

УДК 664.951.7:594(265.54)

В.В.Киселев, Н.М.Купина

**ТЕХНОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
СПИЗУЛЫ САХАЛИНСКОЙ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Исследован размерно-массовый и химический состав тканей спизулы сахалинской. Установлено, что масса и массовый состав моллюска зависит от района вылова, а химический состав мышечной ткани — от вида органа. Выявлено, что в мягких тканях доля белка изменяется от 13,9 до 20,2 %, а углеводов — от 1,4 до 6,5 %. Содержание липидов в мягких тканях составляет около 1 %. Установлено, что мягкие ткани моллюска (нога, мантия с аддуктором) отличаются повышенным содержанием небелковых азотсодержащих веществ (740 мг/100 г). Выявлено, что раковины спизулы на 98 % состоят из минеральных веществ, основной частью которых является карбонат кальция в форме арагонита. Показана целесообразность использования мягких тканей спизулы для производства пищевой продукции, а раковин — для изготовления кормовых добавок.

Kiselev V.V., Kupina N.M. Technochemical properties of the Japanese surf clam from Peter the Great Bay // *Izv. TINRO*. — 2005. — Vol. 140. — P. 322–328.

Size-weight composition of the Japanese surf clam (*Spisula (Macatra) sachalinensis*) caught in Peter the Great Bay (Pogranichnaya Inlet; Posyet Bay, Pallada Reid Inlet; Ussuri Bay, Muravinaya Bay) is investigated. The individuals from different areas differ as in their mass so in the yield of soft tissues.

Chemical composition of some organs is studied. The maximum mass part of proteins is found in the adductor (20.2 %). The proteins content in the foot and mantle tissues is less by 5.7–6.3 %. Quantity of carbohydrates in the foot of surf clam is higher than in the meat of other species of bivalve molluscs (6.5 %). The quantity of carbohydrates in the mantle of the surf clam is in 4 times lower than in other species, and in the adductor — in 2 times lower. The surf clam muscular tissues differ by heightened content of soluble nonprotein compounds (74.0 mg/100 g in the foot) in comparison with fish meat. Lipids content in the surf clam muscular tissues doesn't exceed 1 %. Unsaturated fatty acids prevail in the lipids of soft tissues. Share of essential fatty acids (linoleic and linolenic) in the lipids of foot, mantle and adductor is about 1 % of the total fatty acids content. Composition of macro- and microelements in the tissues of the surf clam was investigated, as well. The dominant macroelement in the foot is sodium and in mantle — potassium. Iron dominates among the microelements of the Japanese surf clam body. The clam shells consist of mineral substances for 98 %. The main of them is calcium carbonate in the form of aragonite.

Muscular tissues of the Japanese surf clam are recommended for food production including dietetic foodstuff; the shells are recommended for forage additives production as the source of calcium and microelements.

В последнее время, в связи с развитием прибрежного рыболовства, на Дальнем Востоке растёт интерес рыбодобывающих компаний к промыслу нетрадиционных видов беспозвоночных, образующих промысловые скопления. Одним из таких видов является двустворчатый моллюск спизула сахалинская (*Spisula (Macatra) sachalinensis*, мактра сахалинская, белая ракушка) — низкобореаль-

ный вид, который обитает в прибойной зоне бухт и заливов на глубинах 0,5–15,0 м, зарывается в песчаный или илисто-песчаный грунт на глубину до 20 см. Общий запас спизулы в зал. Петра Великого составляет 9000 т (Атлас двустворчатых моллюсков ..., 2000). Отсутствие данных о химических и технологических свойствах этого сырья приводит к тому, что вся вылавливаемая в водах Приморья спизула в России не перерабатывается, а практически полностью экспортируется в живом виде в Японию, Южную Корею и Китай. В странах Азии этот моллюск пользуется большим спросом и потребляется в основном в сыром виде. В России употребление в пищу сырых моллюсков не принято. Это вызывает необходимость изыскания способов переработки спизулы в традиционную кулинарную, мороженую или соленую продукцию.

