

Использования масла льняного холодного отжима в комплексе с белым люпином, прошедшим барогидротермическую обработку, в составе комбикормов для Радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*)

Юрий А. Кучихин	¹	KuchihinYA@melkom.ru	 0000-0002-8698-1828
Евгений А. Размочаев	²	razmochaeva@melkom.ru	
Никита И. Кочетков	¹	samatrixs@gmail.com	 0000-0002-2196-5421
Дмитрий Л. Никифоров-Никишин	¹	niknikdl@rambler.ru	 0000-0002-1715-057X
Евгений В. Евсеев	²	evseev@melkom.ru	

1 МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, д.73, г. Москва, 109004, Россия

2 ООО «АгроАльянсРазвития», ул. Вокзальная, д. 9, ком. 11, г Тверь, 170100, Россия

Аннотация. Производственные затраты на выращивание форели, связанные с кормлением при интенсивном коммерческом росте, составляет 50–60% всех производственных затрат, поэтому необходимо, чтобы кормление рыб дало высокий экономический эффект. В настоящее время, в связи с высокой интенсификацией товарной аквакультуры увеличиваются издержки на производство товарной рыбы, и, как следствие увеличивают ее стоимость для потребителя. Комбикормовые предприятия вынуждены осуществлять поиск новых высокоэффективных компонентов для производства комбикормов, обеспечивающих организм рыбы необходимыми питательными и биологически-активными веществами, а также белками и жирами высокого качества. Для этого в состав комбикормов вводят растительные компоненты, среди которых основное место занимают растительные концентраты – зерно после различной обработки, растительные масла и др. В данной работе исследовалось эффективность применения льняного масла холодного отжима в комплексе с белым люпином прошедшего барогидротермическую обработку (БГТО), в составе комбикорма для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), где льняное масло заменяло 65% рыбьего жира. Сравнение производилось с рецептурами: без включения белого люпина с 50% заменой рыбьего жира рапсовым маслом и на чистом рыбьем жире. Применение льняного масла в комплексе с БГТО белого люпина привело к улучшению рыбоводно-биологических показателей, а также позволило снизить себестоимость комбикорма. Проведенные гематологические исследования позволяют утверждать об отсутствии негативного влияния льняного масла и БГТО белого люпина на физиологическое состояние радужной форели. Строение ткани кишечника во всех образцах не имело значимых морфологических изменений. Проведенное исследование позволяет заключить о возможности замены рыбьего жира в составе продукционных кормов для радужной форели до 65%.

Ключевые слова: аквакультура, корма, льняное масло, жирные кислоты, радужная форель, рапсовое масло, барогидротермическая обработка, гематология, гистология.

The use of cold-pressed linseed oil in combination with white lupine, which has undergone barohydrothermal treatment, as part of compound feeds for Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Yuri A. Kuchikhin	¹	KuchihinYA@melkom.ru	 0000-0002-8698-1828
Evgeniy A. Razmochaev	²	razmochaeva@melkom.ru	
Nikita I. Kochetkov	¹	samatrixs@gmail.com	 0000-0002-2196-5421
Dmitry L. Nikiforov-Nikishin	¹	niknikdl@rambler.ru	 0000-0002-1715-057X
Evgeniy V. Evseev	²	evseev@melkom.ru	

1 MSUTU im. K.G. Razumovsky (PKU), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia

2 AgroAllianceRazvitiya LLC, st. Vokzalnaya, 9, room. 11, Tver, 170100, Russia

Abstract. The production costs of growing trout associated with feeding with intensive commercial growth is 50-60% of all production costs, therefore, it is necessary that fish feeding give a high economic effect. Currently, due to the high intensification of commodity aquaculture, the costs of the production of commodity fish are increasing, and, as a result, they increase its cost for the consumer. Combageum enterprises are forced to search for new highly effective components for the production of compound feeds that provide the body with the necessary nutritional and biologically active substances, as well as high-quality proteins and fats. To do this, plant components are introduced into the composition of compound feeds, among which plant concentrates occupy the main place - grain after various processing, vegetable oils, etc. In this work, the effectiveness of the use of cold-pressed linseed oil in combination with white lupine that has undergone barohydrothermal treatment (BGTO), as part of a compound feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), where linseed oil replaced 65% of fish oil, was investigated. The comparison was made with the formulations: without the inclusion of white lupine with 50% replacement of fish oil with rapeseed oil and with pure fish oil. The use of linseed oil in combination with white lupine after barohydrothermal treatment has led to an improvement in fish-breeding and biological indicators, and has also reduced the cost of compound feed. The conducted hematological studies allow us to assert that there is no negative effect of linseed oil and white lupin barohydrothermal treatment on the physiological state of rainbow trout. The structure of the intestinal tissue in all samples had no significant morphological changes. The conducted research allows us to conclude that it is possible to replace fish oil in the composition of production feeds for rainbow trout by up to 65%.

