

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 664.951.014:639.55

В.Д. Богданов, С.Н. Максимова, Н.Г. Тунгусов, Е.В. Шадрина*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690950, г. Владивосток, ул. Луговая, 52-Б**ТЕХНОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРСКИХ ЗВЕЗД
КАК ОБЪЕКТА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**

Представлены результаты исследования размерно-массовых характеристик и химического состава морских звезд, наиболее распространенных в бухте Северной зал. Петра Великого Японского моря на морских плантациях Дальрыбвтуза. Эвастерия колючая и патирия гребешковая достигают максимального размера в весенне-летний период. Большую часть тела морских звезд, независимо от сезона вылова и вида, составляет покровная ткань. Исследование общего химического состава морских звезд подтверждает целесообразность промышленного использования этих объектов. В них содержатся белки (9,5–14,3 %), липиды (0,7–3,8 %), минеральные вещества (1,3–32,0 %). По сравнению с покровной тканью внутренние органы обоих видов звезд отличаются высоким содержанием калия и железа. Биологическая ценность объектов оценена качественным составом белков и липидов. Установлено, что белки обеих морских звезд содержат все незаменимые аминокислоты. Их общее количество в покровной части звезд составляет 36,4–39,4 % суммы аминокислот, во внутренностях патирии гребешковой и эвастерии колючей — соответственно 40,3 и 44,3 %. В липидах морских звезд на долю насыщенных жирных кислот приходится 20,7–22,7 %. Полученные данные подтверждают высокую биологическую ценность изучаемых объектов и определяют возможность получения из морских звезд биологически ценных кормовых продуктов.

Ключевые слова: морские звезды, размерно-массовая характеристика, общий химический состав, фракционный состав белков, минеральный состав, токсичные элементы, безопасность.

Bogdanov V.D., Maximova S.N., Tungusov N.G., Shadrina E.V. Techno-chemical description of starfish as an object of industrial processing // *Izv. TINRO.* — 2015. — Vol. 181. — P. 241–251.

Size-weight parameters and chemical composition of starfish from the Severnaya Bay (Peter the Great Bay, Japan Sea) are investigated. Two starfish species: *Evasterias echinosoma* and *Patiria pectinifera* form dense aggregations in the bay at aquaculture plantations of Far-Eastern Technical University. Their largest size and weight are observed in spring and summer. The main part of their body weight is presented in any season by coating connective tissue that contains proteins (9.5–14.3 %), lipids (0.7–3.8 %), and mineral substance (1.3–32.0 %). The proteins include all essential amino acids (36.4–39.4 % of total amino acids weight) and the lipids include unsaturated fatty acids (20.7–22.7 % of total lipids weight). Viscera of starfish are

* Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: bogdanov-vd@dgtru.ru; Максимова Светлана Николаевна, доктор технических наук, профессор, e-mail: maxsvet61@mail.ru; Тунгусов Николай Гаврилович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: tungusovn@mail.ru; Шадрина Екатерина Васильевна, аспирант, e-mail: katyashadrina83@mail.ru.
Bogdanov Valery D., D.Sc., professor, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru; Maximova Svetlana N., D.Sc., professor, e-mail: maxsvet61@mail.ru; Tungusov Nickolay G., Ph.D., senior lecturer, e-mail: tungusovn@mail.ru; Shadrina Ekaterina V., post-graduate student, e-mail: katyashadrina83@mail.ru.

distinguished by high content of potassium and iron and the proteins of viscera have heightened content of essential amino acids (on average 40.3 % of total amino acid weight for *P. pectinifera* and 44.3 % for *E. echinosoma*). High biological value of the starfish tissues determines prospects of their use as raw material for industrial processing to functional foodstuffs.

Key words: starfish, size-weight parameters, chemical composition, protein, mineral substance, toxic element, food safety.

Введение

Морские звезды, являющиеся хищниками, представляют опасность для водных биологических ресурсов, обитающих в морях. При этом они сами практически неуязвимы, поскольку в их теле содержатся ядовитые вещества.

На плантациях по разведению устриц и гребешков морские звезды наносят ущерб морскому хозяйству, скапливаясь возле морских огородов и поедая урожай. Так, в бухте Северной зал. Петра Великого Японского моря массовое скопление морских звезд уничтожает двустворчатых моллюсков на морских плантациях Дальрыбвтуза. Скопление морских звезд на участках по выращиванию объектов мариккультуры достигает в среднем около 150 особей на 1 м².

Есть основание рассматривать эти достаточно многочисленные биологические объекты как сырье для производства ценных кормовых и функциональных пищевых продуктов. Однако в настоящее время информация об оценке технхимических свойств морских звезд и технологий их переработки носит фрагментарный характер, хотя необходима в случае их дальнейшей промышленной переработки.

Целью настоящих исследований является определение размерно-массовых показателей и химического состава морских звезд, обитающих в бухте Северной, как потенциального сырья для промышленной переработки.

Материалы и методы

Нами установлено, что в бухте Северной зал. Петра Великого морские звезды представлены следующими четырьмя видами: патирия гребешковая *Patiria pectinifera*, эвастерия колючая *Evasterias echinosoma*, дистоластерия японская *Distolasterias nipon*, астерия аргонавта *Asterias argonauta*.

