

Ключевые слова:

аквакультура, лососевые, европейский сиг, шпротные отходы, белковые гидролизаты, пептидная добавка, белково-минеральная добавка

Keywords:

aquaculture, salmon, European whitefish, sprat waste, protein hydrolysates, peptide additive, protein-mineral additive

Применение продуктов гидролиза шпротных отходов при кормлении европейского сига *Coregonus lavaretus* в аквакультуре

DOI 10.37663/0131-6184-2022-3-54-61

Доктор технических наук, профессор **О.Я. Мезенова** – заведующая кафедрой пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»;

Кандидат биологических наук **Д.С. Пьянов** – научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО» Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»);

Кандидат технических наук, доцент **С.В. Агафонова** – кафедра пищевой биотехнологии;

Кандидат технических наук, доцент **Н.Ю. Романенко** – кафедра пищевой биотехнологии;

В.В. Волков – заместитель директора технопарка;

Н.С. Калинина – заведующая лабораториями кафедры пищевой биотехнологии – ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

@ mezenova@klgtu.ru;
pyanov@yahoo.com;
svetlana.agafonova@klgtu.ru;
vladimir.volkov@klgtu.ru;
nataliya.mezenova@klgtu.ru;
natalya.kalinina@klgtu.ru

APPLICATION OF PRODUCTS OF HYDROLYSIS OF SPRAT WASTE IN FEEDING THE EUROPEAN WHITE COREGONUS LAVARETUS IN AQUACULTURE

Doctor of Technical Sciences, Professor **O.Ya. Mezenova** – Head of the Department of Food Biotechnology of the Kaliningrad State Technical University;
Candidate of Biological Sciences **D.S. Pyanov** – Research Associate of VNIRO Federal State Budgetary Institution Atlantic Branch of VNIRO Federal State Budgetary Institution (AtlantNIRO);
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **S.V. Agafonova** – Department of Food Biotechnology;
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **N.Yu. Romanenko** – Department of Food Biotechnology;
V.V. Volkov – Deputy Director of Technopark;
N.S. Kalinina – Head of Laboratories of the Department of Food Biotechnology – in "Kaliningrad State Technical University"

European whitefish are widely used for artificial reproduction in aquaculture. Relevant is the search for alternative solutions for protein supplements in the composition of animal feed for its cultivation. A promising source of valuable protein is fish waste from canning industries. In the Kaliningrad region, 80% of Russian canned food "Sprats in oil" is produced. The daily amount of sprat waste is 2-10 tons. The use of protein products of hydrolysis of smoked sprat heads instead of a part of fishmeal in compound feeds for whitefish juveniles was studied in this work. Hydrolysis was carried out by a high-temperature method in an aqueous medium to obtain two types of protein supplements. In the first experiments, a 5% low molecular weight peptide supplement with a protein content of 82.7% was introduced into the model feed instead of the corresponding amount of fishmeal. In the second series of experiments, a 10% protein-mineral supplement was introduced with a protein content of 54.5% and mineral substances of 24.0%. The experiments were carried out in a closed aquaculture system based on AtlantNIRO. After 56 days of feeding, the fish breeding, morphobiological and organosomatic parameters of the fish were comparatively studied. The promising potential of additives as feed components has been established. The introduction of a 5% peptide additive led to an increase in the fry survival rate. The use of a 10% protein-mineral supplement resulted in higher growth rates and lower feed ratios. In both experiments, there was no negative effect on the growth and morpho-physiology of the studied fish. For more reliable results, further study of alternative amounts of inclusion of these additives in the feed is required.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Лососевые рыбы – один из основных объектов мировой товарной аквакультуры [1]. Европейский сиг *Coregonus lavaretus*, относящийся к лососевым, – важный объект коммерческой аквакультуры в Российской Федерации [2]. Это один из популярных видов рода *Coregonus*, группы высоко ценимых лососевых рыб, широко используемых для искусственного воспроизводства [3; 4]. Разведение сига также распространено в Северной Европе и странах Балтийского региона [5; 6]. В Калининградской области на Куршской Косе специалисты Атлантического филиала ФГУП «ВНИРО» («АтлантНИРО») занимаются данным вопросом и проводят эксперименты по выращиванию Европейского сига с применением различных комбикормов с целью импортозамещения и выработки альтернативных решений [7].

Производство лососевых в аквакультуре во многом зависит от качества кормов, основным компонентом которых является рыбная мука, как источник полноценного белка и минеральных веществ, прежде всего, кальция и фосфора, необходимых для формирования скелета рыб [8; 9]. Однако в Калининградской области этот ресурс ограничен, выработкой рыбной муки действующие рыбоперерабатывающие предприятия не занимаются из-за ограниченности поступающего океанического сырья [10]. В настоящее время в комбикормах для аквакультуры широко используются различные растительные и животные белковые продукты (соевый шрот, кровяная и перьевая мука и др.). При этом возникают проблемы из-за антипитательных факторов в растительных источниках или аминокислотной несбалансированности животных белков, в результате отсутствия ценных незаменимых аминокислот [11]. Перспективным представляется использование, в качестве источника усвояемых аминокислотных и белково-минеральных композиций, вторичного рыбного сырья (отходов от разделки рыбы) в форме различных фракций гидролизатов [12-14].

