО КРАБА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

© 2017 г. А.Г. Дворецкий, Ф.А. Бичкаева*, Н.Ф. Баранова*

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, 183010

*Институт физиологии природных адаптаций ФИЦКИА РАН, Архангельск, 63000

E-mail: dvoretskiya@mmbi.info

Поступила в редакцию 02.02.2017 г.

Проведено исследование жирнокислотного состава гемолимфы камчатского краба Баренцева моря. Основную его долю составили полиненасыщенные жирные кислоты, на втором месте по встречаемости были насыщенные жирные кислоты, на третьем — мононенасыщенные жирные кислоты. Проведено сравнение полученных результатов с литературными данными. Показано, что размер, пол, стадия линьки, травмированность и стадия зрелости икры (у самок) не влияли на концентрацию жирных кислот в гемолимфе.

Ключевые слова: камчатский краб, Баренцево море, гемолимфа, жирные кислоты.

ВВЕДЕНИЕ

Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* был вселен в Баренцевом море в 1960-х гг. (Кузьмин, Гудимова, 2002). К настоящему времени вид сформировал самоподдерживающуюся популяцию. Коммерческий промысел краба в российских водах Баренцева моря ведется с 2004 г. (Dvoretsky A., Dvoretsky V., 2015).

Рост численности камчатского краба, отмеченный в 1990-х гг., повлек за собой интенсивные исследования его биологии, касающиеся популяционной динамики (Кузьмин, Гудимова, 2002; Камчатский краб ..., 2003; Dvoretsky A., Dvoretsky V., 2016), особенностей размножения, линьки, (Dvoretsky A., Dvoretsky V., 2009, 2010a, 2013, 2014, 2015; Дворецкий А., Дворецкий В., 2010), влияния на местные сообщества (Дворецкий, 2012, 2013а, б, 2014). Несколько в стороне остаются исследования физиологии и биохимии камчатского краба в новом месте обитания. Есть ограниченные сведения о химическом составе тканей краба. Например, в монографии ПИНРО приводятся процентные соотношения жирных кислот в икре и гепатопанкреасе (Камчатский краб ..., 2003).

Аналогичные данные имеются для дальневосточных районов обитания камчатского краба (Latyshev et al., 2009). Исследования, затрагивающие биохимию гемолимфы камчатского краба, более ограниченны. Так, в недавних статьях приводятся данные о вариациях содержания белка гемоцианина и связи этих показателей с наполнением конечностей (Моисеева, Моисеев, 2008, 2011), а также сведения по гормонам линьки (Dvoretsky A., Dvoretsky V., 2010b). В литературе отсутствуют данные о содержании жирных кислот в гемолимфе баренцевоморского камчатского краба.

Цель работы — определить содержание насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот в гемолимфе камчатского краба, обитающего в прибрежье Баренцева моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для исследований был отобран в ходе береговой экспедиции, проведенной совместно ММБИ КНЦ и ИФПА ФИЦКИА РАН в губе Дальнезеленецкая в июле 2015 г. Отлов крабов производили при

помощи водолазов с глубин 10–38 м. Исследованиями были охвачены основные типы грунтов, отмеченные в губе Дальнезеленецкая, — илистый песок, гравий с примесью ракуши, валунник, выходы скальных пород и вертикальные стенки. Общая площадь губы Дальнезеленецкая — 1,7 км². Исследованная водолазами площадь составила 0,25 км².

Описание донных биоценозов приведено ранее (Дворецкий А., Дворецкий В., 2014).

Биологический анализ крабов выполняли по общепринятым методикам (Руководство ..., 1979). Обработка животных включала промеры, взвешивание, определение пола, линичной категории, стадий зрелости самок краба. Пол крабов определяли путем внешнего осмотра abdomena и его придатков.