Целью данной работы являлось исследование теххимических свойств спизулы сахалинской, что позволит в дальнейшем выработать рекомендации по её переработке.

Для исследовательских работ использовали спизулу промыслового размера (длина раковины не менее 7 см (Атлас двустворчатых моллюсков ..., 2000)) следующих районов: зал. Петра Великого, бухта Пограничная; зал. Посыета, бухта Рейд Паллады; Уссурийский залив, бухта Муравьиная, — выловленную с июля по декабрь 2000–2003 гг. Именно в этих районах осуществлялся промысел моллюска в указанный период времени. Спизулу-сырец разделявали, отдельные органы замораживали при температуре минус 25 °С и хранили при минус 18 °С не более месяца.

Общий химический состав мягких тканей спизулы определяли по общепринятым методикам (Лазаревский, 1955). Количество углеводов определяли антроновым методом (Практикум ..., 1989). Качественный и количественный состав макро- и микроэлементов в мягких тканях и раковинах моллюска устанавливали адсорбционным методом на спектрофотометре АА-855 фирмы “Nippon Yorgel Ash” в средней пробе из 5 экз. после минерализации азотной кислотой. Содержание йода определяли по установленной методике (ГОСТ 26185-04).

Метилловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) готовили по методу Карро и Дубака (Carreau, Dubacq, 1978), и затем анализировали на хроматографе “Shimadzu GC-14B” (Япония) с пламенно-ионизационным детектором и базой обработки данных “С-R4A”. Условия анализа: температура термостата 190 °С, температура инжектора 240 °С, температура детектора 240 °С, газ-носитель — гелий. Расход газа-носителя 50 мл/мин, делитель потока 1/60. Колонка “Supelcowax-10”, 30 м х 0,32 мм. Идентификацию метиловых эфиров жирных кислот проводили по индексам удерживания Ковача, а также с использованием стандартных смесей МЭЖК от “Supelco”, США.

Количество коллагена оценивали по содержанию оксипролина (Крылова, Лясковская, 1965). Рентгенофазовый анализ карбоната кальция из раковин спизулы проводили на приборе ДРОН-2.0.

Результаты определения массового состава спизулы позволили выявить его зависимость от района лова. Установлено, что наибольшую массу имела спизула, выловленная в бухте Пограничной. Масса особей, выловленных в бухтах Рейд Паллады и Муравьиная, была в 1,4–1,5 раза меньше (табл. 1). Выход мягких тканей у спизулы из бухты Пограничной был на 4–5 % больше по сравнению с моллюсками из других районов лова. Согласно данным, полученным японскими учёными, средняя масса моллюска и выход мягких тканей у спизулы, обитающей в более тёплых водах у о. Хоккайдо, выше, чем у спизулы, выловленной у побережья Приморья (табл. 1). Выявленная разница в массовом составе спизулы указанных районов промысла, вероятно, обусловлена условиями обитания.

Сопоставление массы спизулы с массовой долей её мягких тканей выявило следующую зависимость: при увеличении общей массы особи выход мягких

Таблица 1
Массовый состав спизулы сахалинской, над чертой даны пределы показателей, под чертой — их средневзвешенные значения
(из 50 особей), % общей массы

Table 1
The mass composition of Japanese surf clam, % of overall mass. The limit values are above the line, the medium weighed values are under the line (from 50 individuals)

