

## Технология получения мороженой икры морских ежей и оценка её качества

Виктория Матвеева<sup>1</sup>, Лидия Шульгина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, Россия

<sup>2</sup> Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)  
г. Владивосток, Россия

### Информация о статье

Поступила в редакцию:

12.09.2023

Принята

к опубликованию:

01.11.2023

УДК 664.953:593

JEL L65

### Ключевые слова:

морские ежи, замораживание, икра, хранение, качество.

### Keywords:

sea urchins, freezing, roe, storage, quality.

### Аннотация

Исследовано влияние первичной обработки ястыков икры серого и чёрного морских ежей на качество мороженой продукции при хранении. Установлено, что кратковременная температурная обработка свежей икры морских ежей перед замораживанием позволяет при хранении исключить её текучесть и уменьшить потери влаги в виде отстоя, значительно снизить активность гидролитических процессов липидов и белков и сохранить органолептические свойства. Мороженая икра морских ежей является богатым источником фосфолипидов, ПНЖК семейства омега-3, фосфора, серы, йода, селена и жирорастворимых витаминов. Она рекомендована в качестве специализированного продукта для диетического лечебного и профилактического питания.

### The Frozen Sea Urchin Roe Technology and its Quality Evaluation

Viktoriya A. Matveeva, Lidiya V. Shulgina

### Abstract

The living in the Far Eastern seas sea urchins are a source of roe, which has many healing properties. A number of nutritional supplements and drugs have been developed on the basis of sea urchin roe. Food products from sea urchin roe are not available on the Russian market due to its rapid deterioration during storage. The influence of primary processing on the quality of gray and black sea urchin caviar

during freezer storage was studied. It has been established that short-term temperature treatment of fresh sea urchin caviar before freezing can reduce moisture loss and eliminate its fluidity, significantly reduce the activity of hydrolytic processes of lipids and proteins and preserve the organoleptic properties of products during frozen storage. The organoleptic properties and physicochemical parameters of sea urchin caviar corresponded to the original ones after storage at a temperature of minus 18 °C for 6 months and at a temperature of minus 25 °C for 12 months. The protein content in frozen sea urchin caviar was 13.8–13.9%, fat — 6.3–7.3%, carbohydrates — 2.1–3.5%, minerals — 2.1–2.3%. In caviar lipids, the amount of phospholipids was 25.5–27.1%, PUFAs — 35.3–39.73%, a third of which were fatty acids of the omega-3 family, which indicates a high value of the lipid profile of sea urchin caviar. Frozen sea urchin caviar is a source of phosphorus, sulfur, iron, iodine, selenium, as well as fat-soluble vitamins.

## Введение

Морские ежи семейства *Strongylocentrotus* являются широко распространёнными морскими донными животными с характерной круглой, шаровидной формой наружного скелета, покрытого многочисленными иглами [1]. Запасы морских ежей в дальневосточных морях позволяют осуществлять интенсивный промысел, а рекомендуемый ежегодный объём их вылова составляет около 8,5 тыс. т. В последние годы в регионе стали разрабатываться меры по поддержанию стабильности запасов морских ежей путём создания хозяйств по их воспроизводству.

Морские ежи представляют большую ценность как источники икры, выход которой в зависимости от их биологического состояния, составляет от 6,0% до 20,0%. Гонады морских ежей обладают высокой пищевой и биологической ценностью и богаты различными биологически активными веществами [2–4], которые проявляют антиоксидантные [5, 6], противоопухолевые [7, 8], противовоспалительные [9], геропротекторные [10], антимикробные [11] и другие целебные свойства [12, 13]. В этой связи, на основе икры морских ежей разработан ряд биологически активных добавок (БАД) к пище и лекарственных препаратов, рекомендуемых для профилактики и лечения различных патологических состояний организма человека [10, 14, 15].

Несмотря на значительные запасы морских ежей пищевая продукция из них практически отсутствует. Основной причиной этого является снижение качества или порча икры морских ежей при хранении. Изменение показателей качества икры морских ежей обусловлено высокой активностью содержащихся в ней ферментов, под действием которых происходят протеолиз белков, гидролиз и окисление липидов, разрушение гликогена, креатинфосфата и АТФ, образование меланоидиновых пигментов [2, 16]. В мороженных или солёных икорных продуктах в течение короткого времени отмечается нарушение структуры и консистенции, изменение свойственных вкусовых и цветовых характеристик, появление неприятного запаха и горького привкуса.

Отсутствие рациональных технологий переработки икры морских ежей, обеспечивающих высокое качество и стабильность её при хране-

нии, обуславливают недоступность для населения ценной икорной продукции.