Необходимый объем гемолимфы набирали при отсечении дактилоподита с последующей заморозкой отобранной жидкости. Биохимический анализ проводили методом газожидкостной хроматографии с предварительной экстракцией липидов (Folch et al., 1957) и последующим получением метиловых эфиров жирных кислот, анализ которых проводили на газовом хроматографе Agilent 7890A (пламенно-ионизационный детектор, капиллярная колонка «Agilent DB-23», 60 × 0.25 × 0.15) в режиме программирования температуры и скорости газа носителя азота. Идентификацию жирных кислот осуществляли с использованием стандарта «Supelco 37 FAME C4-C24» (США). Количественный расчет жирных кислот проводили методом внутреннего стандарта (нонадекановая кислота) в программе «Agilent Chem Station B.03.01» (США). В ходе исследований определяли насыщенные жирные кислоты (НЖК) — короткоцепочечные (КЦ НЖК), среднепропечечные (СЦ НЖК) и длиннопропечечные (ДЦ НЖК); мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) — омега-5, омега-7, омега-9; полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) — омега-3, омега-6.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием компьютерного пакета прикладных программ

NCSS PASS, представлены средние значения и стандартная ошибка ($\pm SE$). Сравнение средних концентраций жирных кислот между разными группами крабов осуществляли с применением однофакторного дисперсионного анализа в случае нормального распределения данных или использовали тест Крускала—Уоллиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общее число крабов, у которых отбирали гемолимфу, составило 48 экз., из них самок 36, самцов — 12. Преобладание самок в уловах является закономерным. В последние годы в прибрежных районах Восточного Мурмана в летний период доля самок в уловах стабильно превышает относительную встречаемость самцов (Дворецкий А., Дворецкий В., 2010).

Ширина карапакса особей варьировалась от 120 до 216 мм (156 ± 3 мм), масса — от 984 до 5452 г (2098 ± 117 г). Средняя ширина карапакса самок (149 ± 2 мм) была меньше, чем у самцов (178 ± 5 мм) ($df = 1$, $F = 40,67$, $p < 0,001$). Это связано с тем, что темпы роста у половозрелых особей различаются: самки тратят энергию на откладку и вынашивание икры, тогда как самцы — только на соматический рост (Дворецкий А., Дворецкий В., 2010).

Среди самок основная доля особей имела фиолетовую икру (31 экз., 86%), остальные 5 экз. несли икру бурого цвета.

В выборке были представлены крабы разных стадий линьки, однако основную долю составили особи, имеющие относительно новый экзоскелет. Среди самок все особи, кроме одной, находились на второй стадии линичного цикла, тогда как среди самцов таковых было 4 экз.; остальные особи имели более старый экзоскелет: четыре краба имели экзоскелет, характеризующийся третьей ранней, оставшиеся 4 экз. — третьей поздней стадией линьки.

Данные по содержанию жирных кислот в гемолимфе камчатского краба обобщены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание жирных кислот в гемолимфе камчатского краба из губы «Дальнезеленецкая», Баренцево море, мкг/мл