Первичная выборка морских звезд в бухте Северной на площади 405 га показала, что наиболее многочисленными звездами являются эвастерия колючая (51,5 %) и патирия гребешковая (30,5 %), дистоластерия японская и астерия аргонавта встречаются реже (соответственно 11,0 и 7,0 %), поэтому в данной работе исследовались патирия гребешковая и эвастерия колючая. Объекты находились в живом виде.

Тело морских звезд можно разделить на центральную часть — диск, боковые выросты — лучи. Внешняя поверхность морских звезд представлена покровной частью разной фактуры и окраски. Внутренние органы этих объектов расположены с обратной стороны.

Для исследования размерно-массовых показателей и химического состава осуществляли разделку морских звезд с помощью ножа и ножниц на составные части (покровная ткань, внутренности и икру): Э1 — эвастерия колючая (покровная ткань); Э2 — эвастерия колючая (внутренности); Э3 — эвастерия колючая (икра); П1 — патирия гребешковая (покровная ткань); П2 — патирия гребешковая (внутренности); П3 — патирия гребешковая (икра).

В работе использовали стандартные и общепринятые физические, химические и математические методы исследований.

Определение размерно-массовых показателей осуществляли путем измерения линейкой и взвешивания на весах с точностью до сотых долей. Исследование химического состава образцов (массовая доля воды, содержание минеральных веществ) проводили согласно стандартным методам (ГОСТ 7636-85). Содержание общего и небелкового азота (после осаждения белков трихлоруксусной кислотой) определяли по методу Кьельдаля на приборе «Kjeltec 2300» (Foss, Швеция). Массовую долю липидов — по

методу Блайя и Дайэра (Bligh, Dayer, 1959). Жирные кислоты определяли в виде их метиловых эфиров (Carreau, Dubacq, 1978) на капиллярном газо-жидкостном хроматографе «Shimadzu GC-16A» (Supelcowax-10) с пламенно-ионизационным детектором, снабженным капиллярной колонкой (30,0 м x 0,3 мм), при температуре 190 °С. Идентификация сигналов проводилась по относительному времени удержания, углеродным числам в соответствии со стандартной смесью жирных кислот и базой обработки данных «C-R4A». Определение содержания макро- и микроэлементов и токсичных металлов в образцах осуществляли стандартными методами (ГОСТы 26927, 26929, 26930, 26932, 26933, 30178, 30538, Р 51301) на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы «Nippon Jarell Ach» модель АА-885. В качестве атомизатора использовали однощелевую горелку и пламя ацетилен-воздух. Содержание аминокислот, перешедших в результате кислотного гидролиза в раствор, определяли спектрофотометрически согласно методике фармакопейной статьи (Dubois et al., 1956; Руководство. Р 4.1.1672-03*).

Содержание аминокислот в гидролизате (X, %) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{C \times V \times 10 \times 100}{a \times 0,5 \times 5} = \frac{2 \times C \times V \times 100}{a \times 0,5},$$

где V — объем нейтрализованного гидролизата, мл; а — навеска препарата, мг; С — количество аминокислот в 1 мл, найденное по калибровочному графику по галактозамину и глюкозамину, мг; 0,5 — объем нейтрализованного гидролизата, взятого для реакции, мл; 2 — сокращение от 10/5 (5 — объем раствора, взятый для нейтрализации, мл; 10 — объем, до которого разводили раствор после кислотного гидролиза, мл).

Уравнения калибровочных графиков:

$$Y (\text{GalNH}_2 \cdot \text{HCl}) = 2,8333x - 0,004, R^2 = 0,9978;$$

$$Y (\text{GlcNH}_2 \cdot \text{HCl}) = 3,24 - 0,009, R^2 = 0,9992.$$

Фракционный состав белков исследовали по А.А. Лазаревскому (1955).

Результаты исследований обрабатывали статистическими методами (Урбах, 1963, 1975; Кенуй, 1979). Достоверность данных достигали планированием экспериментов, необходимых и достаточных для достижения точности результатов (P = 0,90–0,95), при доверительном интервале $\Delta \pm 3\text{--}10\%$ среднеарифметических значений из результатов трех-восьми параллельных определений. Математическую и графическую обработку результатов проводили с использованием прикладных программ Microsoft Office Pro-2003 (Microsoft Word и Excel 2007), Statistica 8.

Результаты и их обсуждение

Размерно-массовые показатели морских звезд, обитающих в бухте Северной, исследовали в разные периоды — осень-зима, весна, лето (табл. 1).

Таблица 1

Размерно-массовый состав морских звезд

Table 1

Size-weight structure of starfish

Вид	Сезон вылова	Масса, г	Размах луча, мм	Соотношение частей тела, % от общей массы тела		
				Покровная ткань	Внутренности	Икра
Эвастерия колючая	Осень-зима	62,4–83,1	65–120	93–95	5–7*	–
	Весна (май)	121,4–238,0	170–250	55–80	12–21	8–24
	Лето (август)	168,3–300,0	185–290	72–88	12–28	Нет
Патирия гребешковая	Осень-зима	31,0–41,5	55–60	78–80	20–22*	–
	Весна (май)	22,5–38,4	55–82	79–84	7–10	9–11
	Лето (август)	10,9–32,8	55–100	80–85	15–20	Нет

* В состав внутренностей входит икра.

