

УДК 664.951.014:594.1

Н.М. Купина*

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕРЦЕНАРИИ СТИМПСОНА *MERCENARIA STIMPSONI* В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Представлены данные по изменению физико-химических, органолептических показателей и качества разделанной и неразделанной мороженой мерценарии Стивсона (*Mercenaria stimpsoni*) в процессе хранения. Показано, что масса съедобных частей тела (нога и мускул-замыкатель с аддуктором) зависит от возраста моллюска и составляет 12–16 %, а масса отходов (раковины и печень) — 70–75 % общей массы. Мясо мерценарии независимо от района и сезона вылова относится к низкобелковому (8,5–9,8 %), маложижному (0,7–1,0 %), низкокалорийному (46–52 ккал) сырью. Нога и мантия содержат белки, в которых количество всех незаменимых аминокислот выше, чем в эталонном белке ФАО/ВОЗ, а также биологически активный таурин. В процессе хранения мороженой мерценарии концентрация протеиногенных аминокислот и таурина в тканях не изменяется. Мышечная ткань мерценарии отличается низким содержанием миофибриллярных и саркоплазматических белков и повышенным — белков соединительной ткани. При хранении мороженой мерценарии содержание солерастворимых белков снижается на 15–20 %, а денатурированных — повышается в 2,4 раза. Срок годности живой мерценарии при температуре 2–4 °C составляет 16 суток. Мерценария Стивсона, выловленная у побережья южного и северного Приморья, по содержанию в мышечной ткани и печени токсичных элементов и радионуклидов является безопасной.

Ключевые слова: мерценария, химический состав, аминокислоты, белки, хранение, безопасность.

Kupina N.M. Investigation of physical, chemical and technological properties of *Mercenaria stimpsoni* in the process of storage // Izv. TINRO. — 2015. — Vol. 181. — P. 252–262.

Changes of physical, chemical, and organoleptic parameters during storage of cut and raw frozen bivalve *Mercenaria stimpsoni* are considered. Portion of its edible parts is estimated as 12–15 % of total weight, depending on age, and waste (shells and liver) takes 70–75 % of the total weight. The meat of *Mercenaria stimpsoni* is distinguished by low protein content (8.5–9.8 %), low fat content (0.7–1.0 %), and low caloric value (46–52 kcal) in any area and any season. The tissues of its foot and mantle have proteins with the content of essential amino acids higher than in the reference FAO/WHO protein and biologically active taurine, as well, and proteins of the muscle have lowered portion of the myofibrillary and sarcoplasmatic proteins and heightened portion of the connective tissue proteins. *Mercenaria stimpsoni* is capable to alive retention up to 16 days under the temperature 2–4 °C. The concentration of the proteinogenic amino acids, taurine and anserine does not change in the process of storage, but the content of myofibrillary protein decreases in 15–20 %, and the content of dilacerated proteins increases in 2.4 times. *Mercenaria stimpsoni* caught at Primorye coast is safe for

* Купина Наталья Михайловна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
e-mail: kupina@tinro.ru.

Kupina Natalia M., Ph.D., leading researcher, e-mail: kupina@tinro.ru.

human consumption by content of toxic elements and radioactive nuclides in its muscle tissue and viscera.

Key words: *Mercenaria stimpsoni*, chemical composition, calorie content, amino acid, protein, storage, food safety.

Введение

Среди двустворчатых моллюсков Приморья по обилию видное место занимает сравнительно крупный моллюск мерценария Стимпсона *Mercenaria stimpsoni*. Активный промысел этого моллюска начался в 2009 г. Размер промысловых особей мерценарии колеблется от 5,5 см (минимальный промысловый размер) до 10,1 см, общая масса — от 40 до 350 г. Проведенные нами ранее исследования мерценарии зал. Петра Великого показали, что по соотношению частей тела и химическому составу она значительно отличается от других закапывающихся клем (Киселёв, Купина, 2002). Глубоких исследований мерценарии Стимпсона как сырья для производства пищевых продуктов не проводилось.

В литературе имеются данные о попытках выделения из родственных видов этого моллюска (*M. mercenaria* и *M. campechiensis*), обитающих у восточного побережья Северной Америки, индивидуальных БАВ: биогенных аминов (ацетилхолин, допамин), характеризующихся нейрогуморальной медиаторной активностью (Зайцев и др., 1980), специфических мукопротеинов, способных оказывать выраженное противовирусное, противомикробное, противогрибковое и противоопухолевое действие (Cottrell and Lavergack, 1968). Также установлено, что ткани мерценарии богаты таурином (Аюшин и др., 1999), который стимулирует выделение инсулина поджелудочной железой, повышает светочувствительность сетчатки глаза, препятствует образованию холестерина в крови, оказывает противолучевое действие (Оруджев, Ростовщиков, 1998; Аюшин, 2001). Эти данные свидетельствуют о потенциальной возможности использования мерценарии Стимпсона в качестве источника БАВ.

