

Ключевые слова:
 индустриальная
 аквакультура, комбикорма,
 лососеводство,
 аминокислотная
 сбалансированность,
 альтернативный источник
 протеина, побочное рыбное
 сырье, гидролизаты

Keywords:
 industrial aquaculture,
 compound feed, salmon
 farming, amino acid balance,
 alternative protein source, fish
 by-product, hydrolysates

Проектирование сбалансированных кормов для индустриальной аквакультуры с применением протеиновых гидролизатов побочного рыбного сырья

DOI

Д-р техн. наук, профессор **О.Я. Мезенова** – заведующая кафедрой пищевой биотехнологии, Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»); Канд. биол. наук
Д.С. Пьянов – заведующий Сектором аквакультуры и пресноводных водоемов, Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ФГБНУ «АтлантНИРО») к-т. техн. наук, доцент
С.В. Агафонова – кафедра пищевой биотехнологии; к-т. техн. наук, доцент
Н.Ю. Мезенова – кафедра пищевой биотехнологии;
В.В. Волков – заместитель директора Технопарка – Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

@ mezenova@klgtu.ru;
 pyanov@atlantniro.ru;
 svetlana.agafonova@klgtu.ru;
 nataliya.mezenova@klgtu.ru;
 vladimir.volkov@klgtu.ru

DESIGNING BALANCED FEEDS FOR INDUSTRIAL AQUACULTURE USING PROTEIN HYDROLYSATES OF FISH BY-PASS RAW MATERIALS

Doctor of Technical Sciences, Professor **O.Y. Mezenova** – head of the Department of food biotechnology, Kaliningrad state technical University (FGBOU VO "KSTU"); candidate Biologist Sciences **D S. Pyanov** – head of the Sector of aquaculture and freshwater bodies, the Atlantic branch of the FSBSI "VNIRO" ("GNU AtlantNIRO") candidate of Technical Sciences, associate Professor **S.V. Agafonova** – Department of food biotechnology; candidate of Technical Sciences, Associate Professor **N.Yu. Mezenova** – Department of Food Biotechnology; **V.V. Volkov** – Deputy Director of the Technopark – Kaliningrad State Technical University (KSTU)

The perspective of the production of domestic compound feed for the development of industrial aquaculture in Russia is shown. Alternative sources of protein in mixed fodder for salmon and sturgeon have been investigated. The advantages of using protein hydrolysates instead of a part of fishmeal in compound feed are described. The advantages of protein hydrolysates from fish by-products are considered, the chemical composition and molecular fractional composition of sublimated protein hydrolysates obtained by enzymatic and thermal pathways from sardinella scales and ridges are studied. The presence in hydrolysates of 53.3 - 97.7% of low molecular weight peptides with a molecular weight of less than 10 kDa with a total protein content of 80.8-94.1% was established. Indicators of amino acid balance (scor) of hydrolyzates of scales and ridges of sardinella were calculated in relation to the established requirements for amino acids in salmonids. Indicators of amino acid balance (scor) of hydrolyzates of scales and ridges of sardinella were calculated in relation to the established requirements for amino acids in salmonids. It was found that the introduction of an enzymatically obtained hydrolyzate is more favorable for an increase in the content of limiting amino acids in mixed feed, and the use of sardinella scales for hydrolysis is more preferable than its ridges.

В «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ до 2030 года» одними из основных направлений совершенствования рыбной отрасли обозначены производство продукции с высокой добавленной стоимостью из уловов рыб путем их комплексной переработки, в том числе отходов, а также развитие аквакультуры и индустриального рыбодства на основе отечественных кормов. Документ предусматривает рост объема производства продуктов индустриальной аквакультуры почти в три раза. Наиболее перспективными объектами аквакультуры считаются лососевые и осетровые.

В этом сегменте экономики Россия существенно уступает развитым странам. Важнейшим условием подъема данного сектора является производство отечественных качественных комбикормов, отвечающих всем научно обоснованным требованиям по сбалансированности основных компонентов и питательной ценности. Но до сих пор в стране нет налаженного производства высококачественных компонентов, предназначенных для комбикормов ценных пород рыб, и отсутствует научная основа технологии их производства. Имеющиеся данные разрознены и порой даже противоречивы [1].

Калининградская область является перспективным регионом для развития индустриальной аквакультуры, в частности, лососевых и осетровых. Здесь имеются образовательные учреждения для подготовки специалистов (ФГБОУ ВО «КГТУ»), научные школы в области рыбоводства и комплексной переработки гидробионтов, опытно-производственные площадки для выращивания ценных пород рыб (участок аквакультуры АтлантНИРО, экспериментальный рыбоводный цех ФГУ "Запбалтрыбвод" по выращиванию молоди европейского сига на Куршской Косе). Однако промышленное развитие данных направлений в регионе, как и во всей нашей стране, сегодня полностью зависит от импорта специализированных кормов [2].