Жирная кислота	Самцы				Самки				Оба пола	
	min	max	$x \pm SE$	min	max	$x \pm SE$	min	max	$x \pm SE$	
C6:0	0,16	2,66	$0,64 \pm 0,22$	0,15	2,56	$0,58 \pm 0,09$	0,15	2,66	$0,60 \pm 0,08$	
C8:0	0,18	0,75	$0,36 \pm 0,05$	0,12	1,09	$0,44 \pm 0,04$	0,12	1,09	$0,42 \pm 0,03$	
C9:0	0,18	0,97	$0,48 \pm 0,08$	0,13	1,88	$0,56 \pm 0,07$	0,13	1,88	$0,54 \pm 0,05$	
C10:0	0,17	1,35	$0,55 \pm 0,11$	0,10	1,81	$0,52 \pm 0,06$	0,10	1,81	$0,52 \pm 0,05$	
C11:0	0,13	0,41	$0,24 \pm 0,03$	0,09	0,76	$0,25 \pm 0,03$	0,09	0,76	$0,25 \pm 0,02$	
C12:0	0,31	1,78	$0,86 \pm 0,15$	0,22	4,53	$0,88 \pm 0,15$	0,22	4,53	$0,87 \pm 0,11$	
C13:0	0,12	0,85	$0,36 \pm 0,07$	0,10	0,93	$0,31 \pm 0,03$	0,10	0,93	$0,32 \pm 0,03$	
C14:0	4,13	31,46	$13,19 \pm 2,57$	3,34	34,98	$14,19 \pm 1,22$	3,34	34,98	$13,94 \pm 1,10$	
C15:0	2,97	12,74	$7,61 \pm 0,88$	2,84	12,74	$6,90 \pm 0,43$	2,84	12,74	$7,07 \pm 0,39$	
C16:0	36,47	301,06	$129,19 \pm 23,02$	38,19	285,44	$133,03 \pm 9$	36,47	301,06	$132,07 \pm 8,74$	
C17:0	4,51	13,63	$7,48 \pm 0,73$	4,33	14,37	$7,49 \pm 0,39$	4,33	14,37	$7,49 \pm 0,34$	
C18:0	19,32	96,20	$46,77 \pm 6,4$	21,57	102,65	$48,98 \pm 3,10$	19,32	102,65	$48,43 \pm 2,79$	
C20:0	1,04	6,57	$2,93 \pm 0,55$	0,92	8,78	$3,20 \pm 0,29$	0,92	8,78	$3,14 \pm 0,26$	
C21:0	0,73	2,40	$1,27 \pm 0,16$	0,13	2,31	$1,28 \pm 0,08$	0,13	2,40	$1,27 \pm 0,07$	
C22:0	0,24	2,34	$0,92 \pm 0,18$	0,17	3,41	$0,86 \pm 0,12$	0,17	3,41	$0,88 \pm 0,10$	
C23:0	0,08	0,64	$0,25 \pm 0,07$	0,08	0,82	$0,22 \pm 0,04$	0,08	0,82	$0,23 \pm 0,03$	
C24:0	0,18	1,51	$0,57 \pm 0,10$	0,17	2,05	$0,56 \pm 0,07$	0,17	2,05	$0,56 \pm 0,06$	
$\Sigma \text{НЖК}$	74,08	472,40	$213,56 \pm 34,28$	74,36	459,48	$220,17 \pm 14,31$	74,08	472,40	$218,52 \pm 13,54$	
KJ ₂	0,89	5,45	$2,27 \pm 0,43$	0,66	6,18	$2,33 \pm 0,22$	0,66	6,18	$2,32 \pm 0,20$	
CJ ₂	7,83	46,08	$22,02 \pm 3,45$	6,86	46,38	$22,27 \pm 1,64$	6,86	46,38	$22,20 \pm 1,48$	
DJ ₂	65,17	421,95	$189,28 \pm 30,59$	66,45	410,61	$195,58 \pm 12,6$	65,17	421,95	$194,00 \pm 11,98$	
C14:1t	0,13	0,25	$0,19 \pm 0,06$	0	0,30	$0,16 \pm 0,07$	0	0,30	$0,17 \pm 0,05$	

Таблица 1. Продолжение

ДВОРЦКИЙ И др.