В настоящий период в связи с активизацией прибрежного рыболовства возникла необходимость разработки способов её хранения и переработки. Вопрос о рациональном использовании моллюска может быть решён только с учётом его физико-химических свойств, пищевой, биологической ценности и безопасности. Изучение безопасности мерценарии имеет большое значение, так как известно, что она может адаптироваться к высокому уровню загрязнения места обитания и в отличие от других моллюсков (перонидия, гребешок) оставаться живой (Виселина, Лукьянова, 2000).

Целью настоящей работы является определение физико-химических свойств, качества и безопасности мерценарии Стимпсона в зависимости от условий хранения.

Материалы и методы

Объектом исследований служила мерценария Стимпсона *M. stimpsoni*, выловленная летом и осенью в водах северного Приморья (бухта Лидовка) и южного Приморья (зал. Петра Великого).

Отбор проб для исследований проводили по ГОСТу 7631-85. Общий химический состав мышечной ткани и внутренних органов, а также общее содержание азотистых веществ ($N_{\text{общ}}$), азота белковых ($N_{\text{б}}$) и небелковых ($N_{\text{нб}}$) соединений, азота летучих оснований (АЛЮ) определяли по общепринятым методикам (Лазаревский, 1955; ГОСТ 7636-85; Методические рекомендации, 1981*) на анализаторе азота Kjeltac 2300 Analys Unit (Фирма Foss, Швеция).

Липиды из ткани экстрагировали по методу Фольча (Folch et al., 1957) системой растворителей хлороформ-этанол (2 : 1 V/V). Общее содержание липидов устанавливали гравиметрически.

Жирные кислоты (ЖК) анализировали на газо-жидкостном хроматографе «Shimadzu GC-16A» (Япония) с пламенно-ионизационным детектором, снабженным капиллярной

* Методические рекомендации. Технохимические исследования рыбы и беспозвоночных. М.: ВНИРО, 1981. С. 26–28.

колонок (30,0 м × 0,3 мм) с фазой Supelcowax-10 при температуре 190 °С. Для этого ЖК переводили в форму метиловых эфиров по методу Карро и Дубака (Carreau, Duback, 1978). ЖК идентифицировали по индексам удерживания Ковача (Christie, 1988). Концентрацию ЖК рассчитывали с помощью базы обработки данных C-R4A Chromatorac.

Содержание углеводов определяли антроновым методом (Крылова, Лясковская, 1965).

Фракционирование белков проводили по методу Кинга (Лазаревский, 1955). Количество белковых веществ во фракциях определяли в соответствии с методом Кьельдаля.

Молекулярный вес фракционированных белков определяли методом гель-фильтрации на хроматографической системе FPLC System на колонке Superdex 200 при скорости элюирования 0,5 мл/мин с фотометрическим детектором при длине волны 280 нм.

Состав протеиногенных и свободных аминокислот определяли на анализаторе «Hitachi L-8800» High speed amino acid analyzer (Северин, Соловьев, 1989).

Качественный и количественный состав токсичных элементов в тканях оценивали по ГОСТу 26929-94 и ГОСТу 30178-96, используя атомно-адсорбционные спектрофотометры (Япония) «Nippon Jarrel Ash AA-855», «Shimadzu AA-6800» и «Hiranuma Hg-1» после кислотной минерализации средней пробы азотной кислотой.

Активность радионуклидов определяли в соответствии с МУК 2.6.1.717-98.

Оценку пищевой ценности мяса мерценарии проводили в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части её маркировки», утверждёнными Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 881.

Качество и безопасность моллюска оценивали в соответствии с Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утверждёнными Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299.

Статистическая обработка результатов различных экспериментов включала определение средних значений величин и стандартной средней ошибки.

Математическую обработку результатов проводили с использованием пакета Microsoft Excel 2000.

Результаты и их обсуждение

Результаты определения массового состава мерценарии размером от 5,5 до 10,1 см и массой от 50 до 350 г показали, что она имеет массивную раковину, составляющую от 58 до 72 % массы тела (табл. 1). В среднем масса створок у мерценарии составляет 65–68 %. По этому показателю мерценария значительно отличается от анадары и спизулы, у которых масса раковины в среднем составляет 49–58 % (Зюзыгина, Купина, 2002; Киселёв, Купина, 2005). Масса мягких тканей у мерценарии промыслового размера (5,5 см) в зависимости от возраста колеблется от 15,6 до 27,0 % общей массы.