**Целью** настоящей работы явилась разработка технологии мороженой продукции из икры морских ежей для длительного хранения и оценка её пищевой и биологической ценности.

### **Материалы и методы исследований**

Для проведения исследований были использованы морские ежи серые (*S. intermedius*) и чёрные (*S. nudus*), промысел которых активно осуществляется в Японском море, а также мороженая продукция из них.

Сенсорная оценка икры включала определение внешних признаков и органолептические свойства. Внешние признаки определяли после размораживания икры и вскрытия упаковки с продуктом, отмечали цвет, наличие пигментации или пятен, отстоя. При оценке органолептических свойств определяли запах, вкус и консистенцию продукта, отмечали степень сохранения свойственного икре запаха и вкуса.

Определение массовой доли воды, белков, жира, минеральных веществ, кислотного числа (КЧ) и небелкового азота ( $N_{\text{нб}}$ ) проводили по ГОСТ 7636 [17].

Аминокислотный состав белков определяли с использованием аминокислотного анализатора Hitachi L-8800 (Japan). Аминокислотный скор рассчитывали путём отношения количества каждой незаменимой аминокислоты в исследуемом белке к количеству таковой в аминокислотном образце ФАО/ВОЗ.

Экстракцию липидов из проб проводили по методу Блайя и Дайера [18]. Определение состава липидов (триглицеридов, фосфолипидов, стероидов и др.) проводили гравиметрически после фракционирования навески липидов методом градиентной адсорбционной колоночной хроматографии. Жирные кислоты анализировали в виде метиловых эфиров на газожидкостном хроматографе GC-16A (Shimadzu, Япония) с пламенно-ионизационным детектором. Идентификацию метиловых эфиров жирных кислот осуществляли по углеродным числам [19] и стандартным смесям метиловых эфиров жирных кислот.

Содержание минеральных элементов устанавливали с использованием атомно-адсорбционных спектрофотометров Nippon Jarrel Ash AA-855 и Shimadzu AA 6800 (Япония).

Определение содержания витамина А проводили в экстракте из анализируемой пробы по ГОСТ Р 54635 [20].

Определение содержания витамина D проводили по ГОСТ EN 12821 [21].

Определение содержания витамина Е проводили по ГОСТ 30417 [22].

Относительную биологическую ценность продуктов определяли методом биотестирования с использованием в качестве тест-объекта инфузории *Tetrahymena piriformis* [23].

### Результаты исследования и их обсуждение

Морские ежи после вылова укладывали в ящики и пересыпали мелкодроблёным льдом в количестве не менее 50% к массе сырья, хранили до извлечения икры из панциря при температуре окружающего воздуха не выше 10 °С не более 3 суток. Панцири ежей разрывали специальными ножницами на 2 части, извлекали икру и помещали в ванночки с 2,4%-м соевым раствором. В соевом растворе икру хранили для дальнейшей обработки не более 2 ч, в течение которых она сохраняла свои свойства.

Извлечённая из панцирей икра в зависимости от вида морских ежей отличалась по цветовым характеристикам. Икра морских ежей одного вида в улове, как правило, имела разные цветовые оттенки (светло- или ярко-оранжевый, красноватый, серый и т.д.). Икра серого ежа в основном имела жёлтый, оранжевый или жёлто-серый цвет, чёрного — от светло-жёлтого и светло-оранжевого до серо-коричневых тонов. Недозревшая икра морских ежей имела грязновато-чёрный или фиолетовый оттенок. Цвет икры обусловлен наличием содержания жира и таких пигментов, как каротиноиды,  $\beta$ -каротин и эхиненон, нафтохиноны, меланин, а также липофусцин, который иногда обнаруживается в гонадах ежей [1, 24–26]. Характерное потемнение и смещение цветовой гаммы в красную сторону происходит в результате увеличения содержания каротиноидов в гонадах как серого, так и чёрного ежей. По цвету икру морских ежей делят на три сорта, согласно которых на мировом рынке формируется её цена. К первому сорту относится жёлтая и красновато-жёлтая икра, ко второму — серая различных оттенков, к третьему — икра с молочком и мелкие ястычки, а также чёрная и коричневая, которая не представляет коммерческого интереса. С приближением времени нереста икра морских ежей развивается в очень крупные дольки и приобретает приятный светло-оранжевый или ярко-оранжевый цвет.

Независимо от вида морских ежей их икра характеризовалась огуречным запахом и имела приятный свойственный слабосоленый сладковатый вкус и нежную консистенцию. У серого морского ежа икра имела более выраженный сладковатый вкус.

