

Научная статья

УДК 639.3.043.2

DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-465-476

EDN: KEYNWM



СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА КОРМОВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ МОЛОДИ РЫБ, ПОЛУЧЕННЫХ БИОКОНВЕРСИЕЙ РЫБНОГО СЫРЬЯ

Г.Н. Тимчишина, Т.Н. Слуцкая, Е.П. Караулова,
К.Г. Павел, А.Н. Баштовой*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Проведены сравнительные исследования состава кормовых добавок, полученных из рыбного сырья с использованием ферментализации. Показано, что кормовые добавки, предлагаемые отечественными производителями, и ферментализат «ТИНРО-60», произведенный биоконверсией в обоснованных условиях, близки по основным качественным показателям, используемым для характеристики их свойств, а также пригодны как источники белка, аминокислот, липидов и минеральных компонентов для питания мальков. Установлено, что по количеству биоактивных пептидов исследованные кормовые добавки близки к естественному корму мальков и в целом соответствуют данным, известным из литературы. Совокупность результатов исследования свидетельствует о возможности получения белковой добавки, сравнимой с известными, путем ферментализации некондиционного рыбного сырья.

Ключевые слова: аквакультура, кормовые добавки, ферментализация, молодь рыб, биологически активные пептиды

Для цитирования: Тимчишина Г.Н., Слуцкая Т.Н., Караулова Е.П., Павел К.Г., Баштовой А.Н. Сравнительные исследования состава кормовых добавок для молоди рыб, полученных биоконверсией рыбного сырья // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 2. — С. 465–476. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-465-476. EDN: KEYNWM.

* Тимчишина Галина Николаевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, galina.timchishina@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-8889-8657; Слуцкая Татьяна Ноевна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, tatyana.slutskaya@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3228-3047; Караулова Екатерина Павловна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ekaterina.karaulova@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-8508-9603; Павел Константин Геннадьевич, кандидат химических наук, ведущий специалист, konstantin.pavel@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0003-1476-9577; Баштовой Александр Николаевич, кандидат технических наук, заведующий сектором, aleksander.bashtovoi@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0003-1398-3547.

Comparative studies on composition of feed additives for juvenile fish produced with bioconversion of fish raw materials

Galina N. Timchishina*, Tatyana N. Slutsкая**, Ekaterina P. Karaulova***,
Konstantin G. Pavel****, Alexander N. Bashtovoy*****

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

* Ph.D., leading researcher, galina.timchishina@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-8889-8657

** D. Tech., professor, principal researcher, tatyana.slutsкая@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3228-3047

*** Ph.D., leading researcher, ekaterina.karaulova@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-8508-9603

**** Ph.D., leading specialist, konstantin.pavel@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0003-1476-9577

***** Ph.D., head of sector, aleksander.bashtovoi@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0003-1398-3547

Abstract. Technology of feed additive for fry feeding in fish farms is developed to provide both important nutrients (proteins, lipids, etc.) and optimal peptide composition of protein that is achieved using proteolysis of raw materials under certain conditions. For this purpose, enzymatic hydrolysis of substandard small-sized frozen pollock was used. The rational duration of the hydrolysis process was 60 min. that provided the degree of protein hydrolysis of 26–28 %. The experimental fermentolysate was concentrated to a water content of 3–4 % and presented as a feed additive TINRO-60. This product is compared with other feed additives (dried fermentolysates) produced in Russia from fish raw materials using bioconversion, such as Biomarin, Bioprom and Vakhob. General chemical composition of tested products was determined by standard methods of analytical chemistry; composition and content of fatty acids — by gas-liquid chromatography; micro- and macroelements, as well as toxic metals — by atomic absorption spectrophotometry; fractional composition of proteins and peptides — by high pressure gel permeation chromatography; amino acid composition — by ion exchange chromatography on a high-speed analyzer. All tested samples contain similar amount of the main feed component — protein substances. The quantitative ratio of peptide fractions is also comparable, the sum of the most active fractions (MW 0.1–10.0 kDa) in TINRO-60 and Biomarin is close to their level in tissues of *Artemia*, natural food for fish fry. The content of essential amino acids, EPA and DHA is significant in Biomarin, TINRO-60 and Bioprom, but almost twice lower in Vakhob. Analysis of mineral composition showed that bioconversion into dry fermentolysates does not cause concentration of toxic elements. High quality of the protein feed additive TINRO-60 produced by bioconversion of nonstandard fish raw materials under certain conditions is proved.

Keywords: aquaculture, feed additive, fermentolysis, juvenile fish, biologically active peptides

For citation: Timchishina G.N., Slutsкая T.N., Karaulova E.P., Pavel K.G., Bashtovoy A.N. Comparative studies on composition of feed additives for juvenile fish produced with bioconversion of fish raw materials, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 2, pp. 465–476. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-465-476. EDN: KEYNWM.