* Руководство. Р 4.1.1672-03. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30.06.2003). М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 240 с.

Как видно из представленных данных, эвастерия колючая и патирия гребешковая достигают максимального размера в весенне-летний период. Размерно-массовый состав морских звезд, как и большинства водных биоресурсов, зависит от времени вылова. Большую часть тела, независимо от сезона вылова и вида, составляет покровная ткань морских звезд. Внутренние органы патирии гребешковой составляют от 7 до 22 % общей массы тела звезды, а эвастерии колючей — от 5 до 45 %, причем увеличение массы внутренностей обусловлено наличием икры у половозрелых особей. Важно отметить, что весной при разделке морских звезд явно видны ястыки икры вдоль лучей. Полученные данные обуславливают выбор весенне-летнего периода как рационального для добычи морских звезд в бухте Северной.

Для определения способов промышленной переработки морских звезд исследовали общий химический, жирно-кислотный, минеральный составы, аминокислотный и фракционный состав белков морских звезд, выловленных в летний период (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав морских звезд, %

Table 2

Chemical composition of starfish, %

Обра- зец	Вода/сухие вещества	Белок (общ. азот)	Липи- ды	Минер. вещ-ва	Аминосахара (галактозамин + глюкозамин)	Сумма аминокислот (% на сухое вещ-во)
Э-1	71,90/28,10	9,50 (1,520)	0,88	17,07	0,46 + 0,38 = 0,84	2,79 ± 0,15
Э-2	74,70/25,30	14,34 (2,295)	6,11	2,41	1,16 + 0,99 = 2,15	8,29 ± 0,25
Э-3	83,80/16,20	11,59 (1,855)	1,86	2,39	0,69 + 0,58 = 1,27	7,51 ± 0,25
П-1	56,74/43,26	9,66 (1,545)	0,77	32,04	0,41 + 0,33 = 0,74	1,65 ± 0,05
П-2	80,60/19,40	10,25 (1,640)	1,35	7,67	0,45 + 0,38 = 0,83	4,22 ± 0,05
П-3	81,25/18,75	13,15 (2,105)	3,80	1,32	0,75 + 0,64 = 1,39	7,14 ± 0,25

Экспериментальные данные свидетельствуют, что в покровной ткани звезд содержится различное количество сухих веществ: так, в образце Э-1 сухих веществ на 15,2 % меньше, чем в ткани П-1. Различие в содержании сухих веществ связано с повышенной минерализацией покровной ткани патирии гребешковой. Во внутренностях морских звезд содержание сухих веществ находится на одном уровне. В икре морских звезд содержание сухих веществ составляет ~ 16–19 %.

Количество белка в покровной ткани эвастерии колючей и патирии гребешковой почти одинаково и составляет 9,5–9,7 %. Во внутренностях морских звезд количество белка различное — от 10,25 до 14,34 %. В икре морских звезд содержание белка сопоставимо с количеством белка во внутренностях и составляет 11,6–13,1 %.

Содержание липидов в покровной ткани звезд незначительно и составляет 0,77–0,88 %. Во внутренностях Э-2 количество липидов достаточно велико и составляет 6,1 %, это в 4,5 раза выше, чем во внутренностях П-2. Количество липидов в икре морских звезд составляет 1,9 % для Э-3 и 3,8 % для П-3.

Определение аминокислот в тканях морских звезд показало, что их количество значительно и составляет от 1,6 до 8,5 %. Так, в мышечной ткани морских звезд количество аминокислот составляет 2,7–3,0 % для Э-1 и 1,6 % для П-1. Во внутренностях Э-2 содержание аминокислот очень высокое — до 8,5 %, во внутренностях П-2 в 2 раза меньше, однако тоже очень высокое — 4,2 %. В икре морских звезд содержание аминокислот находится на одном уровне и составляет 7,0–7,5 %.

Количество минеральных веществ в покровной ткани Э-1 почти в 2 раза ниже (17,07 %), чем в ткани П-1 (32,04 %). Во внутренностях морских звезд содержание минеральных веществ также заметно различается, однако их количество невысокое: так, в Э-2 оно составляет 1,91 %, а в П-2 — 7,67 %. В икре морских звезд количество минеральных веществ незначительное, находится на одном уровне и составляет 1,3–2,4 %.

Содержание макро- и микроэлементов в исследуемых образцах морских звезд представлено в табл. 3.

Таблица 3

Содержание макро- и микроэлементов, мг/кг (в сырой ткани)

Table 3

Macro- and micro-element content, mg/kg (WW)

Образец	P	Na	Ca	K	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	Ni
Э-1	1332,2	276,8	2009,0	83,15	116,07	5,32	63,78	55,21	18,66	0,11
Э-2	152,9	190,1	0,80	95,05	18,37	0,28	112,80	36,73	5,43	0,08
Э-3	180,1	235,5	0,64	106,42	24,55	0,58	16,83	20,07	1,91	0,09
П-1	775,8	194,3	2049,10	48,43	226,54	37,66	67,25	11,34	9,98	0,07
П-2	101,2	161,4	3,10	124,0	26,60	1,36	216,90	41,42	3,95	0,08
П-3	92,8	231,9	36,20	130,74	23,28	0,19	71,69	22,69	3,14	0,09

Особенностью покровной ткани эвастерии колочей является более высокое содержание фосфора, которое превышает почти в 2 раза количество этого элемента в покровной части патирии гребешковой, которая в свою очередь богаче магнием по сравнению с эвастерией почти в 2 раза. Данные по содержанию кальция у двух объектов — одного порядка. По сравнению с покровной тканью внутренние органы обоих видов звезд отличаются более высоким содержанием калия и железа. Содержание натрия во всех частях тела звезд приблизительно одинаково.

