



УДК 664.951.4:597.556.334

Технология переработки водных биоресурсов

Консервы «Паштет из сайры тихоокеанской» и их значение в питании человека

Л.В. Шульгина, Е.В. Якуш, А.Р. Бутенко

Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), пер. Шевченко, 4, г. Владивосток, 690091

E-mail: lvshulgina@mail.ru

SPIN-коды: Л.В. Шульгина – 1979-4975; Е.В. Якуш – 5481-6044; А.Р. Бутенко – 6590-5633.

Цель работы: разработать новый ассортимент консервов – паштетов из сайры тихоокеанской и дополнительных компонентов, улучшающих вкусовые и качественные характеристики, оценить их пищевую ценность и биологическую эффективность липидов.

Материалы и методы: основными объектами для исследований являлись мороженая сайра тихоокеанская и изготовленные из неё консервы – паштеты. Для оценки положительного влияния консервов на здоровье человека исследован их жирно-кислотный состав и рассчитаны пищевые индексы качества липидов.

Результаты: разработаны 2 ассортимента консервов «Паштет из сайры тихоокеанской» из рыбы без предварительной тепловой обработки, которые по органолептическим свойствам превосходят традиционный вид консервов – паштетов, включающих фарш бланшированной сайры. Количество ПНЖК омега-3 в содержимом консервов составляло 4,6–4,8 г/100 г, ЭПК+ДГК – 3,0–3,16 г/100 г, что полностью обеспечивало суточную потребность здорового и больного человека в них. Рассчитанные показатели биологической эффективности жирового компонента продуктов показали потенциальную способность их нормализовать липидный обмен у человека и снижать риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Практическая значимость: консервы «Паштет из сайры тихоокеанской» предложены для промышленного выпуска и могут быть рекомендованы для включения в рацион отдельных групп населения как продукты для диетического профилактического питания.

Новизна работы: элементами новизны научной работы является расчёт индексов качества липидов новых видов паштетных консервов из сайры тихоокеанской, которые характеризуют положительное влияние новых продуктов на здоровье человека.

Ключевые слова: сайра тихоокеанская *Cololabis saira*, консервы – паштеты, пищевая ценность, биологическая эффективность, ПНЖК омега-3, индексы качества липидов.

Pate canned Pacific saury and its importance in human nutrition

Liliya V. Shulgina, Evgeniy V. Yakush, Alexandr R. Butenko

Pacific branch of VNIRO («ТИНРО»), 4, per. Shevchenko, Vladivostok, 690091, Russia

The aim: To develop a new range of canned products – pates from raw Pacific saury and additional components that improve taste and quality characteristics, to evaluate their nutritional value and biological efficiency of lipids.

Materials and methods: the main objects of the research were frozen Pacific saury and canned pates made from it. To assess the positive impact of canned food on human health, their fatty acid composition was studied and food indices of lipid quality were calculated.

The results: Two assortments of canned food “Pacific saury pate” have been developed from fish without preliminary heat treatment, which surpass the traditional type of canned food-pates, including blanched saury mince, in terms of organoleptic properties. The amount of omega-3 PUFA in the contents of the canned food was 4.6–4.8 g/100 g, EPA+DHA – 3.0–3.16 g/100 g, which fully met the daily requirement of a healthy and sick person for them. The calculated indicators of the biological efficiency of the fat component of the products showed their potential ability to normalize lipid metabolism in humans and reduce the risk of cardiovascular diseases.

The practical significance: Canned food “Pacific saury pate” is proposed for industrial production and can be recommended for inclusion in the diet of certain groups of the population as products for dietary preventive nutrition.

Novelty: The novelty of the scientific work is the calculation of lipid quality indices of new types of pate canned Pacific saury, which characterize the positive impact of new products on human health.

Keywords: Pacific saury *Cololabis saira*, canned pate, nutritional value, biological efficiency, omega-3 PUFA, lipid quality indices.

ВВЕДЕНИЕ

Тихоокеанская сайра (*Cololabis saira* (Brevoort, 1856)) является одним из наиболее важных традиционных промысловых видов северо-западной части Тихого океана [Акулин и др., 2022]. Величина рекомендуемого изъятия сайры тихоокеанской в дальневосточном рыбохозяйственном регионе в последние годы составляла 110 тыс. т. Основная часть уловов сайры в мороженом виде направляется на производство натуральных консервов и натуральных с добавлением масла. При стерилизации таких консервов из сайры тихоокеанской происходит отделение бульона и жира от плотной части до 30%. Обычно потребителем используется только плотная часть консервов, а отделившийся жир чаще всего не употребляется. В структурированном рыбном продукте, например, в виде паштета, отделения жидкой части не происходит. В ГОСТ 7457¹ предусмотрен ассортимент «Паштет из сайры», в состав которого входит фарш из бланшированной рыбы. Однако при бланшировании сайры тихоокеанской происходит отделение влаги и жира, потери массы составляют 11-17% и увеличивается расход сырья на единицу готовой продукции [Сборник ..., Т. 1, 2012]. Изготовленные по данной технологии консервы характеризуются пониженными органолептическими характеристиками (плотной и крошливой консистенцией), поэтому продукты не пользуются покупательским спросом. Известно, что добавление растительных компонентов в состав фарша из сырой рыбы позволяет значительно улучшить органолептические свойства рыбных консервов – паштетов [Шульгина и др., 2022]. Присутствующие в растительном сырье пищевые волокна и пектиновые вещества обуславливают комплексообразующие, желатинирующие и другие свойства продуктов, а также повышают вкусоароматические характеристики [Патиева, Лисицкая, 2016].

Разработка консервированных продуктов «Паштет из сайры тихоокеанской» с использованием растительных компонентов позволит расширить линейку стерилизованной рыбной продукции с сохранением ценных липидов.

Целью настоящей работы явилась разработка нового ассортимента консервов – паштетов из сайры тихоокеанской и дополнительных компонентов, улучшающих вкусовые и качественные характеристики, оценка их пищевой ценности и биологической эффективности липидов.