Таблица 1
Массовый состав мерценарии *M. stimpsoni* в зависимости от района и сезона вылова
Table 1
Weight composition of *Mercenaria stimpsoni* in dependence on area and season of landing

Район вылова	Время вылова	Общая масса, г	Массовая доля, % от общей массы		
			Раковина	Мягкие ткани	Полостная жидкость
Японское море (бухта Лидовка)	Июнь	<u>69,0–110,0</u> 80,9	<u>65,7–71,6</u> 68,2	<u>15,6–16,9</u> 18,6	<u>14,8–18,0</u> 13,2
	Октябрь	<u>85,0–175,0</u> 117,6	<u>58,3–66,7</u> 64,9	<u>17,1–27,0</u> 20,2	<u>13,9–19,6</u> 13,9
Зал. Петра Великого (бухта Рейд Паллада)	Июль-август	<u>72,0–124,0</u> 104,0	<u>64,0–72,0</u> 67,1	<u>17,8–24,0</u> 19,5	<u>11,8–12,9</u> 13,4
Зал. Петра Великого (бухта Пограничная)	Октябрь	<u>96,7–107,6</u> 98,1	<u>65,5–68,1</u> 65,7	<u>19,6–21,7</u> 20,0	<u>12,0–13,8</u> 13,3

Примечание. Над чертой — диапазон колебаний; под чертой — среднее значение.

При выборе способа переработки двустворчатых моллюсков большое значение имеет выход съедобных частей. Исследования показали, что выход частей тела при разделке *M. stimpsoni* составляет: раковина 65,0–68,0, нога — 6,1–8,2, мантия — 5,8–7,8, внутренности — 3,6–5,7 %. Масса мягких и твёрдых отходов достигает 75–77 %.

При исследовании химического состава свежельовленной мерценарии было установлено, что массовая доля белковых веществ в зависимости от сезона вылова колеблется в тканях ноги от 8,6 до 9,3 %, а в мантии — от 9,1 до 9,8 % (табл. 2). Концентрация углеводов в ноге и мантии не превышает 1,3 %. По содержанию в ноге углеводов мерценария в 2–5 раз уступает другим закапывающимся моллюскам.

Таблица 2
Химический состав мягких тканей мерценарии (бухта Лидовка), %, среднее ± σ
Table 2
Chemical composition of soft tissues for *Mercenaria stimpsoni* from the Lidovka Bay, % (mean value ± σ)

Образец	Время вылова	Вода	Белок	Углеводы	Липиды	Пищевая ценность, ккал
Нога	Июнь	87,6 ± 0,2	9,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	0,9 ± 0,1	46–51
	Октябрь	88,0 ± 0,2	9,7 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0,9 ± 0,2	44–50
Мантия	Июнь	87,0 ± 0,2	9,7 ± 0,1	1,2 ± 0,1	0,8 ± 0,1	46–52
	Октябрь	87,4 ± 0,3	9,2 ± 0,1	1,0 ± 0,1	0,8 ± 0,2	46–51
Внутренности	Июнь	83,8 ± 0,2	6,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	6,0 ± 0,3	–
	Октябрь	83,1 ± 0,2	6,2 ± 0,1	1,4 ± 0,1	6,4 ± 0,3	

Содержание липидов в ноге и мантии в среднем составляет 0,7–1,1 %, что характерно для двустворчатых моллюсков*.

Полученные данные свидетельствуют о том, что по химическому составу мерценария летнего улова мало отличается от выловленной осенью.

Внутренности мерценарии-сырца отличаются от ноги и мантии более низким содержанием воды и белков и более высокой концентрацией липидов и углеводов (табл. 2).

Сопоставление образцов мерценарии-сырца, выловленной у побережья северного и южного Приморья, показало, что по химическому составу ноги, мантии и внутренностей они практически не различаются.

Энергетическая ценность съедобных частей мерценарии южного и северного Приморья составляет 44–51 ккал.

Мышечная ткань мерценарии отличается от мяса рыб в 1,5–3,0 раза более высоким содержанием небелковых азотсодержащих соединений (табл. 3).

Таблица 3
Количество азотсодержащих соединений в мышечной ткани мерценарии-сырца, мг/100 г ткани, среднее ± σ

Table 3
Content of nitrogen compounds in muscle tissue of raw *Mercenaria stimpsoni*, mg/100 g (mean value ± σ)

Образец	Район лова	N _{общ}	N _{нб}	N _{нб} /N _{общ} × 100, %
Нога	Бухта Лидовка	1470 ± 14	372 ± 11	25,3
	Бухта Рейд Паллада	1400 ± 12	363 ± 10	25,9
Мантия	Бухта Лидовка	1520 ± 21	323 ± 9	21,3
	Бухта Рейд Паллада	1480 ± 19	304 ± 8	20,8

Следует отметить, что повышенное количество азотсодержащих небелковых соединений было зафиксировано также в мясе других двустворчатых и головоногих моллюсков (Купина и др., 2003; Киселёв, Купина, 2005). По всей видимости, это является биохимической особенностью моллюсков.

