

УДК 664.951.014:599.515

Н.Б. Аюшин, Е.П. Караулова, Л.Т. Ковековдова, К.Г. Павелъ,
А.А. Попков, М.В. Симоконь*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ТЕХНОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ СЕРОГО КИТА *ESCHRICHTIUS ROBUSTUS*

Исследован химический состав мышц и органов серого калифорнийского кита *Eschrichtius robustus*. Содержание воды в органах и тканях составило 78,5–80,5 %. По содержанию белка и жира мясо серого кита является маложирным. Все органы китов имеют максимальный уровень лизина и лейцина (15,3–22,6 мг/г). В почках, сердце и печени серого кита содержание полиненасыщенных жирных кислот составило 9,90–36,49 %. Количество саркоплазматических белков варьировало от 17,9 % для языка до 57,9 % для печени. Количество миофибриллярных белков изменялось от 12,8 до 25,2 % для мышц, почек, языка, сердца. Миофибриллярные белки не были обнаружены в легких и печени. Определение содержания токсичных элементов показало, что диапазон концентрации мышьяка, обнаруженного в почках, составлял 0,42–2,80 мг/кг сырого веса, диапазон концентрации кадмия, обнаруженного в почках, — 0,046–1,220 мг/кг сырого веса.

Ключевые слова: серый кит, пищевая ценность, аминокислотный состав, жирные кислоты, токсичные элементы.

DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-212-221.

Ayushin N.B., Karaulova E.P., Kovekovdova L.T., Pavel K.G., Popkov A.A., Simokon M.V. Technochemical characteristic of organs and tissues of grey whale *Eschrichtius robustus* // Izv. TINRO. — 2017. — Vol. 190. — P. 212–221.

Chemical composition, content of protein, minerals, free amino acids and fatty acids in the muscles, heart, tongue, kidneys, liver, and lungs of California grey whale *Eschrichtius robustus* are examined. All eatable parts of the grey whale body are significantly watered (water content 78.5–80.5 %), with the minimum water content in the tongue and the maximum in the kidneys. The meat of grey whale has low lipid content and is similar to low-fat beef, lamb or horsemeat. All essential amino acids are presented in the proteins with slight differences in their

* Аюшин Николай Буданович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: aidzen@yandex.ru; Караулова Екатерина Павловна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: karaulova@tinro.ru; Ковековдова Лидия Тихоновна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: kovekovdova@mail.ru; Павелъ Константин Геннадьевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: kg.pavel@yandex.ru; Попков Александр Анатольевич, главный химик, e-mail: popkov@tinro.ru; Симоконь Михаил Витальевич, кандидат биологических наук, заведующий аналитическим научно-исследовательским центром, e-mail: simokon@tinro.ru.

Ayushin Nickolay B., Ph.D., senior researcher, e-mail: aidzen@yandex.ru; Karaulova Ekatherina P., Ph.D., senior researcher, e-mail: karaulova@tinro.ru; Kovekovdova Lidia T., D.Sc., leading researcher, e-mail: kovekovdova@mail.ru; Pavel Konstantin G., Ph.D., senior researcher, e-mail: kg.pavel@yandex.ru; Popkov Alexander A., chief chemist, e-mail: popkov@tinro.ru; Simokon Mikhail V., Ph.D., head of analytical research center, e-mail: simokon@tinro.ru.

content depending on localization. Lysine and leucine have the high level in all eatable parts of the whale (15.3–22.6 mg/g WW). The highest content of polyunsaturated fatty acids is found in the heart (36.49 %). The content of water-soluble protein varies from 17.9 % for the tongue to 57.9 % for the liver, the content of myofibrillar proteins in the meat, kidneys, tongue and heart ranges between 12.8–25.2 % but they are absent in the lungs and liver. Concentration of toxic elements (As and Cd) depends on localization, with the highest level in kidneys: As 0.42–2.80 mg/kg WW, Cd 0.05–1.22 mg/kg WW.

Key words: gray whale, nutritional value, amino acid composition, fatty acid, toxic element.

