

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство
(биологические науки)

doi:10.18286/1816-4501-2025-3-182-189

УДК 639.31

**Товарные качества радужной форели при использовании в кормлении
альтернативного растительного белка**

А. В. Анподист, аспирант кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура»

И. В. Поддубная✉, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура»

Ю. Н. Зименс, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура»

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3 ✉poddubnayaiv@yandex.ru

Резюме. Исследование проводили с целью изучения товарных качеств радужной форели при использовании в кормлении альтернативного растительного белка. Объектом изучения стали особи радужной форели, в кормлении которой используется альтернативный растительный белок – концентрат рапсового белка. Для исследования отобрали молодь форели средней массой 250 г и разместили их в 3 группы, где контрольная группа получала основной рацион корма для лососевых рыб серии «Рост», I группа вместе с основным рационом получала концентрат рапсового белка в количестве 4 %, II группа также получала основной рацион корма с концентратом рапсового белка в количестве 6 %. Продолжительность исследования составила 190 дней. Определяли ростовые показатели рыб, проводили морфометрический анализ состава тела особей радужной форели, определяли химический состав мышечной ткани рыб. Содержание доли белка в мышечной ткани рыбы опытных групп было на 1,8 и 1,0 % ниже по сравнению с контролем. Значительных отличий между группами по химическому составу мышечной ткани не отмечено. Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о положительном влиянии частичной замены соевого шрота концентратом рапсового белка в кормлении радужной форели. За 190 дней наилучший прирост ихтиомассы был отмечен во II опытной группе, получавшей в составе корма 6 % белкового концентрата рапса. Так, прирост составил 6850,00 кг за опыт, что превышает контрольную группу на 11,6 % и первую опытную группу – на 9,4 % соответственно. Кормление радужной форели комбикормом с концентратом рапсового белка в количестве 6 % повышает выживаемость особей на 0,3 % и товарные качества рыбной продукции. Весовые показатели внутренних органов находились в пределах нормы у всех особей. Выход съедобных частей в процентном соотношении достаточно высокий и соответствует нормативным данным. Масса несъедобных частей не превышала 30 % от общей массы.

Ключевые слова: растительный белок, рапс, концентрат белка, радужная форель, комбикорм, товарное рыбководство, аквакультура, товарные качества

Для цитирования: Анподист А. В., Поддубная И. В., Зименс Ю. Н., Товарные качества радужной форели при использовании в кормлении альтернативного растительного белка // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 3 (71). С. 182-189. doi:10.18286/1816-4501-2025-3-182-189

Commercial qualities of rainbow trout when using alternative plant protein in feeding

A.V. Anpodist, I.V. Poddubnaya✉, **Yu.N. Zimens**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov»

410012, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., bldg. 4, building 3

✉poddubnayaiv@yandex.ru

Abstract. A research was conducted to study commercial qualities of rainbow trout when using alternative plant protein in feeding. The object of the study was rainbow trout individuals, which had alternative plant protein in feeding, such as rapeseed protein concentrate. Juvenile trout with an average weight of 250 g were selected for the study and placed in 3 groups, where the control group received the main ration of feed for salmon fish of the "Growth" series, group 1

received rapeseed protein concentrate in the amount of 4% along with the main ration, group 2 also received the main feed ration with rapeseed protein concentrate in the amount of 6%. The duration of the study was 190 days. The growth parameters of fish were determined, morphometric analysis of the body composition of rainbow trout individuals was carried out, and the chemical composition of muscle tissue of fish was specified. The content of the protein share in the muscle tissue of fish in the experimental groups was 1.8 and 1.0% lower compared to the control. No significant differences in the chemical composition of muscle tissue were noted between the groups. The results of the study enable to conclude that partial replacement of soybean meal with rapeseed protein concentrate in feeding of rainbow trout has a positive effect. Over 190 days, the best increase in ichthyomass was observed in the 2nd experimental group, which received 6% rapeseed protein concentrate in the feed. Thus, the increase was 6850.00 kg during the experiment, which exceeds the control group by 11.6% and the first experimental group by 9.4%, respectively. Feeding of rainbow trout with compound feed with 6% rapeseed protein concentrate increases the survivability rate of individuals by 0.3% and the commercial quality of fish products. Weight parameters of the internal organs were within the normal range for all individuals. The yield of edible parts in percentage terms is quite high and corresponds to the standard data. The weight of inedible parts did not exceed 30% of the total weight.