Для обоснования технологии мороженой икорной продукции проведены экспериментальные исследования с использованием икры серого морского ежа. Для этого были изготовлены контрольные и опытные образцы икры морских ежей. Контрольный образец икры выдерживали в 3,0%-м соевом растворе в соотношении 1:3 в течение 40 мин [27]. Для получения опытного образца № 1 икру морских ежей в течение 30 мин выдерживали в растворе, содержащем 3,0% пищевой соли и 1,2% алюмокалиевых квасцов [28]. Для получения опытного образца № 2 икру морских ежей подвергали обработке в течение 1 мин в горячем (не ниже 90 °С) 3,0%-м соевом растворе. После стекания воды контрольные и опытные образцы икры морских ежей были расфасованы в лотки по 250 г и заморожены при температуре минус 25 °С. Все об-

разцы икры исследовали непосредственно после изготовления и в процессе хранения при температуре минус 18 °С.

Малосолёная икра морских ежей разных вариантов непосредственно после изготовления не имела значительных отличий. Цвет икры всех образцов был жёлто-оранжевый; вкус приятный, свойственный с выраженной сладостью; консистенция нежная.

После замораживания и хранения мороженой малосолёной икры морских ежей без внесения антисептиков и консервантов качество образцов изменялось в зависимости от способа первичной обработки (табл. 1).

Таблица 1

**Показателей качества мороженой икры морских ежей  
после хранения при разных температурах**

Вариант образца	pH	N <sub>нб</sub> , мг %	КЧ, мг КОН/1 г липидов	Отстой после размораживания, 100 мл/г
После изготовления				
Контрольный	6,9	420	17,0	0
Опытный № 1	6,5	422	16,9	0
Опытный № 2	6,9	401	12,2	0
После хранения в течение 6 мес. при температуре минус 18 °С				
Контрольный	6,7	713	46,5	11,0
Опытный № 1	6,1	502	28,7	9,0
Опытный № 2	6,9	428	18,1	1,0
После хранения в течение 12 мес. при температуре минус 25 °С				
Контрольный	6,8	525	28,6	8,0
Опытный № 1	6,3	463	21,7	6,0
Опытный № 2	6,9	409	13,1	0

Результаты исследования малосолёной мороженой икры морских ежей, хранившейся в течение 6 мес. при температуре минус 18 °С, показали, что после размораживания в контрольном образце интенсивно отделялась влага, отстой составил 11%, консистенция была слабая и текучая, отсутствовал сладковатый вкус, проявились не свойственный привкус и горечь. Снижение качества продукта обусловлено происходящими в икре морских ежей гидролитическими процессами, на высокую активность которых указывает значительное повышение небелкового азота (N<sub>нб</sub>) и кислотного числа (КЧ).

В опытном образце икры морских ежей № 1 после размораживания также отмечен отстой (9%), консистенция была слабая и текучая, отсутствовал свойственный сладковатый вкус и появился кислый привкус. Значения небелкового азота и кислотного числа также превышали исходные, но были несколько ниже, чем в контрольном образце. Следовательно, обработка икры морских ежей раствором алюмокалиевых

квасцов не оказала положительного стабилизирующего действия при её морозильном хранении.

Икра морских ежей опытного образца № 2 после хранения практически не изменила своих органолептических свойств. После размораживания икры потери влаги в виде отстоя составляли не более 1%. Показатели качества белков и липидов были близки к исходным. По-видимому, кратковременная температурная обработка перед замораживанием икры морских ежей способствовала сохранению целостности поверхностной плёнки ястычков и икорного зерна за счёт коагуляции соединительно-тканых белков, а также снижению активности ферментов, катализирующих гидролитические процессы липидов и белков.

Качество икры морских ежей после хранения при температуре минус 25 °С в течение 12 мес. как контрольного, так и опытных образцов было выше, чем при температуре хранения минус 18 °С. Однако, в контрольном и опытном (№ 1) образцах отмечалось большое отделение влаги в виде отстоя и отсутствовал свойственный для икры морских ежей сладковатый вкус. В контрольном варианте содержание  $N_{нб}$  повысилось на 25%, КЧ на 70%, в опытном образце № 1 — на 10% и 27% соответственно.

В икре опытного варианта № 2 органолептические показатели качества соответствовали таковым исходного образца, а повышение показателей гидролиза белков ( $N_{нб}$ ) и липидов (КЧ) было незначительным.