¹ ГОСТ 7457-2007. Консервы-паштеты из рыбы. Технические условия. 2009. М.: Стандартинформ. 8 с.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для проведения исследований были использованы мороженная сайра тихоокеанская и изготовленные из неё консервы – паштеты. Рыба была заготовлена в Южно-Курильской зоне на НИС Профессор «Леванидов» по ТУ 10.20.13-383-004720012-2017,² разработанным в ТИНРО, заморожена в блоках по 10,0 кг, срок хранения составлял не более 2 мес. при температуре минус 18°C. Содержание белков в сайре составляло 20,1±1,3%, жира – 14,0±0,8%.

Размораживание и подготовку рыбы, материалов и тары, фасование, эксгаустирование и закатывание банок, стерилизацию и охлаждение, мойку и сушку консервов проводили согласно технологической инструкции по производству рыбных консервов [Сборник ..., Т. 2, 2012].

Предварительно были разработаны режимы стерилизации консервов, обеспечивающие промышленную стерильность. Контроль измерения температуры и фактического стерилизующего эффекта осуществляли на приборе СТ-9004 фирмы «Эллаб» (Дания).

Подготовку проб к анализу и определение содержания воды, белков, жира и минеральных веществ осуществляли методами по ГОСТ 7636³.

Изучение фракционного состава липидов проводили методом тонкослойной хроматографии на аналитических пластинках «Sorbfil» («Сорбполимер», Россия) в системе растворителей гексан: диэтиловый эфир: уксусная кислота – 70:30:2 (по объёму) 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 нанесёнными 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

² ТУ 10.20.13-383-004720012-2017. Сайра тихоокеанская неразделанная мороженная. Технические условия. 2017. Владивосток: ТИНРО. 17 с.

³ ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. 2010. М.: Стандартинформ. 87 с.

(30,0 м x 0,32 мм, толщина плёнки 0,25 мкм, Supelco, США) и пламенно-ионизационного детектора при температуре колонки 190 °С и температуре 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).

Для оценки биологической эффективности липидного компонента консервов – паштетов из сайры использовали специальные показатели, включая соотношения ПНЖК/НЖК, Σ ПНЖК n-3/ Σ ПНЖК n-6, а также пищевые индексы качества липидов («health lipid indices»): атерогенный (AI), тромбогенный (TI), гипохолестеринемический (HI), общего качества липидов продукта (FLQ). В основу их расчётов положены соотношения отдельных групп и индивидуальных жирных кислот, которые выполняют различную физиологическую функцию и обуславливают положительное воздействие на организм человека [Ulbricht, Southgate, 1991; Pleadin et al., 2017; Kocatepe et al., 2019; Chen, Liu, 2020].

Для обеспечения достоверности полученных экспериментальных данных аналитические определения проводили в 3-кратной повторности с последующей обработкой полученных результатов методами мате-

матической статистики с использованием компьютерной программы «Microsoft Excel» 2014.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительно были подготовлены несколько вариантов рецептур консервов – паштетов из сайры тихоокеанской. Наилучшими органолептическими характеристиками (вкус, консистенция и др.) обладали 2 варианта консервов, в составе исходной смеси которых доля фарша из сайры без предварительной тепловой обработки составляла 60,4% и 65,5%. В качестве дополнительных компонентов в рецептуру этих консервов были введены овощи (лук, морковь), молоко сухое, крахмал, вкусоароматические добавки (соль, пряности), которые способствовали улучшению органолептических показателей продуктов. Ассортименты продуктов отличались тем, что в первом варианте консервов (паштет «Особый») использованы пассерованный лук и морковь, во втором – (паштет «Приморский») – только лук свежий. Параллельно для сравнения были изготовлены образцы традиционного вида консервов – паштетов из бланшированной сайры (контрольный вариант). Состав исходных смесей для паштетных консервов приведён в табл. 1.

Подготовленные сырьё и компоненты тщательно измельчали до паштетной массы и полученную смесь фасовали в металлические банки № 6 массой нетто 245 г, укупоривали на вакуумказначной машине и стерилизовали в автоклаве периодического дей-

Таблица 1. Рецепт консервов «Паштет из сайры тихоокеанской», %

Table 1. Composition of pate canned Pacific saury, %

Компоненты	Содержание компонентов		
	консервы-паштет*	разработанные варианты	
		паштет «Особый»	паштет «Приморский»
Фарш из сайры	-	60,5	65,5
Фарш из бланшированной сайры	85,9	-	-
Подсолнечное масло	10,6	8,9	7,5
Лук свежий	1,8	-	20,0
Лук пассерованный	-	12,0	-
Морковь пассерованная	-	9,7	-
Молоко сухое	-	2,0	2,0
Крахмал	-	1,8	2,0
Сахар	-	1,4	1,3
Соль	1,5	1,5	1,5
Перец душистый	0,1	0,1	0,1
Перец чёрный	0,1	0,1	0,1
Вода	-	2,0	-

Обозначение: * – ассортимент по ГОСТ 7457¹

ствия типа АВ по предварительно разработанному режиму стерилизации в соответствии с инструкцией⁴ при температуре 120°C в течение 50 мин. (собственно стерилизации). Охлаждение осуществляли водой с противодавлением (0,20 МПа). Величина нормативного стерилизующего эффекта составляла 7,5 усл. мин., что обеспечивало промышленную стерильность консервов.

Готовые опытные варианты консервов представляли собой стерилизованный продукт с приятными вкусом и запахом, нежной, сочной и намазывающейся консистенцией и однородной структурой. Отделения жира или бульона от плотной части продукта или наличие тонкой жировой плёнки не отмечалось. В контрольном варианте консервы – паштеты из сайры были более тёмного цвета, не сочные, имели плотную и крошливую консистенцию.

Срок годности традиционного ассортимента консервов – паштетов¹ из рыбы составляет 18 мес. с даты изготовления. В нашем эксперименте изготовленные опытные и контрольные образцы консервов хранились в течение 22 мес. при температуре 18–20°C. После хранения в опытных образцах консервов органолептические характеристики не изменились, в контрольном варианте консистенция была очень плотная и крошливая.

Химический состав изготовленных консервов из сайры приведён в табл. 2. В результате потери влаги

обусловлено введением в их рецептуру овощей, молока, крахмала и сахара.