Рыбные гидролизаты, полученные из вторичного сырья, считаются важнейшим источником белка и биоактивных пептидов, обладающих высокой функциональностью и повышенной усвояемостью [15-16]. Доказано, что частичное включение рыбных гидролизатов в комбикорма для лососевых приводит к улучшению показателей роста, особенно при использовании в стартовых кормах [11; 17].

Качество рыбных гидролизатов зависит от вида сырья и способа его гидролиза. Среди существующих способов гидролиза (ферментативный, химический, температурный, автоферментализ, бактериальная энзимология) перспективным, при переработке рыбных отходов, отличающихся повышенным содержанием коллагеновых белков и минеральных веществ, представляется безхимический высокотемпературный гидролиз [18]. Данный процесс характеризуется высокой эффективностью по глубине деградации тканей, химической безопасностью и регулируемостью через

Европейский сиг широко используется для искусственного воспроизводства в аквакультуре. Актуальным является поиск альтернативных решений по протеиновым добавкам в составе комбикормов для его выращивания. Перспективным источником ценного протеина являются рыбные отходы консервных производств. В Калининградской области производится 80% российских консервов «Шпроты в масле». Ежесуточное количество шпротных отходов составляет 2-10 тонн.

В работе исследовано применение белковых продуктов гидролиза копченых голов кильки, взамен части рыбной муки в комбикормах для молоди сига. Гидролиз проводили высокотемпературным способом в водной среде с получением двух видов белковых добавок. В первых экспериментах вводили в модельные корма 5% низкомолекулярной пептидной добавки с содержанием белка 82,7%, взамен соответствующего количества рыбной муки. Во второй серии экспериментов вводили 10% белково-минеральной добавки с содержанием белка 54,5 и минеральных веществ 24,0%. Эксперименты проводили в замкнутой системе аквакультуры на базе АтлантНИРО. По истечении 56 суток кормления сравнительно исследовали рыбоводные, морфобиологические и органосоматические показатели рыб. Установлен перспективный потенциал добавок в качестве кормовых компонентов. Введение 5% пептидной добавки привело к повышению показателя выживаемости мальков. Использование 10% белково-минеральной добавки привело к повышению скорости роста и более низким значениям кормового коэффициента. В обоих экспериментах не было выявлено негативного влияния на рост и морфофизиологию исследованных рыб. Для более достоверных результатов требуется дальнейшее изучение альтернативных количеств включения в корма данных добавок.

контроль температуры и давления, при этом целевые продукты отличаются санитарно-гигиенической чистотой, поскольку процесс осуществлялся при температуре более 100°C [14; 18].

Отходы рыбоперерабатывающих предприятий – доступное и полноценное по химическому составу рыбно-белковое сырье. Их количество, при выработке филе, может достигать 80% массы сырья, а при производстве консервов составляет в среднем около 50% (головы, внутренности, плавники, хребты, чешуя и др.) [10]. В России около 70% рыбных консервов производится в Калининградской области, здесь расположено большинство рыбоконсервных предприятий, вырабатывающих широкий ассортимент данной продукции. При этом консервная промышленность региона аккумулирует около 10-12 т вторичного рыбного сырья в сутки, которое предприятиями не перерабатывается [7].

Одновременно в регионе наращивается переработка балтийской кильки, вылавливаемой в Куршском и Калининградском заливах, идущей



Рисунок 1. Изготовление экспериментальных комбикормов
Figure 1. Production of experimental compound feeds

в основном на производство консервов «Шпроты в масле». Производственная мощность региона, по выпуску данных консервов, достигает по сырью 20 т/сутки [7; 10; 13]. При этом накапливается значительное количество (от 2-х до 10 т) шпротных отходов – голов копченой кильки, остающихся не переработанными и создающими экономическую и экологическую проблему предприятиям. Данное количество вторичного сырья – перспективный источник концентрированного рыбного белка и минеральных веществ, которые могут быть использованы в составе комбикормов при выращивании лососевых.

В Калининградском государственном техническом университете разработан инновационный способ переработки копченых голов кильки методом высокотемпературного гидролиза с полу-

чением низкомолекулярных пептидных добавок со средней молекулярной массой пептидов 10-12 КДа, содержащих более 80% сырого протеина и белково-минеральных добавок, включающих более 50% массы белка и более 20% минеральных веществ [13; 19].