В составе сбалансированных комбикормов для лососевых и осетровых основным компонентом является рыбная мука, как источник качественных протеинов, содержащих все незаменимые аминокислоты [1; 3]. Однако сегодня в Калининградской области качественной и доступной по цене рыбной муки практически не производится, что обусловлено отсутствием заинтересованности у крупных производителей пищевых рыбных продуктов в данном производстве, основанном на переработке рыбных отходов. При этом ресурс по побочному рыбному сырью в регионе достаточно велик: только на 11 крупных рыбокомплексах области скапливается 10-12 т рыбных отходов в сутки [4]. Это головы, хребты, чешуя, плавники и другие непищевые части рыбы, составляющие от 5 до 50% массы всего сырья. Названные ресурсы содержат почти 2 т ценного протеина, 1,1 т липидов с незаменимыми полиненасыщенными жирными кислотами, 500-600 кг минеральных веществ (прежде всего, кальций и фосфор). Этот ценный биопотенциал в настоящее время практически не используется. В лучшем случае отходы отпускаются на зверофермы, но в основном они реализуются по бросовой цене, либо утилизируются разными методами, в том числе наносящими ущерб природе.

Между тем, мировые цены на рыбную муку непре-

Показана перспективность производства отечественных комбикормов для развития индустриальной аквакультуры в России. Исследованы альтернативные источники протеина в комбикормах лососевых и осетровых. Описаны достоинства применения протеиновых гидролизатов взамен части рыбной муки в составе комбикормов. Рассмотрены преимущества протеиновых гидролизатов из побочного рыбного сырья. Изучен химический состав и молекулярный фракционный состав сублимированных протеиновых гидролизатов, полученных ферментативным и термическим путями из чешуи и хребтов сардинеллы. Установлено наличие в гидролизатах 53,3-97,7% низкомолекулярных пептидов с молекулярной массой менее 10 кДа, при общем содержании протеинов 80,8-94,1%. Рассчитаны показатели аминокислотной сбалансированности (скоры) гидролизатов чешуи и хребтов сардинеллы, относительно установленных потребностей в аминокислотах у лососевых рыб. Показан прирост значений скоров эссенциальных аминокислот в стандартном комбикорме при замене 5% рыбной муки на гидролизаты из чешуи сардинеллы. Установлено, что введение ферментативно полученного гидролизата более благоприятно для прироста содержания лимитирующих аминокислот в комбикормах, а использование для гидролиза чешуи сардинеллы предпочтительнее, чем ее хребтов.

равно растут, а ее использование в кормах аквакультуры становится все менее экономически целесообразным. Поэтому использование альтернативных источников протеина, отвечающих требованиям сбалансированности по незаменимым аминокислотам, становится важной задачей в развитии кормопроизводства для отечественной аквакультуры [5].

В настоящее время при производстве комбикормов для лососевых и осетровых рыб основным протеиновым сырьем являются белоксодержащие источники животного и растительного происхождения: рыбная и крилевая мука, кровяная мука, плазма крови, гемоглобин свиной крови, мясокостная, костная, перьевая и мясная мука, пшеничная и кукурузная мука и глютен, концентрат рапсового, горохового и соевого белка, соевая мука, соевый и подсолнечный шрот, продукты микробиологического и химического синтеза (дрожжи кормовые, аминокислоты). Рациональность использования протеиновых источников в кормах зависит от многих факторов, в том числе экономических аспектов и усвояемости протеинов, которая, помимо аминокислотной сбалансированности, обуславливается молекулярной массой протеинов. Целесообразным видится включение в состав комбикормов лососевых и осетровых низкомолекулярных протеиновых гидролизатов, получаемых из побочного рыбного сырья различными способами [6; 7].

На основе анализа литературных данных можно сделать вывод, что в составе комбикормов индустриальной аквакультуры протеиновая фракция гидролизатов рыбных отходов потенциально будет эффективным поставщиком незаменимых аминокислот [8]. О положительном эффекте рыбных гидролизатов на физиологическое состояние рыб при

частичной замене рыбной муки в кормах свидетельствуют многие ученые [9]. Важными преимуществами гидролизатов являются их протеиновые характеристики: содержание белков в сублимированных фракциях может составлять более 95% от сухого вещества. При этом гидролизаты обладают повышенной усвояемостью, поскольку содержат в основном низкомолекулярные пептиды, обладающие быстрой всасываемостью и биологической активностью [10]. Эффективность такого решения подтверждается положительным применением в кормопроизводстве ферментализатов рыбной муки, рыбного фарша, крилевой муки, мидий, которые уже применялись в составе стартовых кормов рыб [11].