Согласно ТР ЕАЭС 040/2016⁵, при контроле продукции из рыб семейства Scomberesocidae обязательным показателем безопасности является «гистамин», содержание которого в консервах не должно превышать 100 мг/кг. В мороженой сайре, используемой для изготовления консервов, содержание гистамина составляло 21,0±2,3 мг/кг. Известно, что гистамин присутствует в тканях живой рыбы, но основная его часть находится в связанном неактивном состоянии [Кизеветтер, Наседкина, 1972]. Образование и накопление гистамина в выловленной рыбе происходит в результате декарбоксилирования свободной аминокислоты гистидина под действием тканевых и микробных ферментов – декарбоксилаз [Afñal et al., 2006]. Гистидин всегда присутствует в мышцах рыб, в том числе в свободном состоянии, а в период автолиза или при технологической обработке его содержание, как и других свободных аминокислот, повышается, что приводит к накоплению гистамина [Серпунина, Бречко, 2011]. Особенностью гистамина является его стойкость к действию высоких температур. Он не разрушается при стерилизации и поэтому полностью сохраняется в рыбных консервах, а при их хранении происходит постепенное восстановление активности (ренатурация) декарбоксилаз, что обуславливает дальнейшее накопление гистамина [Подсосонная, Родина, 2004;

Таблица 2. Химический состав консервов – паштетов из сайры тихоокеанской, %
Table 2. Chemical composition of pate canned Pacific saury, %

Вещества	Содержание		
	консервы-паштет ¹	разработанные варианты консервов	
		паштет «Особый»	паштет «Приморский»
Вода	53,0±1,2	60,4±1,1	62,2±1,2
Белок	24,6±1,1	13,2±0,5	14,2±0,6
Жир	19,0±0,8	18,0±0,7	17,3±0,5
Углеводы	0,2±0	5,2±0,5	4,2±0,3
Минеральные вещества	1,7±0,2	1,1±0,1	1,0±0,1

при бланшировании рыбы содержание белков в контрольном варианте консервов выше, чем в опытных образцах. Жировой компонент всех образцов консервов включал липиды рыбы и подсолнечное масло. Количество углеводов в опытных вариантах консервов

Шульгина и др., 2014]. Нами установлено, что в изготовленных консервах опытных образцов его количество увеличилось до 29,0±1,6 мг/кг, контрольных – до 34,3±1,8 мг/кг. После хранения в течение 22 мес. при температуре 18–20 °С все консервы по этому пока-

⁴ Инструкция по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов. 1995. СПб: Гипрорыбфлот. 43 с.

⁵ ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции». Принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 18 октября 2016 года № 162. 71 с.

зателю соответствовали гигиеническим требованиям технического регламента. Однако содержание гистамина в консервах различалось: в опытных образцах – 48,0-50,0 мг/кг, в контрольных – 78,0 мг/кг.

В табл. 3 приведены данные по фракционному составу липидов сайры тихоокеанской и изготовленных из неё консервов – паштетов. Преобладающим классом липидной части сайры, а также содержимого консервов являлись триацилглицерины (табл. 3). Они представляли основную фракцию липидов как в рыбе, так и в подсолнечном масле, поэтому количество их в готовых консервах превышало содержание в рыбе. В липидах сайры оказалось высокое содержание фосфолипидов (19,0%), но в содержимом изготовленных из неё консервов их число значительно ниже. В контрольном образце консервов количество фосфолипидов оказалось в 4 раза меньше, что обусловлено потерями их при бланшировании рыбы и при стерилизации в результате термогидролиза. В опытных вариантах консервов содержание фосфолипидов снизилось лишь в 2 раза, снижение их количества связано только с действием высокой температуры при стерилизации.

Результаты исследования жирно-кислотного состава в консервах из сайры тихоокеанской приведены в табл. 4. По содержанию основных групп жирных кислот (насыщенных, мононенасыщенных и ПНЖК) липиды контрольного и опытных вариантов консервов были близки, но отличались от жирно-кислотного спектра сайры.

Наименьшей по количеству группой жирных кислот являлись насыщенные (НЖК) как в сайре, так и во всех образцах консервов. В рыбе и в консервах, изготовленных по традиционной технологии из бланшированной сайры, сумма НЖК выше, чем в опытных вариантах.

Способностью повышать концентрацию холестерина в крови человека обладают НЖК с длинной цепью – лауриновая (C12:0), миристиновая (тетрадекановая, C14:0) и пальмитиновая (гексадекановая, C16:0) [Garaffo et al., 2011]. Другие НЖК являются биологически нейтральными или быстро окисляются в печени до ацетил-КоА. Количество этих холестерина повышающих жирных кислот в сайре составляло 20,0% от суммы жирных кислот, в консервах контрольного образца – 20,64%, опытных образцов – несколько ниже (18,2% и 18,35%). Наиболее массовой являлась пальмитиновая кислота (16:0), доля которой в группе НЖК достигала 50,0% как в рыбе, так и в изготовленных консервах.

В жире сайры преобладали мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК), содержание ПНЖК – на 6,35% меньше. В опытных и контрольных образцах консервов – паштетов из сайры соотношение МНЖК и ПНЖК можно оценить как 1:1. По содержанию Σ ПНЖК n-3, Σ ПНЖК n-6, ЭПК+ДГК, а также количеству отдельных жирных кислот липиды контрольного и опытных образцов паштетных консервов также близки.

