

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2025-74-1-120-133

УДК 637.054: 664.955

ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО И ЛИПИДНОГО СОСТАВА ИКОРНОГО ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ*

¹З.М. Арабова, ²И.Ю. Алексанян, ³А.Х.-Х. Нугманов, ³И.А. Бакин, ²О.И. Коннова, ³А.С. Мустафина,
³Д.С. Аникина

¹Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, Москва, Россия

²Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

³Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

E-mail: bakin@rgau-msha.ru

Для цитирования: Исследование аминокислотного и липидного состава икорного вторичного сырья пресноводных рыб / З.М. Арабова, И.Ю. Алексанян, А.Х.-Х. Нугманов, И.А. Бакин, О.И. Коннова, А.С. Мустафина, Д.С. Аникина // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 120–133. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-120-133.

Ключевые слова: отходы переработки пресноводных рыб, икорно-ястычный комплекс, липидные кислоты, фосфолипиды, аминокислотный состав, биологическая ценность, лецитин.

Реферат. При промышленной переработке рыбного сырья возникают проблемы с утилизацией отходов, например, икры частиковых видов рыб (толстолобик, сазан, судак, сом). Икорное вторичное сырье по химическому составу сопоставимо с основным рыбным полуфабрикатом. Перспективно выделение из вторичных материалов биологически активных соединений. Исследование компонентного состава фосфолипидных и протеиновых комплексов сырья позволит обосновать биологическую эффективность конечных пищевых добавок. Для организации рациональной индустриальной переработки рыбного вторичного сырья необходима информация об его аминокислотном составе и комплексе липидных кислот. Целью данного исследования послужило экспериментальное определение аминокислотного состава белковой фракции, а также доли жирных кислот и фракций фосфолипидов во вторичном икорном сырье пресноводных рыб. Исследованы икра толстолобика, сазана, судака и сома, отвечающая по морфологическим параметрам IV стадии зрелости. Анализ данных аминокислотного состава сырья показал, что сумма незаменимых аминокислот в ней больше, чем в идеальном белке на 20–25 % с учетом вида рыбы. Основными преобладающими компонентами являются треонин и лейцин. В числе полиненасыщенных жирных кислот в исследуемом икорном сырье преобладает пальмитиновая кислота. Среди основных ненасыщенных жирных кислот в объектах исследования выделена линолевая кислота. Выявлено соотношение фракций фосфолипидов для исследуемых икорных образцов. Преобладание фосфатидилхолина определяется его массовой концентрацией в пределах от 80 до 90 % с учетом вида рыбы. Высокие доли фосфолипидного комплекса в составе икорного вторичного сырья обуславливают высокие эмульгирующие характеристики объектов исследования. Предложено использование переработанного вторичного сырья для получения фракционированного лецитина.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева по программе стратегического академического лидерства «Приоритет–2030» (соглашение № 075-15-2023-220 от 16 февраля 2023 г.).

INVESTIGATION OF AMINO ACID AND LIPID COMPOSITION OF CAVIAR SECONDARY RAW MATERIALS OF FRESHWATER FISH*

¹Z.M. Arabova, ²I.Y. Aleksanyan, ³A.H.-H. Nugmanov, ³I.A. Bakin, ²O.I. Konnova, ³A.S. Mustafina,
³D.S. Anikina

¹Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Moscow, Russia

²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

³Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy Climent A. Timiryazev, Moscow, Russia

E-mail: nugmanov@rgau-msha.ru

Keywords: freshwater fish, fish processing waste, caviar complex, fatty acids, phospholipids, amino acid composition, biological value, lecithin.

Abstract. During the industrial processing of fish raw materials, problems arise with the disposal of waste, such as caviar from small fish species (carp, silver carp, catfish, catfish). Caviar secondary raw materials are chemically comparable to the main semi-finished fish product. The isolation of biologically active compounds from secondary materials is promising. The study of the component composition of phospholipid and protein complexes of raw materials will make it possible to substantiate the biological effectiveness of final food additives. For the organization of rational industrial processing of fish secondary raw materials, information on its amino acid composition and complex of lipid acids is necessary. The purpose of this study was the experimental determination of the amino acid composition of the protein fraction, as well as the proportion of fatty acids and phospholipid fractions in the secondary caviar raw materials of freshwater fish. The eggs of silver carp, carp, catfish, and catfish, corresponding to the morphological parameters of the IV stage of maturity, were studied. Analysis of the data on the amino acid composition of the raw material showed that the amount of essential amino acids in it exceeds that in an ideal protein by 20–25%, taking into account the type of fish. The main predominant components are threonine and leucine. Palmitic acid predominates among the polyunsaturated fatty acids in the studied caviar raw materials. Among the main unsaturated fatty acids in the objects of study, linoleic acid was isolated. The ratio of phospholipid fractions for the studied caviar samples was revealed. The prevalence of phosphatidylcholine is determined by its mass concentration in the range from 80% to 90%, taking into account the type of fish. The high proportions of the phospholipid complex in the composition of caviar secondary raw materials determine the high emulsifying characteristics of the objects of study. The use of recycled secondary raw materials for the production of fractionated lecithin is proposed.

*The research was carried out with the financial support of the Timiryazev Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy under the Strategic Academic Leadership Program “Priority 2030” (Agreement No. 075-15-2023-220 dated February 16, 2023).

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО), производство рыбы увеличивается на 3,0 % в год с 1961 г., например, в 2020 г. было произведено 214 млн т рыбных отходов [1], состоящих из внутренностей, туш, голов, кожи и костей. Также можно отметить, что при коммерческом вылове побочные продукты переработки рыбы составляют примерно 60–70 % веса живой рыбы. Очевидно, что биологические отходы образуются в больших количествах в результате растущей разведки морских ресурсов, при этом заметен положительный рост понимания у рыбопереработчиков их биологической ценности, то, что раньше считалось биологическими отходами, теперь считается потенциальным вторичным сырьем для глубокой переработки. Это подтверждается различными исследованиями на предмет возможности производить из рыбных отходов полезную биологически активную пищевую продукцию, например: гидролизаты, изоляты, коллагены, ферменты, белки и рыбий жир [1–5]. Комплексное использование водных биоресурсов даст возможность снизить себестоимость производства обозначенных продуктов, а также расширить их номенклатуру.