При выборе сырья для включения в кормовые рецептуры для рыб особое внимание следует уделять аминокислотному составу. Соотношение аминокислот и их доступность определяют биологическую ценность белка. Для рыб незаменимыми являются 10 аминокислот: лизин, метионин, триптофан, аргинин, гистидин, фенилаланин, треонин, валин, лейцин и изолейцин. Недостаток хотя бы одной из незаменимых аминокислот тормозит скорость роста рыбы, потребление и усвояемость кормов, негативно сказывается на выживаемости [1; 3; 12].

Положительное применение гидролизатов рыбных отходов в комбикормах для аквакультуры от-

мечают многие современные ученые. Даже при небольшом уровне включения в корма гидролизаты достоверно увеличивают скорость роста рыбы [2; 8]. Помимо строительной функции в организме, рыбные гидролизаты также выполняют аттрактивную функцию, т.е. способствуют привлечению рыб к источнику запаха. Последнее свойство обусловлено содержанием низкомолекулярных белковых фрагментов, которые обладают повышенной растворимостью, привлекая рыб [13].

В литературных источниках также имеются данные о том, что включение низкомолекулярных гидролизатов из рыбных отходов в состав комбикормов улучшает функционирование кишечника рыб, способствуя увеличению размера ворсинок в щеточной кайме кишечника, росту поверхности обмена и активности ферментов пристеночного пищеварения и, таким образом, улучшению усвоения корма [6].

На кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «КГТУ» разработана технология получения сублимированных низкомолекулярных протеиновых гидролизатов путем ферментативного и/или высокотемпературного воздействия на рыбные отходы (головы, чешуя, хребты рыб) [14]. В зависимости от режимов гидролиза, конечными продуктами водорастворимой протеиновой части гидролизата являются низкомолекулярные белки и пептиды с молекулярной



Рисунок 1. Термогидролизер-автоклав
Figure 1. Thermohydrolysis autoclave



Рисунок 2. Вакуум-выпарная (вверху) и сублимационная (внизу) установки
Figure 2. Vacuum evaporation (top) and sublimation (bottom) installations



массой от 1 до 100 кДа, характеризующиеся повышенной усвояемостью и физиологической активностью. При этом массовая доля белков в таких гидролизатах составляет более 80% при минимальном содержании жиров (0,2-4,8%) и минеральных веществ (2,1-5,4%) [15].

Цель настоящего исследования – проектирование сбалансированных по аминокислотному составу комбикормов, предназначенных для промышленного лососеводства, при замене 5% рыбной муки на гидролизаты из побочного рыбного сырья.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Получение гидролизатов проводили из чешуи и хребтов сардинеллы в Центре передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета. Гидролиз рыбных отходов осуществляли в водной среде при соотношении измельченного сырья и воды 1:1, с применением коммерческих ферментов, а также термическим способом в управляемом гидролизере-автоклаве (рис. 1). Обезвоживание протеиновых гидролизатов осуществляли сублимационно в лиофильной сушильной установке MartinChrist Alpha1-2 LDplus с предварительным концентрированием на вакуум-выпарном аппарате (рис. 2). Внешний вид полученных протеиновых гидролизатов приведен на рисунке 3.

Термический гидролиз проводили при температуре 130°C и давлении 0,25МПа в нейтральной водной среде, при соотношении «измельченное сырье»:«вода», как 1:1. Ферментализ проводили с применением протеолитических ферментных препаратов: «Alcalase 2,5 L» и «Protamex» (активность 2,5 и 1,5 AU/г, соответственно, производитель Novozymes, Дания) и «Протосубтилилин ГЗх» (Россия). Дозировки ферментов составляли 0,2% к массе водно-рыбной системы. В исследованиях применяли стандартные, общепринятые и модифицированные методы анализа.

Общий химический состав сырья и гидролизатов определяли по ГОСТ 7636-85 (массовые доли влаги, белка, жира, минеральных веществ). Аминокислот-

ный (АК) состав белков оценивали методом ВЭЖХ/УФ-ФД AT 1200 Series Infinity DAD и 1260 FLD; фракционный молекулярный состав пептидных гидролизатов оценивали масс-спектрометрически при разделении их на фракции методом ФЭЖХ /Phenomenex (Yarra ZuSEC-200) в лаборатории ANiMOX (г. Берлин, Германия).

Статистическую обработку данных проводили методами регрессивного анализа с использованием пакетов прикладных программ «Microsoft Office 2010» (Mr Word, Ms Excel) и «Mathcad 2000 Professional» на 95%-ном доверительном уровне.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общий химический состав сублимированных гидролизатов, полученных из чешуи и хребтов сардинеллы при ферментализе различными ферментами и термическом высокотемпературном гидролизе, приведен в таблице 1.