Среди МНЖК липидов сайры и изготовленных паштетных консервов преобладающей являлась цетолеиновая (тривиальное наименование) кислота (22:1 n-11), являющаяся цис-изомером докозеновой кислоты. Её содержание в сайре составило 14,22% от общей суммы жирных кислот, в контрольном варианте консервов – 12,25%, в опытных – 12,39% и 12,45%. Второй по количеству в группе МНЖК в сайре и в консервах являлась эйкозеновая (тривиальное – гондолеиновая) кислота (20:1 n-11). Она является продуктом окисления цетолеиновой кислоты. Её содержание в липидах рыбы составило 11,26% от суммы жирных кислот, в паштетных консервах – около 10,0%. Эти

Таблица 3. Состав липидов сайры тихоокеанской и в консервах-паштетах, %

Table 3. Lipid composition of Pacific saury and in canned pates, %

Компоненты	Содержание			
	сайра	консервы-паштеты ¹	разработанные варианты консервов	
			паштет «Особый»	паштет «Приморский»
Триаилглицерины	70,1	84,6	81,3	82,5
Свободные жирные кислоты	3,5	5,0	4,6	4,3
Моно- и диглицерины	4,3	3,1	6,7	6,1
Стерины	3,1	3,0	2,6	2,5
Полярные липиды (фосфолипиды)	19,0	4,3	8,9	8,6

Таблица 4. Состав жирных кислот в липидах сайры тихоокеанской и консервов, % от суммы жирных кислот
Table 4. Composition of fatty acids in lipids of Pacific saury and pate canned food, % of the total fatty acids

Жирная кислота		Содержание в липидах			
символ	систематическое название по IUPAC	сайры	консервов-паштет ¹	разработанных консервов	
				паштет «Особый»	паштет «Приморский»
14:0	тетрадекановая	7,78	7,38	6,78	6,83
i-15:0	13-метилтетрадекановая	0,31	0,20	0,27	0,13
ai-15:0		0,10	0,12	0,86	0,45
15:0	пентадекановая	0,69	0,40	0,60	0,49
ai-16:0		0,11	0,67	0,09	0,24
16:0	гексадекановая	12,07	12,58	11,33	11,28
i-17:0	15-метилгексадекановая	0,24	0,20	0,20	0,14
ai-17:0	14- метилгексадекановая	0,18	0,21	0,16	0,13
17:0	гептадекановая	0,41	0,31	0,36	0,29
i-18:0	16 – метилгептадекановая	0,30	0,45	0,26	0,41
ai-18:0	15- метилгептадекановая	0,15	0,06	0,13	0,12
18:0	октадекановая	1,69	1,95	2,00	2,21
19:0	нонодекановая	0,20	0,19	0,17	0,26
20:0	эйкозановая	0,18	0,22	0,16	0,30
Сумма НЖК		24,41	24,94	23,37	23,28
14:1 n-9	9Z-тетрадеценовая	0,15	0,40	0,13	0,26
16:1 n-7	7Z-гексадеценовая	3,64	1,20	3,17	3,25
16:1 n-5	11Z-гексадеценовая	0,58	0,25	0,50	0,38
17:1 n-9	8Z-гептадеценовая	0,38	0,30	0,33	0,41
18:1 n-9	9Z-октадеценовая	5,14	7,81	7,55	7,71
18:1 n-7	7Z-октадеценовая	0,98	0,54	0,85	0,73
18:1 n-5	9Z-октадеценовая	0,74	0,63	0,65	0,56
20:1 n-11	9Z-эйкозаеновая	11,26	9,68	9,81	9,71
20:1 n-9	11Z-эйкозаеновая	2,90	3,05	2,54	2,62
20:1 n-7	13Z-эйкозаеновая	0,13	0,18	0,11	0,10
20:1 n-5	15Z-эйкозаеновая	0,17	0,93	0,14	0,13
22:1 n-11	11Z-докозаеновая	14,22	12,25	12,39	12,45
22:1 n-9	13Z-докозаеновая	0,70	0,42	0,61	0,52
Сумма МНЖК		40,97	37,64	38,78	38,83
16:2 n-6	6Z,9Z-гексадекадиеновая	0,17	0,04	0,14	0,25
16:2 n-4	9Z,12Z-гексадекадиеновая	0,96	0,71	0,84	0,81
16:3 n-3	7Z,10Z,13Z-гексадекатриеновая	0,14	0,05	0,10	0,12
16:4 n-1	6Z,9Z,12Z,15Z-гексадекатетраеновая	0,16	0,08	0,14	0,12
18:2 n-6	9Z,12Z-октадекадиеновая	1,75	9,50	9,29	9,15
18:2 n-4	11Z,14Z-октадекадиеновая	0,11	0,2	0,10	0,11
18:3 n-6	6Z,9Z,12Z-октадекатриеновая	0,16	0,13	0,13	0,10
18:3 n-3	9Z,12Z,15Z-октадекатриеновая	1,63	1,3	1,41	1,47
18:4 n-3	6Z,9Z,12Z,15Z-октадекатетраеновая	5,57	4,79	4,85	4,68
20:2 n-6	11Z,14Z-эйкозадиеновая	0,25	0,15	0,22	0,11
20:3 n-6	8Z,11Z,14Z-эйкозатриеновая	0,16	0,10	0,14	0,11
20:3 n-3	11Z,14Z,17Z-эйкозатриеновая	0,18	0,17	0,15	0,24

Жирная кислота		Содержание в липидах			
символ	систематическое название по IUPAC	сайры	консервов-паштет ¹	разработанных консервов	
				паштет «Особый»	паштет «Приморский»
20:4 n-6	5Z,8Z,11Z,14Z-эйкозатетраеновая	0,40	0,26	0,35	0,39
20:4 n-3	8Z,11Z,14Z,17Z-эйкозатетраеновая	1,21	1,04	1,05	1,00
20:5 n-3	5Z,8Z,11Z,14Z,17Z-эйкозапентаеновая	7,09	6,30	6,61	6,23
21:5 n-3	6Z,9Z,12Z,15Z,18Z-генэйкозапентаеновая	0,37	0,24	0,32	0,46
22:5 n-6	4Z,7Z,10Z,13Z,16Z-докозапентаеновая	0,22	0,11	0,19	0,17
22:5 n-3	7Z,10Z,13Z,16Z,19Z-докозапентаеновая	1,38	2,2	1,20	1,26
22:6 n-3	4Z,7Z,10Z,13Z,16Z,19Z-докозагексаеновая	12,71	10,97	11,00	11,11
Сумма ПНЖК		34,62	38,34	37,23	37,89
Сумма ПНЖК n-3		30,28	27,06	26,69	26,57
Сумма ПНЖК n-6		2,94	10,29	10,46	10,28
ЭПК+ДГК		19,8	17,23	17,61	17,34

МНЖК стимулируют в клетках печени человека и гепатоцитах рыб синтез высоконепредельных жирных кислот, в том числе эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК), что, закономерно, способствует нормализации обменных процессов и замедлению развития атеросклероза у человека [Yang et al., 2017; Østbye et al., 2019; Mjaatveit et al., 2024].