Вторичные сырьевые материалы при индустриальной обработке частиковых рыб, к примеру,

невостребованная на рынке рыбная икра, реализуются для ряда пищевых продуктов, включая функциональные [4, 6]. Высокое относительное содержание липидов, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), макро- и микроэлементов предопределяет выявление инновационных продуктов и способов их реализации для большого ассортимента, но ингредиентный и химический составы вторичных сырьевых материалов при разделывании рыбы существенно варьируются под влиянием ряда факторов, таких, например, как ареал обитания и питания, возраст и др. [7]. Отходы рыбопереработки могут быть использованы для производства удобрений для растений, кормов для животных и специальных продуктов с добавленной стоимостью, таких как рыбий жир и коллаген, которые можно будет выделить и использовать в качестве пищевой добавки. Рыбные субпродукты являются отличным источником белка, фосфолипидов, растворимых витаминов и биологически активных соединений, ведь у рыбных пептидов обнаружены антиоксидантные, антигипертензивные и антитромботические свойства [1]. Все это обуславливает необходимость изучения и анализа химического состава икры толстолобика, сазана, судака и сома, дающего возможность обосновать рациональные пути

производства из них востребованной фосфолипидной и протеиновой продукции.

Следует отметить, что Россия по объему промысла и разведения судака, сазана, сома и толстолобика является мировым лидером [8], но опубликованных результатов исследования по составу и характеристикам их икры нет, кроме толстолобика, для которого их тоже недостаточно [9, 10].

Цель исследований – провести изучение и системный ориентированный анализ аминокислотного состава протеиновой части, биологической эффективности доли жирных кислот и фракций фосфолипидов в икорно-ястычном комплексе (ИЯК) толстолобика, сазана, судака и сома.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом изучения послужил охлажденный ИЯК толстолобика, сазана, судака и сома весеннего вылова из Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна. Икра выбиралась таким образом, чтобы по морфологическим признакам она соответствовала IV стадии зрелости. Изучаемые пробы выдерживались при $8 \pm 2^\circ\text{C}$ не более 5 сут после извлечения из тела рыб.

Пробоподготовку для определения аминокислотного состава ИЯК в исследуемых видах рыб проводили стандартным методом по ГОСТ 32195–2013. Белок из обезжиренных проб рыбной икры гидролизovali 6 М раствором соляной кислоты 24 ч при 110°C в сушильном шкафу

BINDER RE 53 (BINDER GmbH, Германия). Для анализа гидролизатов реализована ионообменная хроматография с постколоночной дериватизацией [11] на анализаторе аминокислот Sykam S433 (Sykam GmbH, Германия) в ступенчатом режиме двух Na-цитратных буферов в соответствии с инструкцией производителя.

Изучение липидо-кислотного состава ИЯК осуществляли на газовом хроматографе NexisGC-2030AF (Япония). С целью выделения отдельных фракций фосфолипидов применялся метод двухмерной тонкослойной хроматографии по известной методике [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Были исследованы ИЯК толстолобика, сазана, судака и сома. На рис. 1–4 показаны хроматограммы их аминокислотного состава.

В процессе хроматографического анализа расход элюента составил 0,45 мл/мин, нингидрина – 0,25 мл/мин, температура колонки – 60°C . Использовали колонку для ионообменной хроматографии (модель ТВЕС.414538.005-01) $4,6 \times 150$ мм, заполненную катионообменной смолой с размером частиц 7 мкм. По морфологическим признакам изучаемые ИЯК были 4-й стадии зрелости.

В табл. 1–4 представлена расшифровка аминокислотного состава исследуемых видов ИЯК, полученных из анализа хроматограмм (см. рис. 1–4).

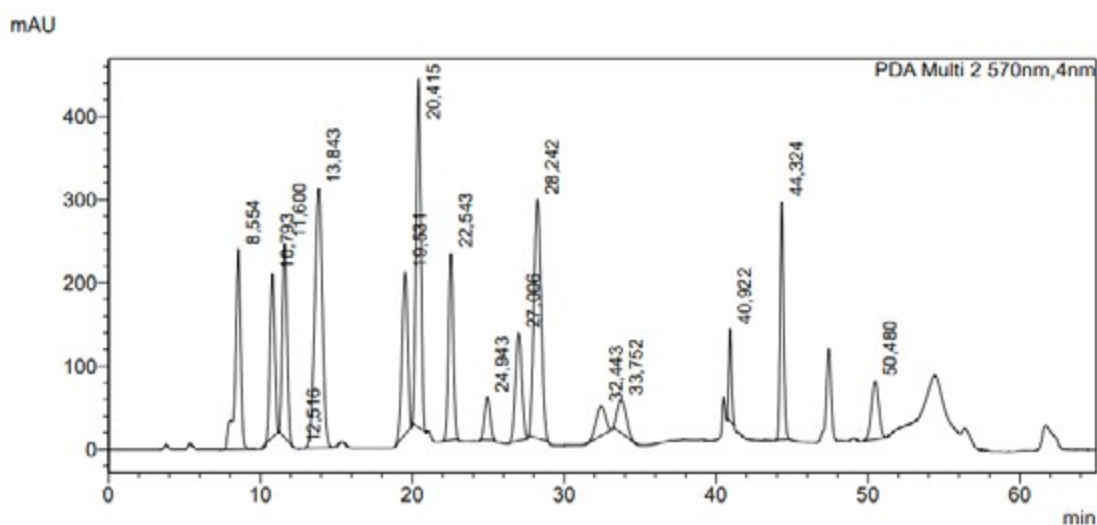


Рис. 1. Хроматограмма состава аминокислот ИЯК толстолобика
Chromatogram of the amino acid composition of carp caviar

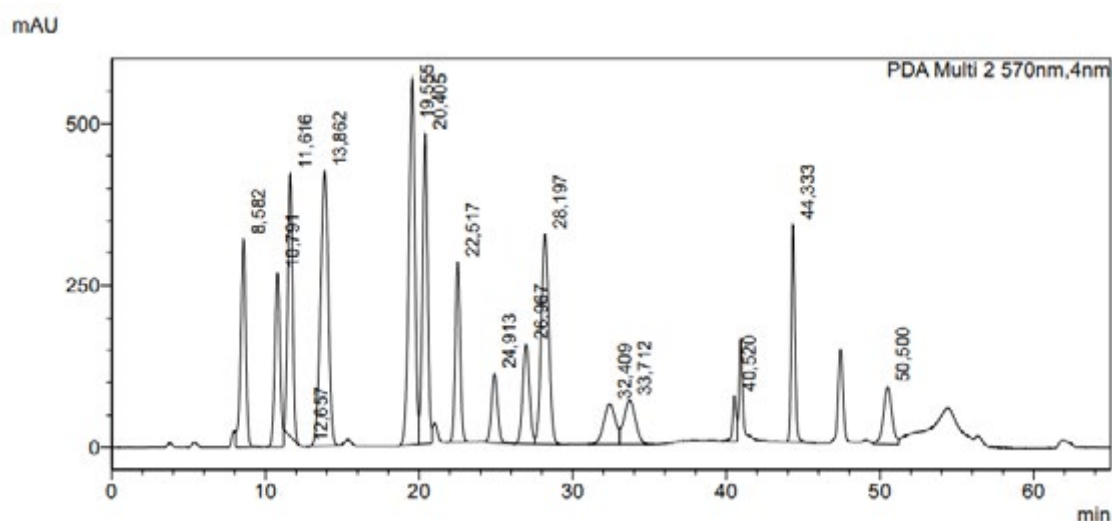


Рис. 2. Хроматограмма состава аминокислот ИЯК сазана
Chromatogram of the amino acid composition of carp caviar

