

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ**УДК 664.951.014:597.553.1(265.54)****Н.М. Купина, А.Н. Баштовой, К.Г. Павелъ***

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА,
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ МИНТАЯ
THERAGRA CHALCOGRAMMA ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Представлены данные по химическому составу, биологической ценности и безопасности мышечной ткани и внутренних органов минтая *Theragra chalcogramma*. Показано, что мясо приморского минтая независимо от биологического состояния относится к белковому (15,5–16,8 %) маложирному (0,5–0,6 %) низкокалорийному (66,0–72,0 ккал) сырью. Установлено, что во внутренностях нагульного минтая по сравнению с нерестовым содержится на 25,0 % больше жира и на 3,5 % меньше белка. Мышечная ткань минтая содержит белки, в которых количество всех незаменимых аминокислот выше, чем в эталонном белке, а также биологически активные таурин и ансерин. В процессе хранения мороженого минтая концентрация протеиногенных аминокислот, таурина и ансерина в тканях не изменяется. Липиды внутренностей и мышц минтая содержат соответственно 37,0 и 50,0 % ПНЖК (полиненасыщенные жирные кислоты), среди которых 67,0 % (внутренности) и 86,3 % (мясо) составляют биологически активные ДГК (докозагексаеновая кислота) (22:6) и ЭПК (эйкозапентаеновая кислота) (20:5). Минтай, выловленный у побережья Приморья, по содержанию в мышечной ткани и внутренних органах токсичных элементов, радионуклидов и пестицидов является безопасным.

Ключевые слова: минтай, химический состав, аминокислоты, липиды, жирные кислоты, безопасность.

Kupina N.M., Bashtovoy A.N., Pavel K.G. Investigation of chemical composition, biological value and safety of walleye pollock *Theragra chalcogramma* from Peter the Great Bay // Izv. TINRO. — 2015. — Vol. 180. — P. 310–319.

Data on chemical composition, biological value and safety are presented for muscle tissue and internal organs of walleye pollock *Theragra chalcogramma* caught in Peter the Great Bay (Japan Sea). The meat of pollock in any biological state has high protein content (15.5–16.8 %), low fat content (0.5–0.6 %), and low energy value (66–72 kcal/kg). The viscera of feeding pollock have in 25.0 % higher content of fat and in 3.5 % lower content of protein in compare with the spawning fish. Proteins in the pollock meat have more essential amino acids than a reference FAO/WHO protein and contain biologically active taurine and anserine, as well; the content of proteinogenic amino acids, taurine and anserine does not change in the process of storage. Lipids of the pollock viscera contain 37 % of polyunsaturated fatty acids, and 67.0 % of them are DHA (22:5) and EPA (20:50); content of these fatty acids in the lipids of pollock

* Купина Наталья Михайловна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: kupina@tinro.ru; Баштовой Александр Николаевич, младший научный сотрудник, e-mail: gepard-83@bk.ru; Павелъ Константин Геннадиевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: pavel@tinro.ru.

Kupina Natalia M., Ph.D., leading researcher, e-mail: kupina@tinro.ru; Bashtovoy Alexander N., junior researcher, e-mail: gepard-83@bk.ru; Pavel Konstantin G., Ph.D., senior researcher, e-mail: pavel@tinro.ru.

meat is even higher: 50 % and 86 %, respectively. The pollock caught at the coast of Primorye is safe by content of toxic elements and pesticides in its muscle tissue and internal organs.

Key words: pollock, chemical composition, amino acid, lipid, fatty acid, safety.

Введение

Минтай *Theragra chalcogramma* является наиболее массовой промысловой рыбой в северной части Тихого океана, относится к подсемейству тресковых (Gadidae). В период нереста (февраль-апрель) образует большие скопления от берегов южного Приморья и Сахалина до восточной части Берингова моря и Анадырского залива. Половой зрелости достигает на третьем году жизни.

Масса и размер минтая в промысловых уловах значительно изменяются в зависимости от района и сезона лова, а также от возрастного и полового состава облавливаемых скоплений. В водах Приморья и южного Сахалина преобладает мелкий минтай (350–750 г), а в Охотском и Беринговом морях — более крупный (900–1500 г).