Содержание ПНЖК в липидах всех вариантов консервов на основе сайры оказалось выше, чем в липидах мышечной ткани рыбы. Это обусловлено тем, что в состав продуктов введено подсолнечное масло, являющееся источником линолевой кислоты (18:2 n-6) [Химический ..., 1987]. Содержание ПНЖК в контрольном образце консервов достигало 38,34% от суммы жирных кислот, в опытных – 37,23% и 37,89%, соответственно. Доминирующим семейством в группе ПНЖК как в сайре (30,28% от суммы жирных кислот), так и в консервах из неё, являлись омега-3 жирные кислоты. В контрольном образце консервов их количество составляло 27,06% от суммы жирных кислот, в опытных образцах – практически одинаково (26,61% и 26,57%). В липидах мышечной ткани сайры и консервов основная доля ПНЖК n-3 была представлена физиологически значимыми кислотами – ЭПК (20:5 n-3) и ДГК (22:6 n-6). Количество другого семейства – ПНЖК n-6 в сайре оказалось в 10 раз ниже по сравнению с ПНЖК n-3. В консервах содержание ПНЖК n-6 составляло около 10,0% от общей суммы жирных кислот. Среди них преобладала линолевая кислота (18:2 n-6), содержание которой в консервах достигало 9,15-9,50% от суммы жирных кислот, что в 4 раза превышало её количество в сырой сайре (1,75%).

Содержание ПНЖК n-3 и эссенциальных жирных кислот (ЭПК+ДГК) в 100 г рыбы и консервов приведено в табл. 5. Рекомендуемый уровень суточного потребления ПНЖК n-3 для человека согласно МР 2.3.1.02.53-21⁶ составляет не менее 3 г, а сумма ЭПК и ДГК – 0,8-1,6 г. Как видно, консервы – паштеты из сайры тихоокеанской способны полностью удовлетворить (на 100%) суточную потребность организма человека в этих ценных веществах.

Для характеристики биологической эффективности жирового компонента сайры тихоокеанской и изготовленных из неё консервов, а также оценки положительного их влияния на здоровье человека были определены пищевые индексы качества липидов (табл. 6), или, как их называют в научной литературе, липидные индексы здоровья («health lipid indices») [Ulbricht, Southgate, 1991; Pleadin et al., 2017; Kocatepe et al., 2019; Chen, Liu, 2020]. В основу расчётов этих показателей положены соотношения отдельных групп жирных кислот, которые выполняют различную физиологическую функцию.

Показатель ПНЖК/НЖК традиционно используется для первичной оценки питательной ценности продуктов, так как он характеризует полезное воздействие только ПНЖК на здоровье человека, но не учитывает влияние МНЖК [Ulbricht, Southgate, 1991]. Известно, что продукты с соотношением ПНЖК/НЖК ниже 0,45 считаются нежелательными для питания человека из-за их способности вызывать нарушение холестерина обмена [Fernandes et al., 2014].

⁶ МР 2.3.1.0253-21. 2021. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М.: Роспотребнадзор РФ. 29 с.

Таблица 5. Содержание основных групп жирных кислот в мышечной ткани сайры тихоокеанской и консервах
Table 5. Content of the main groups of fatty acids in the muscle tissue of Pacific saury and canned food

Жирные кислоты	Содержание в							
	сайре		консервах-паштетах ¹		разработанных консервах			
					паштет «Особый»		паштет «Приморский»	
	%*	г/100 г**	%*	г/100 г**	%*	г/100 г**	%*	г/100 г**
Σ ПНЖК n-3	30,28	4,48	27,06	5,14	26,69	4,80	26,57	4,60
Σ ПНЖК n-6	2,94	0,44	10,29	1,96	10,46	1,88	10,28	1,78
ЭПК+ДГК	19,8	2,93	17,23	3,27	17,61	3,16	17,34	3,00

Обозначение: содержание: * – в % от суммы жирных кислот; г/ 100 г; ** – в г на 100 г продукта

Таблица 6. Критерии эффективности липидов сайры тихоокеанской и консервов
Table 6. Efficiency criteria of lipids of Pacific saury and canned food

Индексы качества липидов	Фактические значения для			
	сайры	консервов-паштета ¹	разработанных консервов	
			паштет «Особый»	паштет «Приморский»
ПНЖК/НЖК	1,41/1	1,54/1	1,59/1	1,63/1
Σ ПНЖК n-6/Σ ПНЖК n-3	1/10,1	1/2,63	1/2,55	1/2,58
IA (атерогенности)	0,58	0,57	0,50	0,51
IT (тромбогенности)	0,17	0,21	0,20	0,19
H/H (гипохолестеринемический)	1,50	1,86	2,17	1,99
FLQ (общий индекс качества липидов)	19,66	17,58	17,97	17,69

В табл. 6 показано, что сумма ПНЖК в сайре и изготовленных из неё паштетах значительно выше, чем сумма НЖК. Однако для сайры этот показатель оказался ниже, чем для консервов. В липидах консервов сумма ПНЖК несколько выше за счёт добавления растительного масла и увеличения количества линолевой кислоты. Для всех видов консервов из сайры тихоокеанской показатель ПНЖК/НЖК значительно выше, чем для некоторых рыбных, мясных и молочных продуктов [Chen, Liu, 2020], что указывает на диетические свойства липидов этих продуктов.

Соотношение ΣПНЖК n-6/ΣПНЖК n-3 также является важным показателем положительного влияния липидов на организм человека [Simopoulos, 2002; Pleadin et al., 2017]. Считается, что наиболее благоприятно для человека употребление в пищу продуктов, содержащих большее количество ПНЖК омега-3. В России рекомендовано в суточном рационе человека соотношение этих жирных кислот от 5/1 до 10/1⁶. Согласно рекомендаций Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (Food and Agriculture Organization) наиболее рациональным соотношением их в рационе человека является 2/1-3/1, а при заболеваниях сердечно-сосудистой системы –

не более 1,5/1,0 [Kocatepe et al., 2019; Krešić et al., 2019]. Эти значения для консервов из сайры тихоокеанской всех вариантов практически (1/2,55 1/2,63), имели лучший показатель, чем исходное сырье.