Введение

Китообразные и другие морские млекопитающие издревле служили важным объектом промысла народов, живших на берегах морей. В пищевых и технических целях использовались практически все органы и ткани этих животных. До начала технического прогресса человечество не было способно нанести ощутимый вред популяциям китообразных, однако уже к середине XX в. многие их виды были поставлены на грань уничтожения. В основном коммерческий промысел китов проводился ради ворвани (жир, вытопленный из подкожного сала и внутренних органов), использовавшейся в качестве смазочного материала, и китового уса, но со второй половины XX в. внимание промышленников привлекли печень как источник витамина А и другие органы. Состав и свойства жировой и мышечной ткани и внутренних органов в те времена были хорошо изучены для обоснования их применения в тех или иных отраслях хозяйственной деятельности (Слущкая, 1967), но после введения в 1982 г. моратория на китобойный промысел такие исследования стали неактуальными. Тем не менее определенные квоты на добычу китов ныне выделяются для народов, ведущих традиционное хозяйство на севере РФ, а такие страны, как Япония, Исландия и Дания, ведут промысел некоторых видов китов в обход моратория.

Серый (калифорнийский) кит обитает в северной части Тихого океана, совершая регулярные сезонные миграции. Известно два стада серых китов — охотско-корейское и чукотско-калифорнийское. Первое зимует и плодится вблизи п-ова Корея и южной Японии, нагуливается летом в Охотском море, на шельфе северо-восточного Сахалина, второе проводит зимовку и размножается в Калифорнийском заливе, а летом совершает нагульные миграции в Чукотском, Беринговом морях и море Бофорта. Серые киты обычно кормятся на глубине 15–60 м, зачерпывая организмы бентоса со дна вместе с водой, илом и галькой и процеживая взвесь через китовый ус. В рацион серого кита входят до 70 видов донных беспозвоночных: полихет, кольчатых червей, гастропод, двустворчатых моллюсков, голотурий, асцидий, мелких ракообразных и рыб. Обитание китов в прибрежной зоне и питание бентосными организмами может служить предпосылкой накопления в их органах токсичных элементов.

Изучению накопления и распределения химических загрязнителей, включая токсичные элементы, в органах серого кита из различных районов его распространения посвящен ряд исследований. Так, было изучено содержание тяжелых металлов в органах и содержимом желудков 22 особей серых китов, выбросившихся на мелководье вдоль западного побережья Северной Америки (Varanasi et al., 1994). Диапазон концентраций ртути составил 0,09–0,12 мкг/г, свинца — 0,02–0,27 мкг/г. Не было выявлено статистически значимых различий концентраций металлов в зависимости от района обитания животных.

Максимальные концентрации свинца (0,9 мкг/г) были обнаружены в печени, максимальные концентрации кадмия (5,7 мкг/г) — в почках серого кита из Калифорнийского залива (Ruelas-Inzunza, Pérez-Osuna, 2002).

Было показано (Tilbury et al., 2002), что концентрации тяжелых металлов в органах ювенильных особей серого кита из районов нагула в западной части Берингова моря были относительно низки по сравнению с таковыми у млекопитающих, находящихся на более высоких трофических уровнях Арктического региона.

Концентрации кадмия, свинца, мышьяка и ртути в мышцах и печени 7 особей серого кита, добытых летом 2010 г. в Мечигменском заливе Берингова моря, т.е. в том же месте, откуда происходят образцы, изученные нами, находились в пределах соответственно 0,03–0,70, 0,05–0,70, 0–0,60 и 0–0,12 мг/кг сухой массы, причем содержание кадмия в ряде случаев (пробы печени) значительно превышало допустимые нормы (Цыганков, 2012). Отмечается, что во всех изученных пробах были найдены пестициды (изомеры ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты). Аналогичное исследование на два года раньше было проделано сотрудником экспериментальной станции Waterways Армии США (Becker, 2000). Изучалось содержание ДДТ, полихлорированных бифенилов, кадмия и ртути в тканях моржей, тюленей и двух видов китов, обитающих в водах Аляски, причем отмечены достаточно высокие уровни содержания этих веществ. Также изучалось содержание хлорорганических загрязнителей и ртути в тканях 417 гринд, добытых в водах Фарерских островов (Dam, Bloch, 2000). Большое внимание этому вопросу уделяется в Японии, поскольку мясо морских млекопитающих там широко употребляется в пищу (Endo et al., 2002, 2006, 2007, 2008).

Практически все исследования свойств и состава органов и тканей китов были выполнены 50 лет назад и более методами, которые к настоящему времени сильно устарели. Кроме того, за это время произошли изменения среды обитания китов. Поэтому в связи с новыми требованиями Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016) такие исследования было решено повторить с использованием современных методов.