Введение

В течение эмбрионального и личиночного периодов жизни рыб многие функции, такие как дыхание, осморегуляция и питание, осуществляются специфическими способами, отличающимися от этих процессов во взрослом состоянии. Эмбрионы питаются желточной массой, переход на стадию личинки сопровождается расширением перечня пищевых объектов, что осуществляется за счет использования кормовых организмов соответствующей среды обитания. Кроме того, возможно, водные организмы способны усваивать многие растворенные вещества и удовлетворять свои пищевые потребности за счет биосорбции [Иванов, 2011]. Вероятно, это может происходить на первых этапах личиночного развития, например, лососевых в присутствии мышечной ткани отнерестившихся родителей. Данные, полученные Н.Н. Немовой с соавторами [1980], свидетельствуют о резко возрастающей активности мышечных протеаз (катепсинов) у лососей на конечном этапе их жизни перед нерестом, что приводит к интенсификации гидролиза их белков до растворимых в водной среде пептидов. Роль низкомолекулярных

эндогенных пептидов у рыб состоит в их участии в ответных реакциях на изменение внешней среды, а также при адаптации к влиянию различных факторов (температура, наличие токсичности и др.) [Смирнов, 2005].

Считается, что в живом организме существует биохимический буфер, который образован пептидным пулом и обеспечивает регуляцию метаболических колебаний в клетке, поддерживая в организме гомеостаз и устанавливая равновесие между ростом, дифференцировкой, гибелью и восстановлением клеток. На этом основано действие лекарственных препаратов, содержащих пептиды различных тканей животных. Основная область их применения — коррективировка патологических состояний, связанных с нарушениями трансформации клеток и в целом тканей. Недавно проведенные масштабные исследования биологической активности пептидов животного происхождения (ММ 18–27 кДа) позволили установить, что они не обладают токсичностью, проявляют иммуностропное действие, активизируют неспецифический иммунитет и снижают интенсивность размножения злокачественных клеток [Кольберг и др., 2022].

Биологическая активность экзогенных пептидов, используемых в аквакультуре, заключается в регуляции процессов метаболизма за счет прямого взаимодействия с ДНК и РНК и влиянии на синтез белков. Это приводит к увеличению выживаемости и темпов роста ихтиомассы при одновременном снижении себестоимости продукции, что является перспективным для рыбоводства [Микодина, 1999].

Научно-исследовательские и практические работы по технологии получения кормов для мальков рыб, выращиваемых в хозяйствах аквакультуры России, проводятся не только с учетом принципов обеспечения важными компонентами (белками, липидами и др.), но и путем регулирования пептидного состава белковой части, что достигается применением протеолиза сырья в определенных условиях.

Учитывая изложенное, целью данной работы является сравнительное исследование состава кормовых добавок, полученных из рыбного сырья с использованием биоконверсии.

Материалы и методы

Сырьем являлся некондиционный неразделанный мороженный минтай, измельченный на промышленном волчке с диаметром отверстия решетки не более 10 мм. Гидролиз проводили при температуре 45 °С в реакторе периодического действия, снабженном лопастной мешалкой. Соотношение смеси сырье : ферментный водный раствор составляло 1,0 : 0,25. Массовая доля ферментного препарата (протосубтилин Г3х) в растворе составляла 0,10 % к массе сырья, активность ферментного препарата — 120 ПЕ /г, продолжительность гидролиза — 45, 60, 90 и 135 мин. После гидролиза смесь пропускали через вибрационное сито с диаметром отверстия 2 мм для получения жидкого ферментолизата и отделения плотной части — костной массы, которая в дальнейшем не используется.

Пастеризацию смеси проводили при температуре 85 °С в течение 15 мин.

Химический состав ферментолизата (общий азот, небелковый и аминный азот, вода, минеральные вещества) определяли по ГОСТ 7636-85, 13496.15-97, 26226-95, 31640, Р 54951, 32933.

Степень гидролиза рассчитывали как отношение количества небелкового азота к общему [Леванидов и др., 1984].

Жидкий ферментолизат являлся промежуточным продуктом и при дальнейшей технологической обработке подвергался сушке на установке распылительного действия, сухой ферментолизат обозначен как «ТИНРО-60».

Объектами исследований являлись образцы сухих ферментолизатов различных отечественных производителей:

— «Биомарин», ООО «Биомарин», г. Мурманск;

— «ТИНРО-60», опытный образец, произведен на производственном участке отдела кормов и кормовых компонентов ФГБНУ «ВНИРО» по технологии ТИНРО, г. Москва;

— «Вахоб», ИП «Вахобов», г. Шахты;

— «Биопром», ООО «АПФК Биопром», г. Батайск.

В образцах определяли массовую долю воды (ГОСТ Р 54951-2012), липидов (ГОСТ 13496.15-97) и минеральных веществ (ГОСТ 32933-2014).

Содержание общего азота ($N_{\text{общ}}$) — по методу Кьельдаля на приборе «Kjeltec 2300» (Foss, Швеция) (ГОСТ 13496.4-93).

Экстракцию липидов и их массовую долю определяли по методу Блайя и Дайера [Bligh, Dyer, 1959]. Для установления состава жирных кислот в комбикормах липиды конвертировали в метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) по известной методике [Carreau, Dubacq, 1978], которые затем очищали методом препаративной тонкослойной хроматографии на стеклянных пластинках с силикагелем (Merck Co. Ltd, Германия, 5 мкм) с использованием системы растворителей бензол : гексан — 7 : 3 в качестве элюента. Газожидкостную хроматографию МЭЖК проводили на хроматографе GC-14B (Shimadzu, Япония) с использованием капиллярной колонки Supelcowax™ 10 (30,0 м x 0,32 мм, толщина пленки 0,25 мкм, Supelco, США) и пламенно-ионизационного детектора при температуре колонки 190 °С, температуре инжектора и детектора 240 °С. В качестве газоносителя применяли гелий со скоростью потока 1 мл/мин и делителем потока 1/60. Идентификацию проводили с использованием индексов удерживания ECL [Christie, 1988].

