

УДК [639.371:597.552.512].043.2
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-80-88

Поступила в редакцию 16.11.2020
Received 16.11.2020

Ж. В. Кошак¹, Л. В. Рукшан², А. Э. Кошак¹

¹РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Могилевский государственный университет продовольствия», г. Могилев, Республика Беларусь

СУХОЕ МОЛОКО — АЛЬТЕРНАТИВА ПРОТЕИНУ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Аннотация. Изучен химический состав двух видов сухого молока — цельного и обезжиренного. Наиболее богато протеином молоко сухое обезжиренное. Установлена возможность использования молока сухого обезжиренного в комбикормах для радужной форели. Разработаны рецептуры комбикормов с частичной заменой рыбной муки на молоко сухое обезжиренное. Подобраны режимы экструдирования для комбикормов содержащих термочувствительный компонент — сухое молоко. Получено, что оптимальный процент ввода молока сухого обезжиренного — 10 %. Установлено, что в 1,8 раза эффективнее усваивались в организме рыбы комбикорма, содержащие 10 % молока сухого обезжиренного по сравнению с контролем. Коэффициент использования белка при кормлении комбикормом, содержащем 10 % сухого обезжиренного молока, выше в 1,1 раза, а накопление веществ в теле радужной форели происходит интенсивнее на 40 %. Содержание питательных веществ в комбикорме, содержащем 10 % молока сухого обезжиренного на килограмм прироста радужной форели выше в 1,4 раза по сравнению с контролем. Для повышения эффективности кормления радужной форели разработан комбикорм, содержащий 10 % молока сухого обезжиренного взамен рыбной муки. Подобраны режимы экструдирования комбикорма: оптимальный диапазон значения температур 90–100 °С, диапазон значений влажности 28–30%. Получено уравнение регрессии, адекватно описывающее изменение содержания незаменимых аминокислот при увеличении температуры экструдирования в комбикорме, содержащем 10% молока сухого обезжиренного, подобраны эмпирические коэффициенты уравнения регрессии.

Ключевые слова: молоко сухое обезжиренное, комбикорм, радужная форель, аминокислоты, экструдирование, эффективность кормления

Zh. V. Koshak, L. V. Ruksan, A. E. Koshak

RUE «Institute for Fish Industry», Minsk, Republic of Belarus

²Mogilev State University of Food, Mogilev

POWDERED MILK — AN ALTERNATIVE TO ANIMAL PROTEIN IN RAINBOW TROUT

Abstract. The chemical composition of two types of milk powder - whole and skim milk was studied. The richest in protein is skimmed milk powder. The possibility of using skimmed milk powder in compound feed for rainbow trout has been established. Compound feed formulations have been developed with partial replacement of fish meal with skimmed milk powder. The modes of extrusion were selected for compound feeds containing a heat-sensitive component - milk powder. It was found that the optimal percentage of skimmed milk powder is 10%. It was found that compound feed containing 10% skimmed milk was used 1.8 times more effectively in the fish organism compared to the control. The coefficient of protein utilization when feeding with compound feed with 10% input of skimmed milk powder is 1.1 times higher, and the accumulation of substances in the body of rainbow trout is 40% more intensive. The nutrient content in the compound feed containing 10% skimmed milk per kilogram of rainbow trout growth is 1.4 times higher than in the control. To increase the efficiency of rainbow trout feeding, a compound feed has been developed containing 10% skimmed milk powder instead of fish meal. Modes of compound feed extrusion were selected: the optimal temperature range is 90-100 °C, the range of humidity values is 28-30%. A regression equation

was obtained that adequately describes the change in the content of essential amino acids with an increase in the extrusion temperature in the composition of a compound feed containing 10% skimmed milk powder, empirical coefficients of the regression equation were selected.