Материалы и методы

В образцах мышечной ткани, языка, почки, легких, печени, сердца трех особей серого кита *Eschrichtius robustus*, добытых в июле-августе 2015 г. в Мечигменском заливе Чукотского полуострова, район пос. Лорино (квадрат с координатами 61°42' с.ш. 175°44' в.д.), было определено общее содержание воды, белка и липидов, фракционный состав белков, содержание белковых аминокислот, токсичных элементов и жирных кислот.

Содержание общего азота определяли на анализаторе «Kjeltec Auto 1030 Analyser» (Tecator). Для расчета содержания белка использовали коэффициент 6,25.

Содержание жира устанавливали гравиметрически после экстракции навески ткани по Блю-Дайеру и упаривания полученного экстракта на ротаторном испарителе до постоянной массы.

Содержание воды также определяли гравиметрически нагреванием навески ткани при 110 °С до постоянной массы с использованием прибора Kett F-1A (Япония).

Аминокислотный состав белков выясняли на скоростном аминокислотном анализаторе L-8800 («Hitachi», Япония).

Количество и состав жирных кислот после экстракции липидов по Блю-Дайеру и получения метиловых эфиров согласно стандартной методике (Попков, Рыбин, 2009) определяли с помощью газового хроматографа GC-2010 (Shimadzu, Япония).

Экстракцию миофибриллярных белков проводили по методу Като слабым водным раствором хлорида натрия (Kato, Tonomura, 1977). Саркоплазматические белки экстрагировали дистиллированной водой в соотношении ткань : вода 1 : 10, белки стромы экстрагировали 0,05 %-ным NaOH в соотношении 1 : 10 (Лазаревский, 1976).

Концентрации токсичных элементов — мышьяка, кадмия и свинца — определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре 7700х фирмы Agilent с предварительной минерализацией образцов биологических тканей азотной кислотой. Подготовка оборудования к анализу проводилась в соответствии с рекомендациями производителя, калибровка аналитического сигнала в требуемом диапазоне измерений осуществлялась при помощи приготовления на основе мультиэлементного стандартного раствора 4 для ИСП масс-спектрометрии фирмы Fluka серии стандартных растворов разной концентрации. Относительная погрешность измерений метода не превышала 7 %.

Общее содержание ртути определяли с использованием прямого анализатора ртути DMA-80 фирмы Milestone, где не требуется предварительной подготовки как

Таблица 1

Сравнительное содержание воды, белка и жира в органах и тканях серого кита, а также некоторых сельскохозяйственных животных, % от общей массы

Table 1

Comparative content of water, proteins, and lipids in organs and tissues of grey whale *Eschrichtius robustus* and some stock-raising animals, % of total weight

Образец	Вода	Белок	Жир
Легкое	79,9 ± 3,9	16,440 ± 0,001	0,85 ± 0,08
Почка	80,5 ± 3,7	15,910 ± 0,021	5,88 ± 0,12
Почка свиная*	75,5	15,0	3,60
Почка говяжья*	79,0	15,200	2,80
Печень	79,0 ± 4,2	18,590 ± 0,021	3,18 ± 0,11
Язык	78,5 ± 2,8	16,440 ± 0,028	1,29 ± 0,10
Сердце	80,4 ± 3,3	16,090 ± 0,007	1,48 ± 0,11
Сердце говяжье*	77,5	16,0	3,50
Мясо (кит)	75,5 ± 3,1	21,840 ± 0,007	1,48 ± 0,09
Говядина I категории**	70,5	18,0	10,50
Говядина II категории**	74,1	21,0	3,0–8,0
Баранина I категории**	65,8	16,400	17,0
Баранина II категории**	69,4	20,800	9,0
Свинина жирная**	47,5	14,500	37,30
Свинина мясная**	60,9	16,500	21,50
Телятина жирная**	72,8	19,0	7,50
Телятина тощая**	78,2	20,0	0,50
Конина средней упитанности**	66,3	21,500	10,0
Оленина средней упитанности**	72,9	19,0	6,0

* <http://health-diet.ru/>.

** Данные А.И. Смородинцева (1936).

жидких, так и твердых проб к анализу и навески образцов, в том числе и биологических, могут вноситься в нативном состоянии. Погрешность измерений общей ртути была не больше 5 %.

Результаты и их обсуждение

В исследованных образцах было установлено содержание воды, белка и жира (табл. 1).