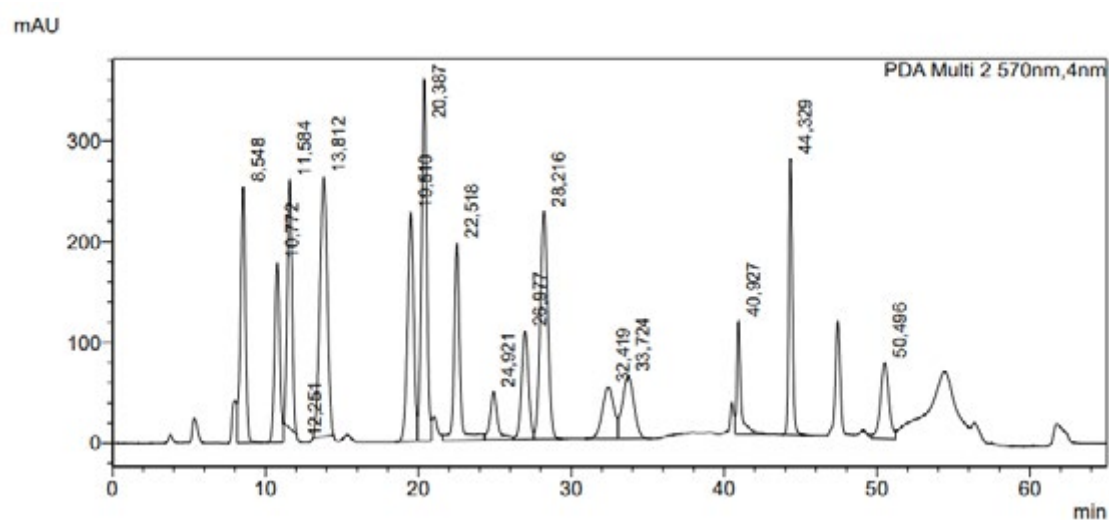


Рис. 3. Хроматограмма состава аминокислот ИЯК судака
Chromatogram of the amino acid composition of walleye caviar

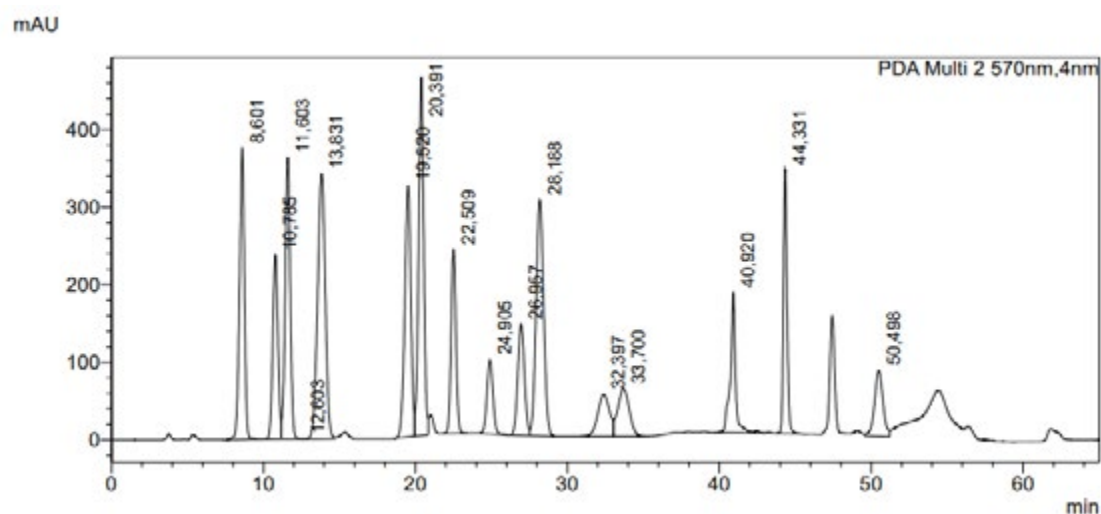


Рис. 4. Хроматограмма состава аминокислот ИЯК сома
Chromatogram of the amino acid composition of catfish caviar

Таблица 1

Аминокислотный состав содержания ИЯК толстолобика
Amino acid composition of fathead carp content

№ п/п	Обозначение аминокислоты	Название аминокислоты	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
1	MET SULF	Метионин сульфон	10,79	4224125	5,76
2	ASP	Аспаргиновая кислота	8,55	5944025	8,11
3	SER	Серин	12,53	7	0
4	THR	Треонин	11,5	5061002	7
5	PRO	Пролин	15,37	1877691	2,57
6	GLU	Глутаминовая кислота	13,83	10904632	15
7	ALA	Аланин	20,41	9078343	12,3
8	GLY	Глицин	19,54	5059057	7
9	MET	Метионин	24,93	1319592	1,7
10	VAL	Валин	22,53	4884832	6,67
11	LEU	Лейцин	28,25	9517130	13,1
12	ILEU	Изолейцин	27,001	3786981	5,19
13	PHE	Фенилаланин	33,74	1672261	2,28
14	TYR	Тирозин	32,45	1544636	2,13
15	LYS	Лизин	44,31	4603177	6,2
16	HYS	Гистидин	40,93	1366840	1,89
17	ARG	Аргинин	50,47	2354281	3,22

Таблица 2

Аминокислотный состав содержания ИЯК сазана
Amino acid composition of carp caviar content