Индекс атерогенности (IA) характеризует взаимосвязь между количеством проатерогенных (C12:0, C14:0 и C16:0) и антиатерогенных (общая сумма ненасыщенных) жирных кислот [Ulbricht, Southgate, 1991]. Продукты с низким значением индекса IA способствуют большему снижению уровня холестерина в крови человека и предотвращают образование бляшек в сосудах. В нашем исследовании значения показателя IA для сайры тихоокеанской и консервов из неё были практически одинаковыми (0,50-0,58) и сопоставимы с индексами для некоторых видов рыб и диетического мяса животных [Chen, Liu, 2020].

Индекс тромбогенности (IT) характеризует влияние жирных кислот продукта на свертываемость крови [Ulbricht, Southgate, 1991; Garaffo et al., 2011; Krešić et al., 2019;]. Чем выше значение индекса для липидов рациона питания, тем выше интенсивность тромбообразования в сосудах человека. Продукты с низкими значениями IT, наоборот, обладают способностью снижать скорость свертываемости крови, соот-

ветственно снижать риск образования тромбов и повышать здоровье человека. Величина IT для липидов сайры тихоокеанской (0,17) и консервов на её основе (0,19-0,21) оказалась значительно ниже по сравнению с таковыми показателями для многих продуктов [Chen, Liu, 2020].

Индекс H/H характеризует взаимосвязь между гипохолестеринемическими ($18:1 + ПНЖК\ n-3 + ПНЖК\ n-6$) и гиперхолестеринемическими ($14:0+16:0$) кислотами и позволяет оценить влияние жирно-кислотного состава продуктов на метаболизм и общий уровень холестерина в крови человека [Ulbricht, Southgate, 1991]. Повышенное значение индекса H/H характеризует высокую ценность жирового компонента, а также способность его снизить риск развития нарушений холестеринового обмена у человека. Поэтому продукты с повышенным значением данного индекса являются наиболее благоприятными для здоровья человека [Fernandes et al., 2014; Rincón-Cervera et al., 2020]. Известно, что для мяса и мясопродуктов показатель H/H находится в пределах от 1,27 до 2,78 [Chen, Liu, 2020]. Нами установлено, что величина индекса H/H для липидов сайры тихоокеанской составляет 1,5, а для консервов значительно выше – от 1,86 до 2,17, что характеризует их способность снижать риск развития нарушений холестеринового обмена у человека.

Общий индекс качества липидов (FLQ) оценивается по содержанию эссенциальных жирных кислот (ЭПК+ДГК) в общей сумме жирового компонента продукта. Считается, что чем выше его значение, тем выше диетическая ценность липидов продукта и потенциальное влияние их на развитие коронарной болезни [Murillo et al., 2014; Calabrò et al., 2015]. Для сайры тихоокеанской этот индекс составил 19,66, для консервов – паштетов из неё – 17,58-17,97. Величина FLQ для липидов ранее исследуемых видов рыб составляла от 13,01 и выше [Chen, Liu, 2020].

Таким образом, липидные индексы здоровья для консервов – паштетов из сайры тихоокеанской, полученных как по традиционной, так и разработанной технологии, не имеют значительных отличий, они характеризуют потенциальное защитное действие продуктов на организм человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны консервы «Паштет Особый» и «Паштет Приморский» из сайры тихоокеанской, в состав которых входят фарш из термически не обработанной рыбы и дополнительные компоненты. По органолептическим свойствам разработанные консервы значительно превосходят традиционный вид консер-

вов – паштетов, включающий фарш из бланшированной сайры.

Консервы – паштеты из сайры тихоокеанской являются источниками ПНЖК $n-3$ и эссенциальных жирных кислот – ЭПК и ДГК. Содержание в них ПНЖК $n-3$ составляло 4,6-4,8 г/100 г, ЭПК+ДГК – 3,0-3,16 г/100 г, что полностью обеспечивает суточную потребность организма здорового и больного человека в них.

Пищевые индексы качества липидов для разработанных видов консервов -паштетов из сайры тихоокеанской характеризуют потенциальную способность продуктов проявлять диетические свойства и обеспечить снижение риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Разработанные виды консервов из сайры предложены для промышленного выпуска, они могут быть рекомендованы для включения в рацион отдельных групп населения как продукты для диетического профилактического питания.

В данной работе авторами использованы данные по составу липидов и жирных кислот сайры тихоокеанской и консервов, полученные нашим коллегой, к. х. н. **Константином Геннадьевичем Павелем**. Опытный и уважаемый специалист химик, К.Г. Павел ушёл из жизни 21 июня 2024 г. Мы благодарны ему за многолетнее успешное сотрудничество.

Благодарности

Авторы благодарны неизвестным рецензентам за помощь и ценные рекомендации по улучшению статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа была выполнена в соответствии с тематическим планом Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») и не имела дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Акулин В.Н., Амина Н.М., Караулова Е.П., Шульгина Л.В., Якуш Е.В. 2022. Технохимическая характеристика и рациональное использование промысловых гидробионтов Дальневосточного бассейна: монография. Владивосток: ТИНРО. 273 с.
- Кизеветтер И.В., Наседкина Е.А. 1972. К вопросу о накоплении гистамина в тканях тела тихоокеанской скумбрии // Известия ТИНРО. Т. 83. С. 27-34.