Представленные результаты комплексной оценки содержания минеральных веществ в исследуемых объектах могут послужить основанием для получения из них биологически активных добавок как для животных и птиц, так и для человека, поскольку по количеству минеральных веществ морские звезды могут покрывать суточную потребность в них человеческого организма.

В целом оценка химического состава морских звезд позволяет охарактеризовать их как ценное белковое сырье, богатое макро- и микроэлементами, аминсахарами, что предопределяет перспективность этих биообъектов как источника определенных нами компонентов.

Для дополнительной оценки биологической ценности морских звезд был исследован жирнокислотный состав липидов (покровная ткань, внутренности, икра). Полученные данные приведены в табл. 4.

Таблица 4

Состав и содержание жирных кислот в липидах образцов, % к общему содержанию

Table 4

Fatty acids structure and content in lipids from starfish samples, % of total content

Жирная кислота	Э-1	Э-2	Э-3	П-1	П-2	П-3
Насыщенные						
Лауриновая 12:0	0,16	–	–	0,33	0,22	0,21
Миристиновая 14:0	3,78	12,51	5,73	2,30	1,86	3,18
Изо-пентадекановая i-15:0	0,47	0,41	0,40	0,58	0,92	0,57
ai-15:0	0,16	0,17	0,17	0,34	0,43	0,27
Пентадекановая 15:0	0,61	0,66	0,62	0,43	0,63	0,59
Изо-пальмитиновая i-16:0	0,35	0,56	0,43	0,38	0,49	0,39
ai-16:0	0,16	–	0,22	1,46	0,33	0,32
Пальмитиновая 16:0	5,18	8,92	5,51	4,92	5,69	5,06
Изо-маргариновая i-17:0	0,35	0,59	0,43	0,21	0,29	0,27
ai-17:0	0,39	0,65	0,88	0,23	0,41	0,30
Маргариновая 17:0	0,59	0,53	0,57	0,56	0,56	0,53
Изо-стеариновая i-18:0	0,12	0,22	0,13	–	0,12	0,11
ai-18:0	3,41	1,38	5,08	2,33	2,82	2,89
Стеариновая 18:0	8,21	5,36	5,41	7,22	4,93	5,19
Нонадекановая 19:0	0,53	0,17	0,37	0,88	0,46	0,47
Арахидиновая (Эйкозановая) 20:0	0,25	0,30	0,26	–	0,25	0,25
Бегоновая (Докозановая) 22:0	0,51	0,32	0,41	0,51	0,82	0,13