Таким образом, кратковременная высокотемпературная обработка икры морских ежей перед замораживанием обеспечивает сохранение её высокого качества в процессе хранения при температуре минус 18 °С в течение 6 мес., при температуре минус 25 °С — 12 мес. Высокотемпературный способ предварительной обработки икры морских ежей реализован при разработке технологии слабосоленой мороженой продукции (см. рисунок).

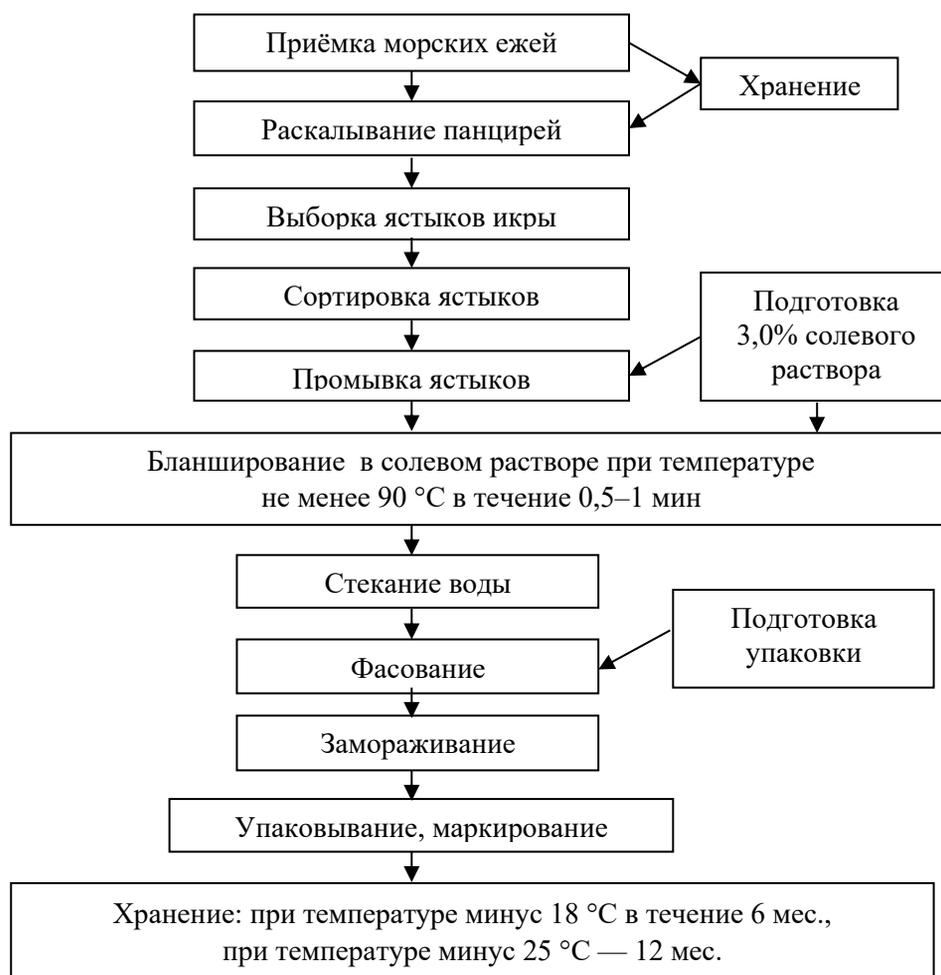
Для дальнейших исследований качества икры морских ежей использовали мороженую продукцию после хранения в течение 12 мес. при температуре минус 25 °С.

Общий химический состав мороженой икры серого и черного морских ежей приведён в табл. 2. Икра, независимо от вида морских ежей, относится к среднебелковым продуктам с пониженной энергетической ценностью. Содержание жира в икре серых ежей оказалось на 15,8% выше, чем у чёрных, что, видимо, влияет на её яркую окраску. Содержание углеводов у серых ежей на 40,0% выше, чем у чёрных, что обуславливает более сладкий привкус их икры.

Результаты исследований аминокислотного состава белков икры морских ежей показали (табл. 3), что она характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот в соотношении, близком к шкале стандартного белка ФАО/ВОЗ.

Доля свободных аминокислот от общего их числа в икре серых морских ежей составляла  $3,2 \pm 1,1\%$ , чёрного —  $2,9 \pm 0,8\%$ . Преобладающими аминокислотами этой группы являлись глутаминовая и аспараги-

новая кислоты, глицин, аланин и аргинин, которые принимают участие в формировании вкусовых свойств икры морских ежей.