Жирная кислота	Самцы				Самки				Оба пола
	min	max	$x \pm SE$	min	max	$x \pm SE$	min	max	
C14:1C	0,13	1,12	$0,53 \pm 0,11$	0,09	1,32	$0,55 \pm 0,05$	0,09	1,32	$0,54 \pm 0,05$
C15:1	0,09	1,76	$0,43 \pm 0,13$	0,06	2,15	$0,61 \pm 0,10$	0,06	2,15	$0,56 \pm 0,08$
C16:1t	0,05	0,35	$0,14 \pm 0,04$	0	0,72	$0,20 \pm 0,05$	0	0,72	$0,19 \pm 0,04$
C16:1C	5,91	109,04	$40,71 \pm 8,84$	5,23	89,68	$39,75 \pm 3,16$	5,23	109,04	$39,99 \pm 3,19$
C17:1	0,12	0,67	$0,30 \pm 0,07$	0,04	1,11	$0,35 \pm 0,05$	0,04	1,11	$0,34 \pm 0,04$
C18:1n9t	1,33	9,22	$4,16 \pm 0,68$	1,43	15,36	$4,40 \pm 0,45$	1,33	15,36	$4,35 \pm 0,37$
C18:1n9C	25,61	219,37	$98,09 \pm 15,88$	26,50	192,5	$86,13 \pm 5,96$	25,61	219,37	$89,12 \pm 5,93$
C20:1	12,39	37,65	$21,56 \pm 2,08$	6,73	36,03	$18,07 \pm 1,23$	6,73	37,65	$18,94 \pm 1,07$
C22:1	0,47	3,15	$1,39 \pm 0,28$	0,43	4,23	$1,38 \pm 0,14$	0,43	4,23	$1,39 \pm 0,12$
C24:1	0,15	1,29	$0,57 \pm 0,1$	0,17	1,24	$0,49 \pm 0,04$	0,15	1,29	$0,51 \pm 0,04$
ΣMJK	46,84	380,61	$167,41 \pm 27,4$	43,73	334,78	$151,77 \pm 10,34$	43,73	380,61	$155,68 \pm 10,23$
$\Sigma \text{Omega-5}$	0,35	2,98	$1,00 \pm 0,21$	0,22	3,47	$1,17 \pm 0,12$	0,22	3,47	$1,13 \pm 0,10$
$\Sigma \text{Omega-7}$	6,03	109,33	$40,98 \pm 8,86$	5,33	89,75	$40,12 \pm 3,17$	5,33	109,33	$40,33 \pm 3,20$
$\Sigma \text{Omega-9}$	40,44	270,67	$125,43 \pm 18,50$	37,97	241,56	$110,49 \pm 7,38$	37,97	270,67	$114,22 \pm 7,16$
C18:2n6C	2,55	11,91	$6,86 \pm 0,91$	1,79	17,42	$7,59 \pm 0,61$	1,79	17,42	$7,41 \pm 0,51$
C18:3n6	0,30	0,78	$0,51 \pm 0,04$	0,27	0,93	$0,52 \pm 0,02$	0,27	0,93	$0,52 \pm 0,02$
C20:2n6	1,72	10,55	$5,60 \pm 0,76$	1,42	19,51	$6,54 \pm 0,60$	1,42	19,51	$6,30 \pm 0,49$
C20:3n6	0,30	1,65	$0,98 \pm 0,11$	0,26	3,20	$1,07 \pm 0,09$	0,26	3,20	$1,05 \pm 0,08$
C20:4n6	4,85	71,64	$35,44 \pm 5,69$	0,68	154,66	$41,71 \pm 5,01$	0,68	154,66	$40,14 \pm 4,01$
C22:2n6	0,07	0,33	$0,17 \pm 0,03$	0,08	0,65	$0,23 \pm 0,02$	0,07	0,65	$0,21 \pm 0,02$
C22:4n6	0,33	3,70	$1,95 \pm 0,27$	0,08	4,49	$1,80 \pm 0,14$	0,08	4,49	$1,84 \pm 0,13$
C22:5n6	0,15	3,63	$1,47 \pm 0,30$	0,25	3,61	$1,73 \pm 0,15$	0,15	3,63	$1,67 \pm 0,13$

Таблица 1. Окончание

Жирная кислота	Самцы				Самки				Оба пола	
	min	max	$x \pm SE$	min	max	$x \pm SE$	min	max	$x \pm SE$	
$\Sigma\text{Omega-6}$	12,00	100,05	52,96±7,61	5,54	202,46	61,20±6,42	5,54	202,46	59,14±5,17	
C18:3n3	0,63	9,13	3,68±0,85	0,38	17,65	4,91±0,60	0,38	17,65	4,6±0,50	
C20:3n3	0,42	2,29	1,12±0,18	0,26	14,65	2,06±0,42	0,26	14,65	1,82±0,32	
C20:5n3	6,58	254,08	111,02±22,57	1,19	321,39	135,03±13,39	1,19	321,39	129,02±11,50	
C22:3n3	0,07	0,72	0,22±0,06	0,07	1,45	0,25±0,05	0,07	1,45	0,24±0,04	
C22:6n3	3,05	171,08	68,49±15,67	0,36	158,62	76,5±7,10	0,36	171,08	74,50±6,54	
C22:5n3	0,87	21,96	11,17±1,99	0,09	24,25	11,65±0,98	0,09	24,25	11,53±0,88	
$\Sigma\text{Omega-3}$	12,03	458,51	195,68±40,41	3,74	519,47	230,39±21,23	3,74	519,47	221,71±18,76	
$\Sigma\text{ПНЖК}$	26,09	558,56	248,63±47,89	9,28	663,43	291,58±26,86	9,28	663,43	280,85±23,34	
Всего	151,68	1280,32	629,60±93,51	140,67	1434,61	663,53±44,7	140,67	1434,61	655,05±40,40	

Примечание: min, max, x – соответственно минимальное и среднее значения; SE – стандартная ошибка. Кислоты: НЖК – насыщенные жирные, КЦ – короткодепочечные, СЦ – среднедепочечные, ДЦ – длиннодепочечные, МНЖК – мононенасыщенные жирные, ПНЖК – полиненасыщенные жирные.

Анализ полученных значений не выявил достоверных различий в концентрациях жирных кислот у самцов и самок ($\rho > 0,05$ во всех случаях), поэтому в дальнейшем приведены сведения, касающиеся всей генеральной выборки.

