

Научная статья

УДК 664.953:597.541

DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-957-969

EDN: MTEOPV

**ПИЩЕВАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПАШТЕТНЫХ КОНСЕРВОВ ИЗ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ *SARDINOPS MELANOSTICTUS*****Л.В. Шульгина, К.Г. Павел, Е.А. Солодова, Е.В. Якуш***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИПРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Исследованы пищевая и биологическая ценность и липидные индексы здоровья 2 вариантов паштетных консервов из дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* (сардины иваси), в состав которых, кроме рыбы, входят овощи и вкусоароматические добавки. В консервы второго варианта дополнительно включено растительное масло, используемое для пассерования овощей. Установлено, что содержание белков в паштетных консервах составляет 13,7–15,5 %, жира — 14,3–17,4, углеводов — 4,6–4,8 %. Белки в консервах полноценные и сбалансированные по аминокислотному составу. Основным классом липидов в консервах из сардины иваси являются триацилглицериды, доля фосфолипидов — 6,0–6,4 %. В составе жирных кислот липидов наиболее многочисленной группой являются полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), которые в консервах из сардины иваси первого варианта составляют 38,80 % от общей суммы жирных кислот, второго варианта — 41,29 %. Количество ПНЖК в 100 г консервов — соответственно 5,86 и 7,05 г. В консервах первого варианта содержание ПНЖК омега-3 составляет 25,22 % от общего числа жирных кислот, омега-6 — 9,94 %. Содержание ПНЖК в консервах второго варианта — соответственно 18,60 и 20,53 %. В первом варианте доминирует эйкозапентаеновая кислота (ЭПК, 20:5 n-3) — 14,20 %, во втором преобладает линолевая кислота (18:2 n-6) — 19,57 %. Сумма ЭПК+ДГК (докозагексаеновая кислота) составляет в первом варианте 19,04 % от общего числа жирных кислот, в содержимом консервов — 3,14 г/100 г продукта. Во втором варианте количество ЭПК+ДГК — 14,11 % от общей суммы жирных кислот, или 2,40 г/100 г продукта. Для консервов определены липидные индексы здоровья («health lipid indices»), в основу расчета которых положены соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Индексы атерогенности и тромбогенности составляют для первого варианта продуктов соответственно 0,59 и 0,24, для второго — 0,41 и 0,24. Гипохолестеринэмический показатель липидного компонента паштетных консервов первого варианта — 2,26, второго — 3,49. Низкие значения индексов атерогенности и тромбогенности, а также высокое значение гипохолестеринэмических индексов характеризуют положительное влияние липидного профиля продуктов на холестериновый обмен и скорость тромбообразования в кровеносных сосудах человека.

* Шульгина Лидия Васильевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией, lvshulgina@mail.ru, ORCID 0000-0002-1767-0129; Павел Константин Геннадьевич, кандидат химических наук, ведущий специалист, kg.pavel@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1476-9577; Солодова Елена Афанасьевна, кандидат технических наук, ведущий специалист, elena.solodova@tinro-center.ru, ORCID 0000-0001-9847-413X; Якуш Евгений Валентинович, кандидат химических наук, первый заместитель руководителя филиала, evyakush@mail.ru, ORCID 0000-0001-7837-5943.

© Шульгина Л.В., Павел К.Г., Солодова Е.А., Якуш Е.В., 2022

Ключевые слова: паштетные консервы, дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus*, пищевая ценность, ПНЖК, липидные индексы здоровья

Для цитирования: Шульгина Л.В., Павел К.Г., Солодова Е.А., Якуш Е.В. Пищевая и биологическая ценность паштетных консервов из дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 4. — С. 957–969. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-957-969. EDN: МТЕОРV.

Original article

Nutritional and biological value of canned pate from japanese sardine *Sardinops melanostictus*

Lidia V. Shulgina*, Konstantin G. Pavel**, Elena A. Solodova***,
Evgeny V. Yakush****

*, **, ***, **** Pacific branch of VNIRO (TINRO),
Shevchenko Alley, 4, Vladivostok, 690091, Russia

* D.Biol., professor, head of laboratory, lvshulgina@mail.ru, ORCID 0000-0002-1767-0129

** Ph.D., leading specialist, kg.pavel@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1476-9577

*** Ph.D., leading specialist, elena.solodova@tinro-center.ru, ORCID 0000-0001-9847-413X

**** Ph.D., first deputy head of the branch, evyakush@mail.ru, ORCID 0000-0001-7837-5943

Abstract. Nutritional and biological value and the dietary lipid indices are determined for 2 recipes of pate canned food from japanese sardine *Sardinops melanostictus* (sardine-iwashi). The first recipe uses the fish and vegetable raw materials, but the second one includes additionally vegetable oil used for sautéing of the vegetables. The content of proteins in both products was 13.7–15.5 %, fat content — 14.3–17.4 %, carbohydrates — 4.6–4.8 %. The proteins were completed and balanced in terms of amino acid composition. The lipids were represented mainly by triacylglycerides, the portion of phospholipids was 6.0–6.4 %. Among fatty acids of the lipids, the most numerous group was PUFAs (38.8 % of the total amount of fatty acids for the 1st recipe, 41.3 % — for the 2nd recipe). The PUFAs amount in 100 g of canned food was 5.86 and 7.05 g, respectively. The content of omega-3 and omega-6 PUFA was 25.2 % and 9.9 % of the total number of fatty acids for the 1st recipe and 18.6 % and 20.5 % for the 2nd recipe. Among PUFAs, eicosapentaenoic acid (20:5 n-3) dominated in the pate of the 1st recipe (14.2 %) but linoleic acid (18:2 n-6) dominated for the 2nd one (19.6 %). The sum of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids was 19.0 % of total fatty acids or 3.14 g/100 g of the pate for the 1st recipe but 14.1 % or 2.40 g/100 g for the 2nd recipe. The dietary indices (or health lipid indices) were determined as the ratio of certain saturated and unsaturated fatty acids in the product. The indices of atherogenicity and thrombogenicity were 0.59 and 0.24 for the 1st recipe and 0.41 and 0.24 for the 2nd recipe, respectively. The hypocholesterolemic index was evaluated as 2.26 and 3.49 for the 1st and 2nd recipes, respectively. Low values of atherogenicity and thrombogenicity and high value of hypocholesterolemic index provide positive effect of the lipid profile on cholesterol metabolism and rate of thrombosis in the human blood vessels.