Keywords: aquaculture, feed, linseed oil, fatty acids, rainbow trout, rapeseed oil, barohydrothermal treatment, hematology, histology.

Для цитирования

Кучихин Ю.А., Размочаев Е.А., Кочетков Н.И., Никифоров-Никишин Д.Л., Евсеев Е.В. Использование масла льняного холодного отжима в комплексе с белым люпином, прошедшим барогидротермическую обработку, в составе комбикормов для Радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 2. С. 174–181. doi:10.20914/2310-1202-2024-2-174-181

For citation

Kuchikhin Yu.A., Razmochaev E.A., Kochetkov N.I., Nikiforov-Nikishin D.L., Evseev E.V. The use of cold-pressed linseed oil in combination with white lupine, which has undergone barohydrothermal treatment, as part of compound feeds for Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 2. pp. 174–181. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-2-174-181

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В разных странах производственные затраты на выращивание форели, связанные с кормлением при интенсивном коммерческом росте, составляет 50–60 % всех производственных затрат, поэтому необходимо, чтобы кормление рыб дало высокий экономический эффект [7]. В настоящее время, в связи с высокой интенсификацией товарной аквакультуры увеличиваются издержки на производство товарной рыбы, и, как следствие увеличивают ее стоимость для потребителя. Комбикормовые предприятия вынуждены осуществлять поиск новых высокоэффективных компонентов для производства комбикормов, обеспечивающих организм рыбы необходимыми питательными и биологически-активными веществами, а также белками и жирами высокого качества. Для этого в состав комбикормов вводят растительные компоненты, среди которых основное место занимают растительные концентраты – зерно после различной обработки, растительные масла и др. [9, 18]. Белый люпин (*Lupinus albus*) – зернобобовая сельскохозяйственная культура, широко культивируемая в России. Также как и соя, бобы белого люпина имеют высокое содержание сырого протеина, что определяет его активное использование в следующих областях: кормопроизводство для сельскохозяйственных, домашних животных и рыб, производство продуктов питания для человека и других сферах [4, 11].

Барогидротермическая обработка (БГТО) – метод обработки зерна, при котором сырье загружается в камеру, камера герметизируется, в нее подается под давлением пар. После истечения заданного времени камеру мгновенно разгерметизируют и сырье перемещается с избыточным давлением в приемный бункер и при этом вспучивается. Время обработки сырья составляет от 3 до 300 сек., давление пара от 0,3 до 3 МПа, а температура от 50 до 400 °С. Такая обработка приводит к деструкции природных полимеров, входящих в состав зерна под действием термических, механических и химических процессов [11]. Так как бобы белого люпина содержат большое количество алкалоидов [5], использовать их в чистом виде без потери качества комбикорма невозможно. Так как основное количество алкалоидов содержится в оболочке, данная технология позволяет сделать бобы доступными и безопасными к применению в комбикормах для объектов аквакультуры.

Метод холодного отжима льняного масла из льняного семени происходит путем однократного прессования [13]. Льняное масло по своим показателям жирных кислот в наибольшей степени способно заменить рыбий жир в составе комплексных рецептур

для объектов аквакультуры [1, 11, 12]. Наряду с активно используемым рапсовым маслом в рецептах импортных комбикормов используется льняное масло, которое по показателям жирнокислотного состава превосходит рапсовое. Однако объемы его производства в Европе не могут обеспечить потребность комбикормовой промышленности. Так как рыбий жир в значительной степени приводит удорожание комбикорма [7], наличие растительной жировой составляющей будет способствовать уменьшению себестоимости затрат на выращивание единицы товарной продукции аквакультуры.

Цель работы – оценка эффективности комплексного использования льняного масла холодного отжима с БГТО белого люпина в составе комбикормов на годовиках радужной форели в условиях садкового выращивания в акватории Ладожского озера.

Материалы и методы

Исследования выполнялись в условиях рыбоводного предприятия ООО «Ладожская форель» (Республика Карелия). В качестве объекта в исследованиях использовали годовиков радужной форели породы Дональдсона средней массой 250 г., выведенных из икры Aquasearch Fresh (Дания). Выращивание рыбы проводили в садках диаметром 12,7 м, установленных в акватории Ладожского озера.

Для эксперимента отобрано 45 000 особей радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), которые были разделены на 3 группы: 2 опыта и контроль. Кормление рыб осуществляли вручную дважды в день, при этом рацион в равных долях делился на вечернее и утреннее кормление. Суточный рацион рассчитывали в зависимости от биомассы и температуры воды по специальным кормовым таблицам. Измерения гидрохимических параметров проводились с использованием оксиметра Milwaukee MW605 MAX и электронного термометра ТП700 с погрешностью измерений в 1 °С.