№ п/п	Обозначение аминокислоты	Название аминокислоты	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
1	ASP	Аспаргиновая кислота	8,582	7304254	6,71
2	MET SULF	Метионин сульфон	10,79	6345383	5,83
3	SER	Серин	12,67	1	0,00
4	THR	Треонин	11,61	8880879	8,15
5	PRO	Пролин	15,39	2509704	2,34
6	GLU	Глутаминовая кислота	13,85	14991440	13,79
7	ALA	Аланин	20,4	11060513	10,16
8	GLY	Глицин	19,57	15722941	14,46
9	MET	Метионин	24,9	2961059	2,72
10	VAL	Валин	22,53	6111687	5,64
11	LEU	Лейцин	28,19	11181083	10,27
12	ILEU	Изолейцин	26,98	4705435	4,34
13	PHE	Фенилаланин	33,69	3588319	3,3
14	TYR	Тирозин	32,41	3342854	3,09
15	LYS	Лизин	44,29	5508349	5,06
16	HYS	Гистидин	40,51	1192754	1,12
17	ARG	Аргинин	50,49	3434822	3,16

Таблица 3

Аминокислотный состав содержания ИЯК судака
Amino acid composition of pikeperch caviar content

№ п/п	Обозначение аминокислоты	Название аминокислоты	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
1	MET SULF	Метионин сульфон	10,78	4185731	5,67
2	ASP	Аспаргиновая кислота	8,55	5651010	7,63
3	SER	Серин	12,25	1	0
4	THR	Треонин	11,58	5272632	7,13
5	PRO	Пролин	15,34	1546813	2,09
6	GLU	Глутаминовая кислота	13,82	8764765	11,87
7	ALA	Аланин	20,38	8534882	11,54
8	GLY	Глицин	19,5	6393666	8,65
9	MET	Метионин	24,93	1661757	2,26
10	VAL	Валин	22,51	5202100	7,03
11	LEU	Лейцин	28,21	7816922	10,57
12	ILEU	Изолейцин	26,99	3391402	4,61
13	PHE	Фенилаланин	33,72	3256908	4,39
14	TYR	Тирозин	32,41	2731122	3,71
15	LYS	Лизин	44,32	4522194	6,12
16	HYS	Гистидин	40,94	2103218	2,86
17	ARG	Аргинин	50,39	2916846	3,94

Таблица 4

Аминокислотный состав содержания ИЯК сома
Amino acid composition of catfish caviar content

№ п/п	Обозначение аминокислоты	Название аминокислоты	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
1	MET SULF	Метионин сульфон	10,8	5571529	5,69
2	ASP	Аспаргиновая кислота	8,59	8425601	8,58
4	SER	Серин	12,61	1	0
3	THR	Треонин	11,59	8389751	8,55
6	PRO	Пролин	15,35	1798052	1,83
5	GLU	Глутаминовая кислота	13,84	12036127	12,27
8	ALA	Аланин	20,4	10768673	10,99
7	GLY	Глицин	19,51	9073110	9,257
9	MET	Метионин	24,89	2651895	2,69
10	VAL	Валин	22,52	5244246	5,36
11	LEU	Лейцин	28,2	10457871	10,66
12	ILEU	Изолейцин	26,95	4396797	4,5
13	PHE	Фенилаланин	33,69	3255881	3,32
14	TYR	Тирозин	32,41	2908002	2,98
15	LYS	Лизин	44,32	5598139	5,71
16	HYS	Гистидин	40,93	4262521	4,36
17	ARG	Аргинин	50,49	3288043	3,35

В 100 г идеального белка регламентированы доли каждой из незаменимых аминокислот (НАК). Для выявления аминокислотного сора любой субстанции надо рассчитать доли аминокислот в 100 г белковой составляющей и сравнить долю той или иной аминокислоты со стандартной шкалой ФАО/ВОЗ [3, 9, 13].

Результаты исследований биологической ценности белка, выявляемой по качественному и количественному аминокислотному составу ИЯК изучаемых видов рыб, соответствием идеальному белку, представлены в табл. 5–8.

Таблица 5

Соотношение аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей ИЯК толстолобика
Ratio of amino acid composition of ideal protein and protein component of thickhead trout caviar

НАК	Идеальный протеин	Относительное содержание аминокислоты г/100 г протеина	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	4	5,15	128
Валин	5	6,67	134
Лизин	5	6,29	113
Лейцин	7	13,1	186
Треонин	4	6,91	174
Метионин + Цистин	3,6	1,8	52
Фенилаланин + Тирозин	6	4,29	73
Суммарное количество	34,6	44,24	126

Таблица 6

Соотношение аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей ИЯК сазана
Ratio of amino acid composition of ideal protein and protein component of carp caviar

НАК	Идеальный протеин	Относительное содержание аминокислоты г/100 г протеина	Аминокислотный скор, %
Валин	5,0	5,63	113
Изолейцин	4,0	4,31	107
Лейцин	7,0	10,28	147
Метионин + Цистин	3,6	2,74	78
Лизин	5,4	5,04	94
Фенилаланин + Тирозин	6,1	6,37	106
Треонин	3,9	8,16	204
Суммарное количество	35,0	42,51	122

Таблица 7

Соотношение аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей ИЯК судака
Ratio of amino acid composition of ideal protein and protein component of pikeperch caviar

НАК	Идеальный протеин	Относительное содержание аминокислоты г/100 г протеина	Аминокислотный скор, %
1	2	3	4
Изолейцин	4	4,57	113
Валин	5	7,05	144
Лизин	5,6	6,1	109
Лейцин	6,9	10,59	151
Треонин	4	7,11	178
Метионин + Цистин	3,6	2,27	64

Окончание табл. 7

1	2	3	4
Фенилаланин + Тирозин	5,9	8,07	137
Суммарное количество	35,0	45,77	133

Биологическая ценность белковой составляющей, доля которой в ИЯК пресноводных рыб варьируется от 20 до 25 %, служит одним из главных параметров оценки пищевых материалов.

Особую значимость имеют НАК, не синтезируемые в человеческом организме и приобретаемые лишь с пищей.

Таблица 8

Соотношение аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей ИЯК сома
Ratio of amino acid composition of ideal protein and protein component of catfish caviar

НАК	Идеальный протеин	Относительное содержание аминокислоты г/100 г протеина	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	4	4,48	110
Валин	5	5,34	109
Лизин	5,6	5,73	102
Лейцин	6,9	10,66	154
Треонин	4,1	8,55	212
Метионин + Цистин	3,4	2,7	79
Фенилаланин + Тирозин	6,1	6,26	105
Общее количество	35,0	43,71	126

Изучение результатов, сведенных в табл. 5–8 указывает на то, что сумма НАК ИЯК сазана, толстолобика, сома и судака больше, чем этот параметр в идеальном белке на 20–25 % с учетом вида рыб, среди которых преобладают треонин и лейцин, обуславливающие развитие и нормальную жизнедеятельность организма [3, 9]. В числе заменимых аминокислот преобладает глутаминовая кислота, играющая существенную роль в азотистом обмене и служащая нейромедиатором, а также аланин, как энергетический источник

для центральной нервной системы и головного мозга [3, 14].