Keywords: canned pate, japanese sardine-iwashi, *Sardinops melanostictus*, nutritional value, PUFA, dietary lipid index

For citation: Shulgina L.V., Pavel K.G., Solodova T.A., Yakush E.V. Nutritional and biological value of canned pate from japanese sardine *Sardinops melanostictus*, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 4, pp. 957–969. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-957-969. EDN: МТЕОРV.

Введение

Одной из основных причин роста и развития неинфекционных хронических заболеваний (атеросклероза, артериальной гипертензии, сахарного диабета, онкологической патологии и др.), снижающих физиологическую активность организма человека и сокращающих продолжительность жизни, являются дефициты макро- и микронутриентов [Тутельян и др., 2002; Челнакова, Позняковский, 2015; Сергеев и др., 2016]. Среди последних особое внимание привлекают эссенциальные липиды, а именно полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) семейства омега-3, которые играют важную роль в профилактике и лечении различных заболеваний [Mori, 2017; Плотникова и др., 2018; Mocellin et al., 2018].

Богатыми источниками ПНЖК являются морская рыба и рыбные продукты [Акулин и др., 1995; Gladyshev et al., 2007, 2009; Шульгина и др., 2019; Shulgina et al., 2020]. Однако их жиры в процессе обработки рыбы и хранения рыбных продуктов очень нестойки, быстро подвергаются гидролизу и окислению [Акулин, Первунинская, 1974]. Например, кулинарная обработка рыбы (жарка, варка, запекание, тушение и др.) осуществляется при температуре 160–240 °С в присутствии кислорода, что активизирует гидролитические и окислительные процессы в продукте. Высокотемпературное консервирование рыбы по сравнению с кулинарной обработкой является более щадящим способом в отношении липидов. Консервы традиционно стерилизуют в закрытых банках или пакетах под вакуумом при температуре 115–120 °С, что значительно ниже температуры кулинарной обработки. На примере сайры тихоокеанской показано, что при стерилизации жирных рыб снижение содержания ПНЖК за счет термогидролиза не превышает 5–7 % [Шульгина и др., 2017]. В консервах в герметично закрытой банке отсутствует кислород, поэтому при стерилизации и их хранении не происходит окислительных процессов, исключается накопление продуктов перекисного окисления липидов, а также потеря питательных веществ [Давлетшина и др., 2019]. Инактивация микроорганизмов и ферментов при стерилизации позволяет хранить рыбные консервы длительное время (до 3 лет) в нерегулируемых температурных условиях без изменения качества.

Однако при изготовлении натуральных рыбных консервов под действием высокой температуры происходит отделение от плотной части жира с бульоном до 50 % [Швидкая, 1992; Акулин и др., 1995]. Как правило, потребителем используется только плотная часть содержимого консервов, а отделившийся жир не употребляется. При изготовлении паштетных консервов рыба измельчается до фарша, в который добавляются вкусоароматические и (или) структурообразующие компоненты. При стерилизации паштетных консервов отделение бульона и жира практически не происходит.

При употреблении рыбных продуктов с высоким содержанием ПНЖК может проявляться их защитное действие на организм человека [Kaizer et al., 1989; Sampath, Ntambi, 2005; Кулина и др., 2012; Плотникова, Сухих, 2016; Васильев, Стрельцова, 2017; Пристром и др., 2017]. Для оценки диетической ценности липидов в пищевых продуктах исследователи [Ulbricht, Southgate, 1991; Fernandes et al., 2014; Chen, Liu, 2020; Gómez-Limia et al., 2020] предложили липидные индексы здоровья («health lipid indices»), в основу расчета которых положены соотношения между насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами. Используя их, можно предположить положительное воздействие пищевого продукта при употреблении лицами из группы риска или при развитии у пациентов сердечно-сосудистых и других заболеваний.

Целью настоящей работы явилась оценка паштетных консервов из сардины иваси как специализированных продуктов для диетического питания на основе показателей биологической ценности и липидных индексов здоровья.

Материалы и методы

Для проведения исследований были использованы мороженая сардина иваси, а также изготовленные из нее паштетные консервы. Рыба была заморожена в блоках по 10 кг, срок хранения составлял не более 2 мес. при температуре минус 18 °С.

Размораживание и подготовку сардины иваси, материалов и тары, фасование, эксгаустирование и закатывание банок, стерилизацию и охлаждение, мойку и сушку консервов проводили по технологической инструкции по производству рыбных консервов*.

Разработку режима стерилизации консервов осуществляли в соответствии с РД 10.03.02-88 «Система технологической документации. Порядок разработки режимов

* Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов. СПб.: Судостроение, 2012. Т. 2. 272 с.

стерилизации и пастеризации консервов и консервированных полуфабрикатов». Температуру и фактический стерилизующий эффект контролировали на приборе СТ-9004 фирмы «Эллаб» (Дания).

Подготовку проб к анализу и определение содержания воды, белков, жира и минеральных веществ осуществляли стандартными методами [ГОСТ 7636-85].

Элементный состав определяли с помощью оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (модель Р400, Perkin Elmer, Шелтон, США) после кислотной обработки пробы и выпаривания.

Аминокислотный состав белков изучали с использованием автоматического аминокислотного анализатора L-8900 (Hitachi, Япония). Подготовку проб для анализа аминокислотного состава белков осуществляли методом кислотного гидролиза 6 N соляной кислотой. Сбалансированность белков оценивалась по индексам незаменимых аминокислот, представляющим отношение их фактического уровня в белках продукта к рекомендованному в стандартном белке FAO/WHO*.

Изучение фракционного состава липидов осуществляли методом тонкослойной хроматографии на аналитических пластинках «Sorbfil» («Сорбполимер», Россия) в системе растворителей гексан : диэтиловый эфир : уксусная кислота — 70 : 30 : 2 (по объему) в качестве элюента. Для проявления хроматограмм применяли 10 %-ный спиртовой раствор фосфорномолибденовой кислоты с последующим нагреванием пластинок при 110 °С. Идентификацию отдельных классов липидов проводили методом сравнения с нанесенными на пластинку стандартными соединениями. Для количественного определения применяли программное обеспечение ImageJ (National Institute of Health, США, v.1.47) [Schneider et al., 2012; Laggai et al., 2013].