При анализе молекулярной массы полученных гидролизатов из чешуи (рис. 3-4) было показано, что при ферментативном и термическом способах гидролиза образуется, соответственно, 97,7% и 53,3% низкомолекулярных пептидов с молекулярной массой (ММ) менее 10 кДа, которые, как известно, проявляют наибольшую физиологическую активность в организме [16; 17]. Полученные данные свидетельствуют о высокой потенциальной усвояемости таких низкомолекулярных «осколков» белка в комбикормах.

С применением данных по аминокислотному составу полученных гидролизатов [10] была рассчитана их аминокислотная сбалансированность относительно физиологической потребности лососевых, определенной разными авторами [3]. Данные приведены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что во всех гидролизатах чешуи и хребтов сардинеллы, независимо от способа гидролиза, образуются протеиновые композиции, которые по содержанию основных 10 незаменимых аминокислот удовлетворяют и даже превосходят требования, предъявляемые к кормам, применяемым в пресноводной аквакультуре, а именно: для рыб, выращиваемых в хозяйствах промышленного



Рисунок 3. Образцы сублимированных протеиновых гидролизатов из рыбной чешуи и хребтов сардинеллы

Figure 3. Samples of freeze-dried protein hydrolysates from fish scales and sardinella ridges

Таблица 1. Химический состав сублимированных протеиновых гидролизатов, полученных при различных способах гидролиза побочного сырья сардинеллы / **Table 1.** Chemical composition of freeze-dried protein hydrolysates obtained by various methods of hydrolysis of sardinella feedstock

Способ гидролиза Вид фермента	Химический состав гидролизатов, % массы				
	Вода	Сухие вещества	Жир	Минеральные вещества	Протеины
Гидролизаты из чешуи сардинеллы					
Ферментализ: протосубтилин ГЗх	4,8	95,2	2,5	1,3	91,4
Ферментализ: alcalase 2,5 L	4,2	95,8	0,3	1,4	94,1
Ферментализ: protamex	4,3	95,7	2,2	1,9	91,6
Термогидролиз	5,6	94,4	4,5	4,2	85,7
Гидролизаты из хребтов сардинеллы					
Ферментализ: протосубтилин ГЗх	5,3	94,7	4,2	5,6	84,9
Ферментализ: alcalase 2,5 L	5,8	94,2	3,3	6,4	84,5
Ферментализ: protamex	6,2	93,8	3,2	5,8	84,8
Термогидролиз	6,3	93,7	5,1	7,8	80,8

типа, скоры лимитирующих аминокислот в кормах должны составлять 80-95%; для рыб в условиях прудовых хозяйств – 70-80 % [3]. Из таблицы 2 видно, что в гидролизатах ферментативного способа получения, особенно из чешуи сардинеллы (табл. 1), образуется настолько богатая незаменимыми аминокислотами композиция, что по таким аминокислотам как изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, валин скоры составляют диапазон величин от 229,3 до 443,5% (расчет по Kaushik, Suzon). Расчет сбалансированности аминокислот ферментативных гидролизатов чешуи по Саенко показывает примерно те же количественные данные (скоры изменяются от 267,8 до 463,6%), что во много раз превышает нормативные значения.

При ферментативном гидролизе хребтов сардинеллы также образуется протеино-пептидная композиция с благоприятным аминокислотным профилем. Диапазон скоров названных незаменимых аминокислот, рассчитанных относительно данных Kaushik, Suzon, составляет 109,5-248,0 (исключая метионин и фенилаланин); при расчете сбалансированности относительно данных по Mertz скоры незаменимых аминокислот колеблются в диапазоне 80,3-215,7%.

Широкий разброс полученных количественных данных по скорам незаменимых аминокислот объясняется как широким колебанием опубликованных данных в области физиологических норм потребляемых аминокислот для лососевых, что обусловлено влиянием на эти данные множества биологических и физико-химических факторов, так и варьированием аминокислотного состава в исходных гидролизатах, который во многом зависит от вида сырья и способа гидролиза

В целом, гидролизаты рыбных отходов можно считать рациональными альтернативными источниками протеинов для комбикормов лососевых в индустриальной аквакультуре. Полученные данные означают, что введение таких гидролизатов взамен рыбной муки в состав кормов для рыбоводства лососевых даже в минимальных количествах (5-10%) сможет повысить общую аминокислотную сбалансированность кормов.