Как известно, одним из главных показателей технологических свойств сырья является состав белков. Результаты исследований показали, что фракционный состав

* Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих. М.: ВНИРО, 1999. 262 с.

белков мерценарии-сырца отличается высоким содержанием соединительнотканых и щелочерастворимых белков и низким — миофибриллярных и саркоплазматических (табл. 4). В ноге и мантии относительное содержание миофибриллярных белков составляет соответственно 46 и 40 %. Массовая доля соединительнотканых белков (строма) достигает 21,3 (нога) — 33,2 % (мантия). По содержанию в тканях белков стромы мерценария в 2–3 раза превосходит спизулу и приближается к анадаре (Купина и др., 2003). Учитывая высокое содержание соединительнотканых белков в ноге и мантии мерценарии, можно прогнозировать повышенную прочность мяса моллюска. Из литературных источников известно, что все другие виды мерценарий имеют трудноразжёвываемое мясо и относятся к «жестким» клемам (Hiwatari et al., 2006).

Таблица 4
Распределение азотсодержащих соединений в мышечных тканях мерценарии-сырца, % от N₆
Table 4
Distribution of nitrogen compounds in muscle tissue of raw *Mercenaria stimpsoni*, % N₆

Образец	Белки			
	Саркоплазматические	Миофибриллярные	Щелочерастворимые	Соединительнотканые
Нога	19,9	46,2	12,6	21,3
Мантия	17,0	39,8	10,0	33,2

Очевидно, при разработке технологии изготовления пищевых продуктов из этого моллюска потребуется решать проблему размягчения «жесткой» ткани.

Содержание фракции саркоплазматических белков в тканях мерценарии не превышает 19 %, что на 7–10 % ниже, чем в тканях ноги и мантии других моллюсков. Для определения молекулярно-массового состава саркоплазматических белков экстракты из ноги и мантии подвергали хроматографическому разделению методом гельфильтрации. Было установлено, что водные экстракты из тканей моллюска на 41–45 % представлены высокомолекулярной фракцией белков с молекулярной массой от 10 до 600 кДа и выше, что нехарактерно для саркоплазматических белков мяса рыб (табл. 5).

Таблица 5
Молекулярно-массовый состав саркоплазматических белков мерценарии, %
Table 5
Chain-length distribution of sarcoplasmatic proteins in tissues of *Mercenaria stimpsoni*, %

Образец	> 600 кДа	От 10 до 600 кДа	< 10 кДа
Нога	8	37	55
Мантия	12	29	59

Следует отметить, что доля высокомолекулярной фракции в общей сумме водорастворимых белков в мантии выше, чем в ноге. Можно предполагать, что высокомолекулярные соединения являются полисахарид-белковыми комплексами, присутствие которых было ранее обнаружено в тканях некоторых двустворчатых моллюсков (Оводова и др., 1990). По мнению Р.Г. Оводовой с соавторами (1990), полисахарид-белковые комплексы обладают иммуностимулирующим эффектом.

Другую часть саркоплазматической фракции (55–59 %) составляют азотсодержащие соединения массой менее 10 кДа, которая включает пептиды и САК (табл. 5).

Полученные данные свидетельствуют о необходимости более глубокого изучения саркоплазматической фракции белков мерценарии, чтобы сделать выводы о биологической активности водорастворимых компонентов ноги и мантии.

Принимая во внимание особенности качественного и количественного состава азотистых компонентов в тканях, можно сделать вывод о том, что при изготовлении пищевых продуктов из мерценарии следует выбирать технологические режимы обработки, ограничивающие время контакта мяса с водой для уменьшения потерь растворимых азотсодержащих соединений.

Результаты определения аминокислотного состава белков показали, что по содержанию аминокислот белки ноги и мантии практически не отличаются друг от друга

и характеризуются высоким содержанием глицина, пролина, глютаминовой кислоты, которыми специфически богат коллаген (Мазуров, 1974).

Для оценки качества белков моллюска определяли аминокислотный скор (Ауэрман и др., 2013). Как показали исследования (табл. 6), белки ноги и мантии мерценарии имеют высокую пищевую и биологическую ценность, так как содержат все незаменимые аминокислоты в количествах, превышающих в 1,2–2,3 раза величины, установленные экспертами ФАО/ВОЗ (2007) для эталонного белка*.