- Патиева С.В., Лисовицкая Е.П. 2016. Использование растительных компонентов для формирования комплексобразующей способности мясных продуктов функционального назначения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. Т. 11 (1). С. 34-38. DOI: 10.12737/19319.
- Подсосонная М.А., Родина Т.Г. 2004. Проблема гистамина в рыбной продукции // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. № 1. С. 30-32.
- Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов. 2012. СПб.: Судостроение. Т. 1, 2. 160 с., 272 с.
- Серпунина Л.Т., Бречко Е.В. 2011. Уровень гистамина в рыбных консервах в зависимости от технологических факторов // Известия КГТУ. № 23. С. 191-198.
- Шульгина Л.В., Швидкая З.П., Солодова Е.А., Давлетшина Т.А., Долбнина Н.В., Загородная Г.И. 2014. Об использовании мороженого сырья из тихоокеанских лососей в консервном производстве // Техника и технология пищевых производств. № 3. С. 91-95.
- Шульгина Л.В., Павел К.Г., Солодова Е.А., Якуш Е.В. 2022. Пищевая и биологическая ценность паштетных консервов из сардины иваси *Sardinops melanostictus* // Известия ТИПРО. Т. 202. Вып. 4. С. 957-969. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-957-969
- Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, микро- и макроэлементов, органических кислот и углеводов. 1987. / И.М. Скурихин, М.Н. Волгарева ред. М.: Агропромиздат. 360 с.
- Afilal M.A., Daoudi H., Jdaine S., Asehraou A., Bouali A. 2006. Study of the Histamine Production in a Red Flesh Fish (*Sardina pilchardus*) and a White Flesh Fish (*Dicentrarchus punctatus*) // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 6. P. 43-48.
- Calabrò S., Cutrignelli M.I., Lo Presti V., Tudisco R., Chiofalo V., Grossi M., Infascelli, F., Chiofalo B. 2015. Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.) // J. Sci. Food Agric. V. 95. P. 3127-3136. DOI: 10.1002/jsfa.7049.
- Carreau J.P., Dubacq J.P. 1978. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // Journal of Chromatography. V. 151 (3). P. 384-90. DOI: 10.1016/s0021-9673(00)88356-9.
- Chen J., Liu H. 2020. Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review // International Journal of Molecular Sciences. V. 21(16). P. 5695. DOI: 10.3390/ijms21165695.
- Christie W.W. 1988. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas chromatography A (reappraisal) // Journal of Chromatography. V. 447 (2). P. 305-14. DOI: 10.1016/0021-9673(88)90040-4.
- Garaffo M.A., Vassallo-Agius R., Nengas Y., Lembo E., Rando R., Maisano R., Giuffrida D. 2011. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and their salted product «Bottarga» // Food and Nutrition Sciences. V. 2, (7). P. 736-743. DOI: 10.4236/fns.2011.27101.
- Fernandes C.E., da Silva Vasconcelos M.A., de Almeida Ribeiro M., Sarubbo L.A., Andrade S.A. C., de Melo Filho A.B. 2014. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil // Food chemistry. V. 160. P. 67-71. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.055.
- Kocatepe D., Mehmet E.E., Irfan K., Bayram K., Yalçın K. 2019. Differences on lipid quality index and amino acid profiles of European Anchovy caught from different area in Turkey // Ukrainian Journal of Food Science. V. 7. P. 1-15. DOI: 10.24263/2310-1008-2019-7-1-3.
- Krešić G., Vulić A., Dergestin Bačun L., Lešić T., Želježić D., Pleadi J. 2019. Nutritive composition and lipid quality indices of commercially available filleted fish // Food in Health and Disease, scientific-professional journal of nutrition and dietetics. V. 8 (1). P. 67-73.
- Laggai S., Simon Y., Ranssweiler T., Kierner A.K., Kessler S.M. 2013. Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH // World journal of hepatology. V. 5(10). P. 558-567. DOI: 10.4254/wjh.v5.i10.558.
- Mjaatveit, M., Oldernes, H., Gudbrandsen, O.A. 2024. Effects of diets containing fish oils or fish oil concentrates with high cetoleic acid content on the circulating cholesterol concentration in rodents. A systematic review and meta-analysis // British Journal of Nutrition. V. 131 (4). P. 606-621. DOI: 10.1017/S0007114523002118.
- Østbye T.K.K., Berge G.M., Nilsson A., Romarheim O.H., Bou M., Ruyter B. 2019. The long-chain monounsaturated cetoleic acid improves the efficiency of the n-3 fatty acid metabolic pathway in Atlantic salmon and human HepG2 cells // British Journal of Nutrition. V. 122 (7). P. 755-768. DOI: 10.1017/S0007114519001478.
- Pleadin J., Lesic T., Kresic G., Baric R., Bogdanovic T., Oraic D., Zrncic S. 2017. Nutritional quality of different fish species farmed in the Adriatic Sea // Italian Journal of Food Science. V. 29 (3). P. 537-549. DOI: 10.14674/IJFS-706.
- Rincón-Cervera M.Á., González-Barriga V., Romero J., Rojas R., López-Arana S. 2020. Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species // Foods. V. 9. P. 233. DOI: 10.3390/foods9020233.
- Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis // Nat. Methods. V. 9 (7). P. 671-675. DOI.org/10.1038/nmeth.2089.
- Simopoulos A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids // Biomed. Pharmacother. V. 56. P. 365-379. DOI: 10.1016/S0753-3322(02)00253-6.
- Ulbricht T.L.V., Southgate T.A.D. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors // The Lancet. V. 338. P. 985-992. DOI: 10.1016/0140-6736(91)91846-m.
- Yang Z.H., Gordon S.M., Sviridov D., Wang S., Danne R.L., Pryor M., Remaley A.T. 2017. Dietary supplementation with long-chain monounsaturated fatty acid isomers decreases atherosclerosis and alters lipoprotein proteomes in LDLr-/- mice // Atherosclerosis. V. 262. P. 31-38. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2017.04.017.

REFERENCES

Akulina V.N., Aminina N.M., Karaulova E.P., Shulgina L.V., Yakush E.V. 2022. Technochemical characteristics and rational use of commercial hydrobionts of the Far Eastern basin. Vladivostok: TINRO Publish. 273 p. (In Russ.).