Keywords: skimmed milk powder, compound feed, rainbow trout, amino acids, extrusion, efficiency

Введение. В настоящее время наиболее востребованным функциональным компонентом молока является белковая фракция, в состав которой входят казеин и сывороточные белки. Казеин является основным белком молока и составляет около 80 % от общего содержания белка в молоке. Сывороточные белки представляют собой группу различных глобулярных белков, отличающихся друг от друга по структуре и свойствам. Главные представители сывороточных белков — β -лактоглобулин и α -лактальбумин, на долю которых приходится около 50 и 20 % сывороточных белков, соответственно. Остальное количество сывороточных белков приходится на альбумин сыворотки крови, иммуноглобулины, лактоферрин и другие минорные белки [1–5].

Продукты переработки молока в настоящее время за рубежом не используются в составе комбикормов из-за вируса коровьего бешенства. В нашей стране сухое молоко и другие продукты переработки в основном используются в комбикормах для КРС и свиней [6–8]. В составе комбикормов для рыб в настоящее время продукты переработки молока не используются. В то же время стоит обратить внимание, что молоко сухое может быть ценным источником протеина, жирных кислот и биологически активных веществ в питании рыб, особенно для ценных видов.

Продукты переработки молока различаются в основном по содержанию сырого протеина, в среднем 25–27% в молоке и до 40% в обрате, а также липидов — соответственно от 14 до 28% и от 0,5 до 1,2%. Основу протеина продуктов переработки молока (до 80%) составляет полноценный фосфорсодержащий белок — казеин. Продукты переработки молока содержат до 50% молочного сахара — лактозы. Зольные элементы составляют 7–8 %. Среди них преобладают кальций, фосфор и калий. Известно, что органические вещества сухого молока для карпа доступны достаточно хорошо. Коэффициент переваримости сырого протеина, липидов и углеводов в среднем 78–79 %. Минеральная часть сухого молока усваивается значительно хуже: фосфор — на 50 %, а зольные элементы в сумме — лишь на 14 %. С последним связана более низкая переваримость общей суммы питательных веществ для карпа — 71 %. К положительным качествам сухого молока относится способность казеина молока связывать некоторые яды, что делает желательным его присутствие в комбикормах для молоди рыб, а к отрицательным — достаточно быстрое образование продуктов перекисного окисления липидов (прогоркание) и денатурация белка (до 50%) в результате продолжительной термической обработки при производстве комбикормов, сопровождающаяся образованием комплексов лизина с лактозой. В результате возникают соединения, которые слабо поддаются расщеплению пищеварительными ферментами карпа. В то же время есть информация, что белки молочной сыворотки у форели перевариваются практически полностью — на 96 % [9–16].

Целью работы является изучение влияния молока сухого в составе комбикормов на процессы жизнедеятельности радужной форели.

Результаты исследований их обсуждение. В процессе исследований был изучен химический состав двух видов молока: молока сухого цельного и молока сухого обезжиренного (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав молока сухого
Table 1. Chemical composition of dry milk

Наименование образца	Влажность, %	Содержание сухих веществ, %	Содержание сырого протеина, %	Содержание сырого жира, %
Молоко сухое цельное	4,07±0,08	95,30±0,08	26,02±0,04	25,77±0,02
Молоко сухое обезжиренное	5,13±0,02	94,87±0,02	36,5±0,12	1,27±0,01

Анализ данных табл. 1, показывает, что молоко сухое обезжиренное по сравнению с цельным молоком имеет более высокое содержание протеина (в 1,4 раза) и меньшее содержание жира (в 19,8 раза). С целью определения возможностей данного вида сырья в удовлетворении потребностей радужной форели в незаменимых аминокислотах был исследован аминокислотный состав молока сухого обезжиренного и молока цельного. Рассчитан аминокислотный скор для молока сухого по потребности радужной форели, который представлен в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что потребность радужной форели в незаменимых аминокислотах за счет молока сухого цельного полностью не удовлетворяется не по одной аминокислоте.

кислоте. Причем, потребность в метионине и цистеине в молоке сухом цельном для радужной форели не удовлетворяется на 98%. В то же время молоко сухое обезжиренное удовлетворяет потребность радужной форели по важнейшим незаменимым аминокислотам более чем на 50%. Особенно богато молоко сухое такими незаменимыми аминокислотами, как треонин и лейцин.

Жирные кислоты важны для роста и развития рыб. Было определено содержание жирных кислот в составе общих липидов молока сухого, данные представлены в табл. 3.