Окончание табл. 4
Table 4 finished

Жирная кислота	Э-1	Э-2	Э-3	П-1	П-2	П-3
Мононенасыщенные						
Миристиленовая 14:1	0,11	0,13	0,10	–	–	0,12
Цис-9-Гексадекаеновая 16:1 ω9	–	–	0,17	–	–	–
Цис-7-Гексадекаеновая 16:1 ω7	4,77	7,04	4,07	4,99	5,95	5,68
Цис-5-Гексадекаеновая 16:1 ω5	0,19	0,21	0,17	0,42	0,47	0,42
Маргаролеиновая 17:1	0,12	0,10	0,20	–	–	–
Цис-9-Гептадекаеновая 17:1 ω9	0,62	0,51	0,73	1,20	0,69	0,83
Цис-11-Октадекаеновая 18:1 ω11	0,78	1,02	1,56	0,69	1,01	0,94
Олеиновая 18:1 ω9	1,74	0,89	4,97	1,60	1,19	0,97
Вакценовая 18:1 ω7	5,20	6,37	0,19	7,44	7,56	8,89
Цис-5-Октадекаеновая 18:1 ω5	0,18	0,28	0,40	0	0,14	0,22
19:1 ω9	0,30	0,38	0,26	0,25	0,58	0,61
Цис-5-Эйкозаеновая 20:1 ω5	0,27	0,23	4,15	0,42	0,78	0,57
Цис-7-Эйкозаеновая 20:1 ω7	3,70	2,40	1,71	5,25	5,42	4,86
Гондоиновая 20:1 ω9	1,59	1,83	6,55	0,66	0,67	0,83
Гадолоновая 20:1 ω11	5,49	8,99	9,13	2,68	2,50	3,81
Цис-13-Эйкозаеновая 20:1 ω13	11,16	8,40	–	17,01	11,99	9,75
Эруковая 22:1 ω13	0,37	0,57	0,46	0,37	0,58	0,78
Цис-11-Докозеновая (Цетолеиновая) 22:1 ω11	0,70	1,09	0,78	0,39	0,55	0,55
Цис-9-Докозеновая 22:1 ω9	0,49	0,44	0,45	0,40	0,51	0,54
Цис-7-Докозеновая 22:1 ω7	0,61	0,99	1,03	0,69	–	0,46
Лигноцереновая (Ацетэруковая) 24:1	–	–	–	0,80	0,80	0,84
Полиненасыщенные						
Цис-4-Гексадекадиеновая 16:2 ω4	0,41	0,55	0,46	1,07	0,53	0,55
Цис-6-Гексадекадиеновая 16:2 ω6	0,12	0,12	0	–	–	–
Гексадекатетраеновая 16:4 ω1	1,19	0,24	0,13	–	0,13	0,11
Цис-4-Октадекадиеновая 18:2 ω4	0,30	0,33	0,40	1,11	1,73	1,35
Линолевая 18:2 ω6	0,31	0,26	0,17	0,28	0,25	0,24
Цис-9-Октадекадиеновая 18:2 ω9	0,17	–	0,20	–	0,17	0,22
α-Линоленовая 18:3 ω3	0,30	0,15	0,14	0,26	0,14	0,16
γ-Линоленовая 18:3 ω6	0,11	0,17	0,29	–	0,17	0,16
Стиридовая 18:4 ω3	0,72	1,04	0,66	0,54	0,73	0,64
Октадекатетраеновая 18:4 ω1	0,41	0,44	1,16	–	0,55	0,43
20:2 нмр	0,31	–	0,33	1,02	1,02	0,81
Цис-6-Эйкозодиеновая 20:2 ω6	1,63	0,75	0,58	1,76	1,68	1,03
Цис-9-Эйкозодиеновая 20:2 ω9	–	–	0,32	–	–	0,39
Арахидоновая 20:4 ω6	8,79	1,75	5,54	13,78	8,92	10,28
Цис-3-Эйкозатетраеновая 20:4 ω3	0,25	0,50	0,31	–	–	0,16
Цис-3-Эйкозатриеновая 20:3 ω3	0,12	0,13	0,17	0,21	0,46	0,14
Цис-6-Эйкозатриеновая 20:3 ω6	0,23	0,46	0,26	0,26	0,35	0,99
Тимнодоновая 20:5 ω3	13,5	9,99	16,36	8,10	10,96	11,10
Генейкозопентаеновая 21:5 ω3	0,16	0,37	0,34	–	–	0,12
22:2 нмр	–	–	–	–	1,02	1,07
Цис-6-Докозатетраеновая 22:4 ω6	0,49	0,49	0,47	–	0,39	0,44
Клупанононовая 22:5 ω3	0,75	0,81	0,77	–	0,23	0,25
Цис-6-Докозопентаеновая 22:5 ω6	–	0,21	0,21	–	–	0,15
Цервоновая 22:6 ω3	3,41	4,16	4,13	1,00	1,06	1,20
Сумма неидентифицированных жирных кислот	2,70	2,46	2,90	2,67	6,89	5,61
Насыщенные	25,23	32,75	26,62	22,68	21,23	20,73
Мононенасыщенные	38,39	41,87	37,08	45,26	41,39	41,67
Полиненасыщенные	33,68	22,92	33,40	29,39	30,49	31,99

Результаты исследований показали, что липиды морских звезд эвастерии колючей и патирии гребешковой имеют некоторые различия. Исследованиями установлено присутствие более 90 жирных кислот (ЖК) во внутренностях и икре

морских звезд. В покровной ткани количество ЖК заметно ниже, чем в других частях морских звезд.

Количество насыщенных ЖК в Э-1 составляет 25,23 %, мононенасыщенных — 38,39 %. Среди предельных жирных кислот преобладает стеариновая ЖК (18:0) — 8,21 %. Среди моноеновых жирных кислот наибольшее количество эйкозаеновой 20:1 ω 13 — 11,16 %. Содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в Э-1 составляет 33,68 %. Значительную долю (66,2 %) в сумме ПНЖК составляют арахидоновая (20:4 (ω -6)) — 26,1 % и эйкозапентаеновая (тимонононовая) (20:5 (ω -3)) — 40,1 % — жирные кислоты, относящиеся к семейству омега-3,6 ПНЖК и играющие существенную роль во многих процессах живых организмов. Арахидоновая кислота является предшественником гормоноподобных соединений и входит в состав фосфолипидов клеточных мембран. Эйкозапентаеновая кислота выполняет важнейшие функции в мозге и органах зрения (Акулин и др., 2005).

Во внутренностях Э-2 установлено значительное количество миристиновой и пальмитиновой жирных кислот — 65,4 % суммы насыщенных ЖК. Среди мононенасыщенных ЖК в Э-2 преобладает 20:1 ω 13, ее в 2 раза больше, чем любой другой мононенасыщенной ЖК. Количество ПНЖК в Э-2 невелико, около 23 %, из которых 62 % приходится на цервоновую и тимонононовую жирные кислоты.

В икре эвастерии колючей группа изомеров арахидоновой жирной кислоты составляет более 80 %.

Количество ПНЖК в икре эвастерии колючей находится на одном уровне с ее количеством в покровной ткани звезды и составляет 33,4 %, из которых 49,0 % приходится на тимонононовую жирную кислоту.

В липидах патирии на долю насыщенных жирных кислот приходится 20,7–22,7 %, среди которых преобладают пальмитиновая и стеариновая ЖК, которые участвуют в синтезе собственного эластина, коллагена, гиалуроновой кислоты, гликозаминогликанов, за счет чего происходит обновление межклеточного вещества дермы, и являются основными жирными кислотами, вырабатываемыми в организме человека.