На следующем этапе проектирования комбикормов исследовали потенциальную сбалансированность кормов лососевых при замене 5% рыбной

муки на такое же количество гидролизата из чешуи и хребтов сардинеллы. За основу брали рецептуру стандартного корма для молоди лососевых (табл. 3). Расчеты аминокислотных скоров протеиновой части полученных комбикормов при замене 5% рыбной муки на гидролизаты из чешуи сардины приведены в таблице 4.

Из таблицы 2 следует, что протеиновая часть комбикормов, состоящая из белков рыбной муки, крилевой и кровяной муки, пивных дрожжей и пшеницы, при замене 5% рыбной муки на гидролизаты из чешуи и хребтов сардинеллы, приобретает практически по всем основным незаменимым аминокислотам повышенные значения скоров, независи-

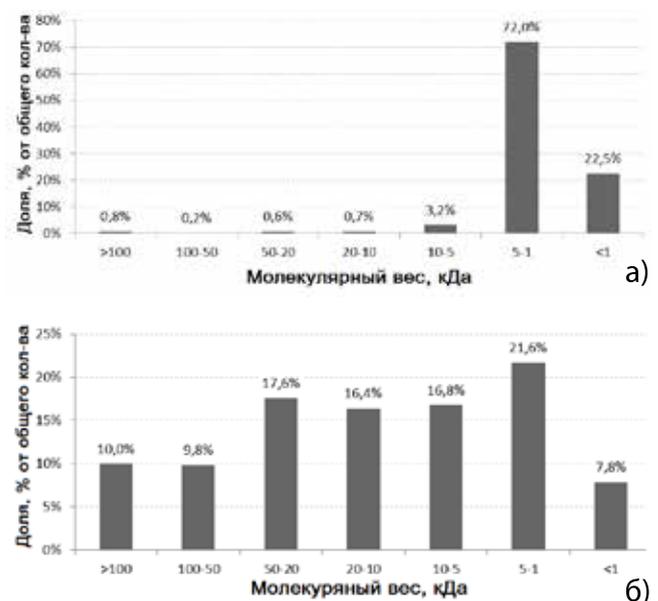


Рисунок 4. Фракционный молекулярный состав протеиновых гидролизатов чешуи сардинеллы, полученных: а – ферментативным способом (alcalase 2,5 L) и термическим способом (Т = 130 С)

Figure 4. Fractional molecular composition of protein hydrolysates of sardinella scales obtained by: a-enzymatic method (alcalase 2.5 L) and thermal method (T = 130 C)

мо от вида сырья и способа его гидролиза. Значения скоров у всех аминокислот, за исключением цистина и фенилаланина, превысили показатель 100%, при этом скор совокупности аминокислот «цистин + метионин» стал иметь значения от 104 до 125%. Скор фенилаланина вырос с 92,3% до 97,4-111,1%. С учетом того, что рекомендуемые рациональные значения скоров лимитирующих аминокислот в кормах должны составлять 80-95%, проанализированная композиция комбикормов, с введенными 5% гидролизатами из побочного сырья сардинеллы взамен этого же количества рыбной муки, потенциально не ухудшает аминокислотный профиль, а, наоборот, способствует повышенному содержанию незаменимых аминокислот.

Наиболее благоприятные значения прироста скоров получены при введении в состав комбикормов гидролизатов из чешуи рыб (на 0,48-47,70%), чем из хребтов (0,31-8,60%). При этом ферментативный способ гидролиза чешуи способствует получению наиболее богатой незаменимыми аминокислотами композиции, о чем свидетельствует прирост скоров на 17,03-47,70%, относительно термически полученных гидролизатов (0,54-9,78%)

(табл. 5). Исключение составляют значения скоров по триптофану, отличающемуся повышенной чувствительностью к любому способу гидролиза.

ВЫВОД

Использование гидролизатов побочного рыбного сырья в составе комбикормов для индустриальной аквакультуры лососевых рационально с питательной точки зрения. Расчетное проектирование протеинового состава комбикормов лососевых показывает, что 5%-ое введение альтернативных источников протеина, в виде низкомолекулярных гидролизатов чешуи и хребтов сардинеллы, повышает абсолютное содержание и скоры основных лимитирующих аминокислот. При этом введение ферментативно полученного гидролизата более благоприятно для прироста содержания лимитирующих аминокислот, чем термически полученного, а использование в качестве сырья для гидролиза чешуи сардинеллы предпочтительнее, чем ее хребтов. Конкретный характер изменения протеинового потенциала в комбикорме зависит от его состава, вида гидролизованного сырья, способа его гидролиза и количества вносимого гидролизата.