Для изучения состава жирных кислот липиды переводили в метиловые эфиры жирных кислот [Carreau, Dubacq, 1978], которые после очистки препаративной тонкослойной хроматографией анализировали на хроматографе Shimadzu GC-14B (Япония) с использованием капиллярной колонки SupelcowaxTM 10 (30,0 м x 0,32 мм, толщина пленки 0,25 мкм, Supelco, США) и пламенно-ионизационного детектора при температуре колонки 190 °С и инжектора и детектора 240 °С. В качестве газа-носителя использовали гелий со скоростью потока 1 мл/мин и делителем потока 1/60. Идентификацию жирных кислот проводили с использованием индексов эквивалентной длины цепи [Christie, 1988]. Содержание отдельных жирных кислот определяли по площадям пиков с помощью базы обработки данных Shimadzu Chromatorac C-R4A (Япония).

Диетическую значимость липидов устанавливали по специальным липидным индексам: атерогенности (IA), тромбогенности (IT) [Ulbricht, Southgate, 1991; Chen, Liu, 2020] — и гипохолестеринемическому показателю соотношения гипо- (ненасыщенных) и гиперхолестеринемических (насыщенных) жирных кислот (h/H) [Fernandes et al., 2014].

Все цифровые величины, использованные при построении таблиц, обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel» 2014. Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили общепринятыми математическими методами с использованием компьютерных программ «Microsoft Excel» 2014. Результаты представляют собой средние значения и стандартное отклонение (\pm).

Результаты и их обсуждение

Для проведения исследований были изготовлены паштетные консервы, в составе которых доля филе сардины иваси составляла 65 %. Дополнительно в рецептуру консервов введены овощи (лук, морковь), молоко сухое, крахмал, вкусоароматические добавки (соль, пряности), которые способствовали улучшению органолептических

* Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

показателей продуктов. Были изготовлены 2 варианта консервов, различие которых состояло в способе подготовки овощей. В рецептуру консервов второго варианта входило в количестве 3,1 % к массе нетто подсолнечное масло, используемое на пассерование овощей, что несколько изменило липидный профиль продуктов. Подготовку сырья и компонентов, а также отдельные технологические операции при изготовлении консервов осуществляли по технологическим инструкциям*.

Готовые консервы представляли собой рыборастворительный продукт с высокими органолептическими характеристиками: приятным вкусом и запахом, свойственными составляющим компонентам; нежной и сочной консистенцией. Масса продукта была однородная, структура равномерная. Отделения жира от плотной части продукта или наличие тонкой жировой пленки не отмечалось.

Исследования химического состава консервов показали (табл. 1), что образцы двух вариантов были близки по содержанию белков, углеводов и минеральных веществ. В образцах консервов второго варианта содержание воды было несколько ниже, чем в образцах первого варианта, что связано с испарением влаги из овощей при их пассеровании. Более высокое содержание жирового компонента в образцах консервов второго варианта обусловлено растительным маслом, используемым для пассерования овощей.

Таблица 1

Химический состав паштетных консервов из сардины иваси, %

Table 1

Chemical composition of canned pate from sardine-ivashi, %

Показатель	Варианты консервов	
	1	2
Вода	65,9 ± 2,5	62,7 ± 2,4
Белок	13,7 ± 0,6	13,5 ± 0,7
Жир	14,3 ± 0,8	17,4 ± 0,7
Углеводы	4,6 ± 0,6	4,8 ± 0,8
Минеральные вещества	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,2

Белки в паштетных консервах из сардины иваси содержат все незаменимые и заменимые аминокислоты (табл. 2). Количество серосодержащих аминокислот (Met+Cys) в продуктах несколько ниже, чем в шкале эталонного белка, но превышает их минимальный уровень (2,2 г/100 г белка), поддерживающий аминокислотную структуру белков в тканях**. Содержание триптофана в консервах также превышает его минимальное значение для поддержания аминокислотной структуры, которое составляет 0,6 г/100 г белка. Поэтому белки в паштетных консервах из сардины иваси являются сбалансированными и полноценными.

Состав липидов в разных вариантах паштетных консервов из сардины иваси практически одинаков (табл. 3). Основным классом липидов являются триацилглицериды, доля фосфолипидов составляет около 6 % от общего количества липидов (табл. 3). Известно, что фосфолипиды оказывают положительное влияние на липидный обмен в организме человека при риске заболеваний печени и сердечно-сосудистой системы и используются для их лечения [Плотникова, Сухих, 2016; Кубекина и др., 2017; Lordan et al., 2018]. Рекомендуемая суточная доза фосфолипидов для взрослого человека составляет 5,0–7,0 г***. Содержание фосфолипидов в 100 г паштетных консервов из сардин — около 1,0 г, или около 15,0–20,0 % от суточной потребности в них для взрослого человека. В связи с этим паштетные консервы из сардины иваси могут являться дополнительными источниками этих функциональных ингредиентов.

* Сборник... [2012].

** Dietary... [2013].

*** МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. М.: РИК ГОУ ОГУ, 2004. 36 с.

Таблица 2
Аминокислотный состав белков в паштетных консервах из сардины иваси, г/100 г белка

Table 2

Amino acid composition of proteins in canned pate from sardine-iwashi, g/100 g

Незаменимая аминокислота	Эталонный белок*	Консервы		Заменимая аминокислота	Консервы	
		Вариант 1	Вариант 2		Вариант 1	Вариант 2
Val	4,9	5,8	5,8	Ala	6,3	6,1
Leu	7,5	8,1	8,2	Asp	9,2	9,5
Ile	3,5	4,2	4,2	Arg	5,4	5,0
Thr	4,2	4,7	4,6	Gly	5,3	5,5
Met+Cys	3,5	2,8	2,6	Glu	15,5	15,4
Phe+Tyr	7,3	8,3	8,0	Pro	6,5	7,0
Lys	7,3	8,0	8,3	Ser	4,7	4,6
Trp	1,2	1,0	1,0	Hys	4,2	4,6

* Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

Таблица 3
Состав липидов в паштетных консервах из сардины иваси

Table 3

Lipid composition of canned pate from sardine-iwashi

Класс липидов	Варианты консервов			
	1		2	
	Доля от общей суммы липидов, %	Г/100 г продукта	Доля от общей суммы липидов, %	Г/100 г продукта
Триаилглицериды	84,7	13,13	85,1	14,98
Свободные жирные кислоты	4,2	0,65	4,1	0,72
Стерины	2,5	0,39	2,4	0,42
Диацилглицериды	1,2	0,19	1,2	0,21
Эфиры стеринов	1,0	0,16	1,1	0,19
Полярные липиды (фосфолипиды)	6,4	1,00	6,0	1,05

Сравнительные данные по составу жирных кислот в образцах паштетных консервов из сардины иваси приведены в табл. 4.