В молоке сухом обезжиренном содержится большое количество насыщенных жирных кислот, они составляют 68,8 % от суммы всех жирных кислот, а в сухом цельном молоке 69,4 %.

Таблица 2. Аминокислотный скор для молока сухого по потребности радужной форели
Table 2. Amino acid speed for dry milk according to the needs of rainbow trout

Наименование незаменимой аминокислоты	Аминокислотный скор молока сухого цельного, %	Аминокислотный скор молока сухого обезжиренного, %
Лизин	45,0	57,5
Треонин	63,6	120,4
Метионин+цистеин	1,96	59,8
Валин	50,4	51,7
Фенилаланин+ тирозин	39,2	58,6
Лейцин	86,7	118,9
Изолейцин	57,6	84,7

Таблица 3. Содержание некоторых жирных кислот в составе общих липидов сухого молока
Table 3. The content of some fatty acids in the total lipids of milk powder

Жирная кислота	Формула	Молоко обезжиренное, % от суммы жирных кислот	Молоко цельное, % от суммы жирных кислот
Насыщенные кислоты			
Пальмитиновая	C16:0	27,6	29,5
Миристиновая	C14:0	13,0	12,5
Стеариновая	C18:0	8,8	8,3
Мононенасыщенные кислоты			
Олеиновая	C18:1	20,0	21,5
Пальмитолеиновая	C16:1	1,3	1,6
Миристоолеиновая	C14:1	1,0	1,2
Полиненасыщенные кислоты			
α -Линоленовая	C18:3	0,7	0,4
Линолевая	C18:2	2,4	2,3

Анализ данных табл. 3 показывает, что олеиновая кислота составляет 83,3 % от суммы мононенасыщенных жирных кислот в молоке сухом обезжиренном и 87,4% от суммы всех мононенасыщенных жирных кислот в молоке сухом цельном. Полиненасыщенные жирные кислоты в молоке сухом обезжиренном представлены единственной ω_3 жирной кислотой - α -линоленовой и ω_6 жирной кислотой — линолевой. Содержание α -линоленовой кислоты менее 1 % от суммы всех жирных кислот в обоих видах молока сухого. На основании полученных результатов следует вывод, что по жирнокислотному составу молоко сухое как обезжиренное, так и цельное могут использоваться в комбикормах для радужной форели не только как источник животного протеина, но и как источник насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот.

На следующем этапе исследований было определено содержание некоторых витаминов в составе молока сухого (табл. 4.).

Как показывают данные табл. 4, в сухом молоке содержится важный для рыб витамин С, причем в молоке цельном его содержится на 37,4% больше, чем в молоке обезжиренном. Также установлено наличие жирорастворимых витаминов в молоке цельном и их отсутствие в обезжиренном продукте. Содержание витамина В₆ примерно одинаковое как в молоке цельном, так и обезжиренном.

На следующем этапе исследований было определено содержание макро- и микроэлементов в сухом молоке (табл. 5).

Т а б л и ц а 4. Содержание некоторых витаминов в составе молока сухого
Table 4. The content of some vitamins in dry milk

Наименование витамина	Содержание	
	молоко обезжиренное	молоко цельное
Витамин С, мг/100 г (± 10%)	6,33	10,11
Витамин А, мг/100 г (± 20%)	Не обнаружен	192,2
Витамин Е, мг/100 г (±20%)	Не обнаружен	0,54
Витамин В ₆ , мг/100 г (±29%)	0,317	0,299

Т а б л и ц а 5. Содержание макро- и микро элементов в молоке сухом
Table 5. Content of macro - and micro elements in dry milk

Вид молока	Макроэлементы, мг/100 г				Микроэлементы, мг/100 г			
	К	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
Обезжиренное	1514,74	493,22	1254,05	61,28	0,150	4,140	0,022	0,421
Цельное	1353,84	537,33	1129,08	61,51	0,196	2,889	<0,02	0,363

Анализируя содержание макро- и микроэлементов в составе молока сухого, следует отметить, что обезжиренное молоко наиболее богато натрием, кальцием и цинком. Молоко цельное содержит калия меньше на 12,4%, кальция меньше на 10%, цинка меньше на 30,2%. Молоко цельное также практически не содержит марганец. В то же время в цельном молоке содержится на 8,2% больше натрия.