Таблица 2. Показатели аминокислотной сбалансированности гидролизатов чешуи и хребтов сардинеллы, полученных разными способами, относительно установленных потребностей в аминокислотах у лососевых рыб / **Table 2.** Indicators of amino acid balance of hydrolysates of scales and sardinella ridges obtained by various methods, relative to the established amino acid requirements in salmon fish by various methods of hydrolysis of sardinella feedstock

Незаменимая аминокислота	Содержание, г/100 г белка, в гидролизате, полученном:		Установленная потребность лососевых рыб (по Саенко), % белка [3]	Скоры аминокислот, %, в гидролизате, полученном:		Установленная потребность лососевых рыб (по Kaushik), % белка [3]	Скоры аминокислот, %, в гидролизате:	
	термическим гидролизом	ферментативным гидролизом		термическим гидролизом	ферментативным гидролизом		термическом	ферментативном
Гидролизаты из чешуи сардинеллы								
Аргинин	8,27	13,4	5,0	165,4	267,8	6,0	137,8	223,2
Гистидин	2,24	5,6	-	-	-	1,8	124,4	308,9
Изолейцин	2,95	10,2	2,2	134,1	463,63	2,3	128,3	443,5
Лейцин	4,49	15,7	3,9	115,1	401,28	4,0	112,3	391,3
Лизин	8,63	18,6	-	-	-	5,0	172,6	372,6
Метионин	2,8±0,3*	7,8±1,4*	1,5±1*	119,6	366,8	4,0	69,0	229,3
Фенилаланин	2,4±1,7**	8,6±6,1**	4,1±0,4**	90,4	325,6	4,3	94,7	340,7
Треонин	2,75	10,07	2,2	125,0	457,72	2,3	119,6	437,8
Валин	5,17	12,11	3,0	173,3	403,66	3,3	156,7	367,0
Гидролизаты из хребтов сардинеллы								
Аргинин	7,69	4,82	6	128,2	80,3	4,4	174,8	109,5
Гистидин	2,89	2,86	1,8	160,6	158,9	1,6	180,6	178,8
Изолейцин	3,05	4,96	2,3	132,6	215,7	2	152,5	248,0
Лейцин	4,52	6,76	4	113,0	169,0	3,6	125,6	187,8
Лизин	7,60	8,48	5	152,0	169,6	4,8	158,3	176,7
Метионин	2,68	2,98	4	67,0	74,5	3,2	83,8	93,1
Фенилаланин	2,93	3,91	4,3	68,1	90,9	5,3	55,3	73,8
Треонин	2,65	4,25	2,3	115,2	184,8	2	132,5	212,5
Валин	3,71	5,66	3,3	112,4	171,5	5,3	70,0	106,8

Примечание: *цистин; **тирозин

Таблица 3. Рецепт стандартного корма для молоди лососевых (ФАО) [3] /
Table 3. Formulation of standard feed for juvenile salmon (FAO) [3]

Компонент	Содержание, кг на 100 кг сухих веществ (СВ) корма
Рыбная мука (<i>Clupeaharengus</i>)	60,05
Крилевая мука	2,00
Кровяная мука	2,00
Рыбный растворимый белковый концентрат (обезвоженный)	5,00
Пивные дрожжи	4,00
Молотая пшеница	14,01
Рыбный жир	10,04
Витаминный премикс	1,00
Минеральный премикс	1,00

Таблица 4. Аминокислотная сбалансированность комбикормов для лососевых при замене в стандартном корме 5% рыбной муки на гидролизаты из чешуи сардинеллы, полученные ферментативным (Ф) и термическим (Т) способами / **Table 4.** Amino acid balance of mixed feeds for salmon when replacing 5% of fish meal in standard feed with sardinella scale hydrolysates obtained by enzymatic (F) and thermal (T) methods