Таблица 6
Аминокислотный скор белков мышечной ткани ноги и мантии мерценарии

Table 6
Amino acid score of proteins in tissues of foot muscle and mantle of *Mercenaria stimpsoni*

Аминокислота (АК)	Эталонный белок, мг АК в 1 г белка	Нога		Мантия	
		А	С	А	С
Гистидин	15	29,0	193	27,0	180
Изолейцин	30	41,6	139	38,5	128
Лейцин	59	71,4	121	70,2	119
Лизин	45	59,7	133	53,9	120
Метионин + цистеин	22	37,0	168	27,6	126
Фенилалан + тирозин	38	86,9	229	76,9	202
Треонин	23	41,0	178	40,5	176
Валин	39	50,0	128	54,0	139
Триптофан	6	70,1	117	69,0	115

Примечание. А — содержание аминокислоты, мг/1 г белка; С — химический скор, % относительно шкалы ФАО/ВОЗ (2007).

В мышечной ткани мерценарии обнаружено высокое содержание (921 мг на 100 г сырой ткани) биологически активного таурина (сульфоглицина).

Установлено, что в составе липидов мерценарии преобладают полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК). Их количество в ноге составляет 48,7 %, а в мантии — 45,6 % (табл. 7). В липидах мантии и ноги ПНЖК на 55–63 % представлены биологически активными докозагексаеновой (ДГК) и эйкозапентаеновой кислотами (ЭПК). Эти кислоты снижают уровень холестерина в крови, предупреждают развитие атеросклеротических изменений сосудов. На долю насыщенных жирных кислот приходится примерно 25–30 %, а мононенасыщенных — 24–26 % суммы жирных кислот.

Таблица 7
Жирнокислотный состав липидов в тканях мерценарии-сырца, %

Table 7
Fatty acid composition of lipids in tissues of raw *Mercenaria stimpsoni*, %

Жирные кислоты	Нога	Мантия
Насыщенные	25,7	29,9
Мононенасыщенные	25,6	24,5
Полиненасыщенные	48,7	45,6
Сумма ДГК + ЭПК	30,7	25,0

Таким образом, вышеизложенные результаты свидетельствуют о высокой биологической ценности мерценарии и о целесообразности использования её для производства пищевых продуктов.

С целью определения влияния условий хранения моллюска на выживаемость и качество мягких тканей живую промытую морской водой мерценарию хранили в решетчатых ящиках (высота слоя 20–25 см) и в холщовых мешках (масса 8–10 кг) при температуре 2–4 °С в течение 22 суток. Выживаемость мерценарии на воздухе определяли как процентное отношение живых и погибших особей — экземпляров с открытыми створками раковины, не реагирующих на внешнее воздействие.

* Protein and amino acid requirements in human nutrition : report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO technical report series № 935. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2007. 265 p.

Эксперименты показали, что в течение 16 суток все экземпляры мерценарии, хранившиеся при температуре 2–4 °С в ящиках и мешках, остаются живыми. В течение последующих 1–3 суток погибает соответственно 4 и 14 % животных. К 22 суткам хранения жизнеспособность сохраняют менее 30 % особей.

Мониторинг химического состава показал, что в течение 16-суточного хранения концентрация белков, углеводов и липидов в мягких тканях практически не изменяется (табл. 8). Следовательно, пищевая ценность мяса также не изменяется. При дальнейшем хранении моллюсков наблюдается потеря влаги в тканях и повышение концентрации белка. Содержание азота летучих оснований в тканях охлаждённой мерценарии на протяжении 22 суток не изменялось.

Таблица 8

Изменение химического состава мягких тканей мерценарии в процессе хранения
при температуре 2–4 °С, %, среднее ± σ

Table 8

Change of chemical composition for soft tissues of *Mercenaria stimpsoni* during storage
under the temperature 2–4 °С, % (mean value ± σ)

Срок хранения, сутки	Вода	Белок	Углеводы	АЛО, мг/100 г
0	86,7 ± 0,3	8,1 ± 0,2	1,3 ± 0,1	14,2
8	86,7 ± 0,2	8,1 ± 0,1	1,3 ± 0,1	14,0
16	86,6 ± 0,2	8,0 ± 0,2	1,3 ± 0,1	14,1
22	85,4 ± 0,3	9,2 ± 0,2	1,3 ± 0,1	14,0

Санитарно-гигиеническая экспертиза охлаждённой мерценарии при хранении показала, что по микробиологическим показателям мягких тканей она не отличается от свежесобранного моллюска (табл. 9) и соответствует Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю).

Таблица 9

Изменение микробиологических показателей мышечной ткани охлаждённой мерценарии
в процессе хранения при температуре 2–4 °С

Table 9

Change of microbiological indicators for muscle tissue of chilled *Mercenaria stimpsoni* mercenarii
during storage under the temperature 2–4 °С

Срок хранения, сутки	КМАФАнМ, КОЕ/г			Примечание
	Нога	Мантия	Печень	
0	$3,2 \cdot 10^3$	$3,7 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^3$	БГКП (колиформы), условно-патогенная и патогенная микрофлора, в том числе сальмонеллы и <i>Listeria monocytogenes</i> , не обнаружены
8	$3,0 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^3$	
16	$3,1 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^3$	
Норма	Не более $5 \cdot 10^4$			

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать предварительный вывод о том, что при температуре 2–4 °С мерценария сохраняет пищевую ценность и остаётся безопасной в течение 16 суток. Эти данные будут использованы при разработке нормативной документации на мерценарию охлаждённую.