Обобщая полученные результаты исследований химического состава молока сухого, и опираясь на то, что мы ищем альтернативу рыбной муке, наиболее целесообразно использовать в составе комбикормов для радужной форели молоко сухое обезжиренное.

На следующем этапе исследований был определен оптимальный процент ввода молока сухого обезжиренного в состав комбикормов для радужной форели. Молоко сухое обезжиренное вносили в состав комбикорма в количестве 2, 5, 8 и 10% взамен рыбной муки. Рецептура комбикормов представлена в табл. 6.

Т а б л и ц а 6. Рецепты комбикормов для радужной форели
с вводом сухого молока обезжиренного
Table 6. Recipes of compound feed for rainbow trout with the introduction
of skimmed milk powder

Наименование сырья	Содержание, %			
Рыбная мука	44,5	41,5	38,5	36,5
Мясокостная мука	10,5	10,5	10,5	10,5
Шрот соевый	21,0	21,0	21,0	21,0
Пшеница	2,5	2,5	2,5	2,5
Дрожжи кормовые	3,5	3,5	3,5	3,5
Мука пшеничная	5,0	5,0	5,0	5,0
Рыбий жир	10,0	10,0	10,0	10,0
Молоко сухое обезжиренное	2,0	5,0	8,0	10,0
Премикс	1,0	1,0	1,0	1,0

На следующем этапе исследований необходимо было выбрать параметры производства комбикормов, которые позволят сохранить в составе готового продукта наибольшее количество питательных веществ. Молоко сухое является термочувствительным продуктом и необходимо найти способ, который позволит его сохранить. При проведении исследований выбрали два способа внесения молока сухого обезжиренного в комбикорм: на этапе дозирования и смешивания комбикорма и на этапе напыления на поверхность гранулы готового комбикорма. Исследовали производство и эффективность комбикормов при внесении сухого молока непосредственно в смесь перед экструдиро-

ванием. Данный способ является самым распространенным, т.к. большинство предприятий не имеет аппаратов для вакуумного напыления сухих компонентов.

Для подбора режимов экструдирования комбикорма для радужной форели выбрали несколько температур процесса экструдирования: 90, 110, 130 °С, которые позволяют получать гранулы требуемых структурно-механических свойств. Причем с ростом температуры тонучесть гранул уменьшается. Влажность рассыпного комбикорма подаваемого на экструдер — 28–30%. Данные значения влажности рассыпного комбикорма позволяют исключить запекание сухого молока в отверстиях фильеры, при более низкой влажности молоко запекается, комбикорм приобретает неприятный запах. Изменение содержания незаменимых аминокислот комбикорма при различных температурах экструдирования с дозировкой молока сухого обезжиренного 10% представлено на рис. 1.

Анализ графиков на рис. 1 показывает, что с увеличением температуры процесса экструдирования содержание незаменимых аминокислот в комбикорме, содержащем сухое обезжиренное молоко, снижается. Получено уравнение регрессии, описывающее характер данного изменения.