Средний вес определялся на платформенных весах ВСП-5КС с погрешностью измерений +/-10 г. Средний вес определяли по завешиванию 100 особей в 5 повторов. В качестве погрешности на воду и слизь брали 2%. Срок эксперимента составлял 90 суток.

По завершении опытного кормления производился расчет экономической эффективности выращивания радужной согласно методике, предложенной МСХ СССР и ВАСХНИЛ (1983) [20].

Кормление рыб осуществляли с применением комбикорма торговой марки «Aquatex» изготовленного по описанным ниже рецептурам на производственных мощностях ОАО «Мелькомбинат», г. Тверь.

Перед началом эксперимента все экспериментальные группы рыб получали контрольные корма. Комбикорма группы опыта произведены

на основе кормов группы контроля для максимальной достоверности полученных данных. Показатели корма для групп опыта и контроля приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Нутриентный и аминокислотный состав корма для контрольных и опытных групп

Table 1.

Nutrient and amino acid composition of feed for control and experimental groups

Показатель Index	Образец Sample		
	Контроль Control	1	2
Влажность Humidity	6,44	6,2	6,3
Сырой протеин Raw protein	44,00	44	44
Сырой жир Raw fat	23,00	23	23
Сырая клетчатка Raw fiber	1,29	1,34	1,3
Сырая зола Raw ash	5,34	5,8	5,9
Лизин Lysine	3,23	3,29	3,32
Метионин Methionine	0,82	0,8	0,81
Треонин Threonine	1,80	1,8	1,83
Аргинин Arginine	2,2	2,15	2,16
Изолейцин Isoleucine	1,50	1,42	1,44
Валин Valin	2,29	2,28	2,28
Гистидин Histidine	1,27	1,29	1,29
Ca	1,3	1,28	1,28
P	1,1	1,2	1,2
БГТО Люпина white lupine	0%	0%	5%
Жир рыбий, % напыления Fish oil, % of spraying	50	100	35
Масло рапсовое, % напыления Rapeseed oil, % of spraying	50	0	0
Масло льняное, % напыления Linseed oil, % of spraying	0	0	65

Процент напыления означает напыления жидкой части вакуумным напылителем при производстве комбикорма. За 100% напыление брался состав жидкой части комбикорма. Показатели используемого БГТО белого люпина сорта Дега (Определен по: С65 Сортовые признаки сельскохозяйственных культур) приведен в таблице 2.

Показатели качества льняного масла, рапсового масла и рыбьего жира приведены в таблице 3.

Таблица 2.

Показатели качества белого люпина после обработки БГТ, в %

Table 2.

Quality indicators of white lupin after BHT treatment, in %

Показатель Index	Значение Value
Влажность Humidity	6,7
Сырой протеин Raw protein	39,8
Сырая клетчатка Raw fiber	3,9
Сырой жир Raw fat	9,5
Сырая зола Raw ash	3,7

Таблица 3.

Показатели качества льняного масла, рапсового масла и рыбьего жира, в %

Table 3.

Quality indicators of linseed oil, rapeseed oil and fish oil, in %

Показатель, % от суммы ЖК Indicator, % of the amount of the LCD	Рыбий жир Fish fat	Рапсовое масло Rapeseed oil	Льняное масло Linseed oil
Миристиновая Myristic acid	7,34	0	0,4
Миристолеиновая Myristoleic acid	0,17	0	0
Пентадекановая Pentadecane acid	0,36	0	0
Пальмитиновая Palmitic acid	16,37	5,46	6,27
Пальмитолеиновая Palmitoleic acid	11,45	0,45	0,97
Стеариновая Stearic acid	3,01	2,2	4,23
Элаидиновая Elaidine acid	3,94	0	0
Олеиновая Oleic acid	15,06	57,48	16,24
Линолевая Linoleum	1,12	19,49	0,62
Альфа-Линоленовая Alpha-Linolenic acid	0,94	9,88	57,14
Гондоиновая Gondoic acid	5,75	0	0,24
Эруковая Erucic acid	1,99	0,19	0
Экозапентаеиновая Eicosapentaenoic acid	20,1	0	0
Нервоновая Nervonic acid	0,63	0	0
Докозагексаеиновая Docosahehexaenoic acid	10,71	0	0
Кислотное число, мг KOH/2 Acid number, mg CON/2	12,7	4,7	0,2
Перекисное число, I2 Peroxide number, I2	0,076	0,027	0,001

Перед отбором биологического материала рыба анестезировалась в растворе MS-222 в дозировке 10 мг/л [15]. Отбор крови производился из задней полой вены у десяти особей из каждой экспериментальной группы. Изготовление и окрашивание мазков по Романовскому-Гимзе производилось согласно стандартным методикам [14]. На полученных препаратах производился подсчет относительного числа лимфоцитов, моноцитов, нейтрофилов, базофилов и тромбоцитов.