Среди тресковых рыб Мирового океана минтай занимает лидирующее место по объёму добычи. В середине 1980-х гг. мировые уловы минтая достигали почти 7 млн т. Половина улова приходилась на долю СССР. В 1990-е гг. уловы не превышали 5 млн т (Захаров, 1998), а в начале третьего тысячелетия снизились до 2,5–2,9 млн т (FAO Yearbook ..., 2011*; <http://www.deita.ru>). В России вылов минтая в 2008–2013 гг. в среднем составлял 1,3–1,6 млн т**.

Минтай поставляется в Китай преимущественно в неразделанном виде, где перерабатывается на филе, и в Республику Корея для внутреннего потребления. Крупнейшими импортёрами минтая из России и Китая являются Германия, Франция и Великобритания.

В современных геополитических условиях существенная роль в обеспечении продовольственной безопасности РФ отводится рыбной отрасли, главной задачей которой является повышение доли качественной и безопасной отечественной продукции на российском рынке. Поэтому мониторинг качества и безопасности гидробионтов приобретает особую актуальность.

Учитывая, что результаты изучения минтая зал. Петра Великого как сырья для производства пищевых продуктов публиковались 10–12 лет назад (Олейник, 2002), данные наших современных исследований представляют несомненный интерес.

Целью настоящей работы было изучение химического состава, пищевой, биологической ценности и безопасности мышечной ткани и внутренних органов минтая зал. Петра Великого (подзона Приморье) и изменение этих показателей в процессе хранения мороженой рыбы.

Материалы и методы

Объектом исследований служил минтай *Th. chalcogramma*, выловленный у побережья Приморья. На анализы направлялась свежая и замороженная в неразделанном виде рыба, которую хранили при температуре минус 18 °С.

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) определяли по общепринятым методикам (Лазаревский, 1955; ГОСТ 7636-85) 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.

* FAO Yearbook Fishery and Aquaculture Statistics, 2009. Rome: FAO of the United Nation, 2011.

** Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего вылова гидробионтов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2013 г. (краткая версия). Владивосток: ТИПРО-центр, 2013. 330 с.

Жирные кислоты (ЖК) анализировали на газо-жидкостном хроматографе «Shimadzu GC-16A» (Япония) с пламенно-ионизационным детектором, снабженным капиллярной колонкой (30,0 м х 0,3 мм) с фазой Supelcowax-10 при температуре 190 °С. Для этого ЖК переводили в форму метиловых эфиров по методу Карро и Дубак (Carreau, Duback, 1978). ЖК идентифицировали по индексам удерживания Ковача (Christie, 1988). Концентрацию ЖК рассчитывали с помощью базы обработки данных C-R4A Chromatorac.

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

Качественный и количественный состав макро- и микроэлементов, в том числе токсичных элементов, в тканях оценивали по ГОСТу 26929-94 и 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 2.6.1.1194.

Присутствие хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов устанавливали с помощью хромато-масс-спектрометра Agilent 1100 Series LC/MSD («Hewlett Packard», США), полиароматических углеводов (ПАУ) на жидкостном хроматографе «Shimadzu LC-6A» (Япония) с использованием флуоресцентного детектора. Подготовку образцов для анализа хлорорганических пестицидов проводили по МУК 2482-81, полихлорированных бифенилов — согласно ГОСТу Р 53184-2008, ПАУ — по ГОСТу 51650-2000. Радиационный контроль осуществляли по МУК 2.6.1.717-98.

Оценку пищевой ценности мяса минтая 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 рыбы оценивали в соответствии с требованиями Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утверждённых 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

Минтай, выловленный весной в зал. Посъета, имел длину 34–47 см и массу от 444 до 987 г и находился в 4-й стадии зрелости. Нагульный минтай, выловленный летом в Амурском заливе, длиной от 32 до 42 см имел массу от 540 до 740 г.

Исследования показали, что химический состав мышечной ткани минтая разного физиологического состояния различается незначительно. В нерестовый период в мясе немного понижается содержание белка, а воды — повышается (табл. 1). Коэффициент гидратации белков у минтая, выловленного в апреле, составляет 5,3, а у выловленного в августе — 4,8. Массовая доля жира в мышцах минтая разного биологического состояния не изменяется. По содержанию белка и жира минтай независимо от сезона вылова относится к белковым маложирным рыбам (Леванидов, 1968). Энергетическая ценность мяса минтая очень низкая — 66–72 ккал.

Данные по химическому составу мышечной ткани минтая соответствуют известным ранее результатам (Леванидов, 1968; Справочник ..., 1998*).