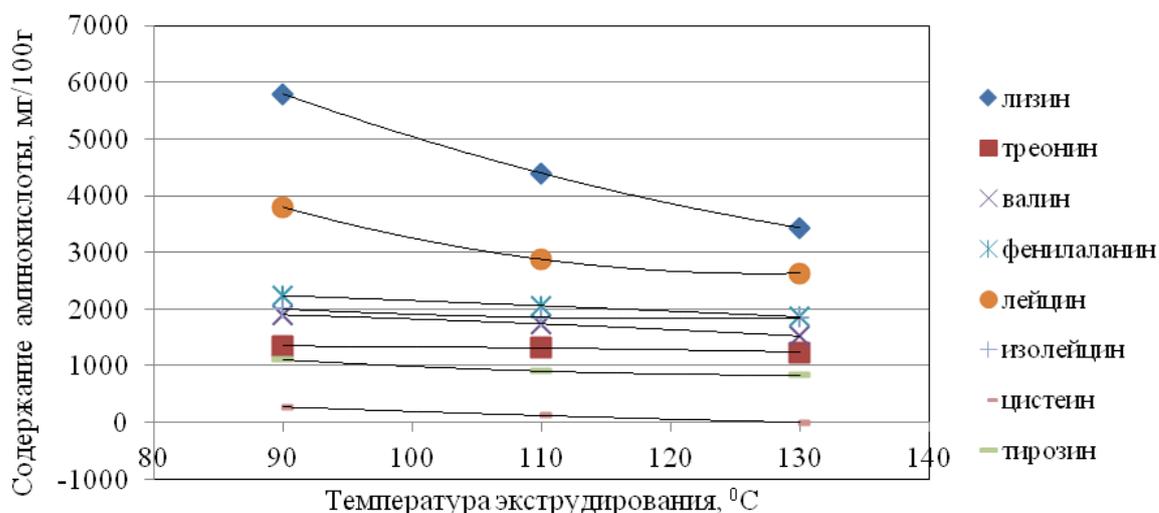


Рис. 1. Изменение содержания незаменимых аминокислот при изменении температуры процесса экструдирования

Fig. 1. Change in essential amino acid content as the temperature of the extrusion process changes

Уравнение регрессии имеет вид:

$$C_{\text{аминокисл}} = AT^2 + BT + C, \tag{1}$$

где $C_{\text{аминокисл}}$ — содержание незаменимой аминокислоты, мг/100 г; T — температура процесса экструдирования, °С; A, B, C — экспериментальные коэффициенты уравнения регрессии, значения и размерности которых представлены в табл. 7.

Таблица 7. Экспериментальные значения коэффициентов уравнения регрессии
Table 7. Experimental values of the coefficients of the regression equation

Название аминокислоты	Коэффициенты уравнения регрессии			Коэффициент детерминации R^2
	A, мг/(100г · Т ²)	B, мг/(100г · Т)	C, мг/100 г	
Фенилаланин	-0,065	7,64	-193,7	1,00
Изолейцин	-0,071	-8,519	227,9	1,00
Лейцин	-0,17	20,98	-576,3	1,00
Треонин	0,191	-22,62	603	1,00
Лизин	0,112	-13,79	382,3	1,00
Валин	-0,014	1,63	-54,08	1,00
Тирозин	0,057	-6,912	182,5	0,99
Цистеин	0,04	-15,7	1359	1,00

Полученное уравнение регрессии позволяет адекватно просчитывать изменение содержания важных для рыбы аминокислот при изменении температуры экструдирования в диапазоне от 90 до 130 °С. Оптимальным диапазоном значения температур процесса экструдирования при производстве комбикорма для радужной форели является диапазон 90–100 °С, при этих значениях температур наблюдаются минимальные потери незаменимых аминокислот.

В разработанных образцах комбикорма были определены показатели качества (табл. 8).

Таблица 8. Показатели качества опытных комбикормов для радужной форели
Table 8. Performance of experienced feeds for rainbow trout

Количество обезжиренного молока	Показатели качества, %				
	Влажность	Содержание			
		сухого вещества	сырого протеина	сырого жира	сырой клетчатки
2%	6,23±0,11	93,77±0,11	46,95±0,10	15,85±0,04	1,53±0,09
5%	8,32±0,02	91,68±0,02	44,93±0,07	15,69±0,07	1,53±0,09
8%	8,71±0,05	91,29±0,05	44,40±0,07	15,47±0,08	1,53±0,09
10%	10,26±0,02	89,74±0,02	43,86±0,02	15,41±0,04	1,53±0,09

Было проведено кормление радужной форели опытными комбикормами, содержащими различное количество молока сухого обезжиренного. Результаты кормления представлены в табл. 9.