Гистологическое исследование. Ткань среднего отдела кишечника и печени для гистологических исследования отбиралась сразу после вскрытия рыб и оценки ихтиопатологического состояния. Образцы ткани фиксировались в 4% нейтральном формалине в течении 24 часов. Ткани дегидратировались в ряду градуированных спиртов и заливались в парафин согласно стандартной методике [16]. Срезы (4 мкм) окрашивались гематоксилин и эозином и исследовались на световом микроскопе Olympus BX53 («Olympus Corporation», Япония) с окулярной приставкой Carl Zeiss ERc 5s («Zeiss», Германия) и программного обеспечения ZEN lite («Zeiss», Германия).

Статистическая обработка. Данные сравнения анализируемых переменных представлены в виде средних $\pm$ SD. Статистическая достоверность определялась с использованием непараметрических тестов (Kruskal–Wallis test, U-тест Манна-Уитни). Значение $p < 0.05$ было принято, как статистически достоверное.

Результаты и обсуждение

На протяжении всего эксперимента рыбы в группе контроля и опыта демонстрировали нормальную реакцию на внешние раздражители и адекватное кормовое поведение. По завершении опытного кормления клинический осмотр и ихтиопатологическое исследование не выявило признаков заболеваний и паразитов. У рыб контрольной и опытных групп экстерьерные качества не нарушены. Плавники и кожные покровы без нарушений. Жабры алого цвета без следов гиперплазии и других нарушений. Печень наполнена кровью, нарушений функционирования желчного пузыря и желчных протоков не выявлено, цветность печени в норме. Желудочно-кишечный тракт спустя 2 дня перерыва кормления без остатков корма. Образцы почки и селезенки во всех образцах не имели посторонних вкраплений, плотность структуры не нарушена.

Оценка рыбоводно-биологических показателей радужной форели после 90 суток кормления показала, что опытная группа 1, незначительно превосходила контроль по показателю абсолютного прироста (на 1,8%; таблица 4). При этом в опытной группе 2 абсолютный прирост значимое превосходил показатели контроля и составил 362 г. В данной опытной группе также отмечался самый низкий кормовой коэффициент – 1,14.

По итогам контрольного взвешивания на финал эксперимента средний вес в опытной группе 2 был на 9,3% больше, чем в группе опыта 1, и на 12,71% больше, чем в группе контроля. Выживаемость во всех группах находилась на уровне 98%.

Таблица 4.
Рыбоводно-биологические показатели радужной форели в контроле и опытных группах

Table 4.
Fish-breeding and biological indicators of rainbow trout in the control and experimental groups

Показатель Index	Образец Sample		
	Контроль Control	1	2
Масса начальная, г. Initial weight, g	250 $\pm$ 19,6	250 $\pm$ 19,6	250 $\pm$ 19,6
Масса конечная, г. Final weight, g	566 $\pm$ 34,1	582 $\pm$ 37,4	612 $\pm$ 41,6
Абсолютный прирост, г. Absolute increase, g	316	332	362
Среднесуточный прирост, г. Average daily increase, g	3,51	3,68	4,02
Кормовой коэффициент, ед. Feed ratio, units	1,24	1,21	1,14
Выживаемость, %. Survival rate, %	98,66	98,68	98,71

Подсчет форменных элементов крови показал, что опытные и контрольная группы не имеют значимых отличий. Стоит отметить, что в опытной группе 1 выявлено незначительное снижение относительного числа моноцитов и базофилов, и увеличение количества нейтрофилов. Все оцениваемые гематологические показатели крови находились в пределах биологических норм [17].

Таблица 5.
Гематологические показатели радужной форели в контроле и опытных группах

Table 5.
Hematological parameters of rainbow trout in the control and experimental groups

Показатель Index	Образец Sample		
	Контроль Control	1	2
Лимфоциты, % Lymphocytes, %/	83.54 $\pm$ 4.11	84.68 $\pm$ 4.22	83.91 $\pm$ 2.61
Моноцит, % Monocyte, %	5.55 $\pm$ 2.47	4.7 $\pm$ 0.96	5.59 $\pm$ 1.28
Нейтрофил, % Neutrophil, %/	5.64 $\pm$ 1.29	6.91 $\pm$ 2.18	5.19 $\pm$ 1.05
Базофил, % Basophil, %	5.27 $\pm$ 1.66	4.72 $\pm$ 1.93	5.31 $\pm$ 1.65
Тромбоциты, % Platelets, %/	0.55 $\pm$ 0.21	0.44 $\pm$ 0.14	0.43 $\pm$ 0.24