Внутренние органы (без гонад) минтая разного биологического состояния по химическому составу отличаются более существенно. Так, у нагульного минтая по сравнению с нерестовым они содержат на 25,0 % больше жира, на 20,0 % меньше воды и на 3,5 % меньше белка (табл. 1).

* Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб. М.: ВНИРО, 1998. 224 с.

Химический состав (%) и энергетическая ценность мышечной ткани и внутренних органов минтая-сырца в зависимости от сезона и района вылова

Table 1
Chemical composition (%) and energy value of muscle and viscera of *Th. chalcogramma* depending on season and area of landing

Компонент	Апрель (зал. Посьета)		Август (Амурский залив)	
	Мышечная ткань	Внутренности (без гонад)	Мышечная ткань	Внутренности
Вода	82,6 ± 0,1	77,6 ± 0,2	81,1 ± 0,1	56,0 ± 0,2
Белок	15,5 ± 0,2	12,9 ± 0,1	16,8 ± 0,1	9,4 ± 0,2
Жир	0,5 ± 0,1	8,0 ± 0,1	0,6 ± 0,1	33,2 ± 0,1
Минеральные вещества	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,2	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,1
Энергетическая ценность, ккал	65,6	123,6	71,7	426,6

Результаты исследования азотсодержащих соединений показали, что массовая доля истинного белка ($N_6 \times 6,25$) в мясе нагульного и нерестового минтая-сырца составляет соответственно 15,4 и 13,8 % (табл. 2).

Таблица 2
Содержание азотистых соединений в мышечной ткани минтая-сырца в зависимости от сезона вылова

Table 2
Content of nitrogen compounds in muscle tissue of *Th. chalcogramma* in different seasons

Месяц лова	$N_{общ}$, мг/100 г	$N_{нб}$, мг/100 г	N_6 , мг/100 г	$N_{нб}/N_{общ}$, %	АЛО, мг/100 г
Апрель	2480,0 ± 9,4	294,0 ± 3,2	2206,0 ± 23,0	11,9	17,8 ± 1,2
Август	2690,0 ± 12,0	253,0 ± 3,0	2437,0 ± 27,0	9,4	17,2 ± 1,0

В мясе нерестового минтая (зал. Посьета) относительное содержание азота небелковых соединений на 2,5 % выше, чем у нагульного, что свидетельствует о протекании более интенсивных процессов обмена в теле рыбы в период созревания гонад. Концентрация азота летучих оснований (АЛО) в мышцах рыбы-сырца не зависит от физиологического состояния.

Учитывая, что данные по исследованию минтая, выловленного в зал. Посьета и Амурском заливе, очень близки, в таблицах представлены результаты исследований на примере минтая зал. Посьета.

Динамика изменения концентрации азотистых соединений в мышечной ткани минтая при хранении может служить показателем качества мороженой рыбы. Установлено, что в процессе хранения неразделанного минтая при температуре минус 18 °С вследствие вымораживания воды концентрация азота общего ($N_{общ}$) и азота небелкового ($N_{нб}$) в мышечной ткани незначительно повышается (табл. 3). Однако относительное содержание $N_{нб}$ в составе $N_{общ}$ на протяжении 12 мес не изменяется, что свидетельствует об отсутствии гидролитических процессов.

Таблица 3
Динамика изменения концентрации азотистых соединений в мышечной ткани минтая при хранении (температура минус 18 °С)

Table 3
Dynamics of nitrogen compounds in muscle tissue of *Th. chalcogramma* in the process of storage at the temperature minus 18 °С

Срок хранения, мес	Содержание, мг/100 г			$N_{нб}/N_{общ}$, %
	$N_{общ}$	$N_{нб}$	АЛО	
0	2690	253	17,2	9,4
2	2736	255	18,7	9,3
4	2766	259	20,9	9,4
6	2780	256	22,7	9,2
9	2800	262	24,7	9,4
12	2812	262	26,0	9,4

Содержание АЛО в мышцах мороженого минтая при хранении постоянно возрастает и к 12 мес достигает 26 мг/100 г, что не превышает норму (35 мг/100 г), установленную для минтая (СанПиН 2.3.4.050-96).

Внутренности минтая по сравнению с мышцами содержат меньше $N_{нб}$ на 23 % и $N_{общ}$ на 12 % (табл. 4). Массовая доля $N_{общ}$ и $N_{нб}$ и их соотношение во внутренностях рыбы при хранении практически не изменяются, что свидетельствует о стабильности белков. По мере хранения мороженого минтая концентрация АЛО во внутренностях повышается до 24,7 мг/100 г.