Можно отметить, что по приведенным показателям мясо серого кита, согласно классификации И.П. Леванидова (1968) для сырья водного происхождения, является тощим, так как содержит менее 2 % жира. По сравнению с мясом сельскохозяйственных животных оно более всего похоже на говядину и баранину 2-й категории, нежирную конину и оленину, т.е. те сорта мяса, что обычно рекомендуются для диетического питания. Содержание основных компонентов в почках и сердце кита почти не отличается от такового для почек и сердец сельскохозяйственных животных.

В результате исследования органов и тканей кита был определен их аминокислотный состав (табл. 2).

Сравнение приведенных данных показывает, что мясо, почки и сердце серого кита содержат гораздо большее количество незаменимых для человека аминокислот, чем традиционно употребляемые в пищу мясо и субпродукты сельскохозяйственных животных.

В результате определения жирнокислотного состава органов и тканей кита (табл. 3) были получены данные, что ценные в пищевом отношении полиненасыщенные жирные кислоты в наибольших количествах содержатся в сердце и печени серого кита. При этом сумма наиболее ценных для человека арахидоновой, эйкозопентаеновой и докозагексаеновой кислот составляет около $\frac{2}{3}$ всех полиненасыщенных жирных кислот

Таблица 2

Содержание аминокислот в органах и тканях серого кита и некоторых сельскохозяйственных животных, мг/г сырой ткани

Table 2

Content of amino acids in organs and tissues of grey whale and some stock-raising animals, mg/g of wet weight

Аминокислота	Сердце	Сердце говяжье*	Легкое	Почки	Почки говяжьи*	Почки свиные*	Печень	Язык	Мясо	Говядина**	Баранина**	Свинина**
<i>Незаменимые аминокислоты</i>												
Val	12,35	9,1	10,86	14,37	8,6	9,6	15,82	11,33	12,50	10,35	8,20	8,31
Ile	10,80	8,4	10,90	9,43	7,1	7,6	11,45	10,24	12,38	7,82	7,54	7,08
Leu	19,61	14,1	17,38	20,56	12,4	13,2	22,59	17,77	19,67	14,78	11,16	10,74
Lys	17,55	13,6	16,10	15,30	11,5	11,8	15,23	16,27	18,42	15,89	12,35	12,39
Met	1,05	3,8	4,22	1,28	3,3	2,8	4,37	3,90	2,99	4,45	3,56	3,42
Thr	9,31	7,4	8,71	9,60	6,4	6,9	10,46	8,99	10,07	8,03	6,88	6,54
Trp	Не опр.	2,2	Не опр.	Не опр.	2,1	2,5	Не опр.	Не опр.	Не опр.	2,10	1,98	1,91
Phe	10,36	6,8	8,69	11,78	6,8	7,3	12,80	9,30	11,24	7,96	6,11	5,80
<i>Всего незаменимых</i>	<i>81,03</i>	<i>65,4</i>	<i>76,86</i>	<i>82,32</i>	<i>58,2</i>	<i>61,7</i>	<i>92,72</i>	<i>77,80</i>	<i>87,27</i>	<i>71,31</i>	<i>57,78</i>	<i>56,19</i>
<i>Заменимые аминокислоты</i>												
Ala	12,42	10,3	11,32	13,61	6,8	8,4	13,49	12,77	13,26	10,86	10,21	7,73
Arg	14,86	6,8	13,42	16,74	9,7	8,6	15,23	14,57	15,66	10,46	9,93	8,79
Asp	20,45	12,7	19,04	20,67	9,4	12,6	21,64	19,50	21,59	17,71	14,42	13,22
His	4,98	4,6	6,52	5,52	6,9	3,8	5,18	4,87	7,58	7,10	4,80	5,75
Gly	9,93	7,4	8,40	14,22	9,7	8,6	10,96	12,60	10,82	9,37	8,65	6,95
Glu	36,99	20,6	35,72	32,22	15,6	16,6	34,17	36,76	40,45	30,73	24,59	22,24
O-Pro	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	2,90	2,95	1,70
Pro	20,09	9,7	17,20	24,98	9,4	6,8	22,98	23,17	21,25	6,85	7,41	6,50
Ser	6,95	6,2	6,08	7,85	5,3	6,8	8,24	6,86	7,27	7,80	6,57	6,11
Tyr	7,09	5,0	9,38	7,16	4,3	5,7	9,56	7,73	11,51	6,58	5,24	5,20
Cys	3,45	2,7	2,55	4,33	2,9	2,8	4,29	2,73	3,49	2,59	2,05	1,83
<i>Всего заменимых</i>	<i>137,21</i>	<i>86,0</i>	<i>129,63</i>	<i>147,30</i>	<i>80,0</i>	<i>80,7</i>	<i>145,74</i>	<i>141,56</i>	<i>152,88</i>	<i>112,92</i>	<i>96,82</i>	<i>86,02</i>
Общее кол-во	218,24	151,4	206,49	229,62	138,2	142,4	238,46	219,36	240,15	184,29	154,60	142,21