В качестве объектов сравнения при исследовании фракционного состава белков и пептидов использованы мотыль Chironomidae, артемия *Artemia salina* и ее цисты — натуральные кормовые организмы молоди рыб.

Водорастворимые белковые вещества экстрагировали согласно рекомендациям [Лазаревский, 1955]. Фракционный состав белков и пептидов анализировали методом гелепроникающей хроматографии на хроматографе высокого давления Agilent Technologies liquid chromatograph (Agilent Technologies 1260 Infinity, США), оснащенный ультрафиолетовым детектором. Колонка TSKgel G 3000PWXL column, 7,8 mm I.D. × 30 cm (TOSOH Corporation, Токио, Япония), поток 0,3 мл/мин, температура 25 °С. Подвижная фаза 0,1N NaCl — 20 mM Tris-HCl буфер [Досон и др., 1991; Rosenberg, 1996].

Аминокислотный состав белков определяли методом ионно-обменной хроматографии на высокоскоростном анализаторе Hitachi L-8900 после кислотного гидролиза 6 N раствором соляной кислоты в течение 24 ч [Баратова, Белянова, 1974; Остерман, 1985].

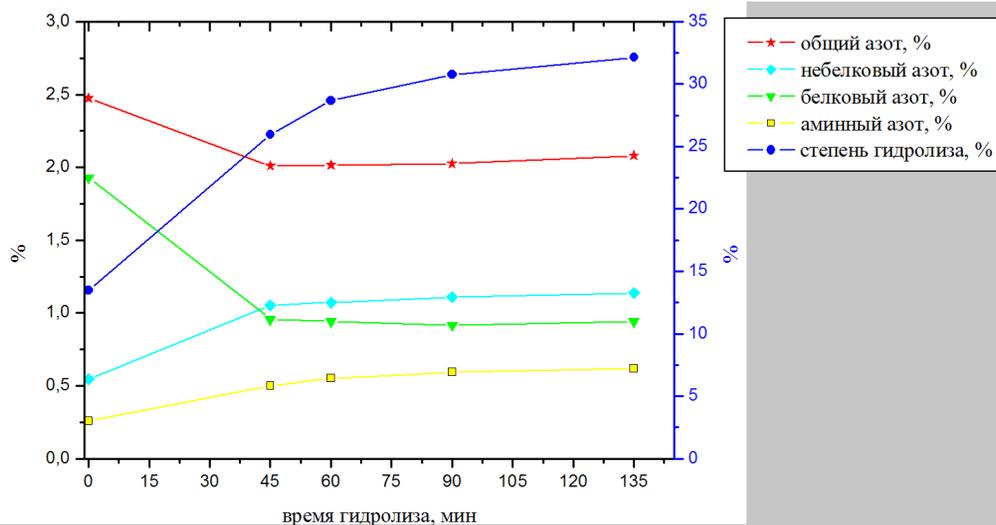
Содержание микро- и макроэлементов и токсичных металлов в образцах анализировали в соответствии с ГОСТ 26927-86, 26929-94, 26930-86, 26932-86, 26933-86, 30178-96, 30538-97 на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы “Nippon Jarrell Ach” модель AA-885. В качестве атомизатора использовали одноцелевую горелку и пламя ацетилен-воздух. Коррекцию фона проводили дейтериевой лампой. Применяли стандартные растворы электролитов, прошедших государственную проверку и включенных в реестр [Славин, 1971].

Результаты исследований обрабатывали статистическими методами [Урбах, 1963, 1975; Кенуй, 1979]. Достоверность данных достигали планированием экспериментов, необходимых и достаточных для достижения точности результатов ($P = 0,90-0,95$), при доверительном интервале $\Delta \pm 3-10$ % среднеарифметических значений.

Результаты и их обсуждение

Известно, что в естественной пище молоди рыб содержатся преимущественно легкоусвояемые низкомолекулярные полипептиды. Анализ литературных данных показывает, что белковая часть живых кормов характеризуется преобладанием растворимых пептидов массой от 1,0 до 10,0 кДа [Чипинова, 2006; Пономарев и др., 2010]. Для получения добавки, содержащей растворимые компоненты белкового происхождения (пептиды), проводился ферментативный гидролиз некондиционного сырья (мелкий минтай), основные параметры которого были известны из данных литературы [Кузнецов, 2002;

Ярочкин, Помоз, 2012] и собственных исследований [Баштовой и др., 2017; Пат. РФ 2460313; Пат. РФ 2503249; Пат. РФ № 2732919]. В настоящей работе обосновывалась рациональная продолжительность процесса гидролиза. Показатели, характеризующие протеолиз, а именно количество небелкового и белкового азота, аминного азота, степень гидролиза, стабилизируются после 60 мин ферментализации (см. рисунок).



Зависимость накопления азотистых веществ от времени ферментализации
Accumulation of nitrogenous substances in dependence on the time of fermentolysis

Исследование общего химического состава ферментализатов показало их сходство как по количеству сухих веществ, так и по уровню белковых, минеральных и липидных компонентов (табл. 1).