Keywords: vegetable protein, rapeseed, protein concentrate, rainbow trout, compound feed, commercial fish breeding, aquaculture, commercial qualities

For citation: Anpodist A.V., Poddubnaya I.V., Zimens Yu.N. Commercial qualities of rainbow trout when using alternative plant protein in feeding // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025.3 (71): 182-189 doi:10.18286/1816-4501-2025-3-182-189

Введение

Промышленная аквакультура предусматривает высокую плотность содержания рыбы в искусственных водоемах и ее полную зависимость от искусственного корма, в свою очередь корма являются основной статьей расходов (40...70 % от общих расходов) и крупнейшим вкладом в отрасль товарного рыбоводства [1, 2, 3]. Как принято, производство коммерческих комбикормов строится на концепции «наименьших затрат», при этом состав питательных веществ в кормовых ингредиентах и их стоимость должны быть предусмотрены при составлении кормовых смесей, удовлетворяющих минимальным потребностям рыбы в питательных веществах. В последнее время для обеспечения потребности рыб в белках в рецепты форелевых кормов включают растительные белковые концентраты, подсолнечный и рапсовый шроты и жмыхи как экономичный альтернативный источник белка [1]. Среди альтернативных источников растительного белка бобовые являются наиболее подходящими для применения в аквакормах [4]. Широкая доступность, высокое содержание белка и желаемый аминокислотный профиль привели к тому, что продукты из рапса стали рассматриваться в качестве альтернативы рыбной муке в кормах для рыб [2, 5]. Рапс считается третьим по величине источником растительного масла и вторым по величине источником белковых продуктов в мире [6]. Применение в комбикормах производных из рапса широко изучено при введении его в корма для различных видов рыб [7].

Цель работы заключалась в определении товарных качеств радужной форели при использовании в кормлении концентрата рапсового белка.

Материалы и методы

Объектом исследования являлась радужная форель, в кормлении которой используется альтернативный растительный белок –концентрат рапсового белка.

Исследования проводили на базе кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура», на базе комбикормового предприятия ООО «Прометрика» и РСО Осетия-Алания г. Ардон, Рыбозаводного предприятия «IRON FISH». Исследование проводилось на протяжении 6 месяцев. Для него отобрали молодь форели средней массой 250 г и разместили их в 3 группы, где контрольная группа получала основной рацион корма для лососевых рыб серии «Рост», I опытная группа вместе с основным рационом получала концентрат рапсового белка в количестве 4 %, II опытная группа также получала основной рацион корма с концентратом рапсового белка в количестве 6% (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследования

Группа	Период опыта, кол-во дней	Тип кормления
Контрольная	190	Полнорационный комбикорм (Основной Рацион)
I опытная	190	ОР с 9% соевого шрота и 4% концентрат рапсового белка
II опытная	190	ОР с 7 % соевого шрота и 6% концентрат рапсового белка

Особь форели были размещены в бетонные чеки для выращивания. Каждый чек имел размеры: ширина 3,25 м и 30 м длина, глубина составила 1,5 м. В каждый чек было размещено в среднем по 4135 особей. Температура воды в период выращивания варьировала от 14 до 16 °С.

Для опытных групп радужной форели были разработаны комбикорма, где введен в состав комбикорма концентрат рапсового белка в количестве 4 % и 6 % от общего количества соевого шрота согласно составу, изготовлен комбикорм на базе ООО «Прометрика», г. Саратов (табл. 2).