Содержание насыщенных жирных кислот в паштетных консервах из сардины иваси 1-го варианта составило 26,41 % от общей суммы жирных кислот, в консервах 2-го варианта их было значительно меньше (21,81 % от суммы жирных кислот), что обусловлено большим содержанием в продукте растительного масла, использованного для пассерования лука и моркови. В растительном масле преобладают мононенасыщенные жирные кислоты [Химический состав..., 1987]. Среди насыщенных жирных кислот по количеству преобладала пальмитиновая кислота (16:0).

Не менее трети (33,43–35,47 %) всех жирных кислот в липидах консервов составляла группа мононенасыщенных жирных кислот. В зависимости от варианта паштетных консервов содержание их находилось в пределах 5,02–5,33 г/100 г продукта. В этой группе жирных кислот доминировала олеиновая кислота (18:1 n-9), что является закономерным для жира из морских рыб и растительного масла [Химический состав..., 1987]. Она используется человеком для поддержания нормального обмена веществ и энергии, а также для построения клеточного скелета [Титов и др., 2014].

Наиболее многочисленной группой жирных кислот в липидах паштетных консервов из сардины иваси явились ПНЖК. Их доля в липидах первого варианта паштетных консервов составляла 38,80 % от общей суммы жирных кислот (5,86 г/100 г продукта), во втором варианте — 41,29 % (7,05 г/100 г продукта). Однако в зависимости от варианта консервов содержание биологически значимых ПНЖК значительно различалось. В 1-м варианте паштетных консервов преобладали эйкозапентаеновая (ЭПК) (20:5 n-3)

Таблица 4

Состав жирных кислот в паштетных консервах из сардины иваси,
% от общей суммы жирных кислот

Table 4

Composition of fatty acids in canned pate from sardine-*iwashi*,
% of the total amount of fatty acids

Жирная кислота	Варианты консервов		Жирная кислота	Варианты консервов	
	1	2		1	2
12:0	0,49	0,47	16:2 n-4	1,09	0,75
14:0	6,09	4,36	16:4 n-1	1,94	1,31
i-15:0	0,22	0,13	18:2 n-9	0,11	0,10
15:0	0,39	0,23	18:2 n-6	9,01	19,57
16:0	15,36	12,79	18:2 n-4	0,25	0,18
i-17:0	0,27	0,20	18:3 n-6	0,24	0,19
ai-17:0	0,27	0,19	18:3 n-3	0,47	0,33
17:0	0,21	0,16	18:4 n-3	1,91	1,29
i-18:0	0,15	–	18:4 n-1	0,25	0,17
ai-18:0	0,10	–	20:2 n-9	–	–
18:0	2,48	2,65	20:2 n-6	0,12	0,15
20:0	0,16	0,19	20:3 n-6	0,13	–
22:0	0,22	0,33	20:4 n-6	0,44	0,33
24:0	–	0,11	20:4 n-3	0,80	0,52
Σ насыщенных	26,41	21,81	20:5 n-3	14,20	9,95
16:1 n-7	7,33	5,15	22:2	–	0,19
16:1 n-5	0,23	0,16	21:5 n-3	0,48	0,34
17:1 n-8	0,68	0,48	22:4 n-6	–	0,13
18:1 n-9	13,37	21,18	22:5 n-6	–	–
18:1 n-7	2,88	2,28	22:5 n-3	1,89	1,47
18:1 n-5	0,34	0,25	22:6 n-3	5,74	4,16
19:1 n-9	0,12	–	Σ полиненасыщенных	38,80	41,29
20:1 n-11	2,93	2,17	Σ жирных кислот n-3	25,22	18,06
20:1 n-9	1,50	1,20	Σ жирных кислот n-6	9,94	20,53
20:1 n-7	0,17	0,12	Σ n-3/Σ n-6	2,54	0,88
22:1 n-11	2,91	2,19	Σ ЭПК и ДГК	19,94	14,11
22:1 n-9	0,50	0,35			
24:1 n-9	0,46	0,34			
Σ мононенасыщенных	33,43	35,87			

и докозагексаеновая (ДГК) (22:6 n-3) жирные кислоты, их сумма составляла 19,94 % от общего числа жирных кислот (или 3,0 г/100 г продукта). ПНЖК липидов в консервах 2-го варианта в наибольшем количестве представлены линолевой кислотой (18:2 n-6) — 19,57 % от общей суммы жирных кислот, или 3,34 г/100 г продукта. Сумма ЭПК и ДГК во втором варианте консервов составляла 14,11 % от их общего числа (или 2,41 г/100 г продукта). Известно, что рекомендуемая суточная доза омега-3 жирных кислот, включая ЭПК и ДГК, для взрослого человека — 1,0–4,0 г*. Содержание ПНЖК омега-3 в 100 г паштетных консервов из сардины иваси позволяет полностью удовлетворить потребности здорового или больного человека в этих веществах.

Для оценки потенциального положительного эффекта липидного профиля паштетных консервов из сардины иваси были определены специальные индексы, рекомендованные для определения диетического действия жирных кислот в продуктах питания [Ulbricht, Southgate, 1991; Fernandes et al., 2014; Chen, Liu, 2020] (табл. 5).

* МР 2.3.1.1915-04... [2004].