Биологическая эффективность жиров ИЯК обусловлена перечнем и долей жирных кислот. Суммарное количество жиров в ИЯК толстолобика составляет 11,40 %; сазана – 9,86 %; судака – 5,42; сома – 9,12 % соответственно. Было протестировано четыре различных вида ИЯК (толстолобика, сазана, судака и сома). На рис. 5–8 представлены типичные хроматограммы их жирно-кислотного состава.

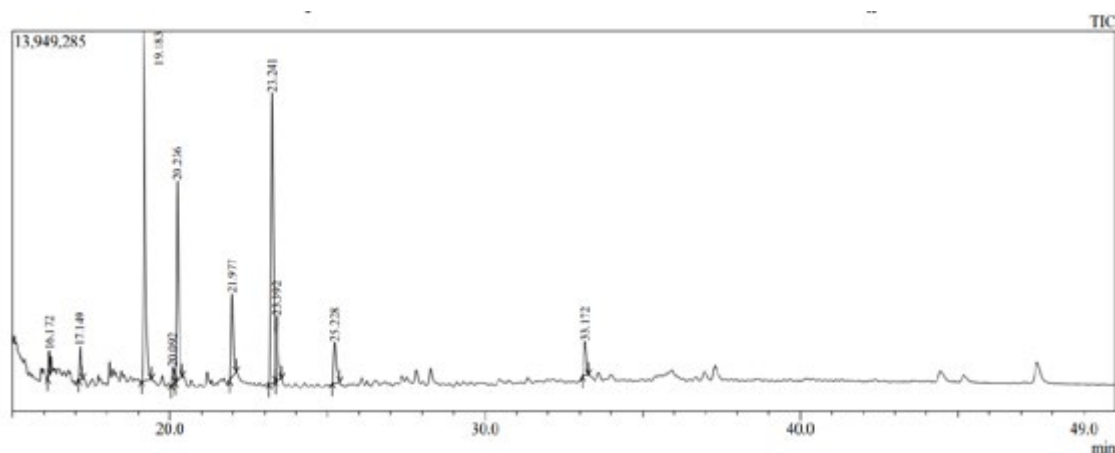


Рис. 5. Хроматограмма жирно-кислотного состава икры толстолобика
Chromatogram of fatty acid composition of carp caviar

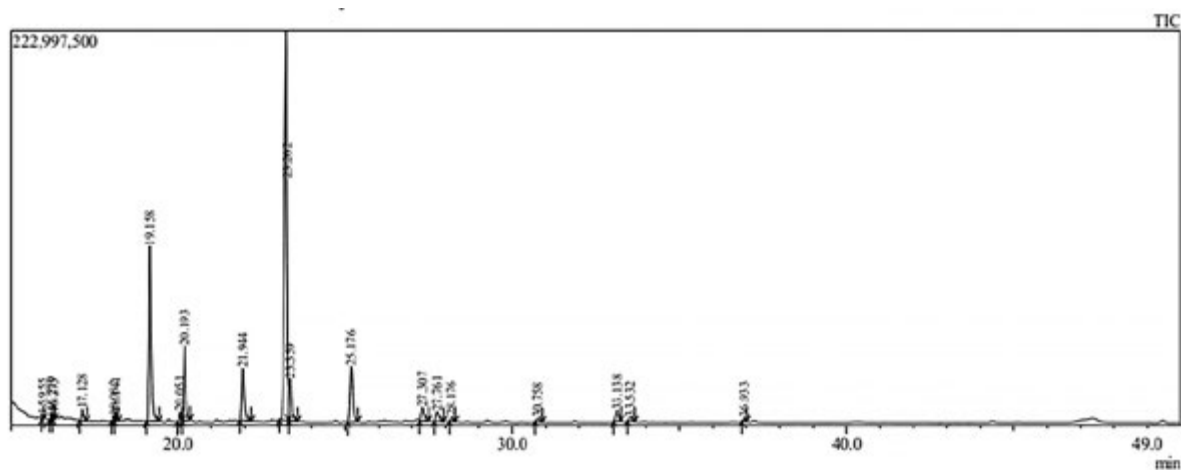


Рис. 6. Хроматограмма жирно-кислотного состава икры сазана
Chromatogram of fatty acid composition of carp roe

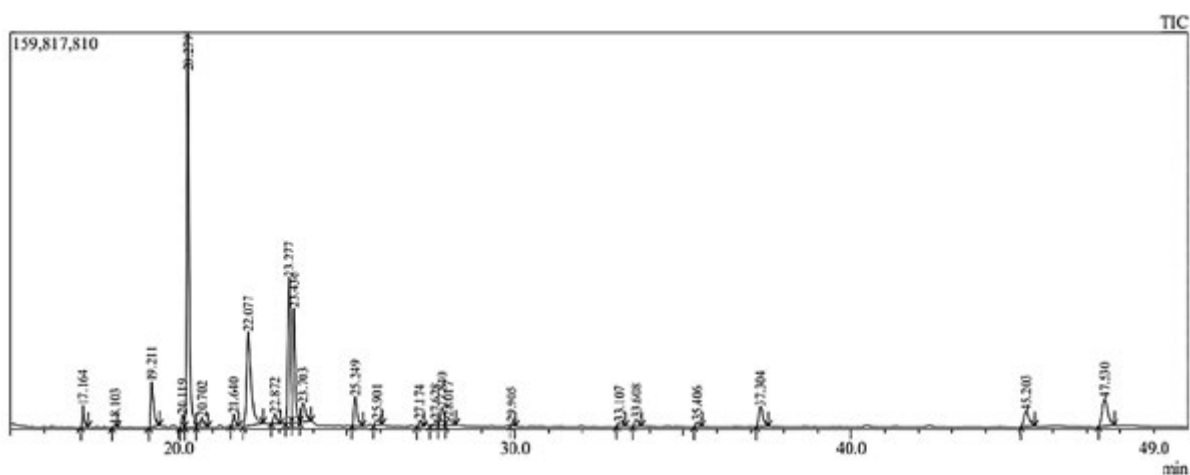


Рис. 7. Хроматограмма жирно-кислотного состава икры судака
Chromatogram of fatty acid composition of walleye caviar