Гистологическое исследование среднего отдела кишечника и печени показало отсутствие существенных нарушений в структуре ткани. На гистологических препаратах среднего отдела кишечника хорошо видны следующие структуры: просвет кишечника, слизистая кишечника, формирующая ворсинки, собственная оболочка слизистой, подслизистый слой, мускульная оболочка и серозная оболочка. На гистологических срезах кишечника было выявлено увеличение числа бокаловидных клеток (группа опыта 2), обнаруживаемое на некоторых участках слизистой,

а также незначительное повышение количества интраэпителиальных лимфоцитов. В ворсинках, в области вблизи просвета кишечника в контроле, было выявлено увеличение числа интраэпителиальных лимфоцитов. На некоторых образцах группы контроля обнаруживалось увеличение числа бокаловидных клеток. В целом секреторная активность кишечника по всем исследуемым группам в норме [18].

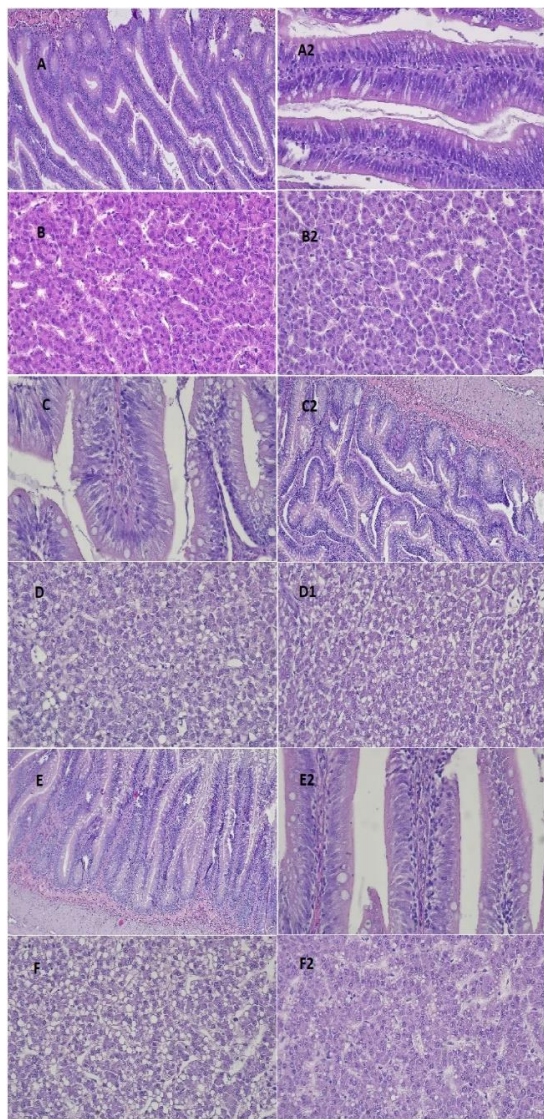


Рисунок 1. Ткань среднего отдела кишечника и печени радужной форели контроля и опытных групп. А и А2 – ЖКТ особей группы контроля, В и В2 – печень группы контроля, С и С2 – ЖКТ группы опыта 1, D и D2 – печень группы опыта 1, E и E2 – ЖКТ группы опыта 2, F и F2 – печень группы опыта 2

Figure 1. The tissue of the middle intestine and liver of rainbow trout of the control and experimental groups. A and A2 – gastrointestinal tract of individuals of the control group, B and B2 – liver of the control group, C and C2 – gastrointestinal tract of the experience group 1, D and D2 – liver of the experience group 1, E and E2 – gastrointestinal tract of the experience group 2, F and F2 – liver of the experience group 2

Ткань печени радужной форели имеет следующие структурные элементы: гепатоциты, синусоидные капилляры, печеночные сосуды, желчные протоки. Общая гистоархитектоника ткани соответствовала норме для данного вида рыб. В паренхиме органа некоторых исследуемых образцов обнаруживалось небольшое количество вакуолей (опыт 2, опыт 1). На еденных срезах печени группы опыт 1 наблюдалась вакуолизация, выраженная в присутствии хромофобных вакуолей по всей площади среза. Небольшое их число и повсеместное распространение не позволяет отнести данные изменения к патологическим. В одном образце группы контроля в строме органа была выявлено расширение синусоидных капилляров. Данное изменение обнаруживалось практически по всей площади среза. Общая структура органа не имела существенных отклонений. Также, на отдельных участках органа обнаруживались участки с расширением синусоидных капилляров. В целом морфология синусоидных капилляров соответствовала норме, некротических изменений гепатоцитов не отмечалось, что позволяет сказать, что общая гистологическая структура печени соответствовала норме.