Таблица 2. Состав комбикормов

Показатель	Контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа
Зародыш пшеничный, %	6,0	6,0	6,0
Мука пшеничная, %	8,0	8,0	8,0
Соевая мука, %	7,0	7,0	7,0
Шрот соевый, %	13,0	9,0	7,0
Глютен кукурузный, %	11,0	11,0	11,0
Рыбная мука, %	20,0	20,0	20,0
Мясная мука, %	10,0	10,0	10,0
Мясокостная мука, %	4,0	4,0	4,0
Рыбий жир, %	17,0	17,0	17,0
Концентрат рапсового белка, %	-	4,0	6,0
Премикс форелевый, %	1,0	1,0	1,0
Функциональные добавки, %	3,0	3,0	3,0

Таблица 3. Химический состав комбикормов

Показатель	Контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа
Протеин, %	45,75	43,44	42,0
Жир, %	21,2	23,0	24,0
Клетчатка, %	1,8	1,8	1,8
Зола, %	10,9	9,0	9,0

Химический состав комбикормов представлен в таблице 3

Кормление радужной форели в период исследования проводили 4 раза в день. Суточную норму кормления определяли в зависимости от массы тела рыбы и температуры воды согласно общепринятой технологии выращивания. Суточную норму делили на частоту кормления и определяли разовую норму корма. Внешение кормов осуществляли вручную, при этом задавали его маленькими порциями и следили за поедаемостью. Кормовой коэффициент изменялся в пределах 1,05...1,25 в зависимости от температуры воды и массы рыбы.

Исследование включало в себя количественный учет рыбы и в конце опыта определение ее

сохранности, динамики массы рыбы, для чего 1 раз в 10 дней проводилось взвешивание рыбы группами по 10 особей из каждого чека по 5 раз, а затем рассчитывали среднюю и общую массу рыбы в чеке.

Результаты

В начале исследования была проведена сравнительная оценка химического состава концентрата рапсового белка и соевого шрота (табл. 4).

Так, концентрат рапсового белка превосходит соевый шрот по доле сырого жира, дополнительного источника энергии в корме, почти на 12 %, но уступает по количеству сырого протеина на 5,17 %, а количество сырой клетчатки напротив выше почти в 2 раза.

Таблица 4. Химический состав концентрата рапсового белка и соевого шрота, %

Показатель	Концентрат рапсового белка	Соевый шрот
Массовая доля влаги	7,3	8,6
Массовая доля сырого протеина	44,63	49,80
Массовая доля сырого жира	14,10	1,20
Массовая доля сырой клетчатки	6,00	3,46

В целом, количество протеина в составе концентрата рапсового белка и соевого шрота было примерно на одном уровне, что и позволило в исследовании заменить часть соевого шрота на концентрат рапсового белка в комбикорме для радужной форели как близкого по составу компонента корма.

Протеиновые концентраты, в том числе и концентрат рапсового белка, вырабатывают в процессе спиртовой экстракции растительных продуктов, в частности шротов, в ходе которой из них удаляются антипитательные факторы [4, 8].

Таблица 5. Рыбоводно-биологические показатели выращивания радужной форели

Показатель	Контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа
Ихтиомасса в начале опыта, кг	1055,7	1032,5	1007,7
Ихтиомасса в конце опыта, кг	7196,0	7307,6	7857,7
Валовый прирост ихтиомассы, кг	6140,3	6275,0	6850,0
Масса начальная 1 особи, г	255,0±3,79	250,3±2,90	244,0±3,46
Масса конечная 1 особи, г	1750,0±2,6	1778,0 ±4,04**	1910,0 ±4,4***
Абсолютный прирост 1 особи, г	1495,0	1528,0	1666,0
Среднесуточный прирост 1 особи, г	7,5	7,4	8,3
Выживаемость, %	99,3	99,5	99,6

p≥0,99, *p≥0,999

Так, при выращивании радужной форели до товарной массы в бетонных чеках за 190 дней наилучший прирост был отмечен у рыб II опытной группы, получавшей в составе корма 6 % белкового концентрата рапса взамен 6 % соевого шрота (табл. 5). Так, прирост составил 6850,00 кг за опыт, что превышает контрольную группу на 11,6 % и I опытную группу – на 9,4 %, соответственно. В целом, динамика массы рыб во всех группах примерно на одном уровне за счет высокой выживаемости рыб, которая составила чуть более 99 %. Наиболее высокий среднесуточный прирост живой массы радужной форели наблюдали у 2-й опытной группы, он равнялся 8,3 г.