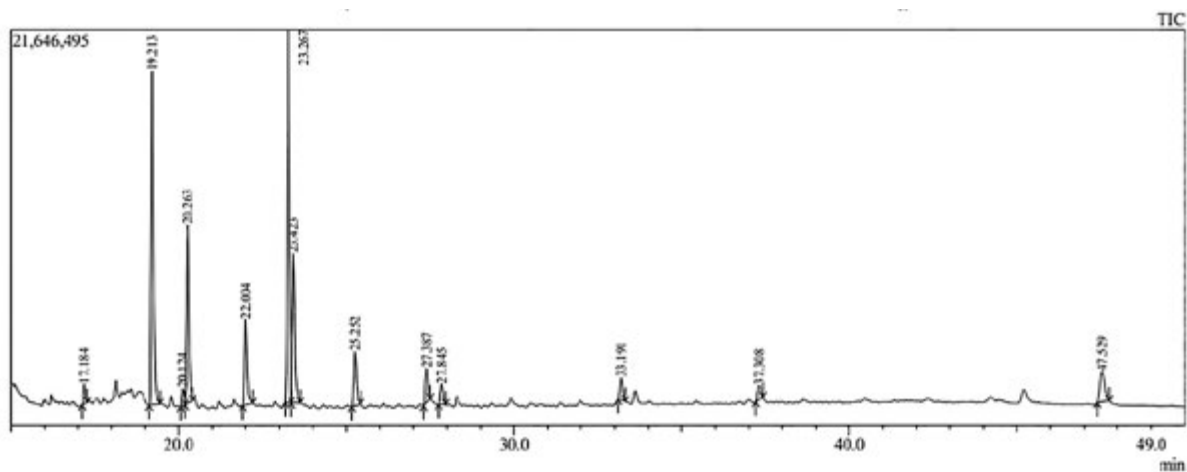


Рис. 8. Хроматограмма жирно-кислотного состава икры сома
Chromatogram of fatty acid composition of catfish roe

В табл. 9–12 представлен жирно-кислотный состав исследуемых видов икры, полученный из анализа хроматограмм (см. рис. 5–8).

Таблица 9

Жирно-кислотный состав содержания ястыков толстолобика
Fatty-acid composition of fatty acid content of fatty acid content of capelin carcasses

№ п/п	Название жирных кислот	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
Насыщенные, в том числе				40,51
1	Миристиновая (C14:0)	17,149	4138875	2,19
2	Пальмитиновая (C16:0)	19,183	58082808	30,67
3	Стеариновая (C18:0)	21,977	14494689	7,65
Мононенасыщенные, в том числе				54,87
4	Пальмитоолеиновая (C16:1)	20,236	34062524	17,98
5	Олеиновая (C18:1)	23,241	57039119	30,14
6	Олеиновая (C18:1)	23,392	12777898	6,75
Полиненасыщенные, в том числе				4,62
7	Линолевая (C18:2) ω6	25,228	8767108	4,62

Таблица 10

Жирно-кислотный состав содержания ястыков сазана
Fatty-acid composition of carp carcass contents

№ п/п	Название жирных кислот	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
Насыщенные, в том числе				27,49
1	Миристиновая (C14:0)	17,129	26781788	1,16
2	Пальмитиновая (C16:0)	19,157	457448331	19,95
3	Стеариновая (C18:0)	21,945	146318876	6,39
Мононенасыщенные, в том числе				63,31
4	Пальмитоолеиновая (C16:1)	20,194	188177940	8,2
5	Олеиновая (C18:1)	23,261	1220116012	53,2
6	Гондовая (C20:1)	27,308	43613397	1,91
Полиненасыщенные, в том числе				9,20
7	Линолевая (C18:2) ω6	25,175	176999477	7,71
8	Линоленовая (C18:3) ω3	27,762	34021455	1,49

Таблица 11

Жирно-кислотный состав содержания ястыков судака
Fatty acid composition of pikeperch core content

№ п/п	Название жирных кислот	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
Насыщенные, в том числе				7,09
1	Миристиновая (C14:0)	17,164	32771028	1,74
2	Пальмитиновая (C16:0)	19,211	100564021	5,35
Мононенасыщенные, в том числе				73,66
3	Пальмитоолеиновая (C16:1)	20,279	755717308	40,16
4	Гептадеценовая (C17:1)	21,640	23202686	1,23
5	Олеиновая (C18:1)	23,436	232700800	30,60
6	Гондовая (C20:1)	27,174	12646849	1,67
Полиненасыщенные, в том числе				19,25
7	Линолевая (C18:2) ω6	25,249	70104524	7,15
8	Линоленовая (C18:3) ω3	27,840	47057056	2,49
9	Докозогексаеновая (C22:6) ω3	47,530	118556905	6,30
10	Генэйкозапентаеновая (C21:5) ω3	37,304	62180851	3,31

Таблица 12

Жирно-кислотный состав содержания ястыков сома
Fatty-acid composition of catfish testicles content

№ п/п	Название жирных кислот	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
Насыщенные, в том числе				32,64
1	Миристиновая (C14:0)	17,184	3716350	1,10
2	Пальмитиновая (C16:0)	19,213	82140641	24,30
3	Стеариновая (C18:0)	22,004	24492892	7,24
Мононенасыщенные, в том числе				62,23
4	Пальмитоолеиновая (C16:1)	20,263	45176108	13,36
5	Олеиновая (C18:1)	23,267	105847242	31,31
6	Олеиновая (C18:1)	23,423	45395199	13,42
7	Гондовая (C20:1)	27,387	9923425	4,14
Полиненасыщенные, в том числе				5,13
8	Линолевая (C18:2) ω6	25,252	17290901	5,13

Изучение состава жирных кислот указывает на то, что в исследуемых икорных объектах, которые по морфологическим признакам соответствуют 4-й стадии зрелости, преобладает сумма мононенасыщенных (54,87 % – толстолобик; 63,31 % – сазан; 73,66 % – судак и 62,23 % – сом), насыщенные жирные кислоты по доле стоят на второй позиции, кроме икры судака (40,51 % – толстолобик; 27,49 % – сазан; 7,09 % – судак и 32,64 % – сом), а полиненасыщенные – третье, опять же за исключением судака (4,62 % – толстолобик; 9,20 % – сазан; 19,25 % – судак и 5,13 % – сом). Общее число классов жирных

кислот больше рекомендуемого, причем их потребление равно для насыщенных жирных кислот (НЖК) – 25; мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) – 30 и ПНЖК – 11 г/сут [10, 11, 14], кроме кислот полиненасыщенных, а для судака к тому же насыщенных.