- Kizevetter I.V., Nasedkina Ye.A. 1972. On the accumulation of histamine in the body tissues of the Pacific mackerel // Izvestiya TINRO. T.83. S. 27-34. (In Russ.).
- Patieva S.V., Lisovitskaya E.P. 2016. Use of plant components for the formation of complexing capacity of functional meat products // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. V. 11 (1). P. 34-38. DOI: 10.12737/19319. (In Russ.).
- Podsosonnaya M.A., Rodina T.G. 2004. The Histamine Problem in Fish Products // News of higher educational institutions. Food technology. № 1. S. 30-32. (In Russ.).
- Collection of technological instructions for the production of canned and preserved fish and non-fish products. 2012. St. Petersburg: Shipbuilding. V. 1, 2. 160 p., 272 p. (In Russ.).
- Serpunina L.T., Brechko Ye.V. 2011. Histamine levels in canned fish depending on technological factors // Izvestiya KGTU. № 23. S. 191-198. (In Russ.).
- Shulgina L.V., Shvidkaya Z.P., Solodova Ye.A., Davletshina T.A., Dolbnina N.V., Zagorodnaya G.I. 2014. About the use of frozen raw materials from Pacific salmon in canning production // Food Processing: Techniques and Technology. № 3. S. 91-95. (In Russ.).
- Shulgina L.V., Pavel K.G., Solodova E.A., Yakush E.V. 2022. Food and biological value of pate canned sardine *Sardinops melanostictus* // Izvestiya TINRO. V. 202 (4). P. 957-969. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-957-969. (In Russ.).
- Chemical composition of food products: Reference tables of the content of amino acids, fatty acids, vitamins, micro- and macroelements, organic acids and carbohydrates. 1987. / I.M. Skurikhin, M.N. Volgareva ed. Moscow: Agropromizdat. 360 p. (In Russ.).
- Afilal M.A., Daoudi H., Jdaini S., Asehraou A., Bouali A. 2006. Study of the Histamine Production in a Red Flesh Fish (*Sardina pilchardus*) and a White Flesh Fish (*Dicentrarchus punctatus*) // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 6. P. 43-48.
- Calabrò S., Cutrignelli M.I., Lo Presti V., Tudisco R., Chiofalo V., Grossi M., Infascelli, F., Chiofalo B. 2015. Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.) // J. Sci. Food Agric. V. 95. P. 3127-3136. DOI: 10.1002/jsfa.7049.
- Carreau J.P., Dubacq J.P. 1978. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // Journal of Chromatography. V. 151 (3). P. 384-90. DOI: 10.1016/S0021-9673(00)88356-9.
- Chen J., Liu H. 2020. Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review // International Journal of Molecular Sciences. V. 21(16). P. 5695. DOI: 10.3390/ijms21165695.
- Christie W.W. 1988. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas chromatography A (reappraisal) // Journal of Chromatography. V. 447 (2). P. 305-14. DOI: 10.1016/0021-9673(88)90040-4.
- Garaffo M.A., Vassallo-Agius R., Nengas Y., Lembo E., Rando R., Maisano R., Giuffrida D. 2011. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and their salted product «Bottarga» // Food and Nutrition Sciences. V. 2, (7). P. 736-743. DOI: 10.4236/fns.2011.27101.
- Fernandes C.E., da Silva Vasconcelos M.A., de Almeida Ribeiro M., Sarubbo L.A., Andrade S.A. C., de Melo Filho A.B. 2014. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil // Food chemistry. V. 160. P. 67-71. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.055.
- Kocatepe D., Mehmet E.E., Irfan K., Bayram K., Yalçın K. 2019. Differences on lipid quality index and amino acid profiles of European Anchovy caught from different area in Turkey // Ukrainian Journal of Food Science. V. 7. P. 1-15. DOI: 10.24263/2310-1008-2019-7-1-3.
- Krešić G., Vulić A., Dergestin Bačun L., Lešić T., Želježić D., Pleadi J. 2019. Nutritive composition and lipid quality indices of commercially available filleted fish // Food in Health and Disease, scientific-professional journal of nutrition and dietetics. V. 8 (1). P. 67-73.
- Laggai S., Simon Y., Ranssweiler T., Kiemer A.K., Kessler S.M. 2013. Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH // World journal of hepatology. V. 5(10). P. 558-567. DOI: 10.4254/wjh.v5.i10.558.
- Mjaatveit, M., Oldernes, H., Gudbrandsen, O.A. 2024. Effects of diets containing fish oils or fish oil concentrates with high cetoleic acid content on the circulating cholesterol concentration in rodents. A systematic review and meta-analysis // British Journal of Nutrition. V. 131 (4). P. 606-621. DOI: 10.1017/S0007114523002118.
- Østbye T.K.K., Berge G.M., Nilsson A., Romarheim O.H., Bou M., Ruyter B. 2019. The long-chain monounsaturated cetoleic acid improves the efficiency of the n-3 fatty acid metabolic pathway in Atlantic salmon and human HepG2 cells // British Journal of Nutrition. V. 122 (7). P. 755-768. DOI: 10.1017/S0007114519001478.
- Pleadin J., Lesic T., Kresic G., Baric R., Bogdanovic T., Oraic D., Zrncic S. 2017. Nutritional quality of different fish species farmed in the Adriatic Sea // Italian Journal of Food Science. V. 29 (3). P. 537-549. DOI: 10.14674/IJFS-706.
- Rincón-Cervera M.Á., González-Barriga V., Romero J., Rojas R., López-Arana S. 2020. Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species // Foods. V. 9. P. 233. DOI: 10.3390/foods9020233.
- Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis // Nat. Methods. V. 9 (7). P. 671-675. DOI.org/10.1038/nmeth.2089.
- Simopoulos A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids // Biomed. Pharmacother. V. 56. P. 365-379. DOI: 10.1016/S0753-3322(02)00253-6.
- Ulbricht T.L.V., Southgate T.A.D. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors // The Lancet. V. 338. P. 985-992. DOI: 10.1016/0140-6736(91)91846-m.
- Yang Z.H., Gordon S.M., Sviridov D., Wang S., Danne R.L., Pryor M., Remaley A.T. 2017. Dietary supplementation with long-chain monounsaturated fatty acid isomers decreases atherosclerosis and alters lipoprotein proteomes in LDLr-/- mice // Atherosclerosis. V. 262. P. 31-38. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2017.04.017.

Поступила в редакцию 29.05.2025 г.
Принята после рецензии 01.07.2025 г.