Липидные индексы здоровья паштетных консервов из сардины иваси

Table 5

Dietary lipid indices for canned pate from sardine-iwashi

Индекс	Варианты консервов	
	1	2
Атерогенность (IA)	0,59	0,41
Тромбогенность (IT)	0,24	0,24
Гипохолестеринемический показатель (h/H)	2,26	3,49

Индекс атерогенности (IA) показывает взаимосвязь между суммой насыщенных и ненасыщенных жирных кислот и характеризует атерогенный потенциал жирных кислот продукта [Ulbricht, Southgate, 1991; Chen, Liu, 2020]. Потребление продуктов с более низким значением IA способствует снижению холестерина низкой плотности в плазме человека. Для рыбы этот индекс находится в пределах 0,50–1,79, моллюсков — 0,20–1,17, мяса — 0,11–1,41. Нами установлено, что значения IA липидного профиля паштетных консервов из сардины иваси более низкие, чем у большинства рыбных и мясных продуктов. В первом варианте консервов значение IA составляет 0,59, во втором — 0,41. Различие в этих индексах и, по-видимому, антиатерогенных свойств липидов объясняется разным соотношением отдельных групп ПНЖК, в частности омега-6/омега-3. В консервах второго варианта содержание омега-6 значительно выше (20,53 % от суммы жирных кислот), чем в первом (9,94 %). Это обусловлено тем, что в состав консервов второго варианта входит подсолнечное масло, в котором 59,8 % жирных кислот представлены линолевой кислотой (18:2 n-6) [Химический состав..., 1987].

Индекс тромбогенности (IT) характеризует тромбогенный потенциал жирных кислот липидов в продуктах питания, т.е. их способность влиять на свертываемость крови и здоровье человека [Ulbricht, Southgate, 1991; Calabrò et al., 2015; Chen, Liu, 2020]. Известно, что протромбогенными являются насыщенные жирные кислоты (C12:0, C14:0 и C16:0), а антитромбогенными — мононенасыщенные и ПНЖК. Композиция этих жирных кислот в рационе питания характеризует склонность к образованию тромбов в крови сосудов человека: чем выше индекс, тем выше скорость тромбообразования. Более низкое значение IT характеризует положительное воздействие липидов за счет замедления скорости тромбообразования в сосудах. Установлено, что значения IT для рыбных продуктов составляют 0,14–0,87, для мясных — 0,39–1,69. Наши исследования показали, что для паштетных консервов из сардины иваси индексы одинаковые (0,24) и значительно ниже, чем у многих других пищевых продуктов.

Гипохолестеринемический показатель (h/H) рекомендован для оценки влияния липидного профиля продуктов на общий уровень холестерина в крови человека [Fernandes et al., 2014; Tonial et al., 2014; Paiva et al., 2016; Rincón-Cervera et al., 2020]. Он представляет собой соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот в липидах продуктов и предложен как показатель качества рациона питания и укрепления здоровья. Повышенное значение данного индекса характеризует высокую ценность жира в продуктах питания, а также способность их снизить риск развития нарушений липидного обмена в организме человека и при сердечно-сосудистых заболеваниях. Значение h/H для паштетных консервов из сардины иваси первого варианта составило 2,26, для второго — 3,49. Высокое значение этого показателя для паштетных консервов 2-го варианта, по нашему мнению, обусловлено высоким содержанием ПНЖК как омега-3, так и омега-6, что выше, чем у некоторых других рыбных и мясных продуктов.

Выводы

Паштетные консервы из сардины иваси и растительного сырья характеризуются высокой биологической ценностью и являются источником эссенциальных липидов.

Исследованы два варианта паштетных консервов на основе сардины иваси, различающихся соотношением отдельных групп ПНЖК, в частности омега-3 и омега-6 жирных кислот. В состав консервов второго варианта входит растительное масло, в результате чего в липидах $\frac{1}{2}$ часть ПНЖК представлена омега-6 жирными кислотами (20,53 % от суммы жирных кислот). В образцах первого варианта количество ПНЖК омега-6 составляет всего 9,94 %.

Липидный профиль паштетных консервов из сардины иваси имеет низкие значения индексов IA (0,59 и 0,41) и IT (по 0,24), а также высокое значение показателя h/H (2,26 и 3,49), что обуславливает их высокие функциональные свойства за счет предполагаемого положительного влияния на холестеринный обмен и скорость тромбообразования в сосудах.

Более низким индексом IA (0,41) и высоким значением показателя h/H (3,49) характеризуется второй вариант консервов, в липидах которого по сравнению с консервами первого варианта содержится значительно больше ПНЖК омега-6 (20,53 %). Это характеризует липидный профиль продуктов наиболее физиологичным соотношением отдельных групп ПНЖК (омега-6 и омега-3).

Паштетные консервы из сардины иваси и овощей соответствуют требованиям, предъявляемым к специализированной продукции для диетического питания, как источники эссенциальных липидов. Введение в рацион питания лицам из группы риска или больным сердечно-сосудистыми заболеваниями паштетных консервов из сардины иваси с физиологичным соотношением жирных кислот будет способствовать снижению риска развития этих патологий.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность ведущему специалисту аналитической научно-испытательной лаборатории Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО) Г.В. Самойленко за оказание помощи при изучении химического состава паштетных консервов и аминокислотного состава белков.

The authors are grateful to G.V. Samoylenko, leading specialist of the Analytical Research and Testing Laboratory of TINRO, for his assistance in chemical analyses.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.
The study was funded by the state budget.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все приемлемые национальные, институциональные и международные этические принципы соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable national, institutional and international ethical guidelines are implemented. The authors declare that they have no conflict of interests.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Л.В. Шульгина — планирование работ, анализ результатов, написание статьи; К.Г. Павел — выполнение химических исследований, обработка данных; Е.А. Солодова — выполнение технологических исследований, обработка данных; Е.В. Якуш — планирование работ, обсуждение полученных данных.

L.V. Shulgina — the study planning and management, analysis of the results, writing the text; K.G. Pavel — chemical analyses and the data processing; E.A. Solodova — technological investigations and the data processing; E.V. Yakush — general supervision, discussing of the results.