Для жиров биоэффективность обусловлена перечнем и долями жирных кислот [8], а также соотношением подгрупп кислот (табл. 13). Соотношение должно быть следующим:

НЖК/МНЖК/ПНЖК – 1:1:1;
ПНЖК/НЖК – 0,2–0,4.

Таблица 13

Биологическая эффективность липидного состава ИЯК исследуемых видов рыб
через соотношение отдельных групп кислот
Biological efficiency of lipid composition of eggs of the investigated fish species through the ratio
of separate groups of acids

Жиры ИЯК	Соотношение долей	
	НЖК/МНЖК/ПНЖК	ПНЖК/НЖК
Идеальный липид	1,00:1,00:1,00	0,2–0,4
Толстолобик	0,74:1,00:0,08	0,11
Сазан	0,43:1,00:0,15	0,33
Судак	0,10:1,00:0,26	0,36
Сом	0,52:1,00:0,08	0,16

Изучение результатов табл. 13 указывает на то, что соотношение подгрупп кислот жиров ИЯК для обозначенных объектов не отвечает идеальному жиру, при этом частично соответствуют липиды ИЯК сазана и судака.

Существенным параметром при формировании пастообразных и эмульсионных субстанций служит доля фосфатидилхолина с эмульгирующими характеристиками. Для оценки доли этого соединения в ИЯК осуществлено изучение фракционного соотношения фосфолипидов (табл. 14).

Таблица 14

Фракционное соотношение фосфолипидов ИЯК анализируемых видов рыб
Fractional ratio of NPS phospholipids of analyzed fish species

Обозначение	Массовая концентрация фракций, % от суммарного количества фосфолипидов			
	Толстолобик	Сазан	Судак	Сом
Фосфатидилхолин	88,13	86,54	79,92	90,63
Фосфатидилэтаноламин	5,87	6,78	9,72	6,14
Фосфатидилсерин	1,65	1,13	2,84	1,66
Сфингомиелин	3,73	4,09	5,22	1,11
Лизофосфатидилхолин	0,62	1,46	2,30	0,46

Из полученных данных следует, что для всех фракций фосфолипидов изучаемого ИЯК свойственно преобладание доли фосфатидилхолина, которая варьируется в пределах от 80 до 90% с учетом вида рыбы. Полученные данные соответствуют результатам исследований ученых, указывающих на превалирование в ИЯК фосфатидилхолина [3, 15], который включен в состав биологических мембран. Он обуславливает их структурную и функциональную специфику как эмульгатора. Повышенное содержание фосфолипидного комплекса в составе икорно-ястычного комплекса обуславливают их эмульгирующие характеристики, что позволяет рекомендовать переработанное вторичное сырье для получения фракционированного лецитина.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что вторичное сырье промышленной переработки рыбы частиковых видов по химическому составу сопоставимо с основным рыбным полуфабрикатом. Перспективно выделение из вторичных материалов биологически активных соединений в виде фосфолипидных и

протеиновых комплексов для использования в качестве пищевых добавок.

2. Анализ исследования аминокислотного состава икорно-ястычного комплекса сазана, толстолобика, сома и судака, которые по морфологическим параметрам отвечают 4-й стадии зрелости, показал, что сумма аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей в нем больше этого параметра в идеальном белке на 20–25 % с учетом вида рыбы. В числе незаменимых аминокислот превалируют треонин и лейцин. В числе насыщенных жирных кислот превалирует пальмитиновая кислота. Среди ПНЖК обозначенных ИЯК выделяется линолевая кислота.

3. Выявленное соотношение фракций фосфолипидов исследуемых ИЯК при превалировании фосфатидилхолина с массовой концентрацией находится в пределах от 80 до 90% с учетом вида рыбы. Высокие значения содержания фосфолипидов в составе икорно-ястычного комплекса обуславливают эмульгирующие характеристики объектов исследования, что позволяет использовать переработанное вторичное сырье для получения фракционированного лецитина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Nutrient analysis of underutilized fish species for the production of protein food* / S.R. Derkach, V.A. Grokhovsky, L.K. Kuranova [et al.] // *Foods and Raw materials*. – 2017. – Vol. 5 (2). – P. 15–23. – DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-15-23.
2. *Влияние методов тепловой обработки на пищевую ценность кулинарной продукции из рыбы* / О.В. Лисиченко, В.В. Коршунова, Н.Г. Ворожейкина [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2014. – № 4 (33). – С. 100–104.
3. *The study of the variability of morphobiological indicators of different size and weight groups of hybrid silver carp (Hypophthalmichthys spp.) as a promising direction of development of the fish processing industry* / Makarenko Alina, Mushtruk, Mikhail, Rudyk-Leuska [et al.] // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – 2021. – Vol.15. – P. 181–191. – DOI: 10.5219/1537.
4. *Биопотенциал вторичного сырья икорного производства для получения биологически ценной белковой продукции* / Д.В. Полещук, Л.Ю. Подленный, С.Н. Максимова [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. – 2023. – № 3 (192). – С. 167–173.