В конце исследования нами была проведена товарная оценка качества рыбной продукции. Для этого были отобраны особи радужной форели по 3

шт. из каждой группы для убоя. При вскрытии провели визуальную оценку состояния внутренних органов и мышечной ткани рыб (рис. 1). Внешних изменений и патологий у рыбы не наблюдали, плотность структуры мышечной ткани не нарушена, что говорит о соответствии технологическим нормам в процессе выращивания рыбы.

Особи II группы на конец исследования имеют много внутривисцерального жира, который обеспечивает энергетический обмен на оптимальном уровне (рис. 2).

Для оценки товарных качеств рыбы необходимо знать особенности анатомического строения тела, выход съедобных и несъедобных частей. Выход съедобных частей у лососевых составляет 50...60 % [9] (табл. 6).

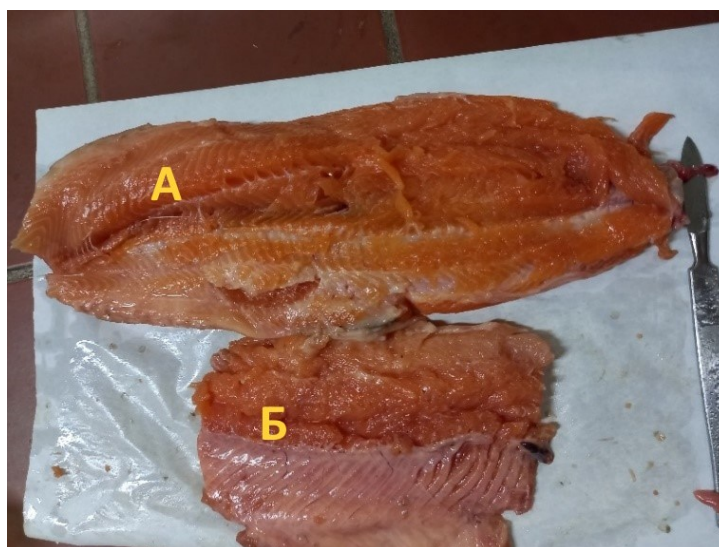


Рис. 1. Мышечная ткань радужной форели для оценки товарных качеств: а) контрольной группы; б) II группы



Рис. 2. Внутренние органы особи II группы

Таблица 6. Морфофизиологические показатели радужной форели

Показатель	Контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа
Масса до убоя, г	1765,00±10,4	1790,00 ±10,0	1920,00 ±7,64***
% от массы рыбы	100,00	100,00	100,00
Масса кожи, г	228,00±7,57	232,66±6,74	237,30±8,87
% от массы рыбы	12,92	12,98	12,36
Масса головы и плавников, г	250,16±7,37	256,00±9,02	258,00±6,11
% от массы рыбы	14,17	14,30	13,44
Масса костной ткани, г	195,00±8,7	197,00±8,50	205,67±6,36
% от массы рыбы	11,05	11,00	10,71
Масса мышечной ткани, г	841,20±9,43	846,40±9,41	947,80±8,06***
% от массы рыбы	47,66	47,28	49,36
Масса жабр, слизи, крови и др. внутренних органов, г	177,30±8,2	182,10±9,1	190,00±5,7
% от массы рыбы	10,05	10,17	9,90
Сумма съедобных частей, г	859,80	863,30	968,30
% от массы рыбы	48,71	48,23	50,43
Сумма условно съедобных частей, г	445,16	453,00	463,67
% от массы рыбы	25,22	25,31	24,19
Сумма несъедобных частей, г	460,04	473,30	488,03
% от массы рыбы	26,06	26,46	25,42
Длина по Смитту, см	54,00±2,16	54,20±1,12	55,33±1,13
Коэффициент упитанности по Фультону, %	1,12	1,12	1,13