Химический состав сырья и жидких ферментализатов, %

Таблица 1

Table 1

Chemical composition of raw materials and liquid fermentolysates, %

Время гидролиза, мин	Вода/сухие вещества	Белок	Липиды	Минеральные вещества
0	79,79/20,21	15,47	1,66	3,08
45	84,32/15,68	12,56	1,94	1,18
60	84,31/15,69	12,59	2,07	1,03
90	84,19/15,81	12,66	2,23	0,92
135	83,68/16,32	13,00	1,93	1,39

Данные молекулярно-массового распределения водорастворимой части белков и пептидов в жидких ферментализатах при различной продолжительности гидролиза показывают, что при длительности от 45 до 60 мин увеличивается доля белков и пептидов ММ от 1 до 10 кДа (табл. 2). При дальнейшей продолжительности гидролиза происходило снижение доли пептидной фракции — 5–10 кДа, что не приводило к значительному изменению общего количества биологически активной фракции пептидов.

Совокупность полученных результатов позволила сделать заключение о рациональной продолжительности процесса гидролиза, которая составляет 60 мин и соответствует степени гидролиза белковой части 26–28 %.

Концентрирование ферментализата осуществляли на распылительной сушилке до содержания воды 3–4 %, сухой ферментализат (далее по тексту «ТИНРО-60») сравнивали по химическому составу с другими кормовыми добавками, также полученными путем ферментализации (табл. 3).

Таблица 2
Молекулярно-массовое распределение водорастворимой части белков и пептидов
в ферментолизатах, %

Table 2
Molecular weight distribution of the water-soluble parts of proteins and peptides
in fermentolysates, %

Время гидролиза, мин	Фракции, кДа				
	Менее 1	1–5	5–10	Более 10	Сумма менее 10
45	23,76	12,06	28,35	35,83	64,17
		40,41			
60	31,64	25,36	26,37	16,63	83,37
		51,73			
90	44,47	34,05	19,61	1,87	98,13
		53,66			
135	41,44	33,41	23,99	1,16	98,84
		57,40			

Таблица 3
Химический состав сухих кормовых ферментолизатов, %

Table 3
Chemical composition of dry feed fermentolysates, %

Наименование ферментолизата	Вода	Белок	Липиды	Минеральные вещества	Небелковый азот
«Биомарин»	6,5	72,7	13,2	7,6	8,5
«ТИНРО-60»	3,2	74,4	15,0	7,4	7,6
«Биопром»	6,6	77,4	9,6	6,4	5,4
«Вахоб»	9,5	76,7	5,5	8,3	1,1

Как видно из представленных данных, кормовые добавки различаются по ряду показателей. Например, условно сухие ферментолизаты содержат воды от 3,2 до 9,5 %, липидов — от 5,5 до 15,0 %. Судя по значению небелкового азота (колебания от 1,1 до 8,5 %), при изготовлении этих образцов применялись разные режимы ферментации. Для добавки «Вахоб» по содержанию небелкового азота можно предположительно судить о недостаточно глубоко прошедшем протеолизе. Ферментолизат «ТИНРО-60» по содержанию белка, воды, степени гидролиза, количеству липидов приближается к «Биомарин», а «Биопром» занимает промежуточное значение. В целом данные по химическому составу свидетельствуют о сходстве исследованных образцов по количеству главного кормового компонента — белковых веществ.

Исследованные ферментолизаты, в том числе полученный в ТИНРО, в целом по количественному соотношению пептидных фракций сопоставимы (табл. 4). По сумме наиболее активных фракций (ММ 0,1–10,0 кДа) ферментолизат, полученный из рыбного сырья в течение 60 мин протеолиза («ТИНРО-60»), и ферментолизат «Биомарин» характеризуются наиболее высоким их содержанием и приближаются по этому показателю к артемии — естественному природному корму для мальков.

Стоит отметить, что ферментолизаты отличаются от естественных кормовых организмов более высоким содержанием мелких пептидов и аминокислот. Это можно оценить как положительный фактор, поскольку известно, что личинкам на начальном этапе требуется наличие легкоусвояемых форм азотсодержащих соединений [Пономарев, Пономарева, 2003]. Возможно также, что высокое содержание свободных аминокислот и олигопептидов в составе кормов компенсирует их частичное вымывание при нахождении в воде.

Исследование жирнокислотного состава сухих ферментолизатов позволило установить, что доля насыщенных жирных кислот в образцах не превышает 30 %: в ферментолизатах «ТИНРО-60», «Вахоб» и «Биопром» — на уровне 24–27 % (табл. 5).

Таблица 4

Молекулярно-массовое распределение водорастворимой части белков и пептидов в сухих ферментолизатах и кормовых организмах, %

Table 4

Molecular mass distribution of the water-soluble parts of proteins and peptides in dry fermentolysates and feed organisms, %

Исследованный образец	Фракция, кДа				
	Менее 1	1–5	5–10	Более 10	Менее 10
<i>Ферментолизаты</i>					
«Биомарин»	20,70	36,03	40,70	2,57	97,43
		76,73			
«ТИНРО-60»	11,79	44,97	21,25	21,99	78,01
		66,22			
«Вахоб»	8,65	25,46	40,71	25,18	74,82
		66,17			
«Биопром»	19,05	20,14	29,79	31,02	68,98
		49,93			
<i>Кормовые организмы</i>					
Кормовые организмы молоди лососевых*	0,4–0,6 (0,5 ± 0,11)	52,3–81,1 (68,0 ± 14,6)	18,3–47,1 (20,3 ± 14,6)	52,6–81,4 (68,3 ± 14,6)	
Мотыль	1,8	22,5	75,7	24,3	
Артемия салина	15,9	71,2	12,9	87,1	
Цисты артемии салина	9,9	88,6	1,50	98,5	
Мелкий зоопланктон**	7,0–10,0	60,0–86,0	5,0–7,0	67,0–96,0	

* Хиროномиды (Chironomidae), олигохеты (Oligochaeta), гаммарусы (Gammarus), в скобках среднее значение [Пономарев, Пономарева, 2003].