Для определения экономической эффективности применения льняного масла в комплексе с БГТО использовался коэффициент оплаты корма, который ниже кормового коэффициента на 3–5%. Следует отметить, что такие параметры как вымывание корма течением и технические потери во время ручного кормления в данном эксперименте отдельно не учитывались, так как используемый коэффициент включает данные потери. Коэффициент оплаты (КО) корма вычисляется по формуле:

$$KO = \frac{\text{Масса использованного корма, кг}}{\text{Прирост биомассы, кг}}$$

Исходя из темпов массонакопления и количеству использованного корма кормовой коэффициент составил: для группы контроля -1,21, для группы опыта 1 – 1,21, для группы опыта 2 – 1,14. Сравнение темпов роста показало значительное увеличение прироста опытной группы 2 по сравнению с контрольной и опытной 1.

Стоимость экспериментальных кормов составляет: контроль – 151 000 р. за тонну, опыт 1 – 188 000 р. за тонну, опыт 2 – 146 000 р. за тонну. Исходя из этого можно вычислить стоимость прироста одного килограмма биомассы для каждой группы. В группе контроля стоимость набора одного килограмма биомассы составляет 187,4 руб./кг, в группе опыта 1 стоимость составляет 227,48 руб./кг., в группе опыта 2 стоимость составляет 166,44 руб./кг.

Стоимость корма с внедрением льняного масла холодного отжима и БГТО белого люпина выходит на 3,32% ниже стоимости корма с содержанием рапсового масла и добавлением 50% рыбьего жира. Это связано с тем, что значительно более высокую стоимость льняного масла компенсирует более дешевый БГТО белого люпина. Также опытный корм 2 на 22,35% дешевле корма на чистом рыбьем жире.

Исходи из этого ввод льняного масла в корма более эффективен, чем рапсового, позволяя заменить рыбий жир. Итоговый прирост биомассы с кормом опыта 2 выше групп контроля и опыта 1 соответственно, что показывает эффективность внедрения льняного масла холодного отжима и БГТО белого люпина в рецептуру кормов для радужной форели.

Заключение

Проведенное исследование позволило подтвердить эффективность применения льняного масла холодного отжима в комплексе с БГТО белого люпина в составе комбикормов для радужной форели.

Опытная группа, получавшая корма с включением льняного масла холодного отжима и БГТО белого люпина показала улучшение относительного прироста и кормового коэффициента в сравнении с контролем. Существенных отличий по гематологическим и гистологическим показателям выявлено не было. Незначительная вакуолизация гепатоцитов печени может указывать на ускорении липидного обмена.

Опытная группа, получавшая корма с включением рапсового масла, в качестве замены рыбьего жира рыбовидно-биологические показатели не отличались от контроля. Значимых отклонений гематологических и гистологических показателей выявлено не было.

Применение льняного масла в комплексе с БГТО белого люпина позволяет снизить стоимость комбикорма на отметки ниже, чем замена рапсовым маслом за счет более низкой стоимости растительного сырья.

Результаты исследования указывают на возможность замены рыбьего жира на льняное масло в составе продукционных кормов для радужной форели до 65%.