Аминокислота (АК)	Потребность молоди лосося (чавыча 2-4 г), г	Содержание в 100 г стандартного корме, г	Скор АК (контроль), %	Содержание в 100 г корма с 5 % гидролизата (Ф), г	Скор АК (Ф), %	Содержание в 100 г корма с 5 % гидролизата (Т), г	Скор АК (Т), %
Комбикорма с применением гидролизатов чешуи сардинеллы							
Лизин	2,0	2,98	148,8	3,69	184,5	3,19	159,5
Метионин	0,5	1,11	221,9	1,42	282,9	1,16	232,7
Цистин	1,0	0,42	42,2	0,46	46,3	0,41	40,5
Цистин + метионин	1,5	1,53	102,1	1,88	125,2	1,57	104,6
Треонин	0,9	1,62	180,1	2,01	222,9	1,64	182,2
Валин	1,3	2,31	178,0	2,76	211,9	2,41	185,2
Изолейцин	0,9	1,73	192,2	2,11	234,9	1,75	194,7
Лейцин	1,6	3,02	188,7	3,60	224,5	3,03	189,6
Тирозин	0,4	1,28	318,8	1,49	373,1	1,27	318,4
Фенилаланин	1,7	1,57	92,3	1,89	111,1	1,58	92,82
Гистидин	0,7	0,97	139,0	1,44	205,3	1,02	145,4
Аргинин	2,4	2,43	101,2	2,92	121,8	2,67	111,1
Триптофан	0,2	0,51	253,1	0,48	237,3	0,48	237,3
Комбикорма с применением гидролизатов хребтов сардинеллы							
Лизин	2,0	2,98	148,8	3,183	159,2	3,14	157
Метионин	0,5	1,1108	221,9	1,175	234,9	1,16	231,9
Цистин	1,0	0,42	42,2	0,420	42,05	0,41	40,5
Цистин + метионин	1,5	1,53	102,1	1,595	106,3	1,57	104,3
Треонин	0,9	1,62	180,1	1,715	190,6	1,64	181,7
Валин	1,3	2,31	178,0	2,432	187,1	2,34	179,6
Изолейцин	0,9	1,73	192,2	1,852	205,8	1,76	195,2
Лейцин	1,6	3,02	188,7	3,147	196,7	3,04	189,7
Тирозин	0,4	1,28	318,8	1,316	329,1	1,27	317,8
Фенилаланин	1,7	1,57	92,3	1,656	97,41	1,61	94,53
Гистидин	0,7	0,97	139,0	1,049	149,8	1,05	150,1
Аргинин	2,4	2,43	101,2	2,494	103,9	2,64	109,9
Триптофан	0,2	0,51	253,1	0,475	237,3	0,48	237,3

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. Изд-е 2-е, испр. и доп. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.
- Ostroumova I.N. Biological bases of fish feeding. 2nd edition, ispr. and add. – St. Petersburg: GosNIORH, 2012 – 564 Pp.
- Бахарева А.А. Кормление рыб в индустриальном рыбоводстве / А. А. Бахарева, Ю. Н. Грозеску // Материалы докладов междунар.

научно-практ. конф.: Научно-производственное и социально-экономическое обеспечение развития комплексных мелиораций Прикаспия». – с. Соленое Займище, Астраханской области, 2006. – С. 560-567.

- Bakhareva A.A. Fish feeding in industrial fish farming / A.A. Bakhareva, Yu.N. Grozescu // Abstracts of the Intern. nanopart. Conf.: Scientific production and socio-economic development of the

Таблица 5. Прирост значений аминокислотных скоров в комбикормах лососевых при замене в них 5% рыбной муки на 5% гидролизатов из чешуи и хребтов сардинеллы, полученных ферментативным (Ф) и термическим (Т) способами гидролиза, % относительно сора стандартного комбикорма / **Table 5.** Increase in the values of amino acid scores in salmon feed when replacing 5% of fish meal with 5% of hydrolysates from scales and sardinella ridges obtained by enzymatic (F) and thermal (T) hydrolysis methods, % relative to the score of standard feed

Аминокислота (АК)	Гидролизаты чешуи сардинеллы		Гидролизаты хребтов сардинеллы	
	Ф-способ	Т-способ	Ф-способ	Т-способ
Лизин	24,0	7,2	7,0	5,5
Метионин	27,5	4,9	5,9	4,5
Цистин + метионин	22,6	2,5	4,1	2,1
Треонин	23,8	1,2	5,8	0,9
Валин	19,0	4,0	5,1	0,9
Изолейцин	22,2	1,3	7,1	1,6
Лейцин	19,0	0,5	4,2	0,5
Тирозин	17,0	0,1	0,7	0,3
Фенилаланин	20,3	0,5	5,5	2,4
Гистидин	47,7	4,6	7,8	8,0
Аргинин	20,4	9,8	2,7	8,6
Триптофан	-0,1	-0,1	-6,2	-6,2

comprehensive reclamation of the Caspian region". – S. Salt zaymishche, Astrakhan region, 2006. – Pp. 560-567.

3. Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин – М: Издательство ВНИРО, 2006. – 360 с.

3. Shcherbina M.A., E. A. Samygin Fish feeding in freshwater aquaculture. / M.A. Shcherbina, E.A. Samygin – M: VNIRO Publishing house, 2006. – 360 p.

4. Мезенова О.Я. 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

4. Mezenova O.Ya. 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. Agafonova and others // Fisheries. – 2020. – No. 5. – Pp. 38-50. DOI 10.37663/0131-6184-2020-5-38-50

5. Glencross B., Hawkins W. A comparison of the digestibility of lupin (*lupinus sp.*) kernel meals as dietary protein resources when fed to either, rainbow trout, *oncorhynchus mykiss* or red seabream, *pagrus auratus* // Aquaculture Nutrition. – 2004. – Vol. 10 (2). – P. 65-73.