Цель настоящего исследования – оценка влияния пептидной и белково-минеральной добавок – продуктов высокотемпературного гидролиза голов копченой кильки, вносимых в состав комбикорма, на рост и выживаемость молоди Европейского сига.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В Центре передовых технологий использования белков Калининградского государственного технического университета были подготовлены три вида экспериментального корма для проведения опытов по кормлению мальков Европейского сига. Белковые добавки получали высокотемпературным гидролизом шпротных отходов в нейтральной водной среде. Для этого гомогенизированные головы копченой кильки смешивали с горячей водой и обрабатывали в термореакторе при температуре 130°C в течение 60 минут при давлении 0,15-0,20 МПа. В качестве основы рецептуры экспериментального рациона использовали, рекомендуемый ФАО, коммерческий состав корма для сига и радужной форели, основанный на содержании 40% сырого протеина и 22% сырых липидов. В контрольном корме (КК), в качестве основного источника белка, использовали рыбную муку, тогда как в первом экспериментальном корме (ЭК5) 5% рыбной муки было заменено пептидной добавкой (первый эксперимент), а во втором экспериментальном корме (ЭК10) – 10% рыбной муки было заменено на 10% белково-минеральной добавки (второй эксперимент), полученных из шпротных отходов. В экспериментах использовали рыбную муку от ООО «Промышленные корма» (Калининград, Россия).

Внешний вид компонентов корма и процесс получения из них гранулированных комбикормов приведены на рисунке 1.

Химический состав рыбной муки, пептидной и белково-минеральной добавок, полученных из шпротных отходов, приведены в таблице 1.

Корма готовили путем тщательного смешивания всех сухих ингредиентов и рыбьего жира до достижения однородности смеси. Композицию многократно гранулировали холодным способом

Таблица 1. Химический состав добавок из шпротных отходов, использованных в экспериментах с комбикормами, при выращивании Европейского сига /
Table 1. Chemical composition of additives from sprat waste used in experiments with compound feeds in the cultivation of European whitefish

Белковый источник	Содержание, %				
	Вода	Сырой протеин	Сырые липиды	Минеральные вещества	Сухие вещества
Рыбная мука	7,8	61,7	12,7	17,9	92,2
Пептидная добавка	6,7	82,7	2,0	8,6	93,3
Белково-минеральная добавка	3,9	54,5	18,1	24,0	96,1

Таблица 2. Состав контрольного и экспериментального комбикормов, % /
Table 2. Composition of control and experimental compound feeds, %

Компонент корма	1 эксперимент		2 эксперимент	
	КК	ЭК5	КК	ЭК10
Рыбная мука	66,5	63,175	66,5	59,85
Пшеничная мука	20,0	19,0	20,0	18,0
Белково-минеральная добавка	0	5,0	0,0	10,0
Рыбий жир	9,5	9,025	9,5	8,55
КМЦ	2,0	2,0	2,0	1,8
Витаминно-минеральный премикс	1,0	1,0	1,0	0,9
Желатин	1,0	1,0	1,0	0,9

Таблица 3. Условия эксперимента по выращиванию мальков сига /
Table 3. Experimental conditions for growing whitefish fry

№	Показатель, единицы измерения	Значение
1	Средняя начальная навеска рыбы, г	1
2	Начальная плотность посадки, шт.	600
3	Количество бассейнов, шт., из них:	6
4	Контроль, шт.	3
5	Эксперимент, шт.	3
6	Общая начальная биомасса, г	3600
7	Начальная биомасса (контроль), г	1800
8	Начальная биомасса (эксперимент), г	1800
9	Суточная доза корма, кг корма на 100 кг рыбы	3
10	Суточная доза (контроль), г	18
11	Суточная доза (эксперимент), г	18
12	Время проведения эксперимента, сутки	56
13	Необходимое количество корма (контроль), г	3024
14	Необходимое количество корма (эксперимент), г	3024

с помощью кормового гранулятора с насадкой 1,5 мм. Гранулы высушивали в сушильном шкафу в течение 12 час., а затем хранили при температуре 4°C в пластиковых контейнерах в течение всего эксперимента. Состав экспериментальных комбикормов представлен в таблице 2.

Оба эксперимента по кормлению мальков сига проводили в течение 56 суток в экспериментальной замкнутой системе аквакультуры на базе Атлантического филиала Российского федерального научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО) в п. Лесной Калининградской области.

Молодь сига выращивали на месте из икры, полученной от нереста диких производителей, выловленных в Куршском заливе. До эксперимента рыб кормили коммерческими кормами (Aller Aqua A/S, Кристиансфельд, Дания).

В обоих экспериментах 3000 мальков сига были случайным образом разделены на три группы – по 500 особей в шести прямоугольных аквариумах из стекловолна емкостью 500 литров. В течение 56 суток рыб содержали при 24-часовом световом режиме, кормили вручную три раза в день, с нормой кормления 3% от общей биомассы. Параметры воды в системе измерялись ежедневно. Уровень растворенного кислорода был

зарегистрирован на уровне $7,5 \pm 1,0$ мг/л (Handy Polaris, OxyGuard International A/S, Биркерод, Дания), а средняя температура воды поддерживалась на уровне $21,9 \pm 1,4$ °C. Концентрацию соединений азота определяли с помощью eXact® Eco-Check Photometer-Kit (Industrial Test Systems, Inc., Рок-Хилл, США), где значения составляли: нитрит (в виде NO₂-) $0,08 \pm 0,03$ мг/л и нитрат (и NO₃-) $6,6 \pm 1,8$ мг/л.

Условия биологических экспериментов приведены в таблице 3.