Литература

- 1 Баканева Ю.М., Садлер Д.-А.А., Пономарев С.В. Эффективность использования комбинированных кормов различной жирности и состава жирных кислот при выращивании осетровых рыб // V Ежегодная научная конференция студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН: тез. докл. Ростов-на-Дону, 2009. С. 7–8.
- 2 Гусева Д.А., Широкин А.В., Санжаков М.А., Прозоровская Н.Н. Сравнительный анализ льняного масла трех вариантов холодного отжима // Масложировая промышленность. 2011. № 6. С. 30–32.
- 3 Жиенбаева С.Т., Ермаканова А.М. Использование нетрадиционного сырья в комбикормах для прудовых рыб // Современные научные исследования и разработки: материалы Международной научно-технической конференции. Нефтекамск, 2019. С. 30–37.
- 4 Зверев С.В., Ставцев А.Э., Цыгуткин А.С. Белый люпин: обрушение и термообработка зерна. Москва: Сам Полиграфист, 2019. 128 с.
- 5 Зверев С., Никитина М. Оценка качества белка бобовых культур // Комбикорма. 2017. № 4. С. 37–41.
- 6 Кононова С.В. и др. Биотехнологические подходы при использовании белков рапса и сои в кормах аквакультуры лососевых рыб // Биотехнология. 2016. Т. 32. № 5. С. 57–68.
- 7 Козлова Т.В., Дмитриев Н.П. Влияние новых растительных компонентов комбикормов на биохимические показатели крови ленского осетра (*Acipenser baeri* (Brandt)) // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. 2023. № 1. С. 54–60.
- 8 Кучихин Ю.А., Размочаев Е.А. Исследование использования рапсового жмыха в составе комбикормов для Радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. 2023. № 4. С. 199–204.
- 9 Панкина И.А., Борисова Л.М. Исследование алкалоидности семян люпина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 4. С. 80–87.
- 10 Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Сариев Б.Т. Современные сухие комбинированные корма для осетровых рыб: преимущества и недостатки // Международная научно-практическая конференция в рамках выставки «Интерфиш 2010». Москва, 2010. С. 55.
- 11 Кучихин Ю.А. и др. Исследование эффективности экструдированных кормов, содержащих бобы люпина (*Lupinus albus*), прошедшие барогидротермическую обработку, на примере садкового выращивания радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в акватории ладожского озера // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. 2022. № 4. С. 231–247.
- 12 Lord H.L. et al. In vivo solid-phase microextraction for monitoring intravenous concentrations of drugs and metabolites // Nature protocols. 2011. V. 6. № 6. P. 896–924.
- 13 Ponomarev S.V., Bakaneva Y.M., Fedorovskiy Y.V., Bolonina N.V. et al. The estimation of the diets with various fat contentions for sturgeons // The Caspian Sea. Natural resources. International journal. Baku: Baku state university, 2010. № 4. P. 64–70.
- 14 Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 110 с.
- 15 Nikiforov-Nikishin A. et al. The influence of probiotics of different microbiological composition on histology of the gastrointestinal tract of juvenile *Oncorhynchus mykiss* // Microscopy Research and Technique. 2022. V. 85. № 2. P. 538–547.

16 Suvama K.S., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's theory and practice of histological techniques E-Book. Elsevier health sciences, 2018.

17 Nabi N., Ahmed I., Wani G.B. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells // Saudi journal of biological sciences. 2022. V. 29. №. 4. P. 2942–2957.

18 Гаврилин К.В., Никифоров-Никишин Д.Л., Кочетков Н.И., Смородинская С.В. Гистопатология костистых рыб: учебно-практическое пособие по направлению подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура». Курск: Деловая полиграфия, 2023. 199 с.

19 Nikiforov-Nikishin D.L., Kochetkov N.I., Bakhareva A.A. et al. A rainbow trout feeding behavior assessment (*Oncorhynchus mykiss*) when introducing a Complex feed additive increasing digestibility // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2023. №. 3. P. 36–46. doi: 10.24143/2073–5529–2023–3–36–46

20 Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., 1983.

References

1 Bakaneva Yu.M., Sadler D.A.A., Ponomarev S.V. The effectiveness of the use of combined feeds of various fat content and composition of fatty acids in the cultivation of sturgeon fish. V the annual scientific conference of students and graduate students of the basic departments of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences: Thesis. DOKL. Rostov-on-Don, 2009. pp. 7–8. (in Russian).

2 Guseva D.A., Shironin A.V., Sanzhakov M.A., Prozorovskaya N.N. A comparative analysis of linseed oil of three cold pressing options. Oil -fat industry. 2011. no. 6. pp. 30–32. (in Russian).

3 Zhienbaeva S.T., Ermukanova A.M. The use of non-traditional raw materials in compound feeds for pond fish. Modern Scientific Research and Development: Materials of the International Scientific and Technical Conference. Neftekamsk, 2019. pp. 30–37. (in Russian).

4 Zverev S.V., Stavtsev A.E., Tsygutkin A.S. White Lupine: collapse and heat treatment of grain. Moscow, The printing player itself, 2019. 128 p. (in Russian).

5 Zverev S., Nikitina M. Assessment of the quality of the protein of legumes. Combom. 2017. no. 4. pp. 37–41. (in Russian).

6 Kononova S.V. et al. Biotechnological approaches when using raps and soy proteins in the feed of the Aquaculture of salmon fish. Biotechnological. 2016. vol. 32. no. 5. pp. 57–68. (in Russian).

7 Kozlova T.V., Dmitrovich N.P. The influence of the new plant components of compound feed on the biochemical indicators of the Blood of the Lensky sturge (*Acipenser Baeri* (Brandt)). Bulletin of the Polesie State University. A series of natural sciences. 2023. no. 1. pp. 54–60. (in Russian).

8 Kuchikhin Yu.A., Promochaev E.A. A study of the use of rapeseed cake in the composition of compound feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). EPC -products of a healthy nutrition, food and processing industries. 2023. no. 4. pp. 199–204. (in Russian).

9 Pankina I.A., Borisova L.M. Research of alkaloidity of Lupine seeds. Scientific Journal of NRU ITMO. Series "Processes and Food Products". 2015. no. 4. pp. 80–87. (in Russian).