** Данные Х. Латреш [1998], Г.М. Чипиновой [2006], С.В. Пономарева с соавторами [2010].

Таблица 5

Жиринокислотный состав сухих ферментолизатов, % от общей суммы жирных кислот

Table 5

Fatty acid composition of dry fermentolysates, % of the total fatty acids

Жирные кислоты	«Биомарин»	«ТИНРО-60»	«Биопром»	«Вахоб»
Насыщенные	30,60	23,29	25,29	26,95
Мононенасыщенные	32,78	44,77	43,86	35,99
Полиненасыщенные, в том числе	35,88	30,10	29,98	36,47
20:5 n-3 (ЭПК)	10,29	8,56	7,65	5,56
22:6 n-3 (ДГК)	15,33	12,92	13,20	9,30
Сумма ЭПК и ДГК	25,62	21,48	20,85	14,85

Мононенасыщенные жирные кислоты добавок «ТИНРО-60» и «Биопром» — 44–45 %, а в ферментолизатах «Биомарин» и «Вахоб» несколько ниже — 33–36 %. Представленные данные указывают на значительное содержание ЭПК и ДГК как в сумме, так и отдельно в образцах ферментолизатов «Биомарин», «ТИНРО-60» и «Биопром» и в целом соответствуют известным сведениям о липидах в пресноводных организмах, которыми питается молодь рыб (гаммарусы, хириномиды) [Остроумова, 2012]; практически в два раза ниже эти показатели в добавке «Вахоб».

Исследование аминокислотного состава сухих ферментолизатов показало, что по количеству незаменимых аминокислот наиболее ценными, учитывая общепринятую точку зрения в отношении определения полноценности питания [Щербина, Гамыгин, 2006], являются кормовые добавки «ТИНРО-60», «Биопром» и «Биомарин» (табл. 6). Судя по аминокислотному составу, добавка «Вахоб» изготавливалась из сырья с малым содержанием белковых компонентов (небольшим количеством мышечной части); в

Таблица 6

Аминокислотный состав кормовых добавок, г/100 г белка

Table 6

Amino acid composition of feed additives, g/100 g protein

Аминокислота	«Биомарин»	«ТИНРО-60»	«Биопром»	«Вахоб»
Thr	3,51	4,19	3,92	2,17
Ile	4,22	4,68	4,94	2,27
Leu	6,92	8,22	8,42	4,72
Val	5,29	5,38	5,92	3,55
Lys	7,32	9,04	9,00	4,31
His	1,85	1,83	1,89	1,16
Arg	5,84	6,60	6,46	7,25
Тур	1,35	1,21	1,23	1,32
Phe	3,01	4,10	4,31	2,14
Met	0,12	0,05	0,12	0,08
Cys	1,23	0,42	0,31	0,28
Сумма НАК	40,66	45,72	46,52	29,25
Asp	9,47	10,64	10,93	7,17
Ser	2,70	3,32	2,54	2,14
Glu	15,84	17,55	17,99	13,39
Gly	11,16	6,83	6,55	17,88
Ala	7,48	6,75	6,93	7,92
Pro	12,69	9,19	8,54	22,25
Сумма ЗАК	59,34	54,28	53,48	70,75

частности, она содержит наиболее высокое количество глутаминовой кислоты (около 18,0 %), а также пролина (22,25 %), что свидетельствует о том, что сырьем для ее изготовления в основном служили отходы от разделки — внутренности, кости, кожа, головы.

Анализ минерального состава сухих ферментоллизатов показал, во-первых, что их производство не приводит к концентрированию токсичных элементов (ПДК которых ниже установленных уровней), а, во-вторых, количество элементов, участвующих в построении костной ткани потребителей, существенно различается (табл. 7). Так, например, содержание кальция наиболее высокое в «Биомарин» и «Вахоб», что указывает на то, что в исходном сырье находилось большое количество костной ткани; наименьшее количество кальция в ферментоллизате «ТИНРО-60». Очень высокое содержание

Таблица 7

Минеральный состав сухих ферментоллизатов, мг/кг

Table 7

Mineral composition of dry fermentolysates, mg/kg

Показатель	«Биомарин»	«ТИНРО-60»	«Биопром»	«Вахоб»	ПДК*
Na	11980,5	11797,0	46471,4	4410,95	–
Ca	11327,0	4647,3	5996,3	12277,50	–
K	10238,3	17159,2	13664,7	6187,25	–
Mg	363,4	983,1	1055,1	1119,20	–
Mn	2,6	0,2	2,3	11,70	–
Fe	148,9	89,1	182,2	307,65	–
Zn	125,1	88,2	120,2	55,85	200
Cu	24,9	26,7	3,0	17,20	80
Cd	0,296	0,262	0,254	0,090	1,0
As	0,630	0,275	0,390	0,320	2,0
Pb	2,180	0,739	0,876	1,50	5,0
Hg	0,180	0,124	0,160	0,060	0,5

* В соответствии с Едиными ветеринарными требованиями ТС (изм. от 24.11.2023, № 131).