В ходе экспериментов определяли следующие рыболовные показатели, по которым делался вывод об эффективности применения шпротных добавок в составе комбикормов:

- конечная масса тела;
- средний абсолютный прирост;
- средний относительный прирост, %;
- гематологические показатели;
- химический состав мышечных тканей;
- морфофизиологические коэффициенты (индексы).

Все данные были статистически обработаны с помощью t-критерия Стьюдента с использованием программного обеспечения RStudio. Все значения представляют собой среднее $\pm$ стандартное отклонение с $n = 25$ из трех независимых групп.

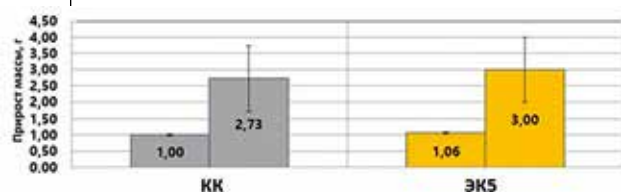


Рисунок 2. Сравнительные показатели прироста массы молоди сига спустя 56 суток кормления

Figure 2. Comparative indicators of weight gain of whitefish juveniles after 56 days of feeding

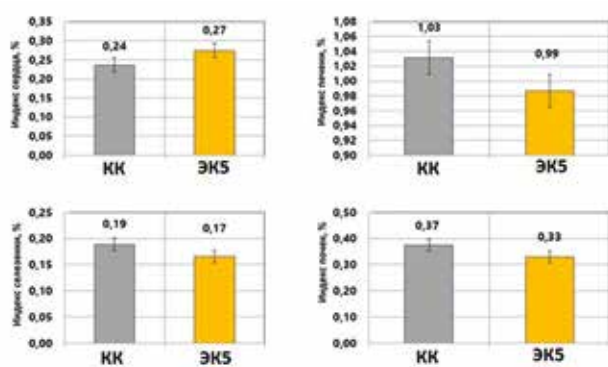


Рисунок 3. Сравнительные морфобиологические показатели молоди сига спустя 56 суток кормления

Figure 3. Comparative morphobiological indicators of whitefish juveniles after 56 days of feeding

Статистическая значимость была принята при $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе первых экспериментов по введению в корма 5% пептидной добавки на основе шпротных гидролизатов, взамен рыбной муки, были получены следующие фактические рыбо-водные показатели (табл. 4).

Из данных таблицы 4 можно сделать вывод, что включение пептидной добавки из гидролизата голов копченой кильки в экспериментальный рацион не оказало существенного влияния на

общие показатели роста молоди сига в течение 56 дней испытательного периода. Конечная масса тела, измеренная после кормления ЭК5, была лишь немного выше, чем у контрольной группы мальков, в результате чего конечные значения составили $3,00 \pm 1,20$ г и $2,73 \pm 1,53$ г, соответственно. Эти данные представляет собой прибавку в весе $1,94 \pm 1,21$ г и удельную скорость роста $1,86 \pm 0,27\%$ /сутки в экспериментальной группе (ЭК5) по сравнению с $1,73 \pm 1,52$ г и $1,79 \pm 0,10\%$ /день, соответственно, в контрольной группе (КК). Ни одна из этих дисперсий не является статистически значимой. Это означает, что имеет место эффективность ввода в состав стартовых комбикормов сиговых пептидных добавок в количестве 5% взамен эквивалентного количества рыбной муки.

На рисунках 2-4 и в таблице 5 представлены показатели роста, выживаемости и морфобиологические показатели молоди сига, выкормленного контрольным кормом (КК) и кормом с добавлением 5% пептидной добавки из голов копченой кильки (ЭК5).

Из рисунков 2-4 и таблицы 5 следует, что в процессе экспериментов не установлено существенной разницы между органо-сомными показателями молоди сига в контрольной и экспериментальной группах. Например, гепато-соматический индекс молоди в группе ЭК5 составил $0,99 \pm 0,05\%$, по сравнению с аналогичным показателем в контрольной группе $1,03 \pm 0,07\%$. При этом почечно-соматические показатели в опытной и контрольной группах составили $0,33 \pm 0,02\%$ и $0,37 \pm 0,04\%$, соответственно. Значения соматических индексов сердца и соматических индексов селезенки в группах ЦД и ФПГ5 были практически одинаковыми. Это означает, что негативного влияния внесение пептидной добавки, в состав корма, не установлено.

Результаты использования 10% белково-минеральной добавки вместо рыбной муки в кормах для молоди Европейского сига, взамен эквивалентного количества рыбной муки, показали (табл. 6), что у рыб в экспериментальной группе наблюдается более высокая скорость роста ($1,25 \pm 0,25$) и более низкие значения кормового коэффициента ($1,61 \pm 0,10$). Причиной этого, вероятно, служит богатый аминокислотный состав

Таблица 4. Рыбоводные показатели сравнительного выращивания мальков сиговых с применением контрольных и экспериментальных комбикормов с пептидными добавками /

Table 4. Fish-breeding indicators of comparative rearing of whitefish fry using control and experimental compound feeds with peptide additives

No	Показатели роста мальков сига	Контрольная группа мальков (КК)		Экспериментальная группа мальков (ЭК5)		Прирост показателя
		Значение	Диапазон колебаний	Значение	Диапазон колебаний	
1	Исходная масса тела, г	1,00	$\pm 0,38$	1,06	$\pm 0,37$	9
2	Выживаемость мальков, %	81,33	$\pm 4,12$	88,67	$\pm 3,31$	8,3
3	Конечная масса тела, г	2,73	$\pm 1,53$	3,00	$\pm 1,20$	9,9
4	Прирост массы тела, %	1,73	$\pm 1,52$	1,94	$\pm 1,21$	12,1
5	Удельная скорость роста, г/см	1,79	$\pm 0,10$	1,86	$\pm 0,27$	3,9

и высокое содержание протеина и белково-минеральных компонентов в добавке, что эффективно дополняет используемую рыбную муку и кормовой рацион.