Во внутренностях П-2 среди мононенасыщенных ЖК наибольшее количество приходится на 20:1 ω 13 — 29 %. Содержание ПНЖК в патирии составляет 29,4–32,0 %, преобладают арахидоновая (20:4 ω 6) и тимонононовая (20:5 ω 3) ЖК: их сумма для П-2 и П-3 составляет 65,0–67,0 %, а для П-1 — 74,5 %.

Сравнивая состав жирных кислот морских звезд мы видим, что содержание миристиновой ЖК в эвастерии колючей значительно выше, чем в патирии гребешковой, особенно во внутренностях. Общее количество насыщенных ЖК в эвастерии колючей также выше, чем в патирии гребешковой.

Количество мононенасыщенных жирных кислот эвастерии колючей и патирии гребешковой сопоставимо равно и находится в пределах 37–45 % общей суммы ЖК. Количество вакценовой ЖК в эвастерии колючей несколько ниже, чем в патирии гребешковой, особенно в икре, в то время как гадоленовой ЖК заметно больше в эвастерии колючей.

Установлено, что в икре эвастерии колючей (Э-3) содержание олеиновой жирной кислоты в 5 раз выше, чем в П-3. По некоторым данным, олеиновая кислота способна оказывать ингибирующее действие на гидролиз фосфолипидов.

Сравнивая полученные результаты с известными литературными данными, можно отметить, что икра эвастерии колючей и патирии гребешковой по количеству ПНЖК сопоставима, например, с крилем (около 34 % ПНЖК), мидией, где оно варьирует в пределах 30,0–45,0 %, но заметно ниже, чем в зубатке — 43,0 % (Кутина, 2005), наваге — 45,10 % (Jangaard et al., 1967) или минтае — 45,74 % (Журавлева, 2009). Следует отметить, что биологическая роль омега-3 ПНЖК очень важна. При дефиците ПНЖК снижаются интенсивность роста и устойчивость к неблагоприятным внешним и внутренним факторам, угнетается репродуктивная функция. При недостаточности ПНЖК более часто обнаруживается язва двенадцатиперстной кишки. Важнейшим биологическим свойством ПНЖК является их участие в качестве структурных элементов

в таких высокоактивных в биологическом отношении комплексах, как фосфолипиды, липопротеиды, и в образовании клеточных мембран соединительной ткани.

В табл. 5 представлен аминокислотный состав белков морских звезд, который также характеризует биологическую ценность объекта.

Аминокислотный состав белков образцов, % к белку

Таблица 5

Aminoacid composition of proteins from starfish samples, % of protein

Table 5

Аминокислота*	Э-1	Э-2	Э-3	П-1	П-2	П-3	Эталон* ФАО/ВОЗ, г/100 г белка
Thr	4,95	5,31	4,68	4,40	5,23	5,00	2,3
Ile	4,18	4,31	4,10	3,27	4,16	4,06	3,0
Leu	6,88	6,35	6,50	5,28	6,70	6,73	5,9
Val	5,38	6,65	5,63	4,55	5,53	5,39	3,9
Lys	7,05	7,10	7,04	4,98	7,25	7,11	4,5
His	2,32	1,98	1,81	1,48	2,22	2,04	1,5
Tyr + Phe	3,32 + 4,00	4,19 + 4,65	3,25 + 4,10	5,03 + 3,25	4,46 + 4,24	3,85 + 4,09	3,8
Met + Cys	0,50 + 0,78	3,24 + 0,47	2,53 + 1,04	1,22 + 2,95	0,22 + 0,29	1,32 + 0,45	2,2
<i>Незаменимые аминокислоты</i>	<i>39,36</i>	<i>44,25</i>	<i>40,68</i>	<i>36,41</i>	<i>40,30</i>	<i>40,04</i>	<i>27,1</i>
Glu	13,69	12,11	12,37	12,39	12,69	12,56	
Gly	13,58	12,64	17,71	12,72	12,55	17,05	
Ala	4,38	2,86	2,55	5,14	4,73	4,76	
Asp	9,45	9,66	9,14	8,66	9,71	8,76	
Ser	4,39	3,72	3,57	4,38	4,28	3,84	
Arg	5,60	5,00	5,31	5,53	4,77	5,33	
Pro	7,19	6,76	6,38	9,49	6,43	5,96	
<i>Сумма</i>	<i>58,28</i>	<i>52,75</i>	<i>57,03</i>	<i>58,31</i>	<i>55,16</i>	<i>58,26</i>	

* 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.

Исследования показали, что белки обеих морских звезд содержат все незаменимые аминокислоты (табл. 5). Их общее количество в покровной части звезд составляет 36,4–39,4 % суммы аминокислот, во внутренностях патирии гребешковой и эвастерии колючей — соответственно 40,3 и 44,3 %. В икре морских звезд содержание незаменимых аминокислот составляет 40,0–41,0 %.

Заметно отличается содержание незаменимых аминокислот в П-1, где их количество на 18–41 % ниже, чем в других образцах тканей. Исключение составляет метионин, количество которого находится на среднем уровне (1,22 %) по отношению к другим образцам и цистеину, количество которого, наоборот, заметно выше, в 3–10 раз, чем в других тканях патирии гребешковой и эвастерии колючей.