железа определено в «Биомарин» и «Вахоб», что, возможно, связано с использованием в качестве сырья большого количества внутренних органов. Колебания в количестве остальных элементов — натрия, марганца, калия, магния — можно объяснить неоднородностью состава исходного сырья, подвергаемого ферментированию, которое также, как показывают полученные нами результаты, проводилось в разных условиях.

В период с 2018 по 2021 г. на рыбопроизводных заводах Дальневосточного региона испытана серия рецептур стартовых комбикормов для лососевых на примере кеты.

Рецептуры комбикормов включали в себя ферментализаты, как разработанные ТИНРО, так и других производителей. Получены положительные данные по кормлению молоди кеты экспериментальными гранулированными и промышленными экстрадированными кормами с применением ферментализатов различных отечественных производителей. При проведении биологических экспериментов на кормах ТИНРО отмечались 99 %-ная выживаемость мальков и низкий кормовой коэффициент [Баштовой и др., 2020, 2021].

Заключение

Сравнительные исследования кормовых добавок, предлагаемых разными производителями, и ферментализата «ТИНРО-60» позволили установить сходство по основным показателям, используемым для характеристики их свойств, а также по пригодности как источников белка (в том числе аминокислот), липидов, минеральных компонентов для питания мальков рыб.

Дополнительным аргументом для вышесказанного является то, что по количеству питательных составляющих ферментализаты близки к естественному корму мальков.

Совокупность представленных результатов свидетельствует о возможности получения белковой добавки, сравнимой с известными, путем биоконверсии некондиционного рыбного сырья в обоснованных условиях.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

При подготовке данной публикации авторами с благодарностью использовались экспериментальные материалы по обоснованию условий ферментализа, полученные под руководством доктора технических наук Ярочкина Альберта Павловича. Авторы выражают свою признательность при проведении исследований коллективу Аналитической научно-испытательной лаборатории отдела безопасности и технологии переработки сырья и разработок (ТИНРО).

When preparing the publication, the authors gratefully used experimental materials on substantiation the conditions of fermentolysis obtained under supervising of D.Tech. Albert Pavlovich Yarochkin. The authors express their gratitude to the team of the Analytical Research and Testing Laboratory of TINRO for their permanent assistance to the study.

Финансирование работы (FUNDING)

Основанием для проведения научно-исследовательской работы являлась Государственная работа «Проведение прикладных научных исследований» государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» № 076–00005–20–02.

The basis for the research work was the State work “Conducting applied scientific research” of the state assignment of VNIRO No. 076–00005–20–02.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Библиографические ссылки на все использованные в работе данные других авторов оформлены в соответствии с правилами данного издания.

Bibliographic references to all data of other authors used in the work are formatted in accordance with the rules of this publication.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Авторам в равной мере принадлежит участие в постановке цели, планировании и организации работы, получении экспериментальных данных, их обработке и анализе, составлении макета статьи, формулировании выводов.

The authors were equally involved in the study targeting, planning and organizing, in the experimental data collecting, processing and analyzing, as well as in writing the manuscript and formulating the conclusions.

Список литературы

- Баратова Л.А., Белянова Л.П.** Определение аминокислотного состава белков // Методы биохимического эксперимента. — М. : МГУ, 1974. — С. 3–36.
- Баштовой А.Н., Тимчишина Г.Н., Ярочкин А.П. и др.** Оценка качества и эффективности применения экспериментальных стартовых комбикормов в условиях «Рязановского ЭПРЗ» // Рыб. хоз-во. — 2020. — № 6. — С. 95–101. DOI: 10.37663/0131-6184-2020-6-95-101.
- Баштовой А.Н., Тимчишина Г.Н., Ярочкин А.П. и др.** Результаты испытаний стартовых комбикормов для промышленного выращивания лососевых рыб (кеты) // Рыб. хоз-во. — 2021. — № 6. — С. 91–96. DOI: 10.37663/0131-6184-2021-6-91-96.
- Баштовой А.Н., Ярочкин А.П., Валова В.Н. и др.** Сравнительная оценка стартовых традиционных и ферментированных комбикормов для молоди тихоокеанских лососей // Изв. ТИПРО. — 2017. — Т. 191. — С. 223–234. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-223-234.
- Досон Р., Эллийот Д., Эллийот У., Джонс К.** Справочник биохимика. — М. : Мир, 1991. — 544 с. (Пер. с англ.)
- Иванов А.А.** Физиология рыб : учеб. пособ. — М. : Лань, 2011. — 284 с.
- Кенуй М.Г.** Быстрые статистические вычисления : справочник / пер. с англ. — М. : Статистика, 1979. — 70 с.
- Кольберг Н.А., Тихонова Н.В., Тихонов С.Л. и др.** Разработка технологии выделения и исследования иммуностропного действия бурсальных пептидов на мышцах с экспериментальным иммунодефицитом // Техника и технология пищевых производств. — 2022. — Т. 52, № 2. — С. 296–309. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-2-2364.
- Кузнецов Ю.Н.** Обоснование биотехнологической модификации отходов от разделки минтая : дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток, 2002. — 139 с.
- Лазаревский А.А.** Техничко-химический контроль в рыбообработывающей промышленности : пособие для работников заводских и исслед. лабораторий. — М. : Пищепромиздат, 1955. — 520 с.
- Латреш Х.** Физиологические аспекты белкового питания осетровых рыб в раннем постэмбриогенезе : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Астрахань : АГТУ, 1998. — 26 с.
- Леванидов И.П., Купина Н.М., Слуцкая Т.Н.** Методика определения способности мяса соленых рыб к созреванию // Рыб. хоз-во. — 1984. — № 9. — С. 62–63.
- Микодина Е.В.** Физиолого-биохимические основы регуляции функций у рыб пептидами энкефалинового ряда : дис. ... канд. биол. наук. — М., 1999. — 337 с.
- Немова Н.Н., Сидоров В.С., Рипатти П.О.** Лизосомальное переваривание белков органов озерного лосося *Salmo salar* L. при голодании в условиях содержания в садках в пресноводный период // Вопр. ихтиол. — 1980. — Т. 20, № 1. — С. 180–182.
- Остерман Л.А.** Хроматография белков и нуклеиновых кислот : моногр. — М. : Наука, 1985. — 536 с.
- Остроумова И.Н.** Биологические основы кормления рыб. 2-е изд., испр. и доп. : моногр. — СПб. : ГосНИОРХ, 2012. — 564 с.
- Пат. РФ 2460313.** Способ производства кормовой добавки хондропротекторной направленности из отходов морских гидробионтов / А.Н. Баштовой, Т.Н. Слуцкая, Е.В. Якуш. Заявл. 10.12.2010; Опубл. 10.09.2012.
- Пат. РФ 2503249.** Способ производства кормовой пасты из рыбного сырья / А.С. Помоз, А.П. Ярочкин, Ю.Г. Блинов. Заявл. 28.09.2012; Опубл. 10.01.2014.
- Пат. РФ № 2732919.** Способ получения сухой ферментированной кормовой добавки для молоди рыб / А.П. Ярочкин, А.Н. Баштовой, Г.Н. Тимчишина, К.Г. Павел. Заявл. 11.12.2019; Опубл. 24.09.2020.
- Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н.** Физиологические основы создания полноценных комбинированных кормов с учетом этапности развития организма лососевых и осетровых рыб // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. — 2010. — № 1. — С. 132–139.