Список литературы

- Акулин В.Н., Блинов Ю.Г., Швидкая З.П., Попков А.А.** Состав липидов натуральных консервов из некоторых видов рыб и беспозвоночных // Изв. ТИНРО. — 1995. — Т. 118. — С. 48–53.
- Акулин В.Н., Первунинская Т.А.** Жирнокислотный состав липидов некоторых видов тихоокеанских рыб // Исследования по технологии рыбных продуктов. — Владивосток : ТИНРО, 1974. — Вып. 5. — С. 39–42.
- Васильев А.П., Стрельцова Н.Н.** Омега-3-жирные кислоты в кардиологической практике // Consilium Medicum. — 2017. — Т. 19, № 10. — С. 96–104. DOI: 10.26442/2075-1753_19.10.96-104.
- Давлетшина Т.А., Долбина Н.В., Солодова Е.А. и др.** Технология консервов // Энциклопедия «Пищевые технологии». Технологии рыбной промышленности. В 2 частях. — М. : ВНИРО, 2019. — Ч. 2. — С. 8–163.
- Кубекина М.В., Мясоедова В.А., Карагодин В.П., Орехов А.Н.** Фосфолипиды пищи: влияние на липидный обмен и факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний // Вопр. питания. — 2017. — Т. 86, № 3. — С. 6–18.
- Кулина Е.В., Смолина Ю.А., Османов И.М. и др.** Роль омега-3 жирных кислот при прогрессирующих заболеваниях почек // Рос. вестн. перинатологии и педиатрии. — 2012. — Т. 57, № 4-1. — С. 81–86.
- Плотникова Е.Ю., Синькова М.Н., Исаков Л.К.** Роль омега-3 ненасыщенных кислот в профилактике и лечении различных заболеваний // Лечащий врач. — 2018. — № 7. — С. 63–67.
- Плотникова Е.Ю., Сухих А.С.** Липиды: гепатопротекторы, точки приложения, фармакологические эффекты // Consilium Medicum. — 2016. — № 1. — С. 5–12.
- Пристром М.С., Семенов И.И., Олихвер Ю.А.** Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты: механизмы действия, доказательства пользы и новые перспективы применения в клинической практике // Мед. новости. — 2017. — № 3. — С. 13–16.
- Сергеев В.Н. Михайлов, В.И., Шестопапов, А.Е., Тарасова, Л.В.** Значение лечебно-профилактического питания в комплексном лечении заболеваний // Вестн. неврологии, психиатрии и нейрохирургии. — 2016. — № 8. — С. 70–74.
- Титов В.Н., Дыгай А.М., Котловский М.Ю. и др.** Пальмитиновая, олеиновая кислоты и их роль в патогенезе атеросклероза // Бюл. сибирской медицины. — 2014. — Т. 13, № 5. — С. 149–159. DOI: 10.20538/1682-0363-2014-5-149-159.
- Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П., Кудашева В.А.** Микронутриенты в питании здорового и больного человека : моногр. — М. : Колос, 2002. — 424 с.
- Химический состав пищевых продуктов. Справочник** / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Агропромиздат, 1987. — 358 с.
- Челнакова Н.Г., Позняковский В.М.** Питание и здоровье современного человека : моногр. — Ростов н/Д: Старые русские, 2015. — 224 с.
- Швидкая З.П.** Консервы «Сельдь иваси натуральная» — источник ЭПК в питании человека // Экологические проблемы питания населения Украины : тез. докл. Междунар. конф. — Киев, 1992. — С. 109.
- Шульгина Л.В., Давлетшина Т.А., Павловский А.М. и др.** Консервы из сайры тихоокеанской — источник полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 191. — С. 235–242. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-235-242.
- Шульгина Л.В., Давлетшина Т.А., Павловский А.М. и др.** Состав липидов и жирных кислот в мышечной ткани японской скумбрии *Scomber japonicus* // Изв. ТИНРО. — 2019. — Т. 196. — С. 193–203. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-196-193-203.
- Calabrò S., Cutrignelli M.I., Lo Presti V. et al.** Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.) // J. Sci. Food Agric. — 2015. — Vol. 95. — P. 3127–3136. DOI: 10.1002/jsfa.7049.
- Carreau J.P., Dubacq J.P.** Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. — 1978. — Vol. 151, Iss. 3. — P. 384–390. DOI: 10.1016/S0021-9673(00)88356-9.
- Chen J., Liu H.** Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review // Int. J. Mol. Sci. — 2020. — Vol. 21(16). 5695. DOI: 10.3390/ijms21165695.
- Christie W.W.** Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography A reappraisal // J. Chromatogr. — 1988. — Vol. 447, Iss. 2. — P. 305–314. DOI: 10.1016/0021-9673(88)90040-4.
- Fernandes C.E., da Silva Vasconcelos M.A., de Almeida Ribeiro M. et al.** Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil // Food Chem. — 2014. — Vol. 160. — P. 67–71. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.055.

Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Gubanenko G.A. et al. Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species // *Food Chem.* — 2007. — Vol. 101. — P. 1694–1700. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.04.029.

Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Makhutova O.N., Kalachova G.S. Content of essential polyunsaturated fatty acids in three canned fish species // *Int. J. Food Sci. Nutr.* — 2009. — Vol. 60, Iss. 3. — P. 224–230. DOI: 10.1080/09637480701664761.

Gómez-Limia L., Cobas N., Franco I., Martínez-Suárez S. Fatty acid profiles and lipid quality indices in canned European eels: Effects of processing steps, filling medium and storage // *Food Res. Int.* — 2020. — Vol. 136: 109601. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109601>.

Kaizer L., Boyd N.F., Krinkov V., Tritchler, D. Fish consumption and breast cancer risk: an ecological study // *Nutrition and Cancer.* — 1989. — Vol. 12. — P. 61–68.

Laggai S., Simon Y., Ransweiler T. et al. Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH // *World J. Hepatol.* — 2013. — Vol. 5, Iss. 10. — P. 558–567. DOI: 10.4254/wjh.v5.i10.558.

Lordan R., Nasopoulou C., Tsoupras A., Zabetakis I. The Anti-inflammatory Properties of Food Polar Lipids // *Bioactive Molecules in Food.* — Springer, Cham., 2018. — P. 1–34. DOI: 10.1007/978-3-319-54528-8_95-1.

Mocellin M.C., Fernandes R., Chagas T.R., Trindade E.B. A meta-analysis of n-3 polyunsaturated fatty acids effects on circulating acute-phase protein and cytokines in gastric cancer // *Clinical Nutrition.* — 2018. — Vol. 37(3). — P. 840–850.

Mori T.A. Marine OMEGA-3 fatty acids in the prevention of cardiovascular disease // *Fitoterapia.* — 2017. — Vol. 123. — P. 51–58. DOI: 10.1016/j.fitote.2017.09.015.

Paiva L., Lima E., Neto A.I. et al. Health-promoting ingredients from four selected Azorean macroalgae // *Food Res. Int.* — 2016. — Vol. 89. — P. 432–438. DOI: 10.1016/j.foodres.2016.08.007.