Район вылова	Общая масса, г	Раковина	Нога	Мантия	Мускул-замыкатель	Внутренности	Внутри-полостная жидкость	Сумма мягких тканей	Сезон вылова
Зал. Петра Великого, бухта Пограничная	<u>163,3–218,6</u> 190,5	<u>54,6–63,3</u> 58,7	<u>12,1–17,2</u> 14,4	<u>5,0–8,6</u> 6,2	<u>2,4–3,5</u> 3,0	<u>4,0–5,9</u> 4,8	<u>7,2–17,9</u> 12,8	<u>23,5–30,8</u> 28,5	Август 2000 г.
Зал. Посьета, бухта Рейд Паллады	<u>102,2–148,5</u> 123,6	<u>54,3–69,5</u> 62,4	<u>9,4–10,9</u> 10,0	<u>4,6–6,0</u> 5,2	<u>2,1–2,8</u> 2,4	<u>4,8–7,9</u> 6,4	<u>5,4–20,1</u> 13,3	<u>21,8–26,9</u> 24,1	Октябрь 2001 г.
Уссурийский залив, бухта Муравьиная	<u>124,9–151,1</u> 138,8	<u>52,3–66,7</u> 57,5	<u>5,5–8,2</u> 7,2	<u>3,7–4,8</u> 4,3	<u>1,9–2,4</u> 2,1	<u>5,6–8,4</u> 6,7	<u>4,1–27,9</u> 19,0	<u>18,9–24,2</u> 23,5	Август 2003 г.
Зал. Петра Великого*	<u>120,0–250,0</u> 185	–	<u>5,4–7,2</u> 6,3	<u>3,1–4,6</u> 3,9	<u>2,4–3,1</u> 2,8	<u>3,4–6,8</u> 5,1	–	<u>25,0–30,0</u> 27,5	–
Южное побережье о. Хоккайдо**	<u>197,0–370,0</u> 283,5	<u>44,0–50,0</u> 47,0	<u>10,0–14,0</u> 12,0	–	–	–	<u>22,0–35,0</u> 28,5	<u>23,0–35,0</u> 29,0	Все месяцы 1996 г., кроме мая и июня

* Кизеветтер, 1962.

** Sasaki, Ohta, 1999.

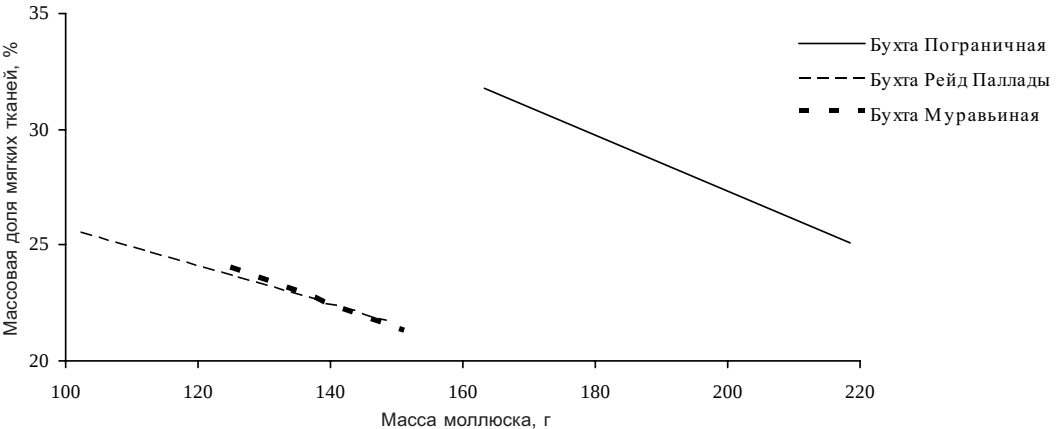
тканей уменьшается (см. рисунок). Такая тенденция сохраняется для моллюсков из всех исследуемых районов вылова.

Известно, что среди мягких тканей съедобными частями у двустворчатых моллюсков являются двигательный мускул (нога), мантия и аддуктор (мускул-замыкатель). Установлено, что у спизулы исследуемых районов лова массовая доля съедобных частей колеблется от 13,6 до 23,5 % массы особи. Этот показатель сравним с таковым у приморского гребешка (*Mizuhopecten (Patinopecten) yessoensis*) и у мидии обыкновенной (*Mytilus trossulus (Edulis)*) и значительно выше, чем у гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*), у которой он составляет 11,2 % (Справочник ..., 1999).