***P≥0,999

Весовые показатели кожи, головы и плавников, костной ткани и внутренних органов форели опытных групп достоверно не отличались от соответствующих показателей контрольной группы. Масса мышечной ткани форели II опытной группы на 1,7 % превышала контрольную группу. Выход съедобных частей в процентном соотношении у рыб всех подопытных групп достаточно высокий и соответствует 48...50 %. Масса несъедобных частей не превышает 30 % от общей массы. Коэффициент упитанности по Фультону показывает уровень качества выращенной рыбы. В нашем исследовании коэффициент упитанности во всех группах был на одном уровне. Все это

говорит о высоком качестве выращенной рыбы и отсутствии негативных проявлений использования в опытных группах концентрата рапсового белка в количестве 4 % и 6 %.

В ходе исследования, направленного на изучение влияния концентрата рапсового белка на товарные качества радужной форели, очень важно определить химический состав мышечной ткани рыбы. В состав тела рыбы входит большое количество химических веществ, основу составляют протеин, жир, вода и минеральные вещества, а именно фосфор и кальций [10].

Таблица 7. Химический состав мышечной ткани радужной форели

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Массовая доля влаги, %	67,77±0,38	69,67±0,39	69,63±0,57
Массовая доля белка, %	19,37±0,04	17,53±0,16*	18,37±0,35*
Массовая доля жира, %	10,33±0,47	11,37±0,47	10,13±0,05
Массовая доля общей золы, %	1,14±0,01	1,04±0,08	1,08±0,01
Массовая доля кальция, %	0,06±0,01	0,08±0,01	0,08±0,01
Массовая доля фосфора, %	0,20±0,01	0,17±0,01**	0,21±0,01

*P≥0,95

Содержание доли белка в мышечной ткани рыбы I и II групп было на 1,8 и 1,0 % ниже относительно контроля, но содержание сырого жира достоверно не отличалось во всех подопытных группах (табл. 7). В целом, значительных отличий между группами по химическому составу мышечной ткани не отмечено.

Обсуждение

Сегодня основными источниками растительного белка, наиболее подходящими в кормлении рыб, являются бобовые культуры. Продолжается изучение и оценка органолептических, физических,

физико-химических и химических показателей качества бобовых культур как сырья для включения в комбикорма для рыб отечественными и зарубежными учеными [11, 12, 13]. Широкая доступность, высокое содержание белка и желаемый аминокислотный профиль привели к тому, что продукты из рапса и белого люпина стали рассматриваться в качестве альтернативы рыбной муке в кормах для рыб [2, 5, 14]. Содержание белка в белом люпине составляет 32...46 %, что в 3 раза больше, чем в зерне злаковых культур. Ввод его в комбикорма позволит частично или полностью заменить им дорогостоящие

белковые составляющие, такие как рыбная мука, соевый шрот и др. [15, 16]. Использование в кормлении различных видов рыб производных рапса при введении его в комбикорма широко изучено отечественными и зарубежными исследователями [7, 17].

Поскольку рапс является высокопитательным белком растительного происхождения [6], он вполне может стать заменой рыбной муке в корме для радужной форели. На основе полученных данных проведенного опыта Кучихиным А.Ю. и Размачаевым Е.А., [7], где введение рапсового жмыха в составе комбикормов трехлеткам радужной форели в условиях садкового выращивания, установлено, что рапсовый жмых оказал положительное влияние на физиологическое состояние рыб, а по итогам эксперимента средний вес в опытной группе рыб превышал контроль на 16,8 %. Выживаемость в группе опыта была выше, чем в группе контроля. Также проведенное исследование в Иране [18] подтверждает положительный эффект использования рапсовой муки в рационе рыбы паку. Так, наивысший уровень конечного веса и удельной скорости роста, а также самый низкий коэффициент конверсии пищи были достигнуты у рыбы паку, которая получала 40 % рапсовой муки взамен рыбной. Также отмечен положительный эффект на рост и развитие радужной форели при использовании белкового концентрата канолы (один из сортов рапса) рапса в составе комбикормов при замене ею рыбной муки до значений 500 и 750 г/кг [19]. А проведенный опыт в Канаде по замене рыбной муки в рационе радужной форели тремя разными растительными белковыми компонентами, среди которых была мука канолы и белковый концентрат канолы, подтвердил данные об антипитательных веществах, содержащихся в муке растительных белков, и отсутствии их в белковых концентратах, поскольку прирост радужной форели отмечен в группе рыб, где использовался белковый концентрат [20].