Ранее проведенные исследования показали, что для некоторых видов рыб, на ранних стадиях их жизненного цикла, добавление в рацион 5-15% гидролизата рыбного белка может привести к улучшению их продуктивных показателей [20; 21]. Однако в данном исследовании включение продуктов гидролиза голов копченой кильки значительно повлияло только на выживаемость. Предположительно, это связано с положительной иммуномодуляцией и усиленным неспецифическим иммунным ответом, как это наблюдалось в исследованиях с добавками рыбных гидролизатов в корма для лососевых, и лучшим усвоением питательных веществ [22; 23]. Использование гидролизата рыбного белка может привести к улучшению нескольких аспектов здоровья рыб, благодаря положительному влиянию, предполагаемых биоактивных соединений, на их иммунную систему [24]. Несмотря на значительные различия в показателях выживаемости, значения фактора состояния в двух вариантах кормления мальков сиговых были сходными. Предварительные данные показывают, что этот аспект требует дальнейшего изучения.

Отсутствие существенных различий между средними значениями гепатосоматических показателей двух обработок может свидетельствовать об отсутствии какого-либо негативного влияния продуктов гидролиза копченых голов кильки на состояние печени молоди. Это заключение подтверждается опубликованными ранее выводами. В одном из таких исследований было указано, что средний печеночный индекс составляет 0,97% для молоди европейского сига, питающегося коммер-

ческими рыбными кормами [25]. В другом исследовании были получены значения 1,30%, что несколько выше наших данных [26]. В то же время значения гепато-соматического индекса у сигов, свидетельствующие о патологическом состоянии печени (как правило, из-за плохого качества корма), составляют около 2% и выше [26]. Кроме того, некоторые авторы заключают, что гепато-соматические показатели молоди сига, при выращивании в оборотных системах аквакультуры, где отсутствует негативное влияние некачественного корма, находятся в пределах 0,63-0,96% [27]. Полученные в экспериментах результаты лишь немного выходили за верхнюю границу этого диапазона.

Учитывая сходство показателей состояния, измеренных как для контрольной, так и для экспериментальной групп, а также взаимосвязь между относительной массой сердца и двигательной активностью рыб, отсутствие значимой дисперсии соматических показателей сердца между каждой группой не кажется нерегулярным и согласуется

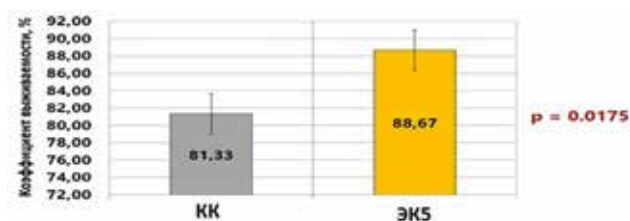


Рисунок 4. Сравнительные значения коэффициентов выживаемости молоди сига спустя 56 суток кормления

Figure 4. Comparative values of survival coefficients of whitefish juveniles after 56 days of feeding

Таблица 5. Органо-соматические показатели молоди сига в первом эксперименте / **Table 5.** Organo-somatic indicators of whitefish juveniles in the first experiment

Показатели	КК	ЭК5	Р-значение
Гепатосоматический индекс, %	1.03±0.07	0.99±0.05	0.538
Соматический индекс сердца, %	0.24±0.02	0.27±0.03	0.666
Соматический индекс селезенки, %	0.19±0.02	0.17±0.02	0.387
Почечно-соматический индекс, %	0.37±0.04	0.33±0.02	0.360

Таблица 6. Рыбоводные показатели сравнительного индустриального выращивания мальков сиговых с применением контрольных и экспериментальных комбикормов с белково-минеральными добавками / **Table 6.** Fish-breeding indicators of comparative industrial cultivation of whitefish fry using control and experimental compound feeds with protein and mineral additives

Показатели	КК	ЭК10
Начальная масса, г	3,47±1,12	3,49±1,12
Конечная масса, г	6,21±2,78	7,04±3,40
Прирост, г	2,74	3,55
Выживаемость, %	92,00±3,10	92,20±1,40
Кормовой коэффициент	2,15±0,5	1,61±0,2
Удельная скорость роста, %	1,03±0,10	1,25±0,25