Таблица 4
Динамика изменения концентрации азотистых соединений во внутренностях минтая при хранении (температура минус 18 °С)

Table 4
Dynamics of nitrogen compounds in viscera of *Th. chalcogramma* in the process of storage at the temperature minus 18 °C

Срок хранения, мес	Содержание, мг/100 г			$N_{нб}/N_{общ}$, %
	$N_{общ}$	$N_{нб}$	АЛО	
0	2060	221	18,4	10,7
2	2080	228	19,9	11,0
6	2108	219	21,4	10,4
12	2100	223	24,7	10,6

Мышечные белки минтая содержат все незаменимые аминокислоты (АК), на долю которых приходится 42,7 % (табл. 5). Среди незаменимых аминокислот доминируют лизин и лейцин, среди заменимых — глутаминовая и аспарагиновая кислоты.

Таблица 5
Аминокислотный состав белков мышечной ткани минтая, г/100 г белка

Table 5
Amino acid composition of proteins in muscle tissue of *Th. chalcogramma*, g/100 g of protein

Аминокислоты			
Заменимые		Незаменимые	
Аспарагиновая кислота	10,74	Гистидин	2,14
Серин	1,87	Треонин	3,40
Глутаминовая кислота	18,33	Валин	5,44
Глицин	4,24	Метионин	2,66
Аланин	6,37	Изолейцин	5,22
Тирозин	2,84	Лейцин	9,11
Цистин	1,18	Фенилаланин	4,21
Аргинин	6,40	Лизин	9,41
Пролин	5,33	Триптофан	1,11
Сумма	57,31	Сумма	42,70

Признаком качества белков является аминокислотный скор, характеризующий содержание аминокислоты в исследуемом объекте по отношению к её оптимальному содержанию в эталонном белке (Ауэрман и др., 2013). Как показали исследования, белки мышечной ткани минтая (табл. 6) содержат все незаменимые аминокислоты в количествах, превышающих величины, установленные экспертами ФАО/ВОЗ (2007) для эталонного белка*. Это свидетельствует о высокой пищевой и биологической ценности минтая зал. Петра Великого.

Белки внутренностей минтая содержат все незаменимые аминокислоты, но их количество на 4,8 % ниже, чем в белках мышечной ткани (табл. 7). Среди незаменимых аминокислот в белках внутренностей доминируют лизин и лейцин.

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

Таблица 6

Химический скор белков мышечной ткани минтая, %

Table 6

Chemical scour of proteins in muscle tissue of *Th. chalcogramma*, %

Аминокислота	Эталонный белок, мг АК в 1 г белка	А	С
Гистидин	15	21,4	142,7
Изолейцин	30	51,1	170,3
Лейцин	59	91,1	154,4
Лизин	45	94,1	209,1
Метионин + цистеин	22	26,6	120,9
Фенилаланин + тирозин	38	42,1	110,8
Треонин	23	34,0	147,8
Триптофан	6	11,0	183,3
Валин	39	54,4	139,5

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

Таблица 7

Аминокислотный состав белков внутренностей минтая, г/100 г белка

Table 7

Amino acid composition of proteins in viscera of *Th. chalcogramma*, g/100 g of protein

Аминокислоты			
Заменимые		Незаменимые	
Аспарагиновая кислота	10,06	Гистидин	2,27
Серин	5,27	Треонин	4,99
Глютаминовая кислота	15,80	Валин	5,47
Глицин	7,02	Метионин	1,91
Аланин	3,94	Изолейцин	3,59
Тирозин	4,33	Лейцин	7,10
Цистин	1,65	Фенилаланин	3,95
Аргинин	7,12	Лизин	8,35
Пролин	7,04	Триптофан	0,14
Сумма	62,23	Сумма	37,77

В белках внутренностей минтая по сравнению с белками мышц содержится больше серина, глицина и пролина, но меньше метионина и изолейцина. Мониторинг состава белков мороженого минтая в процессе хранения показал, что состав и соотношение заменимых и незаменимых протеиногенных аминокислот в мышечной ткани и внутренностях в течение 12 мес не изменяются (табл. 8).