В статье также представлены данные по оценке товарных качеств радужной форели при использовании в кормлении альтернативного растительного белка, а именно, концентрата рапсового белка. В кормлении опытных групп была заменена часть соевого шрота на 4 % и 6 % концентратом рапсового белка. Так, наилучшие ростовые показатели отмечены во II опытной группе, где использовали в кормлении 6 % концентрат рапсового белка. В целом во всех группах была высокая выживаемость рыб.

Литература

1. Шиптон Т. А. Руководство по использованию кормов в системах выращивания карпа и форели в Центральной Азии и Восточной Европе. Отчет ФАО по рыболовству и аквакультуре № 1224. Рим, 2021. ФАО. doi:10.4060/cb4640ru
2. Replacement of Fishmeal by Rapeseed Protein Concentrate in Diets for Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) / Н. Slawski, Н. Adem, R-P. Tressel, et al. // The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh, II C: 63. 2011. P. 605.
3. Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (обзор) / В. И. Пахомов, В. Ф. Хлыстунов, С. В. Брагинцев и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(3). С. 281-294. doi:10.30766/2072-9081.2022.23.3.281-294

Результаты убоя рыбы показали, что масса мышечной ткани и выход съедобных частей в процентном соотношении у форели II опытной группы на 1,7 % превышала контрольную группу. Масса несъедобных частей в этой группе не превышала 25,4 % от общей массы. Исследования химического состава мышечной ткани радужной форели показали, что, хотя количество белка опытных групп было ниже на 1,8 и 1,0 % относительно контрольных цифр, содержание сырого жира было на одном уровне и достоверно не отличалось во всех подопытных группах.

Концентрат рапсового белка в количестве 6 % от количества соевого шрота в составе комбикорма положительно влияет на рост, развитие и товарные качества радужной форели. Радужная форель, получавшая в составе корма концентрат рапсового белка в количестве 6%, демонстрирует лучшие показатели динамики роста. В целом рыбы опытных групп лучше усваивали белковые компоненты корма, быстрее набирали массу тела.

Коэффициент упитанности по Фультону во всех группах был на одном уровне.

Выход мышечной ткани форели 2-й опытной группы превышает на 1,7 % контрольную группу. Выход съедобных частей в процентном соотношении у рыб всех подопытных групп высокий и соответствует 48...50 %. Значительных отличий по химическому составу мышечной ткани между всеми подопытными группами данного исследования не выявлено.

Скармливание концентрата рапсового белка взамен соевым белком и положительно влияет на товарные качества радужной форели, а значит может быть использован как альтернативный растительный белок в корме для радужной форели.

Заключение

В промышленной аквакультуре для лучшего роста радужной форели необходимы корма с качественными источниками белка. Согласно проведенному исследованию по оценке товарных качеств радужной форели, замена 6 % соевого шрота в комбикорме рыб на аналогичное количество концентрата рапсового белка положительно влияет на физиологическое состояние радужной форели, что отражено в быстром росте рыб, оптимальных морфометрических показателях и высоком товарном качестве рыбной продукции.