Результаты исследований химического состава отдельных частей спизулы показали, что по количеству белков лидирующее положение занимает мускул-замыкатель (20,2 %). В тканях ноги и мантии спизулы их содержание ниже на 5,7–6,3 % (табл. 2).

Отличительной особенностью мягких тканей спизулы является повышенное содержание углеводов. Их массовая доля в мясе спизулы в 1,5–2,0 раза больше, чем в мясе других видов двустворчатых моллюсков (Справочник ..., 1999). Количество угле-

водов в ноге моллюска превышает таковое в мантии и аддукторе соответственно в 4,6 и 2,0 раза. Пониженное содержание этих веществ в мантии по сравнению с ногой и аддуктором можно связать с функциями этих органов. Как нога, так и аддуктор, в отличие от мантии, обеспечивают биологическую подвижность спизулы. В то же время известно, что АТФ — источник энергии для мышечных сокращений — ресинтезируется при расщеплении моносахаридов.



Выход мягких тканей у спизулы зал. Петра Великого
The yield of soft tissues of Japanese surf clam from Peter the Great Bay

Таблица 2
Химический состав спизулы сахалинской, %, ±0,1
Table 2
Chemical composition of Japanese surf clam, %, ±0.1

Часть тела спизулы	Вода	Белок, N _{общ} · 6,25	Углеводы	Липиды	Зола
Нога	77,0	14,5	6,5	1,1	0,9
	82,6*	10,0*	5,1*	0,5*	1,8*
Мантия	82,7	13,9	1,4	0,7	1,3
Аддуктор	75,4	20,2	3,1	0,8	0,5
	80,0*	13,4*	4,3*	0,7*	1,6*
Мягкие ткани целиком	80,2*	12,1*	4,8*	0,9*	2,0*
	76,2**	15,4**	4,6**	1,1**	1,5**
Раковина	0,4	0,4	—	—	98,0

* Кизеветтер, 1962.

** Sasaki, Ohta, 1999.

Содержание липидов в мышечных тканях спизулы мало и сопоставимо с таковым в мясе гребешков, мидий и устриц (Справочник ..., 1999). Определение жирнокислотного состава липидов выявило преобладание в них полиненасыщенных жирных кислот, содержание которых почти не зависит от образца мышечной ткани (табл. 3). Известно, что в мировой медицинской практике полиненасыщенные жирные кислоты широко применяются как эффективное средство профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний (Dyerberg, Bang, 1979; Essential fatty acids ..., 1999). Следует отметить, что доля незаменимых жирных кислот (линолевой и линоленовой) в липидах ноги, мантии и мускула-замыкателя практически одинакова и достигает 1 % (от суммы жирных кислот). Количество линолевой и линоленовой кислот в мясе мидии в 2,0–2,5 раза больше (Zhukova, Svetashev, 1986). Данные по жирнокислотному составу спизулы, полученные разными исследователями, показывают, что у моллюсков, выловленных у

о. Хоккайдо (Sasaki, Ohta, 1999), количество полиненасыщенных жирных кислот на 7–8 % выше, чем в спизуле из зал. Посьета (Zhukova, Svetashev, 1986).

Жирнокислотный состав липидов спизулы, % от суммы жирных кислот
Fatty acids content of Japanese surf clam lipids, % of sum of fatty acids

Образец	Липиды	Насыщенные	Мононе- насыщенные	Полине- насыщенные
Нога	1,1	24,7	26,4	48,3
Мантия	0,7	25,7	27,6	45,7
Аддуктор	0,8	27,0	24,3	47,8
Мягкие ткани целиком*	—	19,0	25,4	53,9
Мягкие ткани целиком**	1,1	29,1	25,0	45,0

* Zhukova, Svetashev, 1986.