с предыдущими данными, в которых отмечались значения индекса 0,24% для 3-граммовой молоди сига [25]. Однако соматический индекс селезенки в этом конкретном исследовании был 0,05% и ниже, чем в результатах нашего исследования, что обусловлено более высокими концентрациями растворенного кислорода в наших аквариумах. Масса селезенки является показателем, быстро реагирующим на усиление двигательной активности, нервное возбуждение и изменение концентрации кислорода в воде [28]. Потребление корма связано с доступностью кислорода. Ни значения потребления корма, ни коэффициент конверсии корма, отражающие эффективность усвоения питательных веществ, в данном исследовании не определялись, так как гранулы корма быстро растворялись в воде и определить количество несъеденных гранул было невозможно. В то же время потребление корма рыбами в этом исследовании можно считать высоким, основываясь на визуальных наблюдениях. Оба вида корма одинаково и активно принимались молодь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продукты гидролиза копченых голов кильки (водорастворимая низкомолекулярная пептидная добавка и белково-минеральная добавка) являются высокопитательными ингредиентами для мальков Европейского сига. Эти добавки имеют перспективный потенциал, в качестве кормовых компонентов, для включения в состав комбикормов этого вида. Введение 5% пептидной добавки с содержанием сырого протеина 82,7% в корма для молоди сига вместо данного количества рыбной муки привело к повышению показателя выживаемости. Использование 10% белково-минеральной добавки в кормах для молоди европейского сига с содержанием белка 54,5% и минеральных веществ 24,0% привело к повышению скорости роста и более низким значениям кормового коэффициента. В обоих экспериментах не было выявлено негативного влияния на рост и морфофизиологию исследованных рыб. Для получения более достоверных результатов требуется дальнейшее изучение альтернативных уровней включения данных добавок (15% и выше), полученных из шпротных отходов, в комбикорма для Европейского сига и других видов аквакультуры.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. FAO (Food and Agricultural Organisation): The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. ISBN:978-92-5-132692-3, 2020. – 224 p.
2. Орипова А.А. Устойчивая аквакультура в Балтийском регионе России: экотоксикологические вопросы воспроизводства популяций дикого лосося и сига / А.А. Орипова, О.И. Сергиенко, Н.В. Динкелакер, Е.А. Овсук и другие // Международная научная конференция. Серия: Науки о земле и окружающей среде. – 2020. – С. 459.
3. Litvinenko A. Современная аквакультура сига в бассейне реки Обь в Сибири, Россия» / А. Литвиненко, С. Семенченко, Н. Смешливая, П. Соржелос // Мировая аквакультура – 2016. – Т. 1. – Секция 47. – С. 20-23.
3. Litvinenko A. Modern whitefish aquaculture in the Ob River basin in Siberia, Russia" / A. Litvinenko, S. Semenchenko, N. Smeshlivaya, P. Sorgelos // World Aqua Culture - 2016. – Vol. 1. – Section 47. – Pp. 20-23.
4. Корниенко О.В. Аквакультура в России: состояние и проблемы развития. / О.В. Корниенко, М.Д. Покорменюк // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Том 6. – С.202-205.
4. Kornienko O.V. Aquaculture in Russia: the state and problems of development. / O.V. Kornienko, M.D. Pokormenyuk // Azimut of scientific research: economics and management. – 2017. – Volume 6. – Pp.202-205.
5. Paisley G., Ariel E., Lyngstad T., Jonsson G., Vennerstrom A., Hellstrom A. and Ostergaard P. An overview of aquaculture in the Nordic countries. / J World Aquac Soc. – 2010. – Vol. 41. – No. 1. – Pp. 1-17.
6. Bochert R., Horn T. and Luft P. Maraena whitefish (*Coregonus maraena*) larvae reveal enhanced growth during first feeding with live *Artemia* nauplii / Arch Polish Fish – 2017. – Vol. 25. – Pp. 3-10.
7. Мезенова О.Я. Проектирование сбалансированных кормов для индустриальной аквакультуры с применением протеиновых гидролизатов побочного рыбного сырья /О.Я. Мезенова, Д.С.Пьянов, В.В.Агафонова, Н.Ю.Мезенова, В.В.Волков. // Рыбное хозяйство. – 2021. – С.81-88.
7. Mezenova O.Ya. Design of balanced feeds for industrial aquaculture using protein hydrolysates of fish by-products /O.Ya. Mezenova, D.S.Pyanov, V.V.Agafoнова, N.Yu.Mezenova, V.V.Volkov. // Fisheries. – 2021. – Pp.81-88.
8. Щербина М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. – М: Издательство ВНИРО, 2006. – 360 с.
8. Shcherbina M.A. Fish feeding in freshwater aquaculture / M.A. Shcherbina, E.A. Gamygin. – Moscow: VNIRO Publishing House, 2006. – 360 p.
9. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. Изд-е 2-е, испр. и доп. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.
9. Ostroumova I.N. Biological bases of fish feeding. 2nd edition, ispr. and add. – St. Petersburg: GosNIORH, 2012. – 564 p.
10. Анализ состояния экономики и перспектив применения биотехнологии в рыбной отрасли Калининградской области (ВАК) /О.Я.Мезенова, М.П. Андреев, В.И.Саускан, С.В.Агафонова и другие // Рыбное хозяйство. – 2020. – № 5. – С. 38-50. DOI 10.37663/0131-6184-2020-5-38-50
10. Analysis of the state of the economy and prospects for the use of biotechnology in the fishing industry of the Kaliningrad region (VAK) /O.Ya.Mezenova, M.P. Andreev, V.I.Sauskan, S.V.Agafoнова and others // Fisheries. – 2020. – No. 5. – pp. 38-50. DOI 10.37663/0131-6184-2020-5-38-50
11. Остроумова И.Н. Включение в стартовые корма для сиговых рыб (*Coregonidae*) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов / И.Н. Остроумова, В.В. Костюничев, А.А. Лютиков, В.А. Богданова, А.К. Шумилина, Т.П. Данилова, А.В. Козьмина, Т.А. Филатова // Вопросы рыболовства. – 2018. – Том 19 (№1). – С. 82–98.
11. Ostroumova I.N. Inclusion of bacterial biomass and protein hydrolysates in starter feeds for whitefish (*Coregonidae*) / I.N. Ostroumova, V.V. Kostyanichev, A.A. Lyutikov, V.A. Bogdanova, A.K. Shumilina, T.P. Danilova, A.V. Kozmina, T.A. Filatova // Fisheries. – 2018. – Vol. 19 (No. 1). – Pp. 82-98.