С целью определения изменения качества мороженой мерценарии разного способа разделки часть живых моллюсков после кондиционирования (выдерживания в проточной морской воде) и стекания замораживали в раковинах россыпью, а затем мороженую мерценарию упаковывали в мешки.

Другую часть живых моллюсков разделяли на ногу (филе) и мантию с обрезками аддуктора, отделяя внутренности и гонады. Филе и мантию замораживали блоками в полимерных пакетах при температуре минус 25 °С.

Мороженую разделанную и неразделанную продукцию хранили при температуре минус 18 °С.

Наблюдения за неразделанной мерценарией показали, что при замораживании створки раковины плотно смыкаются и остаются в таком состоянии на протяжении

всего срока морозильного хранения. Эти эксперименты показали возможность заготовки и хранения мерценарии в раковинах.

Химический анализ мороженых ноги и мантии выявил, что в течение 6-месячного хранения массовая доля белков повышается на 1,0–1,7 %, а концентрация углеводов и липидов в ноге и мантии практически не меняется (табл. 10). Аналогичные изменения химического состава ноги и мантии были зафиксированы в образцах мерценарии, замороженной в раковинах.

Таблица 10
Изменение химического состава мягких тканей мерценарии в процессе хранения при температуре минус 18 °С, %, среднее ± σ

Table 10
Change of chemical composition for soft tissues of *Mercenaria stimpson* during storage under the temperature minus 18 °C, % (mean value ± σ)

Образец	Срок хранения, мес.	Вода	Белок	Углеводы	Липиды
Нога	0	88,0 ± 0,4	8,6 ± 0,1	1,36 ± 0,10	0,90 ± 0,06
	2	87,7 ± 0,3	8,9 ± 0,1	1,38 ± 0,10	1,00 ± 0,06
	4	87,6 ± 0,4	9,2 ± 0,1	1,41 ± 0,10	1,00 ± 0,02
	6	87,2 ± 0,4	9,6 ± 0,1	1,37 ± 0,10	0,90 ± 0,01
Мантия с аддуктором	0	88,0 ± 0,2	8,2 ± 0,1	0,99 ± 0,10	0,80 ± 0,02
	2	87,6 ± 0,1	9,1 ± 0,1	0,96 ± 0,10	0,80 ± 0,02
	4	86,8 ± 0,2	9,5 ± 0,1	0,95 ± 0,10	0,80 ± 0,04
	6	85,6 ± 0,1	9,9 ± 0,1	0,96 ± 0,10	0,70 ± 0,04

Массовая доля небелковых азотистых веществ в мясе мороженой мерценарии с течением времени также повышается (табл. 11).

Таблица 11
Изменение количества азотсодержащих соединений в мышечной ткани мерценарии в процессе хранения (температура минус 18 °С), мг/100 г, среднее ± σ

Table 11
Change of the nitrogen-containing compounds content in muscle tissue of frozen *Mercenaria stimpson* during storage under the temperature minus 18 °C, mg/100 g (mean value ± σ)

Объект, срок хранения	N _{общ}	N _{нб}	N _{нб} /N _{общ} x, %	АЛО
Нога:				
– охлаждённая	1380 ± 10	341 ± 7	26,0	15,4 ± 0,5
– мороженая 2 мес.	1420 ± 12	365 ± 5	25,7	15,2 ± 0,4
– мороженая 6 мес.	1540 ± 20	380 ± 9	26,2	15,3 ± 0,6
Мантия:				
– охлаждённая	1360 ± 10	283 ± 4	20,8	18,0 ± 0,2
– мороженая 2 мес.	1580 ± 20	328 ± 8	20,8	17,9 ± 0,3
– мороженая 4 мес.	1640 ± 10	346 ± 8	21,1	17,9 ± 0,3

Однако относительное содержание азота небелкового в общем азоте ($N_{\text{нб}}/N_{\text{общ}}$) в мышцах ноги и мантии на протяжении всего срока хранения остаётся постоянным, что свидетельствует об отсутствии процессов деструкции белков в мышечных тканях мороженого моллюска.

При морозильном хранении мерценарии изменяется фракционный состав белков как ноги, так и мантии. Относительное содержание миофибриллярных белков в тканях постоянно понижается, но особенно интенсивно в первый месяц хранения, когда их доля в ноге и мантии падает соответственно на 7,4 и 8,5 % (табл. 12). После 6-месячного хранения содержание фракции миофибриллярных протеинов в мышечной ткани ноги составляет 53,7 % от исходного в мышцах мерценарии-сырца, а в мантии — 63,1 %. Относительное содержание щелочерастворимых белков в ноге и мантии увеличивается примерно в 2,4 раза.