** Sasaki, Ohta, 1999.

Количество небелкового азота в тканях ноги спизулы достигает 740 мг/100 г, что значительно выше, чем в мясе рыб. Высокое содержание небелкового азота в тканях других двустворчатых моллюсков было отмечено при исследовании гребешка и анадары (Леванидов, Захарова, 1968; Зюзьгина, Купина 2001) и, по всей видимости, является их биохимической особенностью. Среди других гидробионтов повышенным содержанием растворимых небелковых соединений характеризуются ткани кальмаров, а также мясо акул и скатов (Кизеветтер, 1973).

Доля коллагена в общей массе белков ноги спизулы достигает 5 %, что сравнимо с его содержанием в некоторых видах рыб и в 8–9 раз меньше, чем в ноге анадары. В мантии спизулы количество коллагена в 2–3 раза больше, чем в ноге, и сравнимо с его содержанием в мантии осьминога. По содержанию коллагена в мантии спизула уступает анадаре в 3–4 раза (Купина и др., 2003).

Определение химического состава раковин спизулы показало, что они на 98 % (см. табл. 2) состоят из минеральных веществ, основным компонентом которых, как и в раковинах других видов двустворчатых моллюсков, является карбонат кальция. Известно, что в природе карбонат кальция встречается в виде двух минералов: кальцита (известняк, мел, мрамор), кристаллическая структура которого отвечает гексагональной кристаллической решётке (пространственная группа $R\bar{3}c$), и арагонита, кристаллы которого имеют ромбическую модификацию (пространственная группа $Pmcn$). Важно отметить, что арагонит несколько более растворим в воде и встречается в природе намного реже, чем кальцит (Бетехтин, 1961; Стасиневич, 1990). Результаты рентгенофазового анализа показали, что основной кристаллической фазой данного вещества в раковинах спизулы является арагонит.

Результаты определения макро- и микроэлементов в отдельных частях спизулы отражены в табл. 4. Как следует из этих данных, в ноге преобладающим макроэлементом является калий, в мантии — натрий, в раковинах — кальций. В ноге спизулы концентрация калия достигает 4561 мкг/г сырой ткани, что в 2–3 раза выше содержания этого элемента в гребешках и устрицах (Справочник ..., 1999) и в 4 раза выше, чем в мантии. Для натрия наблюдается обратная зависимость: его содержание в мантии моллюска в 3 раза больше, чем в ноге. Среди микроэлементов как в мышечных тканях, так и в раковинах спизулы доминирующими являются железо и цинк. Концентрация железа максимальна в раковине моллюска, а цинка — в ноге.

Высокое содержание в ноге моллюска калия при низком содержании натрия, а также наличие магния, железа, марганца, цинка, йода позволяет рекомендовать использование спизулы в диетотерапии больных с сердечно-сосудистой патологией (Суханов, 1999). Значительное количество железа в тканях дает возможность рассматривать спизулу как поставщика этого нутриента, дефицит которого вызывает развитие анемии.

Таким образом, результаты исследований показали, что мягкие ткани спизулы являются источником белка, углеводов, а также жизненно важных макро- и микроэлементов. По классификации И.П.Леванидова (1968), ногу и мантию спизулы можно отнести к низкобелковым маложирным видам сырья, а мускул-замыкатель — к белковым маложирным. Моллюск отличается низким содержанием липидов, в составе которых преобладают полиненасыщенные жирные кислоты. Полученные данные позволяют рекомендовать спизулу в качестве сырья для производства пищевых диетических продуктов.

Анализ минерального состава раковин спизулы показал целесообразность их использования в рационах сельскохозяйственных животных и птицы в качестве кормовой добавки, являющейся источником кальция и микроэлементов. Присутствие карбоната кальция в форме арагонита позволяет предполагать лучшую усвояемость кальция из раковин спизулы по сравнению с тем же элементом из мела.