Технологическая схема производства слабосолёной мороженой икры морских ежей

Таблица 2

**Химический состав и энергетическая ценность мороженой икры морских ежей рода *Strongylocentrotus***

Вещество	Массовая доля, %	
	<i>S. intermedius</i>	<i>S. nudus</i>
Вода	73,0±3,2	75,7±2,7
Белок	13,9±1,1	13,8±0,7
Жир	7,3±1,2	6,3±1,5
Углеводы	3,5±0,7	2,1±0,4
Минеральные вещества	2,3±0,2	2,1±0,2
Энергетическая ценность, ккал	117,3–153,3	102,4–138,2

**Аминокислотный состав белков мороженой икры  
морских ежей рода *Strongylocentrotus***

Аминокислота	Икра морских ежей			
	<i>S. intermedius</i>		<i>S. nudus</i>	
	А	С	А	С
Лейцин	7,1	101,4	7,0	100,0
Фенилаланин + тирозин	7,2	120,0	7,8	130,0
Лизин	6,9	125,4	6,2	112,7
Валин	5,8	116,0	5,5	110,0
Изолейцин	4,7	117,5	4,6	115,0
Треонин	6,6	165,0	6,9	172,5
Метионин + цистин	4,6	131,4	4,8	137,1
Σ незаменимых	42,9		42,8	
Аланин	5,7		5,8	
Аргинин	5,5		5,2	
Аспарагиновая	11,6		12,1	
Гистидин	7,3		6,8	
Глицин	4,2		3,8	
Глутаминовая	13,2		12,9	
Пролин	2,9		3,3	
Серин	5,2		5,4	
Σ заменимых	55,6		55,3	

Обозначение: А – содержание аминокислоты, г/100 г белка; С – значение аминокислотного сгора, %.

Биотестирование икры морских ежей с использованием в качестве индикаторного организма инфузории *Tetrahymina pyriformis* [24] показало, что относительная биологическая ценность (ОБЦ) по отношению к казеину (стандартному белку) составляла  $102,0 \pm 9,0\%$ . Высокие значения этого показателя указывают на интенсификацию белкового обмена в живом организме при употреблении икры. По-нашему мнению, этому способствует наличие в икре морских ежей белков, сбалансированных по количеству и соотношению незаменимых аминокислот, высокое содержание фосфолипидов, ПНЖК, а также витаминов и минеральных веществ.

Исследование жира икры морских ежей показало, что он представлен нейтральными и полярными липидами. Основными их классами являются триацилглицерины и фосфолипиды (табл. 4). Доля фосфолипидов составляла 25,5–27,1% в общей сумме липидов, что соответствует содержанию 2,0 г в 100 г икры морских ежей. Основная часть фосфолипидов икры (58,9–60,7%) представлена фосфотидилхолином. Известно, что фосфолипиды входят в состав клеточных мембран, обеспечивают необходимую проницаемость клеток, участвуют в регуляции обмена холестерина и препятствуют его отложению в стенках кровеносных сосу-

дов, снижают риск развития атеросклероза и заболеваний сердечно-сосудистой системы [29]. В составе липидов гонад морских ежей также присутствуют ди- и моноацилглицерины, свободные жирные кислоты, холестерин и стерины.

Таблица 4

**Состав липидов в мороженой икре морских ежей рода *Strongylocentrotus*, %**

Класс липидов	<i>S. ntermedius</i>	<i>S. nudus</i>
Триацилглицерины	53,2	52,4
Диацилглицерины	2,6	2,3
Моноглицерины	4,6	4,7
Свободные жирные кислоты	4,2	5,9
Стерины	7,0	8,1
Эфиры стеринов	1,3	1,1
Полярные липиды (фосфолипиды)	27,1	25,5

Результаты исследований состава жирных липидов икры морских ежей показали (табл. 5), что содержание насыщенных жирных кислот от общей их суммы в икре серого ежа составляло 30,76%, чёрного — 32,94%. Среди них преобладала пальмитиновая кислота (16:0), доля которой в группе насыщенных жирных кислот в икре чёрного морского ежа составляла 40,0%, серого — 50,0%. Высоким содержанием также характеризовалась миристиновая кислота (14:0), её количество в икре чёрного морского ежа значительно выше, чем в гонадах серого морского ежа.