Rincón-Cervera M.Á., González-Barriga V., Romero J. et al. Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species // *Foods.* — 2020. — Vol. 9(2). — P. 233. DOI: 10.3390/foods9020233.

Sampath H., Ntambi J.M. Polyunsaturated fatty acid regulation of genes of lipid metabolism // *Annu. Rev. Nutr.* — 2005. — Vol. 25(1). — P. 317–340. DOI: 10.1146/annurev.nutr.25.051804.101917.

Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis // *Nat. Methods.* — 2012. — Vol. 9, № 7. — P. 671–675.

Shulgina L.V., Davletshina T.A., Pavlovskii A.M., Pavel K.G. Lipid and Fatty-Acid Compositions of Muscle Tissue from *Sardinops melanostictus* // *Chemistry of Natural Compounds.* — 2020. — Vol. 56, Iss. 2. — P. 305–308. DOI: 10.1007/s10600-020-03014-1.

Tonial I.B., Oliveira D.F., Coelho A.R. et al. Quantification of essential fatty acids and assessment of the nutritional quality indexes of lipids in tilapia alevins and juvenile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) // *J. Food Res.* — 2014. — Vol. 3. — P. 105–114. DOI: 10.5539/jfr.v3n3p105.

Ulbricht T.L.V., Southgate D.A.T. Coronary heart disease: seven dietary factors // *The Lancet.* — 1991. — Vol. 338(8773). — P. 985–992. DOI: 10.1016/0140-6736(91)91846-m.

References

Akulin, V.N., Blinov, Yu.G., Shvidkaya, Z.P., and Popkov, A.A., Lipid composition of natural canned products from several species of fish and invertebrates, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1995, vol. 118, pp. 48–53.

Akulin, V.N. and Pervuninskaya T.A., Fatty acid composition of lipids of some Pacific species, in *Issledovaniya po tekhnologii rybnikh produktov* (Investigations on the Technology of Fish Products), Vladivostok: TINRO, 1974, no. 5, pp. 39–42.

Vasilev, A.P. and Streltsova, N.N., Omega-3 fatty acids in cardiology practice, *Consilium Medicum*, 2017, vol. 19, no. 10, pp. 96–104. doi 10.26442/2075-1753_19.10.96-104

Davletshina, T.A., Dolbnina, N.V., Solodova, E.A., Shvidkaya, Z.P., Shulgina, L.V., and Yakush, E.V., Canned Food Technology, in *Entsiklopediya «Pishchevyye tekhnologii». Tekhnologii rybnoy promyshlennosti* (Encyclopedia “Food Technologies”. Technologies of the fishing industry), Moscow: VNIRO, 2019, vol. 2, pp. 8–163.

Kubekina, M.V., Myasoedova, V.A., Karagodin, V.P., and Orekhov, A.N., Dietary phospholipids: lipid metabolism and risk factors for cardiovascular diseases, *Vopr. Pitaniya*, 2017, vol. 86, no. 6, pp. 6–18.

Kulina, E.V., Smolina, Yu.A., Osmanov, I.M., Sukhorukov, V.S., Mamedov, I.S., and Zolkina, I.V., Role of omega-3 fatty acids in progressive renal diseases, *Russian bulletin of perinatology and pediatrics*, 2012, vol. 57, no. 4(1), pp. 81–86.

Plotnikova, E.Yu., Sinkova, M.N., and Isakov, L.K., Role of omega-3 unsaturated acids in prevention and treatment of different diseases, *Lechashchiy vrach*, 2018, no. 7, pp. 63–67.

Plotnikova, E.Yu. and Sukhikh, A.S., Lipids: hepatoprotectors, the point of application, the pharmacological effects, *Consilium Medicum*, 2016, no. 1, pp. 5–12.

Pristrom, M.S., Semenkov, I.I., Olikhver, Yu.A., Omega-3 polyunsaturated fatty acids: mechanisms of action, evidence of benefits and new prospects for use in clinical practice, *Meditinskije novosti*, 2017, no. 3, pp. 13–16.

Sergeev, V.N., Mikhailov, V.I., Shestopalov, A.E., and Tarasova, L.V., Importance of healthful and dietary meals in complex treatment of the diseases, *Bulletin of neurology, psychiatry and neurosurgery*, 2016, no. 8, pp. 70–74.

Titov, V.N., Dygai, A.M., Kotlovskiy, M.Yu., Kurdoyak, Y.V., Yakimenko, A.V., Yakimovich I., Yu., Aksyutina, N.V., and Kotlovskiy, Yu.V., Palmitic and oleic acids and their role in pathogenesis of atherosclerosis, *Bulletin of Siberian Medicine*, 2014, vol. 13, no. 5, pp. 149–159. doi 10.20538/1682-0363-2014-5-149-159

Tutelyan, V.A., Spirichev, V.B., Sukhanov, B.P., and Kudasheva, V.A., *Mikronutriyenty v pitanii zdorovogo i bol'nogo cheloveka* (Micronutrients in the nutrition of a healthy and sick person), Moscow: Kolos, 2002.

Khimicheskij sostav pishchevykh produktov. Spravochnik (The chemical composition of food), Skurikhin, I.M., Volgarev, M.N., eds, Moscow: Agropromizdat, 1987.

Chelnakova, N.G. and Poznyakovskiy, V.M., *Pitanie i zdorov'e sovremennogo cheloveka* (Nutrition and health of modern man), Rostov-na-Donu: Staryye russkiye, 2015.

Shvidkaya, Z.P., Canned “Natural Ivasi herring”, a source of EPA in human nutrition, in *Tezisy dokl. Mezhdunar. konf. “Ekologicheskie problemy pitaniya naseleniya Ukrainy”* (Proc. Int. Conf. “Ecological Problems of Nutrition of the Population of Ukraine”), Kiev, 1992, pp. 109.