* <http://health-diet.ru/>.

** <http://promeat-industry.ru/>.

и, следовательно, весьма значительную часть всех жирных кислот в целом. В более ранних работах (Ржавская, 1976) отмечалось, что жирнокислотный состав липидов усатых китов очень сильно различается в зависимости от вида. При сравнении соотношения жирных кислот можно отметить наибольшее сходство их состава у серого калифорнийского кита и гладкого японского кита.

Основная ценность рыб и млекопитающих как сырья для производства пищевой продукции определяется содержащимися в них белками. Хорошо известно, что именно белки играют фундаментальную роль в формировании мышечных волокон и осуществлении двигательных и сократительных функций живых организмов. Это определяется различными факторами, в том числе общим содержанием белка, его фракционным

Таблица 3

Содержание жирных кислот в органах и тканях серого кита, % от общего количества

Table 3

Content of fatty acids in organs and tissues of grey whale, % of total weight

Жирная кислота	Мясо	Почка	Легкое	Язык	Сердце	Печень
<i>Насыщенные</i>						
12:0	—	1,78	2,37	0,21	—	—
14:0	1,96	0,97	2,49	3,52	1,16	1,01
i-15:0	—	—	—	0,48	—	—
15:0	0,33	0,31	0,78	0,45	0,23	0,22
i-16:0	3,60	1,38	0,48	0,18	2,20	—
ai-16:0	0,39	—	—	—	—	—
16:0	16,07	15,83	34,19	12,77	17,39	10,54
i-17:0	—	—	—	0,13	0,14	0,15
ai-17:0	—	—	—	0,19	0,13	—
17:0	0,31	0,43	0,65	0,30	0,28	0,68
18:0	6,39	12,12	12,31	2,88	11,31	21,51
Всего	29,05	32,82	53,27	21,11	32,84	34,11
<i>Мононенасыщенные</i>						
15:1	0,27	0,80	—	0,10	1,15	0,11
16:1 n-7	11,07	7,81	11,80	23,42	7,12	6,70
16:1 n-5	—	—	—	0,15	0,11	0,23
17:1 n-9	0,75	0,68	0,40	1,10	1,07	0,50
18:1 n-9	22,66	17,41	17,27	24,28	12,61	12,23
18:1 n-7	6,05	6,72	5,14	5,98	5,83	6,60
18:1 n-5	—	—	—	0,23	0,11	0,24
19:1 n-9	—	0,30	—	0,62	0,20	0,51
20:1 n-11	0,45	0,48	0,66	0,43	0,41	0,18
20:1 n-9	0,65	0,59	0,64	0,63	0,36	0,25
20:1 n-7	0,63	0,25	—	0,75	0,22	0,29
22:1 n-11	0,40	0,65	0,92	0,11	0,42	0,26
22:1 n-9	—	—	—	0,14	—	—
Всего	42,93	35,69	36,83	57,94	29,61	28,10
<i>Полиненасыщенные</i>						
16:2 n-4	1,68	0,40	0,50	1,39	1,06	0,70
16:4 n-3	1,71	0,78	—	—	1,96	0,11
16:4 n-1	1,17	0,51	—	0,48	1,25	0,20
18:2 n-6	0,60	4,26	0,46	0,74	0,61	0,30
18:2 n-4	—	—	—	0,28	0,18	0,13
18:3 n-3	—	—	—	0,21	0,13	0,12
18:4 n-3	0,80	0,30	—	0,84	0,44	0,31
18:4 n-1	—	—	—	0,72	0,18	0,56
20:2 n-6	—	0,26	—	—	—	—
20:3 n-6	—	—	—	0,14	0,11	0,35
20:4 n-6	3,74	6,69	2,14	0,75	9,83	6,54
20:4 n-3	0,31	0,50	—	0,69	0,22	0,71
20:5 n-3	11,49	13,00	4,63	6,68	16,69	14,39
21:5 n-3	—	—	—	0,29	—	0,16
22:4 n-6	—	—	—	—	—	0,11
22:5 n-6	—	—	—	0,17	—	0,18
22:5 n-3	2,37	2,17	1,67	3,79	1,25	7,50
22:6 n-3	2,46	1,68	0,50	2,13	2,56	3,31
Всего	26,33	30,55	9,90	19,30	36,47	35,99
Всего n-3	19,14	18,43	6,80	14,63	23,25	26,61
Всего n-6	4,34	11,21	2,60	1,80	10,55	7,48