Исследования показали (табл. 9), что в мясе минтая в зависимости от сезона вылова содержится 3150–3693 мкг/г ткани свободных аминокислот (САК). Среди них на таурин (сульфосиглицин) приходится от 32,13 до 34,11 %.

Известно, что таурин регулирует содержание сахара в крови, влияет на деятельность зрительных центров, снижает уровень холестерина в плазме крови, осуществляет кардиопротекторное действие (Gherian, Mulky, 1992; Аюшин, 2001), способствует улучшению памяти и умственной работоспособности (Оруджев, Ростовщиков, 1998).

В мясе минтая также присутствует дипептид ансерин (540–570 мкг/г, или 18,2–21,0 %) — биорегулятор и антиоксидант, обеспечивающий сопряженность процессов окисления и фосфорилирования в мышечной ткани (Северин, 2004). Наличие в мышечной ткани таурина и ансерина повышает биологическую ценность минтая.

При хранении мороженой рыбы в течение 12 мес содержание в мясе САК, в частности таурина, практически не изменяется (табл. 9).

Известно, что одним из важных компонентов мышечной ткани рыбы, определяющих уровень качества и ограничивающих сроки хранения продукции, являются липиды. Анализы показали (табл. 10), что в мышечных липидах минтая-сырца более 50 % всех жирных кислот составляют полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК).

Таблица 8

Изменение аминокислотного состава белков мышечной ткани и внутренностей
мороженого минтая в процессе хранения, г/100 г белка

Table 8

Change of amino acid composition of proteins in frozen muscles and viscera of *Th. chalcogramma*
in the process of storage, g/100 g of protein

Аминокислота	0,5 мес		6 мес		12 мес	
	Мышечная ткань	Внутренности	Мышечная ткань	Внутренности	Мышечная ткань	Внутренности
Аспарагиновая	10,74	10,06	10,85	9,89	10,71	9,96
Серин	1,87	5,27	2,09	5,36	2,12	5,32
Глютаминовая	18,33	15,80	18,28	15,72	18,28	15,74
Глицин	4,24	7,02	4,17	6,95	4,22	7,11
Аланин	6,37	3,94	6,19	4,00	6,24	4,04
Тирозин	2,84	4,33	2,95	4,38	2,81	4,26
Цистин	1,18	1,65	1,09	1,54	1,20	1,55
Аргинин	6,40	7,12	6,44	7,19	6,46	7,10
Пролин	5,33	7,04	5,31	7,14	5,29	7,08
Σ заменимых	57,30	62,23	57,37	62,17	57,33	62,16
Гистидин	2,14	2,27	2,10	2,11	2,10	2,12
Треонин	3,40	4,99	3,36	4,88	3,39	5,00
Валин	5,44	5,47	5,39	5,75	5,42	5,51
Метионин	2,66	1,91	2,69	1,90	2,70	1,99
Изолейцин	5,21	3,59	5,24	3,50	5,31	3,43
Лейцин	9,11	7,10	9,15	6,77	9,17	6,84
Фенилаланин	4,21	3,95	4,18	4,33	4,12	4,45
Лизин	9,41	8,35	9,39	8,43	9,34	8,40
Триптофан	1,12	0,14	1,12	0,16	1,12	0,10
Σ незаменимых	42,70	37,77	42,62	37,83	42,67	37,84

Таблица 9

Состав свободных аминокислот и дипептидов в мышечной ткани минтая
в зависимости от сезона вылова и срока хранения, мкг/г ткани

Table 9

Composition of free amino acids and dipeptides in muscle tissue of *Th. chalcogramma*
depending on season of landing and retention, µg/g

Аминокислота	Апрель (зал. Посыета)			Август (Амурский залив)	
	1 мес	6 мес	12 мес	1 мес	12 мес
Р-серин	80,74	69,05	73,05	68,00	66,06
Аспарагиновая	111,44	114,86	120,18	90,84	97,44
Треонин	84,23	87,81	80,81	140,07	139,45
Серин	125,33	107,43	112,43	92,01	92,79
Глицин	183,54	177,56	180,98	152,40	154,22
Аланин	409,84	438,77	411,06	375,76	374,17
Валин	86,23	93,80	89,88	132,87	135,37
Цистеин	4,10	—	—	10,42	10,00
Метионин	49,53	55,63	50,90	66,96	67,16
Лейцин	56,71	58,42	58,00	87,01	86,19
Изолейцин	91,80	89,94	94,00	159,15	155,50
Тирозин	52,14	51,90	53,05	71,78	73,46
Фенилаланин	49,89	50,00	48,302	82,18	81,78
β-Аланин	9,02	12,68	10,29	41,63	41,03
Триптофан	7,61	5,00	4,02	5,34	4,93
Оксилизин	39,36	36,60	38,16	35,18	35,49
Орнитин	4,44	5,28	4,95	14,73	14,55
Лизин	22,87	22,08	22,08	31,81	31,22
Гистидин	9,65	7,34	8,73	3,60	3,64
Аргинин	43,77	43,78	47,03	111,03	110,11
Пролин	72,27	66,0	69,61	88,00	89,06
Таурин	1043,42	1012,12	1033,00	1243,11	1259,60
Σ САК	2637,93	2606,05	2610,51	3103,88	3123,22