Таблица 5

**Состав жирных кислот в липидах мороженой икры морских ежей рода *Strongylocentrotus*, % от суммы жирных кислот**

Жирная кислота	<i>S. intermedius</i>	<i>S. nudus</i>	Жирная кислота	<i>S. intermedius</i>	<i>S. nudus</i>	Жирная кислота	<i>S. intermedius</i>	<i>S. nudus</i>
14:0	6,85	12,59	14:1	0,29	0,32	16:2 n-4	–	0,23
15:0-i	0,53	2,76	16:1 n-11	–	0,20	16:4 n-1	–	0,10
15:0	0,56	0,51	16:1 n-7	6,94	4,73	18:2 n-6	1,42	0,72
16:0-i	0,24	0,30	16:1 n-5	2,41	7,74	18:2 n-4	0,37	0,19
16:0	16,72	13,10	17:1	0,64	0,13	18:3 n-6	–	0,16
17:0-ai	1,72	0,30	18:1 n-11	0,74	0,86	18:3 n-3	1,96	0,88
Фитановая	0,18	0,27	18:1 n-9	4,57	2,63	18:4 n-3	3,75	2,59
17:0	0,76	0,61	18:1 n-7	3,38	3,71	20:2 n-6	8,98	8,38
18:0	1,93	1,41	18:1 n-5	1,80	0,82	20:3 n-6	2,07	1,97
19:0-i	0,75	0,62	20:1 n-11	3,48	4,91	20:4 n-6	10,43	8,62
20:0	0,52	0,47	20:1 n-9	3,38	3,47	20:3 n-3	0,76	0,86
Сумма	30,76	32,94	20:1 n-7	1,35	0,85	20:4 n-3	0,22	1,05
			22:1 n-9	0,32	0,82	20:5 n-3	6,34	5,85
			24:1 n-9	0,21	0,72	22:6 n-3	3,43	3,55
			Сумма	29,51	31,91	Сумма	39,73	35,15

Мононенасыщенные жирные кислоты в липидах икры серого морского ежа составляли 29,51% от общей суммы жирных кислот, чёрного — 31,91%. Среди мононенасыщенных жирных кислот доминировала пальмитолеиновая (16:1 n-7), её содержание в липидах икры серого ежа составляло 25,1%, чёрного — 13,6% от общей суммы жирных кислот. Доля олеиновой кислоты (18:1 n-9) в липидах икры серого ежа достигала 16,5%, чёрного — 6,8% от общей суммы жирных кислот.

Обнаружены также вакценовая (18:1 n-7), гадоленовая (20:1 n-11) и гондоеиновая (20:1 n-9) кислоты, содержание которых независимо от вида морских ежей составляло не менее 10,0% от суммы мононенасыщенных жирных кислот.

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) в липидах мороженой икры морских ежей составляли 35,15–39,73% от общей суммы жирных кислот. Преобладающими среди этой группы являлись арахидоновая (20:4 n-6) и эйкозапентаеновая (20:5 n-3) кислоты, доля их в общей сумме ПНЖК у серого ежа составляла 24,7% и 15,0%, чёрного — 24,4% и 16,6%. Соотношение омега-6 (32,2–34,3%) и омега-3 (30,9–33,4%) жирных кислот в группе ПНЖК в среднем составляла 1:1, что указывает на высокую ценность липидов икры морских ежей.

Результаты изучения минерального состава мороженой икры морских ежей показали (табл. 6), что она является источником фосфора, серы, железа, йода, селена и других веществ.

Таблица 6

*Содержание минеральных веществ в гонадах морских ежей рода *Strongylocentrotus**

Макроэлемент, мг/100 г		Микроэлемент, мкг/100 г	
Кальций	215,0±16,0	Железо	1572,0±81,0
Калий	466,0±30,0	Кобальт	120,0±10,0
Натрий	717,0±50,0	Марганец	91,0±6,0
Магний	147,5±10,5	Медь	479,0±33,0
Сера	210,0±14,0	Никель	86,0±8,0
Фосфор	352,0±26,0	Селен	32,0±4,5
		Фтор	69,0±11,0
		Хром	127,0±10,0
		Йод	132,0±14,0
		Цинк	1167,0±54,0

В икре морских ежей обнаружен комплекс витаминов, но наиболее высоким содержанием характеризовалась группа жирорастворимых. В икре серого ежа содержание витамина А достигало 2,0 мг/100 г, чёрного ежа — 1,8 мг/100 г; витамина D, соответственно, 0,31 мг/100 г и 0,34 мг/100 г, витамина Е — 20,6 мг/100 г и 24,8 мг/100 г.

В связи с высоким содержанием фосфолипидов, ПНЖК семейства омега-3, фосфора, серы, йода, селена и жирорастворимых витаминов мороженная икра морских ежей рекомендована в качестве специализиро-

ванного продукта для диетического лечебного и профилактического питания.

### Выводы

Кратковременная температурная обработка свежей икры морских ежей перед замораживанием при морозильном хранении без консервантов позволяет исключить её текучесть и уменьшить потери влаги в виде отстоя, значительно снизить активность гидролитических процессов липидов и белков, сохранить органолептические свойства.