Органолептическая оценка неразделанной и разделанной на ногу и мантию мерценарии показала, что цвет мышечной ткани на протяжении всего срока хранения не меняется. Дегустационная оценка ноги и мантии после размораживания и варки выявила, что на протяжении всего срока хранения они имеют запах и вкус, свойственный

Таблица 12

Изменение фракционного состава белков мышечной ткани мерценарии в процессе хранения при температуре минус 18 °С, %

Table 12

Change in fractional composition of proteins in muscle tissue of *Mercenaria stimpsoni* during storage under the temperature minus 18 °C, %

Образец, срок хранения	Белки			
	Саркоплазматические	Миофибриллярные	Щелочерастворимые	Соединительной ткани
Нога:				
– сырец	18,6	46,2	13,9	21,3
– мороженая 1 мес.	19,0	38,8	21,7	21,5
– мороженая 4 мес.	19,9	27,1	30,6	21,6
– мороженая 6 мес.	20,4	25,8	33,4	21,4
Мантия:				
– сырец	16,8	39,8	10,2	33,2
– мороженая 1 мес.	17,0	31,3	18,2	33,5
– мороженая 4 мес.	17,6	26,0	23,2	33,4
– мороженая 6 мес.	17,2	25,1	24,5	33,2

данному виду моллюсков. При этом отмечалось, что замораживание моллюска приводит к повышению упругости и жёсткости ноги.

Исследование микробиологических показателей разделанной и неразделанной мерценарии в процессе хранения показало, что бактерии группы кишечных палочек (колиформы), а также условно-патогенная и патогенная микрофлора в мышечной ткани охлаждённых и мороженых ноги и мантии отсутствуют.

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в тканях мороженой мерценарии по мере хранения немного повышалось, но по уровню этого показателя после 6 мес. хранения нога и мантия соответствовали Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Эти данные согласуются с результатами определения азота летучих оснований (см. табл. 11) и свидетельствуют о безопасности съедобных частей мороженого моллюска.

Концентрация токсичных элементов и активность радионуклидов в ноге и мантии мороженой мерценарии 6-месячного срока хранения оставались на том же уровне, что и в тканях живого моллюска (табл. 13).

Таблица 13

Средние концентрации токсичных элементов и радионуклидов в мышечной ткани живой мерценарии (минус 18 °С, 6 мес.), среднее ± σ

Table 13

Mean concentration of toxic elements and radioactive nuclides in muscle tissue of alive *Mercenaria stimpsoni* after 6 month storage under the temperature minus 18 °C (mean values ± σ)

Образец	Токсичные элементы, мг/кг сырой ткани				Радионуклиды, Бк/кг	
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть	Цезий-137	Стронций-90
Нога	0,15 ± 0,05	Н/о	0,06 ± 0,01	Н/о	< 16,3	< 14,1
Мантия с аддуктором	0,014 ± 0,030	Н/о	0,05 ± 0,02	Н/о	< 15,7	< 15,3

Таким образом, на основании показателей безопасности и качества мороженого моллюска установлено, что мерценарию можно замораживать в неразделанном (в раковинах) и разделанном виде (нога, мантия) и хранить при температуре минус 18 °С в течение 6 мес.

Учитывая химический состав, биологическую ценность, морфологическое строение органов мерценарии, можно заключить, что ногу можно направлять на производство разнообразной пищевой, в том числе лечебно-профилактической, продукции, а мантию, тонкую пленку с мускулом-замыкателем использовать как источник белка и свободных аминокислот для производства пищевых и кормовых БАД.

Способ переработки мерценарии должен предусматривать использование отходов — раковин и внутренностей, составляющих 70–75 %, — для получения кормовых продуктов. Ранее проведённые нами ветеринарные опыты показали эффективность применения кормовых добавок, восполняющих дефицит незаменимых аминокислот, кальция, йода, цинка, меди в рационе животных и домашней птицы, полученных из отходов от переработки двустворчатых моллюсков (Купина и др., 2005).

Выводы

Масса съедобных частей тела мерценарии (нога и мускул-замыкатель с аддуктором) зависит от возраста и составляет 12–16 %, а масса отходов (раковины и внутренности) — 70–75 % общей массы моллюска.

Массовая доля белка (8,5–9,8 %), углеводов (1,0–1,3 %) и жира (0,7–1,0 %) в ноге и мантии мерценарии не зависит от возраста, района и сезона вылова. Энергетическая ценность съедобного мяса мерценарии составляет 44–52 ккал.