5. *Exploiting of Secondary Raw Materials from Fish Processing Industry as a Source of Bioactive Peptide-Rich Protein Hydrolysates* / G.G. Phadke, N.B. Rathod, F. Ozogul [et al.] // *Marine Drugs*. – 2021. – Vol. 19 (9). – P. 480. – DOI: 10.3390/md19090480.
6. *Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives* / M.A. Farag, B. Abib, S. Tawfik [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. – 2021. – Vol. 110. – P. 405–417. – DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.015.
7. *Characterization of Protein Hydrolysates from Fish Discards and By-Products from the North-West Spain Fishing Fleet as Potential Sources of Bioactive Peptides* / A. Henriques, J.A. Vázquez, J. Valcarcel [et al.] // *Marine Drugs*. – 2021. – Vol. 19 (9). – P. 338. – DOI: 10.3390/md19060338.
8. Махутова О.Н., Гладышев М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты в физиологии и метаболизме рыб и человека: значение, потребности, источники // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. – 2020. – Т. 106, № 5. – С. 601–621.
9. Mol S., Turan S. Comparison of proximate, fatty acid and amino acid compositions of various types of fish roes // *International Journal of Food Properties*. – 2008. – Vol. 11, No. 3. – P. 669–677.
10. *Determination of Lipid Peroxidation and Fatty Acid Compositions in the Caviars of Rainbow Trout and Carp* / Ayşe Gürel Inanlı, Özlem Emir Çoban, Ökkeş Yılmaz [et al.] // *Journal of Aquatic Food Product Technology*. – 2018. – P. 1–8. – DOI: 10.1080/10498850.2018.1499688.
11. *Хроматографический анализ состава белков плодов расторопши пятнистой, произрастающей в Республике Дагестан* / А.Ш. Рамазанов, Ш.А. Балаева., О.Б. Рудаков [и др.] // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2021. – Т. 21, № 5. – С. 697–707.
12. *Two-dimensional high-performance thin-layer chromatography for the characterization of milk peptide properties and a prediction of the retention behavior – a proof-of-principle study* / M. Treblin, T. Oesen, L.-C. Class [et al.] // *Journal of Chromatography A*. – 2021. – Vol. 1653. – P. 462442. – DOI: 10.1016/j.chroma.2021.462442.
13. *Определение теплотехнических показателей икры сазана как объекта замораживания и источника лецитина* / В.Э. Поликарпова, И.Ю. Алексанян, З.М. Арапова [и др.] // *Индустрия питания*. – 2022. – Т. 7, № 4. – С. 25–35.
14. *Химический состав российских пищевых продуктов: Справ. / Под ред. член-кор. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна*. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
15. *Physical and oxidative stability of high fat fish oil-in-water emulsions stabilized with sodium caseinate and phosphatidylcholine as emulsifiers* / B. Yesiltas, P.J. García-Moreno, A.-D.M. Sørensen [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 276. – P. 110–118. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.09.172.

REFERENCES

1. Derkach S.R., Grokhovsky V.A., Kuranova L.K., Volchenko V.I., Nutrient analysis of underutilized fish species for the production of protein food, *Foods and Raw materials*, 2017, Vol. 5, No. 2, pp. 15–23, DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-15-23.
2. Lisichenok O.V., Korshunova V.V., Vorozhejkina N.G., Tarabanova E.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2014, No. 4 (33), pp. 100–104. (In Russ.)
3. Makarenko A., Mushtruk M., Rudyk-Leuska N. et al., The study of the variability of morphobiological indicators of different size and weight groups of hybrid silver carp (*Hypophthalmichthys* spp.) as a promising direction of development of the fish processing industry, *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2021, Vol. 15, pp. 181–191, DOI: 10.5219/1537.
4. Poleshchuk D.V., Podlennyj L.Yu., Maksimova S.N., Volkov V.V., Kalinina N.S., *Vestnik KrasGAU*, 2023, No. 3 (192), pp. 167–173. (In Russ.)
5. Phadke G.G., Rathod N.B., Ozogul F. et al., Exploiting of Secondary Raw Materials from Fish Processing Industry as a Source of Bioactive Peptide-Rich Protein Hydrolysates, *Marine Drugs*, 2021, Vol. 19 (9), pp. 480, DOI: 10.3390/md19090480.
6. Farag M.A., Abib B., Tawfik S., Shafik N., Khattab A.R., Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives, *Trends in Food Science & Technology*, 2021, Vol. 110, pp. 405–417, DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.015.
7. Henriques A., Vázquez J.A., Valcarcel J., Mendes R., Bandarra N.M., Pires C., Characterization of Protein Hydrolysates from Fish Discards and By-Products from the North-West Spain Fishing Fleet as Potential Sources of Bioactive Peptides, *Marine Drugs*, 2021, Vol. 19 (9), pp. 338, DOI: 10.3390/md19060338.
8. Maxutova O.N., Gladyshev M.I., *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2020, Vol. 106, No. 5, S. 601–621. (In Russ.)
9. Mol S., Turan S., Comparison of proximate, fatty acid and amino acid compositions of various types of fish roes, *International Journal of Food Properties*, 2008, Vol. 11, No. 3, pp. 669–677.

10. Ayşe Gürel Inanlı, Özlem Emir Çoban, Ökkeş Yılmaz, Emine Özpolat, Nermin Karaton Kuzgun Determination of Lipid Peroxidation and Fatty Acid Compositions in the Caviars of Rainbow Trout and Carp, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2018, pp. 1–8, DOI: 10.1080/10498850.2018.1499688.
11. Ramazanov A.Sh., Balaeva Sh.A., Rudakov O.B. Selemenov V.F., *Sorbcionny'e i xromatograficheskie processy*, 2021, Vol. 21, No. 5, pp. 697–707. (In Russ.)
12. Treblin M., Oesen T., Class L.-C. et al., Two-dimensional high-performance thin-layer chromatography for the characterization of milk peptide properties and a prediction of the retention behavior – a proof-of-principle study, *Journal of Chromatography A*, 2021, Vol. 1653, pp. 462442, DOI: 10.1016/j.chroma.2021.462442.
13. Polikarpova V.E., Aleksanyan I.Yu., Arabova Z.M., Nugmanov A.X.-X., E'lmurzaev A.A., *Industriya pitaniya*, 2022, Vol. 7, No. 4, pp. 25–35. (In Russ.)
14. *Ximicheskij sostav rossijskix pishhevy'x produktov: Spravochnik* (The chemical composition of Russian food products: A reference guide), Pod red. I.M. Skurixina, V.A. Tutel'jana, M: DeLi print, 2002, 236 p. (In Russ.)
15. Yesiltas B., Garcia-Moreno P.J., Sørensen A.-D. M., Akoh C.C., Jacobsen C., Physical and oxidative stability of high fat fish oil-in-water emulsions stabilized with sodium caseinate and phosphatidylcholine as emulsifiers, *Food Chemistry*, 2019, Vol. 276, pp. 110-118. DOI 10.1016/j.foodchem.2018.09.172.

Информация об авторах:

З.М. Арабова, кандидат технических наук
 И.Ю. Алексанян, доктор технических наук, профессор
 А.Х.-Х. Нугманов, доктор технических наук, профессор
 И.А. Бакин, доктор технических наук, профессор
 О.И. Коннова
 А.С. Мустафина, кандидат технических наук, доцент
 Д.С. Аникина, аспирант

Contribution of the authors:

Z.M. Arabova, PhD in Technical Sciences
 I.Y. Aleksanyan, Doctor of Technical Sciences, Professor
 A.H.-H. Nugmanov, Doctor of Technical Sciences, Professor
 I.A. Bakin, Doctor of Technical Sciences, Professor
 O.I. Konnova
 A.S. Mustafina, PhD in Technical Sciences, Associate Professor
 D.S. Anikina, PhD student

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.