Shulgina, L.V., Davletshina, T.A., Pavlovsky, A.M., Solodova, E.A., Pavel', K.G., and Yakush, E.V., Canned goods from pacific saury — a source of polyunsaturated fatty acids of the omega-3 family, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 191, pp. 235–242. doi 10.26428/1606-9919-2017-191-235-242

Shulgina, L.V., Davletshina, T.A., Pavlovsky, A.M., Solodova, E.A., and Pavel, K.G., Composition of lipids and fatty acids in muscle tissue of chub mackerel *Scomber japonicus*, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 196, no. 1, pp. 193–203. doi 10.26428/1606-9919-2019-196-193-203

Calabrò, S., Cutrignelli, M.I., Lo Presti, V., Tudisco, R., Chiofalo, V., Grossi, M., Infascelli, F., and Chiofalo, B., Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.), *J. Sci. Food Agric.*, 2015, vol. 95, no. 15, pp. 3127–3136. doi 10.1002/jsfa.7049

Carreau, J.P. and Dubacq, J.P., Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts, *J. Chromatogr.*, 1978, vol. 151, no. 3, pp. 384–390. doi 10.1016/S0021-9673(00)88356-9

Chen, J. and Liu, H., Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review, *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 16, 5695. doi 10.3390/ijms21165695

Christie, W.W., Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography A reappraisal, *J. Chromatogr.*, 1988, vol. 447, no. 2, pp. 305–314. doi 10.1016/0021-9673(88)90040-4

Fernandes, C.E., da Silva Vasconcelos, M.A., de Almeida Ribeiro, M., Sarubbo, L.A., Andrade, S.A.C., and de Melo Filho, A.B., Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil, *Food Chem.*, 2014, vol. 160, pp. 67–71. doi 10.1016/j.foodchem.2014.03.055

Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N., Gubanenko, G.A., Demirchieva, S.M., and Kalachova, G.S., Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species, *Food Chem.*, 2007, vol. 101, pp. 1694–1700. doi 10.1016/j.foodchem.2006.04.029

Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N., Makhutova, O.N., and Kalachova, G.S., Content of essential polyunsaturated fatty acids in three canned fish species, *Int. J. Food Sci Nutr*, 2009, vol. 60, no. 3, pp. 224–230. doi 10.1080/09637480701664761

Gómez-Limia, L., Cobas, N., Franco, I., Martínez-Suárez, S., Fatty acid profiles and lipid quality indices in canned European eels: Effects of processing steps, filling medium and storage, *Food Res. Int.*, 2020, vol. 136, 109601. doi 10.1016/j.foodres.2020.109601

Kaizer, L., Boyd, N.F., Krinkov, V., and Tritchler, D., Fish consumption and breast cancer risk: an ecological study, *Nutrition and Cancer*, 1989, vol. 12, pp. 61–68.

Laggai, S., Simon, Y., Ransweiler, T., Kiemer, A.K., and Kessler, S.M., Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH, *World J. Hepatol.*, 2013, vol. 5, no. 10, pp. 558–567. doi 10.4254/wjh.v5.i10.558

Lordan, R., Nasopoulou, C., Tsoupras, A., and Zabetakis, I., The Anti-inflammatory Properties of Food Polar Lipids, *Bioactive Molecules in Food*, Mérillon, J.M., Ramawat, K., eds, Springer, Cham., 2018, pp. 1–34. doi 10.1007/978-3-319-54528-8_95-1

Mocellin, M.C., Fernandes, R., Chagas, T.R., and Trindade, E.B., A meta-analysis of n-3 polyunsaturated fatty acids effects on circulating acute-phase protein and cytokines in gastric cancer, *Clin. Nutr.*, 2018, vol. 37, no. 3, pp. 840–850.

Mori, T.A., Marine OMEGA-3 fatty acids in the prevention of cardiovascular disease, *Fito-terapia*, 2017, vol. 123, pp. 51–58. doi 10.1016/j.fitote.2017.09.015

Paiva, L., Lima, E., Neto, A.I., Marcone, M., and Baptista, J., Health-promoting ingredients from four selected Azorean macroalgae, *Food Res. Int.*, 2016, vol. 89, pp. 432–438. doi 10.1016/j.foodres.2016.08.007

Rincón-Cervera, M.Á., González-Barriga, V., Romero, J., Rojas, R., and López-Arana, S., Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species, *Foods*, 2020, vol. 9, no. 2, pp. 233. doi 10.3390/foods9020233

Sampath, H. and Ntambi, J.M., Polyunsaturated fatty acid regulation of genes of lipid metabolism, *Annu. Rev. Nutr.*, 2005, vol. 25, no. 1, pp. 317–340. doi 10.1146/annurev.nutr.25.051804.101917

Schneider, C.A., Rasband, W.S., and Eliceiri, K.W., NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis, *Nat. Methods*, 2012, vol. 9, no. 7, pp. 671–675.

Shulgina, L.V., Davletshina, T.A., Pavlovskii, A.M., and Pavel, K.G., Lipid and Fatty-Acid Compositions of Muscle Tissue from *Sardinops melanostictus*, *Chemistry of Natural Compounds*, 2020, vol. 56, no. 2, pp. 305–308. doi 10.1007/s10600-020-03014-1

Tonial, I.B., Oliveira, D.F., Coelho, A.R., Matsushita, M., Coró, F.A.G., De Souza, N.E., and Visentainer, J.V., Quantification of essential fatty acids and assessment of the nutritional quality indexes of lipids in tilapia alevins and juvenile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*), *J. Food Res.*, 2014, vol. 3, pp. 105–114. doi 10.5539/jfr.v3n3p105

Ulbricht, T.L.V. and Southgate, D.A.T., Coronary heart disease: seven dietary factors, *The Lancet*, 1991, vol. 338, no. 8773, pp. 985–992. doi 10.1016/0140-6736(91)91846-m

Sbornik tekhnologicheskikh instruktsiy po proizvodstvu konservov i preservov iz ryby i nerybnykh ob'yektov (Collection of technological instructions for the production of canned food and preserves from fish and non-fish objects), St. Petersburg: Sudostroyeniye, 2012, vol. 2.

Dietary protein quality evaluation in human nutrition, Report of an FAO Expert Consultation, Rome: FAO, 2013, <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

MR 2.3.1.1915-04. Rekomenduyemye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheski aktivnykh veshchestv (Recommended levels of consumption of food and biologically active substances), Moscow: RIK GOU OGU, 2004.

Поступила в редакцию 18.10.2022 г.

После доработки 21.11.2022 г.

Принята к публикации 21.11.2022 г.

The article was submitted 18.10.2022; approved after reviewing 21.11.2022;

accepted for publication 21.11.2022