Индивидуальный анализ НЖК показал, что максимальный уровень установлен в концентрации пальмитиновой (С16:0) и стеариновой (С18:0) ДЦ НЖК, их доля в общем пуле НЖК составляла $20,9 \pm 6,2\%$ и $8,0 \pm 2,8\%$ соответственно при суммарном содержании всех НЖК $35,1 \pm 10,1\%$. При этом доля МНЖК составила $24,4 \pm 0,8\%$ в первую очередь за счет олеиновой С18:1n9C ($14,0 \pm 0,5\%$) и пальмитоолеиновой С16:1C ($6,0 \pm 0,3\%$) кислот.

Следует отметить, что основную долю в гемолимфе камчатского краба составили ПНЖК — $40,6 \pm 2,2\%$, среди которых преобладали кислоты омега-3, доля которых в общем пуле составила $31,8 \pm 1,9\%$ за счет эйкозапентаеновой (ЭПК, С20:5n3) ($18,4 \pm 1,1\%$) и докозагексаеновой (ДГК, С22:6n3) ($10,8 \pm 0,8\%$) кислот. При этом доля омега-6 жирных кислот составила $8,8 \pm 0,4\%$ за счет преобладания арахидоновой С20:4n6 ($5,9 \pm 0,4\%$) и линолевой С18:2n6 ($1,2 \pm 0,04\%$) кислот.

Соотношение омега-3/омега-6 составило $3,5 \pm 1,3$, что является оптимальным для человека с точки зрения сохранения функциональной активности различных структур организма.

Ранее проводились исследования содержания жирных кислот в разных частях тела камчатского краба из Баренцева моря (Камчатский краб ..., 2003). Так, было установлено, что доля НЖК в гепатопанкреасе (печени) составляет 15,2%, в наружной икре — 21,4%, во внутренней икре — 13,9%. Эти показатели существенно ниже, чем мы обнаружили в гемолимфе, хотя качественных различий не было — преобладали все те же пальмитиновая и стеариновая жирные кислоты (Камчатский краб ..., 2003). Содержание МНЖК в гемолимфе было меньшим, чем это указано ранее для гепатопанкреаса

(33,8%), наружной (26,7%) и внутренней икры (29,7%) (Камчатский краб ..., 2003). Доля ПНЖК в гемолимфе также была ниже, чем в органах и икре краба: кислоты этого ряда в гепатопанкреасе и в наружной икре составляли по 52,3%, а во внутренней икре — 65,6% (Камчатский краб ..., 2003).

В литературе присутствуют данные о содержании ЖК в мясе камчатского краба на Дальнем Востоке (Охотское море): НЖК — 18,1%, МНЖК — 26,8%, ПНЖК — 48,6%, в том числе омега-3 — 42,4%, омега-6 — 6,04%, их соотношение — 7,02 (Latyshev et al., 2009). Таким образом, видно, что в гемолимфе краба содержится НЖК больше, чем в других органах, тканях и икре, и, соответственно, меньше МНЖК и ПНЖК. Тем не менее достаточно высокие концентрации важных для здоровья человека омега-3 жирных кислот позволяют рассматривать гемолимфу как потенциальный источник для экстракции этих кислот с целью получения компонентов для рационального питания.

Как видно из табл. 1, вариации в содержании жирных кислот могут быть довольно существенными. Например, в случае арахидоновой кислоты максимум и минимум различаются в 227 раз, ЭПК — в 270 раз, ДГК — в 475 раз. При этом, как уже было отмечено выше, различий в концентрациях жирных кислот у самцов и самок не выявлено. Мы дополнительно провели анализ возможного влияния разных факторов на содержание жирных кислот в гемолимфе (табл. 2).