4. Fateme Hekmatpour F., Torfi Mozanzadeh M. Legumes, Sustainable Alternative Protein Sources for Aquafeeds // Legumes Research. 2021. Vol.2. P. 1-23. doi: 10.5772/intechopen.99778
5. A review on alternative plant protein sources available for future sustainable aqua feed production / P. Chakraborty, A. Mallik, N. Sarang, et al. // Int J Chem Stud. 2019. No. 7. P. 399-404
6. Баюро Л. И. Рапс – культура будущего! // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 167. С. 1-19. doi 10.21515/1990-4665-167-001
7. Кучихин Ю. А., Размочаев Е. А. Исследование использования рапсового жмыха в составе комбикормов для Радужной форели // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 4. С. 199-204. doi: 10.24412/2311-6447-2023-4-199-204
8. Li P., Wu G. Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs for animal diets // Amino Acids. 2020. No. 52. P. 523-542. doi: 10.1007/s00726-020-02833-4
9. Гоголина Е. П., Родина Т. Г. Товарная экспертиза продуктов, вырабатываемых из лососевых рыб // Товаровед продовольственных товаров. 2018. № 8. С. 18-26.
10. Влияние применения пробиотиков на рыбоводно-биологические показатели и приросты осетровых рыб РСО Осетия-Алания / Д. А. Юрин, Е. А. Максим, Д. В. Оsepчук и др. // Сборник научных трудов КНЦЗВ. 2022. Т. 11. № 1. С. 100-104.
11. Исследование технологических свойств бобовых культур как сырья для производства комбикормов для рыб / Ж. В. Кошак, Л. В. Рукшан, А. Н. Русина и др. // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2017. № 33. С. 156–166.
12. Ветошкина А. А., Кохович А. Г., Рукшан Л. В. Влияние углеводов в сырье на качество комбикормов для прудовых рыб // Материалы XIII Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств». Могилёв, 2020. С. 117-118.
13. Дмитриев Н. П. Применение новых компонентов в комбикормах для молоди клариевого сома (*Clarias gariepinus* Burchell) // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. 2022. № 1. С. 48-54.
14. Кононова С. В. Биотехнологические подходы к использованию белка рапса и сои в кормах аквакультуры лососевых рыб // Биотехнология. 2016. Т. 32. № 5. С. 57-68.
15. Руцкая В. И., Тимошенко Е. С. Опыт использования люпина в комбикормах для ценных видов рыб в товарном рыбоводстве: обзор / В. И. Руцкая // Кормопроизводство. 2022. № 3. С. 36-40.
16. Кучихин Ю. А. Перспектива и возможности применения белого люпина (*lupinus albus*) в кормах аквакультуры для денных видов рыб // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 4. С. 225-230. doi: 10.24412/2311-6447-2022-4-225-230
17. Protein-sourced feedstuffs for aquatic animals in nutrition research and aquaculture. Recent Advances in Animal Nutrition and Metabolism / S. Jia., X. Li, W., et al. // Advances in Experimental Medicine and Biology. 2022. Vol. 1354. P. 237-261.
18. Replacement of dietary fishmeal for canola meal on the growth performance, digestibility, digestive enzyme activities and hemato immunological responses in pacu, *Piaractus brachipomus* (Cuvier, 1818) / H. Nazari, Salarzadeh A., Safari O. et al. // Journal of Animal Environment (AEJ), 2021. Vol. 13 (1) P. 347-362.
19. Thiessen D. L., Maenz D. D., Newkirk R.W. Replacement of fishmeal by canola protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture Nutrition. 2004. Vol. 10. P. 379–388.
20. Effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation / S. A. Collins, A. R. Desai, G.S. Mansfield, et al. // Aquaculture. 2012. P. 90-99.