10 Ponomarev S.V., Bakaneva Yu.M., Sariev B.T. Modern dry combined feed for sturgeon fish: advantages and disadvantages. International Scientific and Practical Conference in the framework of the Interfish 2010 exhibition. Moscow, 2010. pp. 55. (in Russian).

11 Kuchikhin Yu.A. et al. Study of the effectiveness of extruded feed containing Lupine beans (*lupinus albus*), which have undergone barohydrothermic treatment, on the example of garden growing rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) in the water area of Lake Ladoga. EPC -products of healthy foods. 2022. no. 4. pp. 231–247. (in Russian).

12 Lord H.L. et al. In vivo solid-phase microextraction for monitoring intravenous concentrations of drugs and metabolites. Nature protocols. 2011. vol. 6. no. 6. pp. 896–924.

13 Ponomarev S.V., Bakaneva Y.M., Fedorovykh Y.V., Bolonina N.V. et al. The estimation of the diets with various fat contentions for sturgeons. The Caspian Sea. Natural resources. International journal. Baku: Baku state university, 2010. no. 4. pp. 64–70.

14 Ivanova N.T. Atlas of blood cells of fish. M, Light and food industry, 1983. 110 p. (in Russian).

15 Nikiforov-Nikishin A. et al. The influence of probiotics of different microbiological composition on histology of the gastrointestinal tract of juvenile *Oncorhynchus mykiss*. Microscopy Research and Technique. 2022. vol. 85. no. 2. pp. 538–547.

16 Suvama K.S., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's theory and practice of histological techniques E-Book. Elsevier health sciences, 2018.

17 Nabi N., Ahmed I., Wani G.B. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells. Saudi journal of biological sciences. 2022. vol. 29. no. 4. pp. 2942–2957.

18 Гаврилин К.В., Никифоров-Никишин Д.Л., Кочетков Н.И., Смородинская С.В. Гистопатология костистых рыб: учебно-практическое пособие по направлению подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура». Курск, Бизнес печать, 2023. 199 с. (in Russian).

19 Nikiforov-Nikishin D.L., Kochetkov N.I., Bakhareva A.A. et al. A rainbow trout feeding behavior assessment (*Oncorhynchus mykiss*) when introducing a Complex feed additive increasing digestibility. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2023. no. 3. pp. 36–46. doi: 10.24143/2073–5529–2023–3–36–46

20 Methods for determining the economic efficiency of the use of research and development results in agriculture, new equipment, inventions and rationalization proposals. М., 1983. (in Russian).

Сведения об авторах

Юрий А. Кучихин аспирант, факультет биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной вал, д.73, г. Москва, 109004, Россия, KuchihinYA@melkom.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8698-1828>

Евгений А. Размочаев директор, НТЦ разработки и внедрения новых технологий кормления, ООО «АгроАльянсРазвития», ул. Вокзальная, д. 9, ком. 11, г Тверь, 170100, Россия, razmochaeva@melkom.ru

Никита И. Кочетков м.н.с, центр Аквакультуры факультета биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной вал, д.73, г. Москва, 109004, Россия, samatrixs@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2196-5421>

Дмитрий Л. Никифоров-Никишин к.б.н, в.н.с, центр Аквакультуры факультета биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной вал, д.73, г. Москва, 109004, Россия, niknikdl@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1715-057X>

Евгений В. Евсеев главный технолог, ООО «АгроАльянс Развития», ул. Вокзальная, д. 9, ком. 11, г Тверь, 170100, Россия, evseev@melkom.ru

Вклад авторов

написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Yuri A. Kuchikhin graduate student, biotechnology and fisheries faculty, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, KuchihinYA@melkom.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8698-1828>

Evgeniy A. Razmochaev director, scientific and technical center for the development and implementation of new feeding technologies, AgroAllianceRazvitiya LLC, st. Vokzalnaya, 9, room. 11, Tver, 170100, Russia, razmochaeva@melkom.ru

Nikita I. Kochetkov junior researcher, aquaculture center of the faculty of biotechnology and fisheries, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, samatrixs@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2196-5421>

Dmitry L. Nikiforov-Nikishin Cand. Sci. (Biol.), leading researcher, aquaculture center of the faculty of biotechnology and fisheries, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, niknikdl@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1715-057X>

Evgeniy V. Evseev chief technologist, AgroAllianceRazvitiya LLC, st. Vokzalnaya, 9, room. 11, Tver, 170100, Russia, evseev@melkom.ru

Contribution

wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/04/2024	После редакции 25/04/2024	Принята в печать 20/05/2024
Received 04/04/2024	Accepted in revised 25/04/2024	Accepted 20/05/2024