Нога и мантия моллюска-сырца отличаются высоким содержанием растворимых азотсодержащих соединений (20–25 % общего азота) и специфическим составом белков. В общем составе белков ноги и мантии фракция миофибриллярных белков составляет 40–46 %, саркоплазматических — 17–19 %, а соединительнотканых — 21–33 %.

При хранении мороженой мерценарии относительное содержание миофибриллярных белков снижается на 15–20 %, а щелочерастворимых — повышается в 2,4 раза.

На основании результатов исследования выживаемости, химического состава и микробиологических показателей мягких тканей мерценарии установлено, что при температуре 2–4 °С срок хранения живого моллюска составляет 16 суток.

Мерценарию можно замораживать в неразделанном (в раковинах) и разделанном виде (нога, мантия) и хранить при температуре минус 18 °С в течение 6 мес.

Мерценария-сырец и мороженная по показателям безопасности мышечной ткани ноги, мантии и внутренностей соответствует Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю).

Мышечные белки мерценарии содержат все незаменимые аминокислоты в количествах, превышающих в 1,2–2,3 раза содержание аминокислот в эталонном белке ФАО/ВОЗ, а также биологически активный таурин (921 мг на 100 г сырой ткани).

Список литературы

Ауэрман Т.Л., Генералова Т.Г., Суслиянок Г.М. Основы биохимии : учеб. пособие. — М. : ИНФРА-М, 2013. — 400 с.

Аюшин Н.Б. Таурин: фармацевтические свойства и перспективы получения из морских организмов // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 129. — С. 129–145.

Аюшин Н.Б., Петрова И.П., Эпштейн Л.М. Азотистые экстрактивные вещества в тканях дальневосточных моллюсков // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 125. — С. 52–55.

Виселина Т.Н., Лукьянова О.Н. Изменение активности ферментов углеводного обмена у моллюсков под действием кадмия // Биол. моря. — 2000. — Т. 26, № 4. — С. 278–280.

Зайцев В.П., Ажгихин И.С., Гандель В.Г. Комплексное использование морских организмов : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1980. — 279 с.

Зюзьгина А.А., Купина Н.М. Технохимическая характеристика двустворчатого моллюска анадара (*Anadara broughtoni*) // XXI век — перспективы развития рыбохозяйственной науки : матлы Всерос. Интернет-конф. мол. ученых. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — С. 147–151.

Киселев В.В., Купина Н.М. Технохимическая характеристика некоторых видов двустворчатых моллюсков // Тез. докл. Всерос. конф. мол. ученых. — Мурманск, 2002. — С. 94–96.

Киселев В.В., Купина Н.М. Технохимическая характеристика спизулы сахалинской залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. — 2005 — Т. 140. — С. 322–328.

Крылова Н.Н., Лясковская Ю.Н. Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1965. — 313 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.

Купина Н.М., Стародубцева Н.Б., Киселёв В.В., Молодцов Г.П. Использование отходов двусторчатых моллюсков для производства кормовой муки // Рыб. пром-сть. — 2005. — № 3. — С. 322–328.

Лазаревский А.А. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1955. — 518 с.

Мазуров В.И. Биохимия коллагеновых белков : моногр. — М. : Медицина, 1974. — 248 с.

Оводова Р.Г., Молчанова В.И., Михейская Л.В., Оводов Ю.С. Общая характеристика биогликанов-иммуномодуляторов из беспозвоночных Японского моря // Химия природных соединений АН СССР. — 1990. — № 6. — С. 738–742.

Оруджев Я.С., Ростовщиков В.В. Применение медиаторных аминокислот во внебольничной геронтологической практике // Социальная и клиническая психиатрия. — 1998. — № 3. — С. 78–81.

Северин С.Е., Соловьев Г.А. Практикум по биохимии. 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МГУ, 1989. — 509 с.

Carreau J.P., Duback J.P. Adaption of macro-scale method to the macro-scale for fatty acid metal transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. — 1978. — Vol. 151. — P. 384–390.

Christie W.W. Equivalent chain-lengths of metal ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography — a reappraisal // J. Chromatogr. — 1988. — Vol. 447, № 2. — P. 305–314.

Cottrell G. and Laverack M.S. Invertebrate pharmacology // Ann. Rev. Pharmacol. — 1968. — Vol. 8. — P. 273–298.

Folch J., Lees M., Sloan-Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids animal tissue (for brain liver and muscle) // J. Biol. Chem. — 1957. — Vol. 226, № 1. — P. 497–509.

Hiwatari T., Shinotsuka Y., Konata K., Watanabe M. Exotic hard clam in Tokyo Bay identified as *Mercenaria mercenaria* by genetic analysis // Fish. Sci. — 2006. — Vol. 72. — P. 578–584.

Поступила в редакцию 4.02.15 г.