Таблица 10

Состав жирных кислот в липидах минтая, %

Table 10

Fatty acid composition in lipids of *Th. chalcogramma*, %

Кислота	Мышечная ткань	Внутренности
14:0	1,34	3,04
16:0	19,51	21,29
18:0	4,31	4,87
Σ насыщенных	25,16	29,20
16:1 ω7	3,25	—
17:1 ω9	—	3,78
18:1 ω11	—	0,79
18:1 ω9	10,35	—
18:1 ω7	5,06	14,20
18:1 ω5	0,54	4,75
20:1 ω7	0,61	0,53
20:1 ω11	1,65	0,40
20:1 ω9	0,91	3,40
22:1 ω13	0,87	1,10
22:1 ω9	—	3,15
Σ мононенасыщенных	23,24	32,10
16:2 ω4	0,95	3,13
18:2 ω6	1,05	2,11
18:3 ω3	0,65	1,63
18:4 ω3	—	2,09
20:4 ω6	2,90	2,03
20:5 ω3	15,36	11,60
22:5 ω3	1,35	1,24
22:6 ω3	28,16	13,30
Σ ПНЖК	50,42	37,13

ПНЖК на 86,3 % представлены биологически активными докозагексаеновой (ДГК) 22:6 ω3 и эйкозапентаеновой (ЭПК) 20:5 ω3 кислотами. Известно, что ПНЖК являются важным эссенциальным фактором питания в связи с их участием в формировании мембран клеток головного мозга, зрительного анализатора и биологических мембран других органов и тканей (Koletzko et al., 2001).

Среди насыщенных кислот в тканевых липидах доминирует пальмитиновая кислота (16:0) — 19,5 %, среди мононенасыщенных — олеиновая (18:1 ω9) в количестве более 10 %, обладающая биологической активностью.

В липидах внутренностей минтая также преобладают ПНЖК, однако их массовая доля на 13,3 % ниже, чем в мышцах. Среди ПНЖК 67 % составляет сумма ЭПК и ДГК.

При хранении мороженого минтая в липидах мышечной ткани и внутренностей наблюдается гидролиз ПНЖК, в результате чего их массовая доля уменьшается, а мононенасыщенных кислот повышается (табл. 11). К 12 мес хранения количество ПНЖК в липидах как мышц, так и внутренних органов снижается соответственно на 9,7 и 5,7 %.

Таблица 11

Изменение состава жирных кислот в липидах минтая в процессе хранения,
% от общего содержания

Table 11

Change of fatty acids composition in lipids of *Th. chalcogramma* in the process of storage, %

Образец	Срок хранения, мес	Насыщенные	Мононенасыщенные	ПНЖК	Сумма ДГК и ЭПК
Мышечная ткань	Сырец	25,16	23,24	50,42	43,52
	6	28,92	25,11	45,13	39,92
	12	30,00	28,29	40,71	36,23
Внутренности	Сырец	29,20	32,10	37,73	25,28
	6	32,08	32,60	35,13	22,83
	12	33,12	33,88	32,04	21,12

При этом суммарное количество ДГК и ЭПК в мышечных липидах снижается с 43,5 до 36,2 %, в липидах внутренностей — с 25,3 до 21,1 % (табл. 11). Уменьшение содержания биологически активных жирных кислот ДГК и ЭПК при хранении мороженого минтая приводит к снижению пищевой и биологической ценности липидов.

Исследования показали, что мышечная ткань и внутренности минтая различаются по концентрации макро- и микроэлементов. Так, среди макроэлементов в мышцах преобладает калий, а во внутренностях — кальций (табл. 12). Содержание кальция во внутренностях в 3 раза больше, а магния почти в 2 раза меньше, чем в мышцах.