6. Leduc A. Dietary aquaculture by-product hydrolysates: impact on the transcriptomic response of the intestinal mucosa of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed low fish meal diets / A. Leduc, C. Zatylny-Gaudin, M. Robert, E. Corre, G. Le Corguille, H. Castel, A. Lefevre-Scelles, V. Fournier, E. Gisbert, K.B. Andree, J. Henry // BMC Genomics. – 2018. – 19:396.

7. 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 и другие // Вопросы рыболовства. – 2018. – Том 19 (№1). – С. 82-98.

7. Ostroumova I.N. Inclusion of bacterial biomass and protein hydrolysates in starter feeds for whitefish (*Coregonidae*) / I.N. Ostroumova, V.V. Kostyunichev, A.A. Lyutikov, V.A. Bogdanova and others // Questions of fisheries. – 2018. – Volume 19 (No. 1). – Pp. 82-98.

8. Цибилова М. Е. Изучение технологических свойств рыбных автолизатов, полученных из маломерного сырья Волго-Каспийского бассейна / М.Е. Цибилова, К.В. Костюрина // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2010. – №1. – С. 176-181.

8. Tsbizova M.E. Study of technological properties of fish autolysates obtained from small-sized raw materials of the Volga-Caspian basin / M.E. Tsbizova, K.V. Kostyurina // Bulletin of the AGTU. Series: Fisheries. – 2010. – No. 1. – Pp. 176-181.

9. Gisbert E. Protein hydrolysates from yeast and pig blood as alternative raw materials in microdiets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) larvae / E. Gisbert, A. Skalli, I. Fernández, Y. Kotzamanis, J. L. Zambonino-Infante, R. Fabregat // Aquaculture. – 2012. – Vol. 338-341. – Pp. 96-104.

10. Короткие пептиды как компоненты питания: молекулярные основы регуляции гомеостаза / В.А. Тутельян, В.Х. Хавинсон, Г.А. Рыжак и др. // Успехи современной биологии. – 2014. – Т. 134. – № 3. – С. 227-235.

10. Short peptides as components of nutrition: molecular bases of homeostasis regulation / V. A. Tutelyan, V. H. Khavinson, G. A. Ryzhak, etc.

// *Uspekhi sovremennoy biologiya.* – 2014. – Vol. 134. – No. 3. – Pp. 227-235.

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 и другие // 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. Kostyunichev, A.A. Lyutikov, V.A. Bogdanova and others // Questions of fisheries. – 2018. – Volume 19 (No. 1). – Pp. 82-98.

12. Zheng K. Effect of dietary fish protein hydrolysate on growth, feed utilization and IGF-I levels of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) / K. Zheng, M. Liang, H.B. Yao, J.L. Wang, Q. Chang // Aquaculture Nutrition. – 2012. – Vol. 18 (3). – Pp. 297-303.

13. Hua K. The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets / K. Hua, J. M. Cobcroft, A. Cole, K. Condon, D. R. Jerry, A. Mangott, C. Praeger, M. J. Vucko, C. Zeng, K. Zenger, J. M. Strugnell // One Earth. – 2019. – Vol. 1. – Pp. 316-329.

14. 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, С.В. Агафонова, Л.С. Байдалинова, Гордниченко Л.В., Волков В.В., Мезенова Н.Ю., Т.Гримм, А.Хелинг.

14. Patent of the Russian Federation for the invention 2681352 for the production of food additives from secondary fish raw materials using hydrolysis, registered in the state Register of inventions of the Russian Federation on 6.03.2019, the decision to issue 11.01.2019, priority of 31.01.2018 / O.Ya. Mezenova, S.V. Agafonova, L.S. Baidalinova, L.V. Gorodnichenko, V.V. Volkov, N.Yu. Mezenova, T. Grimm, A. Heling.

15. Мезенова О.Я. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследовании их аминокислотной сбалансированности / О.Я. Мезенова, В.В. Волков, Т. Мерзель, Т. Гримм и другие // Известия вузов. Прикладная химия биотехнология. – 2018. – Том 8. – №4. – С. 83-94.

15. Mezenova O.Ya. Comparative evaluation of 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 and others // Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and biotechnology. – 2018. – Volume 8. – No. 4. – Pp. 83-94.

16. 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 и др. // Вопросы питания. – 2017. – Том 86. – №3. – С. 20-31.

16. Grishin D.V. Bioactive proteins and peptides: current status and new trends in practical applications in food and feed production / D.V. Grishin, O.V. Podobed, J.A. Gladilina, M.V. Pokrovskaya, etc. // power Issues. – 2017. – Volume 86. – No. 3. – Pp. 20-31.

17. Slizyte R. 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.