Таблица 4

Фракционный состав белков органов и тканей серого кита, % от общего количества белка

Table 4

Fraction composition of proteins in organs and tissues of grey whale, % of total protein

Образец	Саркоплазматический белок	Миофибриллярный белок	Строма
Мясо	20,300 ± 0,007	30,500 ± 0,007	26,700 ± 0,007
Почка	48,600 ± 0,001	12,800 ± 0,007	13,000 ± 0,001
Печень	57,900 ± 0,001	0	29,100 ± 0,014
Язык	17,900 ± 0,001	25,200 ± 0,001	21,600 ± 0,007
Сердце	28,950 ± 0,007	22,650 ± 0,007	25,610 ± 0,001
Легкое	46,260 ± 0,001	0	5,800 ± 1,800
Минтай (<i>Theragra chalcogramma</i>)*	22,700	55,200	
Терпуг (<i>Pleurogrammus monopterygius</i>)*	25,500	55,400	

* Справочник... (1998).

составом, физико-химическими характеристиками и свойствами основных белковых компонентов, активностью ферментов мышечной ткани. В литературе имеется значительное количество информации о мышечных белках пелагических рыб, которые являются традиционным объектом промысла, однако для китов таких исследований достаточно мало. Например, известно, что мышечная ткань мяса млекопитающих содержит до 30–50 % соединительнотканых белков (коллаген и эластин). Из полученных нами данных (табл. 4) видно, что сумма водорастворимых, миофибриллярных и щелочерастворимых белков мышечной ткани серого кита составляет около 75 %. При этом доля щелочерастворимых белков составляет 26 %. Вероятно, это связано с тем, что такие белки, как коллаген и эластин, не экстрагируются слабыми растворами щелочи из мышечной ткани.

Помимо мышечной ткани был исследован фракционный состав белков органов серого кита: сердце, печень, легкие, почки, язык. Как видно из данных табл. 4, мышцы, язык и сердце кита содержат саркоплазматических белков примерно такое же количество, что и мышцы рыб, но значительно уступают по содержанию миофибриллярного белка, вероятно, за счет большего количества нерастворимых белковых компонентов.

Известно, что некоторые народности, в том числе жители Японии, употребляют в пищу все органы и ткани морских млекопитающих. Наши исследования показали, что доля саркоплазматических белков в исследованных органах кита, за исключением мышечной ткани, изменяется от 17,9 % в языке до 57,9 % в печени, которая отвечает за синтез многих белков, необходимых для функционирования организма в целом. Интересным является отсутствие в солевых экстрактах тканей печени и легких фракций миофибриллярных белков, а также их небольшое количество в почках. Вероятно, это связано со специфическими функциями и строением этих органов в организме морских млекопитающих и с особенностями саркоплазматических белков, содержащихся в этих органах: их количество выше, чем в других образцах, в 2–3 раза.

Можно полагать, что установленные различия в белковом составе тканей и органов серого кита зависят от типа органа и той функции, которую он выполняет в организме. Более высокое содержание миофибриллярных белков в мышцах объясняется двигательной функцией, которую обеспечивают мышечные ткани. Пониженное содержание миофибриллярных и щелочерастворимых белков в печени, почках, легком согласуется с тем, что данные органы в большей степени ориентированы на специфические функции организма, в том числе дыхательную и выделительную. Также не следует исключать возможность денатурационных и конформационных изменений различных белковых фракций, а также протекание протеолитических процессов в тканях и органах. Все это оказывает влияние на экстрактивность белковых компонентов из различных органов и, следовательно, на полученные результаты.