Таблица 12

Концентрация макро- и микроэлементов в мышечной ткани и внутренних органах минтая, мг/кг сухой ткани

Table 12

Concentration of macro- and microelements in muscles and viscera of pollock, mg/kg DW

Образец	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
Мышечная ткань	370	991	337	156	6,2	38	6,6	0,49
Внутренности	321	570	993	83	3,7	23	14,5	1,70

Среди микроэлементов в мышечной ткани и внутренностях минтая доминирует железо. Мышечная ткань минтая по сравнению с внутренностями содержит больше марганца, но меньше цинка и меди.

Концентрация в мышцах и внутренностях минтая токсичных элементов (табл. 13) независимо от района и времени вылова соответствует Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю).

Таблица 13

Концентрации токсичных элементов в мышечной ткани и внутренностях минтая, мг/кг сырой ткани

Table 13

Concentrations of toxic elements in muscles and viscera of pollock, mg/kg WW

Образец	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
Мышечная ткань	0,51	4,23	0,03	Не обнаружено
Внутренности	0,69	2,46	0,17	Не обнаружено
Норма	1,0	5,0	0,2	0,5

Привлекает внимание высокая концентрация кадмия во внутренних органах, а мышьяка в мышечной ткани. Эти данные свидетельствуют об избирательной способности органов минтая аккумулировать токсичные элементы и о необходимости тщательного контроля за их содержанием.

По содержанию хлорорганических пестицидов в мышечной ткани (0,017 мг/кг) и внутренних органах (0,053 мг/кг) и полихлорированных бифенилов (0,002–0,003 мг/кг) минтай, выловленный у побережья Приморья, соответствует Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю).

Установлено, что минтай, выловленный у побережья Приморья, по содержанию токсичных веществ является экологически безопасным для здоровья человека.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что минтай, выловленный в зал. Петра Великого, по химическому составу, пищевой и биологической ценности и показателям безопасности не имеет существенных отличий от минтая, обитающего в Охотском и Беринговом морях. Полученные результаты сопоставимы с данными исследований, проведенных пятнадцать лет и более назад (Леванидов, 1968; Кизеветтер, 1971; Справочник ..., 1998*).

* Справочник ... (1998).

Выводы

Минтай, выловленный в зал. Петра Великого, независимо от биологического состояния и сезона лова обладает низкой калорийностью и высокой биологической ценностью.

В процессе хранения минтая при температуре минус 18 °С содержание в тканях протеиногенных аминокислот, таурина и ансерина практически не изменяется, что свидетельствует о стабильности качества и биологической ценности мороженого минтая.

Мышечные липиды минтая содержат более 50 %, а внутренности более 37 % ПНЖК, среди которых 67,0 % (внутренности) и 86,3 % (мышечная ткань) приходится на докозагексаеновую и эйкозапентаеновую кислоты.

Минтай, выловленный у побережья Приморья, по содержанию в мышечной ткани и внутренних органах токсичных элементов и пестицидов соответствует Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю).

Список литературы

Ауэрман Т.Л., Генералова Т.Г., Суслянок Г.М. Основы биохимии : монография. — 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.

Захаров Л.А. Введение в промысловую океанологию : учеб. пособие. — Калининград : Калинингр. ун-т, 1998. — 84 с.

Кизеветтер И.В. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна : монография. — Владивосток : Дальиздат, 1971. — 298 с.

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

Леванидов И.П. Классификация рыб по содержанию в их мясе жира и белков // Рыб. хоз-во. — 1968. — № 10. — С. 64–66.

Олейник В.И. Линия производства филе минтая мороженого : курсовая работа. — Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2002. — 74 с.

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

Северин Е.С. Биохимия. 2 изд., испр. : монография. — М. : ГЭОТАР-МЕД, 2004. — 779 с.

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

Carreau J.P., Duback 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.

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

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.

Gherian V.M., Mulky M. Hypolipidemic action of taurine in rats // Indian journal of Experimental Biology. — 1992. — Vol. 30. — P. 413–417.

Koletzko B., Agostoni C., Carlsson S. et al. Long chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA) and perinatal development // Acta. Paediatr. Scand. — 2001. — Vol. 90. — P. 460–465.

Поступила в редакцию 31.07.14 г.