Пономарев С.В., Пономарева Е.Н. Технологические основы разведения и кормления лососевых рыб в индустриальных условиях : моногр. — Астрахань : АГТУ, 2003. — 186 с.

Славин У. Атомно-абсорбционная спектроскопия : моногр. : пер. с англ. — Л. : Химия, Ленингр. отд., 1971. — 296 с.

Смирнов Л.П. Роль липидов и белков в становлении биохимических адаптаций у экотермных организмов : дис. ... д-ра биол. наук. — Петрозаводск, 2005. — 411 с.

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

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

Чипинова Г.М. Технологические особенности кормления молоди осетровых рыб при индустриальном выращивании : дис. ... канд. биол. наук. — Астрахань, 2006. — 149 с.

Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре : моногр. — М. : ВНИРО, 2006. — 360 с.

Ярочкин А.П., Помоз А.С. Исследование основных процессов производства ферментированных кормовых продуктов из отходов рыбопереработки // Изв. ТИПРО. — 2012. — Т. 168. — С. 288–300.

Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. — 1959. — Vol. 37, № 8. — P. 911–917. DOI: 10.1139/o59-099.

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.

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.

Rosenberg I.M. Protein Analysis and Purification: Benchtop Techniques. — Springer Science+Business Media, LLC, 1996. — 520 p. DOI: 10.1007/978-1-4757-1108-0.

References

Baratova, L.A. and Belyanova, L.P., Determination of the amino acid composition of proteins, *Metody biokhimicheskogo eksperimenta* (Methods of biochemical experiment), Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1974, pp. 3–36.

Bashtovoy, A.N., Timchishina, G.N., Yarochkin, A.P., Pavel, K.G., and Pasechnik, P.L., Evaluation of quality and efficiency of application of experimental starting fodder under the conditions of the «Ryazanovsky EPRZ», *Rybn. Khoz.*, 2020, no. 6, pp. 95–101. doi 10.37663/0131-6184-2020-6-95-101

Bashtovoy, A.N., Timchishina, G.N., Yarochkin, A.P., Pavel, K.G., Pasechnik, P.L., and Kotsyuk, D.V., Test results of starting compound feeds for industrial cultivation of salmonids (Chum salmon), *Rybn. Khoz.*, 2021, no. 6, pp. 91–96. doi 10.37663/0131-6184-2021-6-91-96

Bashtovoy, A.N., Yarochkin A.P., Valova, V.N., Timchishina, G.N., Pavel, K.G., Yakush, E.V., and Pavlovsky, A.M., Comparative evaluation of starting traditional and fermented mixed fodders for juveniles of pacific salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 191, pp. 223–234. doi 10.26428/1606-9919-2017-191-223-234

Dawson, R., Elliot, D., Elliot, W., and Jones, K., Handbook of Biochemist, Moscow: Mir, 1991.

Ivanov, A.A., *Fiziologiya ryb* (Physiology of fish), Moscow: Lan', 2011.

Kenuy, M.G., *Bystryye statisticheskiye vychisleniya* (Fast statistical calculations), Moscow: Statistics, 1979.