Таблица 9. Весо-ростовые показатели радужной форели при кормлении комбикормами с различной дозировкой молока сухого обезжиренного
Table 9. Weight-growth indices of rainbow trout when feeding with compound feed with different dosages of skimmed milk powder

Процент ввода сухого обезжиренного молока в комбикорм	Среднештучная масса, г		Прирост форели	
	начало опыта	конец опыта	среднештучный, г	% к первоначальной массе
0%	21,80±1,66	34,70±2,49	12,50±0,83	60,47±4,44
2%	17,50±1,10	23,50±2,33	6,00±1,31	32,14±4,80
5%	19,00±1,58	30,11±3,94	11,11±2,47	54,71±7,69
8%	18,80±1,58	32,30±3,63	13,50±2,37	68,57±10,88
10%	21,23±1,23	38,21±2,57	16,78±0,86	79,98±1,09

Анализируя результаты кормления, представленные в таблице 9, видим, что максимальный прирост у радужной форели наблюдается при внесении в состав комбикорма 10 % молока сухого обезжиренного. На основании данных табл. 9 были рассчитаны удельная скорость роста и кормовые затраты. Наименьший кормовой коэффициент получен при кормлении форели комбикормом, содержащим 10 % сухого молока обезжиренного, и он равен 1,05, что на 23,4% ниже, чем в контроле.

Чтобы проанализировать эффективность использования радужной форелью питательных веществ и энергии в опытных комбикормах были рассчитаны: коэффициент эффективности использования кормов в организме рыб (E_n), коэффициент эффективности белка ($K_{эб}$), накопление веществ в теле рыбы (H_r) и содержание питательных веществ в килограмме прироста рыбы (P_k) [9, 12]. Результаты расчетов представлены в таблице 10.

Анализируя результаты расчетов в табл. 10, видим, что часть питательных веществ и часть энергии, которая трансформировалась в ткани форели при потреблении опытного комбикорма с добавлением сухого молока в количестве 10 %, в 1,8 раза эффективнее использовалась организмом рыбы по сравнению с контролем. Коэффициент использования белка при кормлении комбикормом с 10 % ввода сухого обезжиренного молока выше в 1,1 раза.

Накопление веществ в теле радужной форели при кормлении комбикормом, содержащим 10% сухого обезжиренного молока, происходит интенсивнее на 40%. Содержание питательных веществ в комбикорме, содержащем 10% молока сухого обезжиренного на килограмм прироста радужной форели выше в 1,4 раза по сравнению с контролем. Биохимические показатели мышц радужной форели, представлены в табл. 11.

Анализ данных табл. 11 показывает, что внесение 10% сухого молока обезжиренного за счет уменьшения содержания рыбной муки в рецепте приводит к увеличению содержания протеина в мышцах форели в 1,3 раза по сравнению с контролем, что является показателем более быстрого роста рыбы.

Таблица 10. Эффективность использования веществ и энергии комбикорма радужной форелию

Table 10. Efficiency of the substances and energy of rainbow trout feed

Количество молока сухого в составе комбикорма для радужной форели, %	Э _н , %	К _{эб}	Н, г	П _к , г
0	16,22	0,266	13,14	222,11
2	13,89	0,225	11,30	193,21
5	7,25	0,116	6,32	184,22
8	22,14	0,269	17,72	305,56
10	29,10	0,272	21,94	307,81

Заключение. В результате проведенных исследований установлена возможность использования молока сухого обезжиренного в составе комбикорма для радужной форели. Изучен химический состав молока сухого. Разработаны четыре варианта рецептур комбикормов для радужной форели с 2, 5, 8 и 10 %-ной заменой в их составе рыбной муки. Установлена зависимость содержания незаменимых аминокислот в составе комбикорма, содержащего молоко сухое обезжиренное, от температуры в процессе экструдирования. Получено уравнение регрессии, адекватно описывающие изменение содержания незаменимых аминокислот в зависимости от температуры. Установлено, что изменение содержания незаменимых аминокислот с увеличением температуры процесса экструдирования подчиняется полиномиальной зависимости.