Результаты сравнений показывают, что выраженного влияния какого-либо фактора на концентрацию жирных кислот не выявлено. Единственное, что обращает на себя внимание — это более высокие концентрации жирных кислот у крабов с шириной карапакса 140–160 мм, хотя достоверных различий при сравнении с другими группами не прослеживается. По всей видимости, данный результат является закономерным. Хотя физиологический статус играет важную роль в содержании химических компонентов, но в случае с жирными кислотами, как это было

Таблица 2. Оценка влияния разных факторов на встречаемость жирных кислот (общая концентрация, мкг/мг) в гемолимфе камчатского краба Баренцева моря

Фактор	Группа	Значение показателя						Сравнение		
		n	min	max	x	SD	SE	df	F	ρ
Ширина карапакса, мм	120–140	9	140,7	942,5	555,3	295,5	98,5	2	2,69	0,079
	140–160	24	361,2	1434,6	745,5	238,4	48,7			
	>160	15	151,7	1280,3	570,2	302,8	78,2			
Стадия зрелости икры	1	31	140,7	1434,6	675,6	271,4	48,7	1	0,44	0,510
	1–2	5	140,7	825,7	588,9	262,3	117,3			
Стадия линьки	2	39	140,7	1434,6	660,2	266,3	42,6	1	0,07	0,795
	3	9	151,7	1280,3	632,8	350,3	116,8			
Количество поврежденных конечностей	0	20	140,7	984,2	615,4	230,2	51,5	2	0,82	0,446
	1	16	140,7	1434,6	638,2	332,1	83,0			
	2–3	12	361,2	1280,3	743,5	284,7	82,2			

Примечание: n — объем выборки, SD — стандартное отклонение, df — число степеней свободы, F — значение критерия Фишера, ρ — уровень достоверности различий, остальные обозначения см. в табл. 1.

показано ранее в опытах, основная роль при- надлежит питанию (Simopoulos, 1991). Вероятно, значительные флюктуации концен-траций жирных кислот в гемолимфе краба обусловлены различиями в той пище, кото-рая была потреблена крабами в период, пред-шествовавший их вылову. Спектр питания камчатского краба в губе Дальнезеленецкая довольно широк (Павлова, 2008; Дворец-кий, 2012а): он включает более 40 видов донных беспозвоночных, среди которых наиболее часто встречаются двустворчатые и брюхоногие моллюски, морские ежи, мор-ские звезды, офиуры, ракообразные и поли-хеты. Исследования биохимического состава донных животных показали, что содержание жирных кислот сильно варьирует в зависи-мости от таксономического статуса объек-та (Howell et al., 2003; Drazen et al., 2008; Silina, Zhukova, 2009). Например, концен-трация ДГК в тканях ракообразных и игло-кожих обычно выше, чем в тканях полихет (Howell et al., 2003; Drazen et al., 2008), а концентрация арахидоновой кислоты у мол-люсков почти в три раза выше, чем у полихет (Silina, Zhukova, 2009).

Таким образом, можно с высокой до-лей вероятности утверждать, что основную роль в изменчивости жирнокислотного соста-ва гемолимфы отдельных особей краба имеют не физиологические параметры животных, а то, какие объекты были употреблены ими в пищу. Несомненно, что для подтверждения данной гипотезы необходимы дополнитель-ные исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В гемолимфе камчатского краба ос-новную долю составляют полиненасыщен-ные жирные кислоты ($40,6\pm2,2\%$), на втором месте по встречаемости — насыщенные жирные кислоты ($35,1\pm10,1\%$), на тре-тьем — мононенасыщенные жирные кисло-ты ($24,4\pm0,8\%$). Выявлены значительные вариации в содержании жирных кислот у отдельных особей краба. Отсутствие раз-личий в концентрациях этих веществ у кра-бов разного пола, особей разных размерных классов, стадий линьки, а также у живот-ных с разным количеством травмирован-ных ног позволяет сделать предположение

о том, что содержание жирных кислот в гемолимфе зависит не от морфометрических показателей крабов, а от других факторов, скорее всего, от спектра поглощенных пищевых объектов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена за счет Программы Президиума РАН I.32П «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации» в рамках темы «Биоресурсы арктических морей России: современное состояние, влияние природных изменений и антропогенных воздействий, научные основы и перспективы использования».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). 1. Выедание бентоса // Вопр. рыболовства. 2012. Т. 13. №1(49). С. 18–34.

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). 2. Конкуренция с местными видами // Там же. 2013а. Т. 14. №1(53). С. 16–25.

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). 3. Ассоциированные организмы // Там же. 2013б. Т. 14. №3(55). С. 406–420.

Дворецкий А.Г. Вселение камчатского краба в Баренцево море и его воздействие на экосистему (обзор). 4. Промысел и социально-экономические аспекты // Там же. 2014. Т. 15. №1. С. 7–20.

Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Динамика популяционных показателей камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в губе Дальнезеленецкая Баренцева моря в 2002–2008 гг. // Там же. 2010. Т. 11. № 1(41). С. 100–111.

Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Влияние климатических факторов на мо-

лодь камчатского краба в прибрежье Баренцева моря // Там же. 2014. Т. 15. № 4. С. 434–442.

Камчатский краб в Баренцевом море. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. 383 с.

Кузьмин С.А., Гудимова Е.Н. Вселение камчатского краба в Баренцево море. Особенности биологии, перспективы промысла. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 236 с.

Моисеева С.А., Моисеев С.И. Зависимость между наполнением конечностей мышечной тканью и концентрацией гемоцианина в гемолимфе у камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) баренцевоморской популяции // Вопр. рыболовства. 2008. Т. 9. № 1(33). С. 200–217.

Моисеева С.А., Моисеев С.И. Зависимость между концентрацией гемоцианина в гемолимфе и наполнением конечностей мышечной тканью у камчатского краба в постлиночный период // Там же. 2011. Т. 12. № 2(46). С. 332–348.

Павлова Л.В. Трофические связи камчатского краба и его воздействие на донные биоценозы // Биология и физиология камчатского краба прибрежья Баренцева моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 77–104.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1979. 60 с.

Drazen J.C., Phleger C.F., Guest M.A., Nichols P.D. Lipid, sterols and fatty acids of abyssal polychaetes, crustaceans, and a cnidarian from the northeast Pacific Ocean: food web implications // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2008. V. 372. P. 157–167.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Limb autotomy patterns in *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815), an invasive crab, in the coastal Barents Sea // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2009. V. 377. P. 20–27.

Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Epifauna associated with an introduced crab in the Barents Sea: a 5-year study // ICES J. Mar. Sci. 2010a. V. 67. P. 204–214.

- Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Hemolymph molting hormone concentrations in red king crabs from the Barents Sea // Polar Biol. 2010b. V. 33. P. 1293–1298.
- Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Population dynamics of the invasive lithodid crab, *Paralithodes camtschaticus*, in a typical bay of the Barents Sea // ICES J. Mar. Sci. 2013. V. 70. P. 1255–1262.
- Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Size-at-age of juvenile red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the coastal Barents Sea // Cah. Biol. Mar. 2014. V. 55. № 1. P. 43–48.
- Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Commercial fish and shellfish in the Barents Sea: Have introduced crab species affected the population trajectories of commercial fish? // Rev. Fish Biol. Fish. 2015. V. 25. № 2. P. 297–322.
- Dvoretsky A.G., Dvoretsky V.G. Inter-annual dynamics of the Barents Sea red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) stock indices in relation to environmental factors // Polar Sci. 2016. V. 10. № 4. P. 541–552.
- Folch J., Less M., Sloane-Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. 1957. V. 226. № 1. P. 497–509.
- Howell K.L., Pond D.W., Billett D.S.M., Tyler P.A. Feeding ecology of deep-sea seastars (Echinodermata: Asteroidea): a fatty-acid biomarker approach // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2003. V. 255. P. 193–206.
- Latyshev N.A., Kasyanov S.P., Kharlamenko V.I., Svetashev V.I. Lipids and of fatty acids of edible crabs of the north-western Pacific // Food Chem. 2009. V. 116. P. 657–661.
- Silina A.V., Zhukova N.V. Topical and trophic relationships in a boring polychaete—scallop association: fatty acid biomarker approach // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2009. V. 394. P. 125–136.
- Simopoulos A.P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development // Am. J. Clin. Nutr. 1991. V. 54. P. 438–463.

FATTY ACIDS IN THE BARENTS SEA RED KING CRAB HEMOLYMPH

© 2017 y. A.G. Dvoretsky, F.A. Bichkaeva*, N.F. Baranova*

Murmansk Marine Biological Institute, Murmansk, 183010

*Institute of Physiology of Natural Adaptations, Arkhangelsk, 163000

The investigation of fatty acids composition of hemolymph of the red king crab in the Barents Sea was undertaken. The main part of fatty acids was polyunsaturated fatty acids, at the second place — saturated fatty acids, at the third place — monounsaturated fatty acids. New results were compared with literature data. It was shown that size, sex, molting stage, limb injury level of crabs as well as egg condition (in females) had no effects on the fatty acid concentrations in the hemolymph.

Keywords: red king crab, Barents Sea, hemolymph, fatty acids.