Среди заменимых аминокислот преобладают глицин и глутаминовая кислота — в пределах 12–13 %. В икре морских звезд содержание глицина находится на уровне 17 %. Известно, что он участвует в обменных процессах, биосинтезе белков (Березов, Коровкин, 1998).

Высокие значения аспарагиновой и глутаминовой кислот приближают морских звезд к водорослям, в частности к ламинариевым (Кизеветтер, 1973).

Что же касается биологической ценности глутаминовой и аспарагиновой аминокислот, то обе они играют важнейшую роль в обменных процессах организма: в частности, глутаминовая кислота осуществляет функции передачи импульсов в центральной нервной системе, обезвреживает аммиак, отнимая атомы азота в процессе образования глутамина. Аспарагиновая кислота участвует в поддержании баланса процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе и, наряду с глутаминовой, играет важнейшую роль в реакциях переаминирования (Рисман, 1998).

Общая сумма глицина, аспарагиновой и глютаминовой кислот, лизина и пролина в икре патирии и эвастерии составляет соответственно 51,4 и 52,6 % суммы аминокислот.

Недостаток в организме аминокислот пролина, лизина, глицина и глютамина подавляет формирование коллагеновых белков, а недостаточный синтез коллагена приводит к развитию патологических изменений в хрящах, сухожилиях, связках и суставах. Недостаток этих аминокислот также вызывает негативные изменения кожных покровов и сердечно-сосудистой системы. Отмечая важность означенной группы аминокислот, её часто называют проколлагеновым комплексом (Мазуров, 1974).

В тканях морских звезд отмечается большое количество лизина — от 5 до 7 %, кроме покровной части патирии гребешковой, где его количество составляет 5 %. Известно, что лизин — одна из важнейших незаменимых аминокислот в питании человека и животных, входит в состав всех растительных и животных белков. Лизин белков включается в белки тканей без каких-либо предварительных изменений. Он является незаменимым предшественником в синтезе коллагена, участвует в образовании карнитина, играющего важную роль в жировом обмене (Pack et al., 2008; Кононенко, 2013). Лизин способствует всасыванию кальция, благотворно влияет на обмен белков и состояние нервной системы, участвует в синтезе белков, необходимых для образования скелетных тканей и ферментов, является важным компонентом нескольких пептидных гормонов (Лукас, Ри Ки Чун, 1998; Липрот, 2001*). При недостатке доступных углеводов лизин может метаболизироваться с образованием глюкозы и кетонных тел. Этот процесс служит важным источником энергии для организма (Лухт, 1997; Липрот, 2001*). При недостатке лизина у животных снижается использование азота корма, замедляется рост и продуктивность взрослых животных, снижается концентрация свободного лизина в мышцах, гемоглобина в крови (Игнатова, Колодяжная, 1989; Езерская, 1994). Устранение в рационе дефицита лизина приводит к повышению скорости роста различных белков печени и мышц, отложению азота в организме в виде белка и снижению уровня липидов в печени и костной ткани (Иванов, 1998; Лукас, Ри Ки Чун, 1998; Липрот, 2001*; Pack et al., 2008).

Для определения рациональных направлений использования морских звезд исследовали распределение азота отдельных белковых фракций (табл. 6).

Таблица 6

Распределение азота отдельных белковых фракций, г/100 г

Table 6

Nitrogen in certain protein fractions, g/100 g

Показатель	Э-1	Э-2	Э-3	П-1	П-2	П-3
Небелковый азот	0,2130	0,7100	0,6220	0,1520	0,8060	0,7390
Азот летучих оснований	–	–	0,0888	–	–	0,0485
Водорастворимый азот	0,6065	1,6166	0,5952	0,2645	1,1190	1,0658
Солерастворимый азот	0,3364	1,6067	0,8580	0,3452	1,1162	1,2625
Азот альбуминов	0,3945	0,9066	–	0,1125	0,3130	0,3268
Азот глобулинов	–	0,0010	0,2628	–	0,0010	0,1967
Азот миостроминов	0,0227	–	0,0427	0,1806	0,2342	–
Азот нерастворимых (остаточных) белков	1,1609	0,7540	0,9538	1,0192	0,2896	1,3978
Общий азот	1,5200	2,2950	1,8850	1,5450	1,6400	2,1050

Анализ фракционного состава белков морских звезд показывает, что небелковый азот в большей степени сосредоточен во внутренностях и икре, а в меньшей — в покровной ткани, причем данная закономерность характерна как для эвастерии колючей, так и для патирии гребешковой. Что касается азота летучих оснований, то он обнаружен в незначительных количествах только в икре исследуемых иглокожих. Водорастворимого азота больше всего содержится во внутренностях морских звезд. Приблизительно

* Липрот. Эффективная лизинпротеиновая кормовая добавка. Информационные материалы ОАО «Концерн «Стирол», фирмы «Стиролагролизин», ОАО «Трипольский биохимический завод», г. Обухов, Украина, 2001. 14 с.