Разработана технология мороженой икры морских ежей длительного хранения, обеспечивающая высокие органолептические и физико-химические показатели продукции. Срок годности мороженой икры морских ежей без изменения качества составляет 6 мес. при температуре минус 18 °С, 12 мес. — при температуре минус 25 °С.

Мороженая икра серого и чёрного морских ежей является богатым источником фосфолипидов, ПНЖК семейства омега-3, фосфора, серы, йода, селена и жирорастворимых витаминов. По содержанию этих веществ она соответствует требованиям, предъявляемым к продуктам для специализированного диетического лечебного и профилактического питания.

### Список источников

1. Бажин А.Г., Степанов В.Г. Морские ежи семейства *Strongilocentrotidae* морей России. — Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2012. — 196 с.
2. Ковалев Н.Н., Крыжановский С.П., Кузнецова Т.А. [и др.]. Морские ежи: биомедицинские аспекты практического применения. — Владивосток: Дальнаука, 2016. — 128 с.
3. Костецкий Э.Я., Веланский П.В., Санина Н.М. Фосфолипиды органов и тканей иглокожих и оболочников залива Петра Великого (Японское море) // Биология моря. 2012. Т. 38. № 1. С. 65–71.
4. Kalogeropoulos N., Mikellidi A., Nomikos T. [et al.]. Screening of macro- and bioactive microconstituents of commercial finfish and sea urchin eggs // LWT Food Sci. Technol. 2012. Vol. 46. No. 2. P. 525–531. — DOI: 10.1016/j.lwt.2011.11.014.
5. Mamelona J., Pelletier E., Girard-Lalancette K. [et al.]. Antioxidants in digestive tracts and gonads of green urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) // J. Food Compost. Anal. 2011. Vol. 24. No 2. P. 179–183. — DOI: 10.1016/j.jfca.2010.09.010.
6. Qin L., Zhu B.W., Zhou D.Y. [et al.]. Preparation and antioxidant activity of enzymatic hydrolysates from purple sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) gonad // LWT Food Sci. Technol. 2011. Vol. 44. No 4. P. 1113–1118. — DOI: 10.1016/j.lwt.2010.10.013.
7. Chunhui Liu, Qinxiong Lin, Yi Gao [et al.]. Characterization and antitumor activity of a polysaccharide from *Strongylocentrotus nudus* eggs // Carbohydrate Polymers. 2007. Vol. 67. No 3. P. 313–318. — DOI: 10.1016/j.carbpol.2006.05.024.
8. Ke M.Y., Wang H., Zhang M. [et al.]. The antitumor activity of SEP is mediated by the activation and cytotoxicity of NK cells via TLR2/4 in vivo //

- Biochem. Pharmacol. 2014. Vol. 89. No 1. P. 119–130. — DOI: 10.1016/j.bcp.2014.02.024.
9. Sheean P.D., Hodges L.D., Kalafatis N. [et al.]. Bioactivity of extracts from gonadal tissue of the edible Australia purple sea urchin *Heliocidaris erythrogramma* // *J. Sci. Food Agric.* 2007. Vol. 87. No 4. P. 694–701. — DOI: 10.1002/jsfa.2771.
  10. Соловьев А.Ю., Морозова П.Ю., Чернова И.А. [и др.]. Выделение и активность регуляторных пептидов из икры морских ежей // *Химико-фармацевтический журнал.* 2010. Т. 44. № 11. С. 14–17.
  11. Abubakar L., Mwangi C., Uku J. [et al.]. Antimicrobial activity of various extracts of the sea urchin *Tripneustes gratilla* (Echinoidea) // *Afr. J. Pharmacol. Ther.* 2012. Vol. 1. No 1. P. 19–23.
  12. Liu C.H., Xi T., Lin Q.X. [et al.]. Extraction, purification and immunological activity assay of a polysaccharide eggs of sea urchin *Strongylocentrotus nudus* // *Chin. J. Mar. Drugs.* 2006. No. 25. P. 7–11.
  13. Pozharitskaya O.N., Shikov A.N., Laakso I. [et al.]. Bioactivity and chemical characterization of gonads of green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* from Barents Sea // *J. Funct. Foods.* 2015. Vol. 17. P. 227–234. — DOI: 10.1016/j.jff.2015.05.030.
  14. Артюков А.А., Попов А.М., Цыбульский А.В. [и др.]. Фармакологическая активность эхинохрома А отдельно и в составе БАД “Тимарин” // *Биомедицинская химия.* 2012. Т. 58. № 3. С. 281–290. — DOI: 10.18097/pbmc20125803281.
  15. Гусева М.Р., Беспланеева М.Б. Клиническое обоснование эффективности применения антиоксидантного отечественного препарата “гистохром” // *Вестник офтальмологии.* 2010. Т. 126. № 3. С. 37–40.
  16. Кизеветгер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 423 с.
  17. ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. — М.: Стандартинформ, 2010. — 86 с.
  18. Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology.* 1959. Vol. 37. P. 911–917.
  19. Christie W.W. Equivalent chain lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography. A reappraisal // *J. Chromatogr.* 1988. Vol. 447. P. 305–314.
  20. ГОСТ Р 54635–2011. Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина А. — М.: Стандартинформ, 2019. — 10 с.
  21. ГОСТ EN 12821–2014. Продукты пищевые. Определение содержания холекальциферола (витамина D<sub>3</sub>) и эргокальциферола (витамина D<sub>2</sub>) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. — М.: Стандартинформ, 2014. — 12 с.
  22. ГОСТ 30417–2018. Масла растительные. Методы определения массовых долей витаминов А и Е. — М.: Стандартинформ, 2018. — 9 с.
  23. Шульгин Ю.П., Шульгина Л.В., Петров В.А. Ускоренная биотическая оценка качества и безопасности сырья и продуктов из водных биоресурсов. — Владивосток: ТГЭУ, 2006. — 131 с.
  24. Hunter M., Perkins B. Analysis of Carotenoids in Maine Sea Urchins – 2009. Report to the Maine Department of Marine Resources and Department of Food Science and Human Nutrition University of Maine, 2009. — 22 p. — URL:

<http://www.maine.gov/dmr/science-research/species/seaurchin/documents/canth09.pdf>.

25. Kelly M.S., Owen P.V., Pantazis P. The commercial potential of the common sea urchin *Echinus esculentus* from the west coast of Scotland // *Hydrobiologia*. 2001. Vol. 46. No 1. P. 85–94. — DOI: 10.1023/A:1014553010711.
26. Tsushima M., Matsuno T. Comparative biochemical studies of carotenoids in sea-urchins-I // *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*. 1990. Vol. 96. No 4. P. 801–810. — DOI: 10.1016/0305-0491(90)90235-L.
27. Балыкова Л.И., Гоконаев М.В., Юрков Ю.А. Низкотемпературная обработка икры гидробионтов. — Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. — 140 с.
28. Швидкая З.П., Давлетшина Т.А., Шамова С.И. Иглокожие прибрежной зоны Приморья как объекты термического консервирования // *Водные биоресурсы России: решение проблемы их изучения и рационального использования: материалы науч.-практич. конф. в рамках II Международ. выставки*. — М., 2003. — С. 178–179.
29. Ушкалова Е.А. Место эссенциальных фосфолипидов в современной медицине // *Фарматека*. 2003. № 10 (73). С. 10–15.

#### Сведения об авторах / About authors

**Матвеева Виктория Александровна**, аспирант Передовой инженерной школы “Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем”, Дальневосточный федеральный университет. 690022 Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, корпус L. ORCID 0009-0006-6853-0851. E-mail: [ila100492@mail.ru](mailto:ila100492@mail.ru).

*Viktoriya A. Matveeva*, postgraduate student of the Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Far Eastern Federal University. Bld. G, FEFU campus, Vladivostok, 690922, Russia. ORCID 0009-0006-6853-0851. E-mail: [ila100492@mail.ru](mailto:ila100492@mail.ru).

**Шульгина Лидия Васильевна**, доктор биологических наук, профессор базовой кафедры пищевой и клеточной инженерии, факультета агропищевых технологий и пищевой инженерии Передовой инженерной школы “Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем”, Дальневосточный федеральный университет. 690022 Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, корпус L; заведующий лабораторией технологии переработки гидробионтов, Тихоокеанский филиал ФГБНУ “ВНИРО” (“ТИНРО”), 690091, Приморский край, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4. ORCID 0000-0002-1767-0129. E-mail: [lvshulgina@mail.ru](mailto:lvshulgina@mail.ru).

*Lidija V. Shulgina*, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Base Department of Food and Cell Engineering, Faculty of Agro-Food Technologies and Food Engineering, Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Far Eastern Federal University. Bld. G, FEFU campus, Vladivostok, 690922, Russia; Head of the Laboratory of Hydrobiont Processing Technology, Pacific branch of VNIRO (“TINRO”), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091. ORCID 0000-0002-1767-0129. E-mail: [lvshulgina@mail.ru](mailto:lvshulgina@mail.ru).