Таблица 4
Содержание макро- и микроэлементов
в частях спизулы сахалинской, мкг/г сырой ткани
Table 4
Content of macro- and microelements in the parts
of Japanese surf clam body, µg/g of raw tissue

Элемент	Часть тела		
	Нога	Мантия	Раковина
Макроэлементы			
Na	1482,3	4012,4	4010,5
K	4561,0	1070,0	82,3
Ca	171,0	96,3	33,5*
Mg	228,1	246,1	140,4
Микроэлементы			
Pb	H/o	H/o	< 0,05
Cd	0,057	0,053	0,4
Cr	0,684	0,642	< 0,01
Mn	0,57	0,481	2,6
Cu	1,596	0,749	1,0
Zn	13,68	6,42	2,4
Fe	57,0	53,50	128,4
Ni	0,684	0,909	—
Co	0,285	0,267	0,9
I	0,65	—	—

* Значение дано в процентах.

Литература

- Атлас двустворчатых моллюсков дальневосточных морей России. — Владивосток, 2000. — 168 с.
- Бетехтин А.Г. Курс минералогии. — М.: Гостехиздат, 1961. — 650 с.
- ГОСТ 26185-04. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. — М.: Изд-во "Стандарт", 1984. — 53 с.
- Зюзьгина А.А., Купина Н.М. Характеристика двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* как сырья для производства пищевых продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2001. — № 1. — С. 40–42.
- Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. — М.: Пищ. пром-сть, 1973. — 424 с.
- Кизеветтер И.В. Лов и обработка промысловых беспозвоночных Дальневосточных морей. — Владивосток: Примор. кн. изд-во, 1962. — 224 с.
- Крылова Н.Н., Лясковская Ю.Н. Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения. — М.: Пищ. пром-сть, 1965. — 316 с.
- Купина Н.М., Зюзьгина А.А., Долматов И.Ю. Особенности химического состава и гистологического строения мышечной ткани двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 8. — С. 90–93.

- Лазаревский А.А.** Техно-химический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. — М.: Пищепромиздат, 1955. — 520 с.
- Леванидов И.П.** Классификация рыб по содержанию в их мясе жира и белков // Рыб. хоз-во. — 1968. — № 9. — С. 50–51; № 10. — С. 64–66.
- Леванидов И.П., Захарова В.П.** Химический состав промысловых моллюсков и иглокожих Сахалинского района. // Изв. ТИНРО. — 1968. — Т. 65. — С. 221–230.
- Практикум по биохимии.** — М.: Изд-во МГУ, 1989. — 510 с.
- Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих.** — М.: ВНИРО, 1999. — 262 с.
- Стасиневич Д.С.** Химическая энциклопедия. Т. 2. — М., 1990. — 671 с.
- Суханов Б.П.** Биологически активные вещества соков и нектаров // Вопр. питания. — 1999. — Т. 68, № 2. — С. 12–13.
- Carreau J.P., Dubacq J.P.** Adaptation of macro-scale method to the microscale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. — 1978. — Vol. 151, № 3. — P. 384–390.
- Dyerberg J., Bang H.O.** Lipid metabolism, atherogenesis, and haemostasis in Eskimos: the role of prostaglandin — 3 family // Haemostasis. — 1979. — Vol. 8, № 3–5. — P. 227–233.
- Essential fatty acids and eicosanoids: Forth International Congress** / Eds R.A. Riemersma, R. Armstrong, R.W. Kelly, R. Wilson. — Champaign: AOCS Press, 1999. — 448 p.
- Sasaki S., Ohta T.** Seasonal Variation of Chemical Components in Surf Clam (*Spisula sachalinensis*) // Food Sci. Technol. Res. — 1999. — № 5(3). — P. 311–315.
- Zhukova N.V., Svetashev V.I.** Non-methylene-interrupted dienoic fatty acids in mollusks from the sea of Japan // Comp. biochem. physiol. — 1986. — Vol. 83B, № 3. — P. 643–646.

Поступила в редакцию 1.02.05 г.