Таблица 5

Концентрации токсичных элементов в органах серого кита *Eschrichtius robustus*,
мг/кг сырой ткани

Table 5

Concentration of toxic elements in organs and tissues of grey whale, mg/g of wet weight

Объект	Дата отбора	Орган	As	Cd	Pb	Hg
Серый кит (самка), 3 года, длина 8,60 м	21.07.2015	Язык	0,07	0,009	0,10	0,003
		Сердце	0,07	0,008	0,04	0,004
		Легкое	0,28	0,013	0,05	0,002
		Печень	0,03	0,113	0,06	0,036
		Мясо	0,02	0,004	0,03	0,014
		Почка	0,42	0,254	0,07	0,015
Серый кит (самка), 3 года, длина 8,95 м	29.07.2015	Язык	0,06	0,004	0,04	0,004
		Сердце	0,05	0,009	0,13	0,002
		Легкое	0,45	0,005	0,04	0,002
		Печень	0,14	0,037	0,07	0,032
		Мясо	0,03	0,006	0,03	0,013
		Почка	0,83	0,046	0,05	0,024
Серый кит (самка), 4 года, длина 10,40 м	07.08.2015	Язык	0,15	0,006	0,04	0,012
		Сердце	0,05	0,020	0,05	0,044
		Легкое	0,14	0,008	0,03	0,002
		Печень	0,33	0,436	0,05	0,035
		Мясо	0,07	0,014	0,06	0,011
		Почка	2,80	1,225	0,08	0,022
Допустимый уровень *			5,0	0,2	1,0	0,2

* Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования (2013).

Помимо исследования пищевой ценности органов и тканей серого кита необходимо обратить внимание на содержание в них различных вредных веществ. Со стороны представителей аборигенных народов Крайнего Севера неоднократно поступали жалобы на плохие вкусовые качества добываемых морских млекопитающих, также отмечались случаи отравления людей.

В образцах органов и тканей трех особей серого кита было определено содержание токсичных элементов (табл. 5).

Наибольшие концентрации мышьяка и кадмия найдены в почках животных. Это связано с функцией почек, которые в организме млекопитающих выводят воду и конечные продукты обмена.

Содержание ртути в печени животных было выше, чем в остальных органах, так как основная функция печени — окончательная переработка химических продуктов, поступающих в организм животного, и наряду с этим она выполняет депонирующую функцию. Распределение концентраций токсичных элементов по органам серых китов такое же, как у большинства млекопитающих.

В целом концентрации токсичных элементов в мясе серых китов не превышали установленных норм. Следует отметить превышение предельно допустимого уровня кадмия, установленного для мяса, в почке 3-летней самки длиной 8,6 м и в почках и печени 4-летней самки длиной 10,4 м.

Заключение

Установлено, что мясо и внутренние органы серого кита безопасны для человека при употреблении в пищу. Мясо серого кита тощее и более всего похоже на говядину и баранину 2-й категории, нежирную конину и оленину, т.е. на те виды мяса, что обычно рекомендуются для диетического питания. Содержание основных компонентов в почках и сердце кита почти не отличается от такового для почек и сердец сельскохозяйственных животных. Установлено, что мясо, почки и сердце серого кита содержат гораздо

большее количество незаменимых для человека аминокислот, чем традиционно употребляемые в пищу мясо и субпродукты сельскохозяйственных животных. Ценные в пищевом отношении полиненасыщенные жирные кислоты в наибольших количествах содержатся в почках, сердце и печени серого кита. Обнаружено, что мышцы, язык и сердце кита содержат саркоплазматических белков примерно такое же количество, что и мышцы рыб, но значительно уступают им по содержанию миофибриллярного белка.

Содержание мышьяка, кадмия, свинца и ртути в органах и тканях серого кита из Мечигменского залива (Берингова моря) в целом соответствует сделанным ранее оценкам для китов из других мест обитания, что свидетельствует о естественной вариабельности распределения концентраций элементов в организме исследованных животных. Концентрации токсичных элементов в тканях серого кита существенно ниже установленных гигиенических нормативов, однако в печени и почках некоторых особей происходит накопление кадмия до уровней, превышающих ПДК этого элемента, что позволяет дать рекомендации об ограничении употребления этих органов в пищу для аборигенных жителей Чукотки, для которых китобойный промысел является традицией.