- Shumilina, T.P. Danilova, A.V. Kozmina, T.A. Filatova // *Fishing issues*. - 2018. - Volume 19 (No. 1). - Pp. 82-98.
- 12 Мезенова О.Я. Обоснование рациональных параметров комплексной переработки вторичного сырья шпротного производства методом высокотемпературного гидролиза / О.Я. Мезенова, Л.С. Байдалинова, Н.Ю. Мезенова, С.В. Агафонова, Е.А. Казимирова, В.И. Шендерюк // *Известия ТИНРО* - 2020. - Том 200. - С. 210-220.
- 12 Mezenova O.Ya. Substantiation of rational parameters of complex processing of secondary raw materials of sprat production by the method of high-temperature hydrolysis / O.Ya. Mezenova, L.S. Baidalinova, N.Yu. Mezenova, S.V. Agafonova, E.A. Kazimirova, V.I. Shenderyuk // *Izvestiya TINRO* - 2020. - Volume 200. - Pp. 210-220.
- 13 Мезенова О.Я. Исследование и рациональное применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей / О.Я. Мезенова, Д. Тишлер, С.В. Агафонова, Н.Ю. Мезенова, В.В. Волков, Д.А. Бараненко, Т. Гримм, С. Ридель // *Вестник Международной академии холода*. - 2021. - № 1. - С. 46-58.
- 13 Mezenova O.Ya. Research and rational use of peptide and lipid compositions obtained during hydrolysis processing of collagen-containing tissues / O.Ya. Mezenova, D. Tishler, S.V. Agafonova, N.Yu. Mezenova, V.V. Volkov, D.A. Baranenko, T. Grimm, S. Riedel // *Bulletin of the International Academy of Cold*. - 2021. - No. 1. - Pp. 46-58.
14. Мезенова О.Я. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности / О.Я. Мезенова, В.В. Волков, Т. Мерзель, Т. Гримм, С. Кюн, А. Хелинг, Н.Ю. Мезенова // *Известия вузов. Прикладная химия биотехнология*. - 2018. - Том 8. - №4. - С. 83-94.
14. Mezenova O.Ya. Comparative evaluation of the methods of hydrolysis of collagen-containing fish raw materials in the production of peptides and the study of their amino acid balance / O.Ya. Mezenova, V.V. Volkov, T. Merzel, T. Grimm, S. Kuhn, A. Heling, N.Yu. Mezenova // *News of universities. Applied chemistry biotechnology*. - 2018. - Volume 8. - No. 4. - Pp. 83-94.
15. Гришин Д.В. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве / Д.В. Гришин, О.В. Подобед, Ю.А. Гладилина, М.В. Покровская, С.С. Александрова и др. // *Вопросы питания*. - 2017. - Том 86. - №3. - С. 20-31.
15. Grishin D.V. Bioactive proteins and peptides: the current state and new trends of practical application in the food industry and feed production / D.V. Grishin, O.V. Podobed, Yu.A. Gladilina, M.V. Pokrovskaya, S.S. Alexandrova, etc. // *Nutrition issues*. - 2017. - Volume 86. - No. 3. - Pp. 20-31.
16. Bioactivities of fish protein hydrolysates from defatted salmon backbones / R. Slizyte, K. Rommi, R. Mozuraityte, P. Eck, K. Five, T. Rustad // *Biotechnology Reports*. - 2016. - V. 11. - Pp. 99-109.
17. Tang T., Wu Z., Zhao and Pan X. Effect of fish protein hydrolysate on growth performance and humoral immune response in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.) *J Zhejiang Univ Sci*, 2008. - Vol. 9. - No. 9. - Pp. 684-690.
18. Патент РФ на изобретение 2681352. Способ получения пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением гидролиза, зарег. в гос.реестре изобретений РФ 6.03.2019, решение о выдаче 11.01.2019, приоритет от 31.01.2018./ О.Я.Мезенова, Агафонова С.В., Байдалинова Л.С., Городниченко Л.В., Волков В.В., Мезенова Н.Ю., Т.Гримм, А.Хелинг.
18. RF Patent for invention 2681352. A method for obtaining food additives from secondary fish raw materials using hydrolysis, reg. in the State Register of Inventions of the Russian Federation 6.03.2019, the decision to issue 11.01.2019, priority of 31.01.2018. / O.Ya. Mezenova, Agafonova S.V., Baydalina L.S., Gorodnichenko L.V., Volkov V.V., Mezenova N.Yu., T.Grimm, A.Heling.
19. Патент РФ № 2727904 Способ получения пищевых добавок из вторичного копченого рыбного сырья с применением термического гидролиза. Госрегистрация 24.06.2020. / О.Я.Мезенова, В.В.Волков, Л.С.Байдалинова, С.В.Агафонова, Н.Ю. Мезенова, Л.В.Городниченко, Н.С.Калинина, Т.Гримм, А.Хелинг