Таблица 11. Биохимические показатели мышц радужной форели при кормлении различными комбикормами

Table 11. Biochemical indicators of rainbow trout muscles when fed by various feeds

Содержание сухого обезжиренного молока в комбикорме	Биохимические показатели мышц радужной форели				
	влажность, %	сухое вещество, %	жирность, %	протеин, %	зола, %
0%	78,08±0,03	21,92±0,02	4,82±0,15	13,34±0,06	3,76±0,02
2%	77,73±0,02	22,27±0,04	4,61±0,06	15,17±0,05	2,49±0,01
5%	76,60±0,06	23,40±0,03	5,44±0,12	15,34±0,07	2,62±0,05
8%	74,80±0,04	25,20±0,06	6,0±0,023	16,52±0,09	2,68±0,05
10%	74,18±0,02	25,82±0,02	5,57±0,18	17,00±0,21	3,25±0,06

Подобраны оптимальные режимы экструдирования комбикормов содержащих в своем составе молоко сухое обезжиренное: температура процесса экструдирования должна находиться в диапазоне 90–100 °С. Влажность рассыпного комбикорма перед экструдером 28–30%. Проведено опытное кормление радужной форели разработанными комбикормами. Получено, что максимальный прирост у радужной форели и минимальный кормовой коэффициент наблюдается для комбикорма в состав, которого входит 10% молока сухого обезжиренного взамен рыбной муки.

Оценена эффективность комбикормов, содержащих молоко сухое обезжиренное. Получено, что часть питательных веществ и энергии, которая трансформируется в ткани форели из корма в 1,8 раза выше при потреблении комбикорма содержащего 10% молока сухого обезжиренного по сравнению с контрольным комбикормом. Коэффициент использования белка при этом выше в 1,1 раза, накопление веществ в теле радужной форели при кормлении комбикормом, содержащим 10 % сухого обезжиренного молока, происходит интенсивнее на 40 %. Содержание питательных веществ в комбикорме, содержащем 10 % молока сухого обезжиренного на килограмм прироста радужной форели выше в 1,4 раза по сравнению с контролем. Внесение 10 % сухого молока обезжиренного взамен рыбной муки в состав комбикорма приводит к увеличению содержания протеина в мышцах форели в 1,3 раза по сравнению с контролем.

Список использованных источников

1. Гауровиц, Ф. Химия и функция белков / Ф. Гауровиц. — М.: Мир, 1965. — 530 с.
2. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: учебник / К.К. Горбатова, П.И. Гунькова. — СПб.: ГИОРД, 2010. — 336 с.
3. Сенкевич, Т. Молочная сыворотка: Переработка и использование в агропромышленном комплексе / Т. Сенкевич, К.-Л.Ридель. — М.: Агропромиздат, 1989. — 269 с.

4. Твердохлеб, Г.В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Р.И. Раманаскас. — М.: ДеЛи принт, 2006. — 360 с.
5. Тепел, А. Химия и физика молока / А. Тепел. (Пер. с нем. 3 изд. 2004 г. под ред. канд. техн. наук С.Н. Фильчаковой) — СПб.: Профессия, 2012. — 832 с.
6. Пуха, И. Молочные корма для свиней / И. Пуха // Свиноводство. — 1999. — № 1. — С. 13.
7. Храмов, А.Г. Использование молочной сыворотки в кормовых добавках нового поколения / А.Г. Храмов // Переработка молока. — 2012. — № 4. — С. 44-48.
8. Щербакова, О.Е. Заменители молока для молодняка сельскохозяйственных животных / О.Е. Щербакова. — Москва, ДеЛи принт, 2003. — 100 с.
9. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре // М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. — М.: Изд-во ВНИРО, 2006. — 360 с.
10. Абросимова, Н. А. Кормовое сырье для объектов аквакультуры / Н. А. Абросимова, С. С. Абросимов, Е. М. Саенко. — Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. — 144 с.
11. Лагуткина, Л.Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья / Л.Ю. Лагуткина // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. — 2017. — № 1. — С. 67– 8.
12. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб // ГосНИОРХ. — Санкт-Петербург, 2001. — 372 с.
13. Рыжков, Л.П. Некоторые результаты и проблемы разработки комбикормов для лососевых рыб / Л.П. Рыжков // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ: Биологические основы рационального кормления рыб. — 1986. — Вып. 49. — С. 99–105.
14. Cho, C. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / C. Cho, S. Kaushik // World Rev. Nut. Diet. 61, 1990. — P. 132–172.
15. Японцев, А.Э. Оценка качества экструдированных кормов для радужной форели // Учёные записки Ин-та сел. хоз-ва и природных ресурсов НовГУ. — 2009. — Т. 17, вып. 2. — С. 45–48.
16. Kaushik, S. Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp and rainbow trout / S. Kaushik, Rep. nutr. develop., v. 20, 1980. — № 6. — P. 1751–1765.