References

1. Shipton T.A., Guidelines for feed management in carp and trout production systems in Central Asia and Eastern Europe. FAO Fisheries and Aquaculture Report No.1224. Rome, 2021. FAO. doi:10.4060/cb4640ru
2. Replacement of Fishmeal by Rapeseed Protein Concentrate in Diets for Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) / H. Slawski, H. Adem, R-P. Tressel, et al. // The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh, II C: 63. 2011. P. 605.
3. State and Prospects of Using Plant-Based Raw Materials in Aquaculture Feeds (Review) / V. I. Pakhomov, V. F. Khlystunov, S. V. Braginets et al. // Agrarian Science of the Euro-North-East. 2022. No.23(3). P. 281-294. doi:10.30766/2072-9081.2022.23.3.281-294
4. Fateme Hekmatpour F., Torfi Mozanzadeh M. Legumes, Sustainable Alternative Protein Sources for Aquafeeds // Legumes Research. 2021. Vol.2. P. 1-23. doi: 10.5772/intechopen.99778
5. A review on alternative plant protein sources available for future sustainable aqua feed production / P. Chakraborty, A. Mallik, N.Sarang // Int J Chem Stud. 2019. No.7. P. 399-404
6. Bayuro L. I. Rape - the culture of the future! // Polythematic online electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2021. No. 167. P. 1-19. doi 10.21515/1990-4665-167-001

7. Kuchikhin Yu. A., Razmochaev E.A. Study of the use of rapeseed cake in compound feed for rainbow trout // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2023. No.4. P. 199-204. doi: 10.24412/2311-6447-2023-4-199-204
8. Li P., Wu G. Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs for animal diets // Amino Acids. 2020. No. 52. P. 523-542. doi: 10.1007/s00726-020-02833-4
9. Gogulina E. P., Rodina T. G. Commodity examination of products made from salmon fish // Food commodity expert. 2018. No.8. P. 18-26.
10. The impact of probiotics usage on fish-farming and biological parameters and growth of sturgeon fish in the Republic of North Ossetia-Alania / D. A. Yurin, E. A. Maxim, D. V. Osepchuk et al. // Collection of scientific papers of the KSCZV. 2022. Vol. 11. No.1. P. 100-104.
11. Study of technological properties of legumes as raw materials for production of compound feed for fish / Zh. V. Koshak, L. V. Rukshan, A. N. Rusina, et al. // Issues of fisheries of Belarus. 2017. No.33. P. 156–166.
12. Vetoshkina A. A., Kokhovich A. G., Rukshan L. V. Influence of carbohydrates in raw materials on the quality of compound feed for pond fish // Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference "Engineering and Technology of Food Production". Mogilev, 2020. P. 117–118.
13. Dmitrovich N. P. Application of new components in compound feed for juvenile clarias catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) // Vestnik of Polesie State University. Series of natural sciences. 2022. No.1. P. 48-54.
14. Kononova S.V. Biotechnological approaches to usage of rapeseed and soy proteins in salmon aquaculture feeds // Biotechnology. 2016. Vol. 32. No.5. P. 57-68.
15. Rutsкая V.I., Timoshenko E.S. Experience of using lupine in compound feeds for valuable fish species in commercial fish farming: a review / V.I. Rutsкая // Feed production. 2022. No.3. P. 36-40.
16. Kuchikhin Yu.A. Prospects and possibilities of using white lupine (*lupinus albus*) in aquaculture feeds for fish species // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2022. No.4. P. 225-230. doi: 10.24412/2311-6447-2022-4-225-230
17. Protein-sourced feedstuffs for aquatic animals in nutrition research and aquaculture. Recent Advances in Animal Nutrition and Metabolism / S. Jia., X. Li, W., et al. Advances in Experimental Medicine and Biology. 2022. Vol. 1354. P. 237-261.
18. Replacement of dietary fishmeal for canola meal on the growth performance, digestibility, digestive enzyme activities and hemato immunological responses in pacu, *Piaractus brachipomus* (Cuvier, 1818) / H. Nazari, Salarzadeh A., Safari O. et al. // Journal of Animal Environment (AEJ), 2021. Vol. 13 (1) P. 347-362.
19. Thiessen D. L., Maenz D. D., Newkirk R. W. Replacement of fishmeal by canola protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture Nutrition. 2004. Vol. 10. P. 379–388.
20. Effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation / S. A. Collins, A. R. Desai, G. S. Mansfield, et al. // Aquaculture. 2012. P. 90–99.