19. RF Patent No. 2727904 Method of obtaining food additives from secondary dried fish raw materials using thermal hydrolysis. State registration 24.06.2020. / O.Ya.Mezenova, V.V.Volkov, L.S.Baidalinova, S.V.Agafonova, N.Yu. Mezenova, L.V.Gorodnichenko, N.S.Kalinina, T.Grimm, A.Heling
20. Da Silva T.C., Rocha J.D.M., Moreira P., Signor A. and Boscolo W.R. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae / *Pesq agropec bras*, 2017. - Vol. 52. - No. 7. - Pp. 485-492.
21. Tang H., Wu T., Zhao Z. and Pan X. Effect of fish protein hydrolysate on growth performance and humoral immune response in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.) / *J Zhejiang Univ Sci B*, 2008 - Vol. 9. - No. 9. - Pp. 684-690.
22. Aksnes A., Hope B., Jönsson E., Björnsson B. T. and Albrektsen S. Size-fractionated fish hydrolysate as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high plant protein diets. I: Growth, growth regulation and feed utilization - *Aquaculture*, 2006. - Vol. 261. - Pp. 305-317.
23. Egerton S., Wan A., Murphy K., Collins F., Ahern G., Sugrue I., Busca K., Egan F., Muller N., Whooley J., McGinnity P., Culloty S., Ross R. P. and Stanton C. Replacing fishmeal with plant protein in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets by supplementation with fish protein hydrolysate - *Sci Rep.*, 2020. - No. 10. - P. 4194.
24. A. L. Murray, R. J. Pascho, S. W. Alcorn, W. T. Fairgrieve, K. D. Shearer and D. Roley, "Effects of various feed supplements containing fish protein hydrolysate or fish processing by-products on the innate immune functions of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)," *Aquaculture* - 2003. - vol. 220, Pp. 643-653.
25. Шахова Е.В. Морфо-физиологические особенности мальков европейского сига (*Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758)), выпущенных в Куршский залив Балтийского моря в 2015 г. / *Bull Fish Sci*. - 2016. - Том 3. - № 4. - С. 28-35.
25. Shakhova E.V. Morpho-physiological features of European whitefish fry (*Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758)) released into the Curonian Bay of the Baltic Sea in 2015 / *Bull Fish of Sciences*. - 2016. - Volume 3. - No. 4. - pp. 28-35.
26. Костюничев В.В., Шумилина А.К. Рекомендации по выращиванию крупной молодежи сигов для решения проблемы их воспроизводства и сохранения генофонда в основных рыбохозяйственных водоемах Северо-Запада Российской Федерации // *Сборник методических рекомендаций по промышленному выращиванию сига в целях воспроизводства и товарной аквакультуры. Под редакцией А.К. Шумилиной* - Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 2012. - С. 276-288.
26. Kostyunichev V.V., Shumilina A.K. Recommendations on growing large whitefish juveniles to solve the problem of their reproduction and preservation of the gene pool in the main fishery reservoirs of the North-West of the Russian Federation // *Collection of methodological recommendations on industrial whitefish cultivation for reproduction and commercial aquaculture*. Edited by A.K. Shumilina - St. Petersburg: GosNIORH, 2012. - Pp. 276-288.
27. Роговцов С.В. Технологические параметры рыборазведения при выращивании сига в замкнутых системах аквакультуры / С.В. Роговцов, Н.В. Барулин, В.Г. Костоусов // *Аним Агр и Вет Мед*. - 2018. - №29. - С.18-26.
27. Rogovtsov S.V. Technological parameters of fish breeding during whitefish cultivation in closed aquaculture systems / S.V. Rogovtsov, N.V. Barulin, V.G. Kostousov // *Anim Agr and Vet Med*. - 2018. - No.29. - Pp.18-26.
28. Lai J. C., Kakuta I., Mok H., Rummer J. L. and Randall D. Effects of moderate and substantial hypoxia on erythropoietin levels in rainbow trout kidney and spleen / *J Exp Biol*, 2006. - Vol. 209. - Pp.2734-2738.