Список литературы

- Лазаревский А.А.** Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности : моногр. — М. : Пищепромиздат, 1976. — 515 с.
- Леванидов И.П.** Классификация рыб по содержанию в их мясе жира и белков // Рыб. хоз-во. — 1968. — № 10. — С. 64–66.
- Попков А.А., Рыбин В.Г.** Методы и средства анализа пищевого сырья и продуктов. Хроматографические методы анализа : метод. указания. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2009. — 47 с.
- Ржавская Ф.М.** Жиры рыб и морских млекопитающих : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1976. — 473 с.
- Слуцкая Т.Н.** О химическом составе мяса и некоторых субпродуктов усатых и зубатых китов и их пищевом использовании // Аннотации научных работ по исследованию сырьевой базы рыбной промышленности Дальнего Востока в 1963–1964 гг. — Владивосток : Дальневост. кн. изд-во, 1967. — С. 137.
- Сморodinцев И.А.** Частная биохимия. Биохимия мяса : учеб. для вузов. — М. ; Л. : Пищепромиздат, 1936. — 188 с.
- Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб** / сост. В.П. Быков, Г.П. Ионас, Г.Н. Головкова и др. — М. : ВНИРО, 1998. — 223 с.
- Цыганков В.Ю.** Хлорорганические пестициды и тяжелые металлы в органах серого кита из Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 202–209.
- Becker P.R.** Concentration of Chlorinated Hydrocarbons and Heavy Metals in Alaska Arctic Marine Mammals // Mar. Pollut. Bull. — 2000. — Vol. 40, Iss. 10. — P. 819–829. DOI: 10.1016/S0025-326X(00)00076-X.
- Dam M., Bloch D.** Screening of Mercury and Persistent Organochlorine Pollutants in Long-Finned Pilot Whale (*Globicephala melas*) in the Faroe Islands // Mar. Pollut. Bull. — 2000. — Vol. 40, Iss. 12. — P. 1090–1099. DOI: 10.1016/S0025-326X(00)00060-6.
- Endo T., Haraguchi K., Sakata M.** Mercury and selenium concentrations in the internal organs of toothed whales and dolphins marketed for human consumption in Japan // Sci. Total Environ. — 2002. — Vol. 300, Iss. 1–3. — P. 15–22. DOI: 10.1016/S0048-9697(02)00137-7.
- Endo T., Hisamichi Y., Kimura O. et al.** Contamination levels of mercury and cadmium in melon-headed whales (*Peponocephala electra*) from a mass stranding on the Japanese coast // Sci. Total Environ. — 2008. — Vol. 401, Iss. 1–3. — P. 73–80. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.04.006.
- Endo T., Kimura O., Hisamichi Y. et al.** Distribution of total mercury, methyl mercury and selenium in pod of killer whales (*Orcinus orca*) stranded in the northern area of Japan: Comparison of mature females with calves // Environ. Pollut. — 2006. — Vol. 144, Iss. 1. — P. 145–150. DOI: 10.1016/j.envpol.2005.12.035.
- Endo T., Ma Yong-Un, Baker C.S. et al.** Contamination level of mercury in red meat products from cetaceans available from South Korea markets // Mar. Pollut. Bull. — 2007. — Vol. 54, Iss. 6. — P. 669–677. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2007.01.028.
- Kato T., Tonomura Y.** Identification of myosin in *Nitella flexilis* // J. Biochem. — 1977. — Vol. 82, Iss. 3. — P. 777–782.

Ruelas-Inzunza J., Páez-Osuna F. Distribution of Cd, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn in selected tissues of juvenile whales stranded in the SE Gulf of California (Mexico) // Environ. Int. — 2002. — Vol. 28, Iss. 4. — P. 325–329. DOI: 10.1016/S0160-4120(02)00041-7.

Tilbury K.L., Stein J.E., Krone C.A. et al. Chemical contaminants in juvenile gray whales (*Eschrichtius robustus*) from a subsistence harvest in Arctic feeding grounds // Chemosphere. — 2002. — Vol. 47, Iss. 6. — P. 555–564. DOI: 10.1016/S0045-6535(02)00061-9.

Varanasi U., Stein J.E., Tilbury K.L. et al. Chemical contaminants in gray whales (*Eschrichtius robustus*) stranded along the west coast of North America // Sci. Total Environ. — 1994. — Vol. 145, Iss. 1–2. — P. 29–53. DOI: 10.1016/0048-9697(94)90296-8.

Поступила в редакцию 5.07.17 г.

Принята в печать 12.07.17 г.