равное его количество определено в покровной ткани и икре эвастерии колючей в отличие от патирии гребешковой, у которой в покровной ткани этой формы азота в 4 раза меньше, чем в икре. Солерастворимого азота у обоих видов морских звезд меньше всего содержится в покровной ткани, приблизительно равное количество — во внутренностях и икре патирии гребешковой. Почти в 2 раза выше его содержание во внутренностях, чем в икре, эвастерии колючей. Азота миостроминов значительно больше содержится в патирии гребешковой (покровной ткани и внутренностях), чем в эвастерии колючей (покровной ткани и икре). Азот нерастворимых белков у исследуемых видов морских звезд сосредоточен в основном в покровной ткани и икре, это особенно проявляется у патирии гребешковой.

Таким образом, оценка химического состава покровной ткани и внутренностей морских звезд позволяет рекомендовать для промышленной переработки все части тела морских звезд: высокоминерализованную белковую покровную ткань и внутренние органы, составляющие пятую часть от массы морских звезд и богатые биологически ценными липидами, белками и аминокислотами. Наличие таких ценных компонентов в исследуемом сырье предопределяет возможность получения из исследуемых водных биоресурсов биологически ценных кормовых продуктов.

Заключение

Оценка размерно-массовых свойств морских звезд разного сезона вылова свидетельствует о целесообразности добычи этих водных биоресурсов в весенне-летний период, когда их размер и масса достигают максимальных значений.

Анализ химического состава морских звезд, обитающих в бухте Северная, свидетельствует о наличии в их покровных тканях, помимо соединительнотканых белков, таких ценных веществ, как макро- и микроэлементы, а в составе внутренних органов — биологически ценных жирных кислот, аминокислот, аминокислот, что предопределяет целесообразность использования их как ценного сырья для производства биологически ценных продуктов как раздельно по частям, так и целиком.

Список литературы

- Акулин В.Н., Касьянов С.П., Рыбин В.Г. и др.** Исследования липидов гидробионтов // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 141. — С. 335–347.
- Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф.** Биологическая химия : учеб.; изд. третье, перераб. и доп. — М. : Медицина, 1998. — 704 с.
- Езерская А.В.** Влияние различных уровней лизина и метионина в рационах на продуктивность бройлеров // Научные основы технологии производства бройлеров : сб. науч. тр. ВНИТИП. — Сергиев Посад, 1994. — С. 139–148.
- Журавлева С.В.** Разработка технологии рыбных паст из сырья прибрежного лова с использованием молочнокислых микроорганизмов : дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток, 2009. — 160 с.
- Иванов А.** Лизин и метионин в растительных рационах кур-несушек // Комбикормовая промышленность. — 1998. — № 2. — С. 37–38.
- Игнатова Г.В., Колодяжная С.Н.** Низкопротеиновые комбикорма для яичных кур // Вопр. повыш. эффектив. кормл. с.-х. птицы. — Загорск : ВНИИТИП, 1989. — С. 48–57.
- Кенуй М.Г.** Быстрые статистические вычисления : моногр. / пер. с англ. — М. : Статистика, 1979. — 70 с.
- Кизеветтер И.В.** Биохимия сырья водного происхождения : моногр. — М. : Пищ. промышленность, 1973. — 424 с.
- Кононенко С.И.** Влияние скармливания протеиновых добавок на продуктивность // Науч. журн. КубГАУ. — 2013. — № 85(01).
- Кутина О.И.** Жирнокислотный состав липидов малоценных объектов лова // Рыб. промышленность. — 2005. — № 3. — С. 42–43.
- Лазаревский А.А.** Техничко-химический контроль в рыбообработывающей промышленности : моногр. — М. : Промпищиздат, 1955. — 520 с.
- Лукас Э.В., Ри Ки Чун.** Производство и использование соевых белков : руководство по переработке и использованию сои / пер. с англ. ; под ред. В.В. Ключкина и М.П. Доморощенковой. — М. : Колос, 1998. — 55 с.

Лухт Г.В. Экспандированный комбикорм для животных и птицы // Комбикормовая промышленность. — 1997. — № 8. — С. 24–27.

Мазуров В.И. Биохимия коллагеновых белков : моногр. — М. : Медицина, 1974. — 247 с.

Рисман М. Биологически активные пищевые добавки: неизвестное об известном : моногр. — М. : Арт-бизнес-центр, 1998. — 489 с.

Урбах В.Ю. Математическая статистика для биологов и медиков : моногр. — М. : АН СССР, 1963. — 323 с.

Урбах В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях : моногр. — М. : Медицина, 1975. — 296 с.

Bligh E.G., Dayer W.J. A rapid method of total lipid extraction // Canad. J. Biochem. Physiol. — 1959. — № 37. — P. 911–917.

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

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton I.K. et al. Colorimetric method for determination of sugar // Analytical chemistry. — 1956. — Vol. 28. — P. 350–356.

Jangaard P.M., Ackman R.G. and Sipos J.C. Seasonal Changes in Fatty Acid Composition of Cod Liver, Flesh, Roe and Milt Lipids // J. Fish. Res. Bd Canada. — 1967. — № 24(3). — P. 613–627.

Pack M., Fickler J., Rademacher M. et al. Аминокислоты в кормлении животных : Сборник обзоров и отчетов. — М. : Радуга, 2008. — 566 с.

Поступила в редакцию 11.12.14 г.