Kolberg, N.A., Tikhonova, N.V., Tikhonov, S.L., Leontieva, S.A., and Sergeeva, I.Yu., Immunosuppressive Effect of Bursal Peptides on Mice with Experimental Immunodeficiency, *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2022, vol. 52, no. 2, pp. 296–309. doi 10.21603/2074-9414-2022-2-2364

Kuznetsov, Yu.N., Rationale for biotechnological modification of pollock cutting waste, *Cand. Sci. (Tech.) Dissertation*, Vladivostok, 2002.

Lazarevsky, A.A., *Tekhniko-khimicheskij kontrol' v ryboobrabatyvayushchey promyshlennosti : posobiye dlya rabotnikov zavodskikh i issled. laboratoriy* (Technical and chemical control in the fish processing industry: a manual for factory workers and research. laboratories), Moscow: Pishchepromizdat, 1955.

Latresh, H., Physiological aspects of protein nutrition of sturgeon fish in early postembryogenesis, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Astrakhan: Astrakhan. Gos. Tekh. Univ., 1998.

Levanidov, I.P., Kupina, N.M., and Slutskaya, T.N., Methodology for determining the ability of salted fish meat to ripen, *Rybn. Khoz.*, 1984, no. 9, pp. 62–63.

Mikodina, E.V., Physiological and biochemical basis of regulation of functions in fish by peptides of the enkephalin series, *Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Moscow, 1999.

Nemova, N.N., Sidorov, V.S. and Ripatti, P.O., Lysosomal digestion of organ proteins in starving lake salmon *Salmo salar* L. kept in cages during the prespawning period, *Vopr. Ikhtiol.*, 1980, vol. 20, no. 1, pp. 180–182.

Osterman, L.A., *Khromatografiya belkov i nukleinovykh kislot* (Chromatography of proteins and nucleic acids), Moscow: Nauka, 1985.

Ostroumova, I.N., *Biologicheskiye osnovy kormleniya ryb* (Biological basis of fish feeding), St. Petersburg: GosNIORKh, 2012. 2nd ed.

Bashtovoy, A.N., Slutskaya, T.N., and Yakush, E.V., Patent RF 2460313, Method for producing a chondroprotective feed additive from waste of marine hydrobionts, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2012.

Pomoz, A.S., Yarochnik, A.P., and Blinov, Yu.G., Patent RF 2503249, Method for producing feed paste from fish raw materials, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2014.

Yarochnik, A.P., Bashtovoy, A.N., Timchishina, G.N., and Pavel, K.G., Patent RF no. 2732919, Method for obtaining dry fermented feed additive for juvenile fish, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2020.

Ponomarev, S.V., Gamygin, E.A., and Canidiev, A.N., Physiological statement of creation of the valuable combined diets taking into consideration the stages of development of salmon and sturgeon, *Vestnik Astrakh. Gos. Tekh. Univ., Ser. Ryb. khoz-vo*, 2010, no. 1, pp. 132–139.

Ponomarev, S.V. and Ponomareva, E.N., *Tekhnologicheskiye osnovy razvedeniya i kormleniya lososevykh ryb v industrial'nykh usloviyakh* (Technological foundations of breeding and feeding salmon fish in an industrial environment), Astrakhan: Astrakh. Gos. Tekh. Univ., 2003.

Slavin, W., *Atomno-absorbtsionnaya spektroskopiya* (Atomic absorption spectroscopy), Leningrad: Khimiya, 1971.

Smirnov, L.P., The role of lipids and proteins in the formation of biochemical adaptations in ectothermic organisms, *Doctoral (Biol.) Dissertation*, Petrozavodsk, 2005.

Urbakh, V.Yu., *Matematicheskaya statistika dlya biologov i medikov* (Mathematical statistics for biologists and physicians), Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1963.

Urbakh, V.Yu., *Statisticheskii analiz v biologicheskikh i meditsinskikh issledovaniyakh* (Statistical analysis in biological and medical research), Moscow: Medicine, 1975.

Chipinova, G.M., Technological features of feeding juvenile sturgeon during industrial farming *Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Astrakhan, 2006.

Shcherbina, M.A. and Gamygin, E.A., *Kormleniye ryb v presnovodnoy akvakul'ture* (Feeding fish in freshwater aquaculture), Moscow: VNIRO, 2006.

Yarochnik, A.P. and Pomoz, A.S., Study of the main processes in production of fermented feedstuffs from wastes of fish processing, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 168, pp. 288–300.

Bligh, E.G. and Dyer, W.J., A rapid method of total lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 1959, vol. 37, no. 8, pp. 911–917. doi 10.1139/o59-099

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

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

Rosenberg, I.M., *Protein Analysis and Purification: Benchtop Techniques*, Springer Science+Business Media, LLC, 1996. doi 10.1007/978-1-4757-1108-0

Yedinyye veterinarno-sanitarnyye trebovaniya (Yedinyye veterinarnyye trebovaniya), pred'yavlyayemye k tovaram, podlezhashchim veterinarnomu kontrolyu (nadzoru) (Unified Veterinary and Sanitary Requirements (Unified Veterinary Requirements) for goods subject to veterinary control (supervision)), as amended on March 2, 2011. Approved by the Decision of the Customs Union Commission dated June 18, 2010, no. 317 (as amended on November 24, 2011). 2023, no. 131).

Поступила в редакцию 3.04.2024 г.

После доработки 6.05.2024 г.

Принята к публикации 5.06.2024 г.

The article was submitted 3.04.2024; approved after reviewing 6.05.2024; accepted for publication 5.06.2024