References

1. Gaurovits, F. Khimiya i funktsiya belkov / F. Gaurovits. — М.: Mir, 1965. — 530 s.
2. Gorbatova, K.K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov: uchebnik / K.K. Gorbatova, P.I. Gun'kova. — SPb.: GIORD, 2010. — 336 s.
3. Senkevich, T. Molochnaya syvorotka: Pererabotka i ispol'zovaniye v agropromyshlennom komplekse / T. Senkevich, K.-L.Ridel'. — М.: Agropromizdat, 1989. — 269 s.
4. Tverdokhleb, G.V. Khimiya i fizika moloka i molochnykh produktov / G.V. Tverdokhleb, R.I. Ramanauskas. — М.: DeLi print, 2006. — 360 с.
5. Tepel, A. Khimiya i fizika moloka / A. Tepel. (Per. s nem. 3 izd. 2004 g. pod red. kand. tekhn. nauk S.N. Fil'chakovoy) — SPb.: Professiya, 2012. — 832 s.
6. Pukha, I. Molochnyye korma dlya sviney / I. Pukha // Svinovodstvo. — 1999. — № 1. — S. 13.
7. Khramtsov, A.G. Ispol'zovaniye molochnoy syvorotki v kormovykh dobavkakh novogo pokoleniya / A.G. Khramtsov // Pererabotka moloka. — 2012. — № 4. — S. 44-48.
8. Shcherbakova, O.Ye. Zameniteli moloka dlya molodnyaka sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh / O.Ye. Shcherbakova. — Moskva, DeLi print, 2003. — 100 s.
9. Shcherbina, M.A. Kormleniye ryb v presnovodnoy akvakul'ture // M.A. Shcherbina, Ye.A. Gamygin.- М.: Izd-vo VNIRO, 2006.- 360 s.
10. Abrosimova, N. A. Kormovoye syr'ye dlya ob'yektov akvakul'tury / N. A. Abrosimova, S. S. Abrosimov, Ye. M. Sayenko. — Rostov-na-Donu: Everest, 2005. — 144 s.
11. Lagutkina, L.YU. Perspektivnoye razvitiye mirovogo proizvodstva kormov dlya akvakul'tury: al'ternativnyye istochniki syr'ya / L.YU. Lagutkina // Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoye khozyaystvo. — 2017. — № 1. — S. 67–78.
12. Ostroumova, I.N. Biologicheskiye osnovy kormleniya ryb // GosNIORKH. — Sankt-Peterburg, 2001. — 372 s.
13. Ryzhkov, L.P. Nekotoryye rezul'taty i problemy razrabotki kombikormov dlya lososevykh ryb / L.P. Ryzhkov // Sb. nauch. tr. VNIIPRKH: Biologicheskiye osnovy ratsional'nogo kormleniya ryb. — 1986. — Vyp. 49. — S. 99–105.
14. Cho, C. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / C. Cho, S. Kaushik // World Rev. Nut. Diet. 61., 1990. — P. 132–172.

15. Yapontsev, A.E. Otsenka kachestva ekstrudirovannykh kormov dlya raduzhnoy foreli // Uchonyye zapiski In-ta sel. khoz-va i prirodnykh resursov NovGU. — 2009. — Т. 17, вып. 2. — С. 45–48.
16. Kaushik, S. Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp and rainbow trout / S. Kaushik, Rep. nutr. develop., v. 20, 1980. — № 6. — P. 1751 — 1765.

Информация об авторах

Кошак Жанна Викторовна — кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Рукшан Людмила Викторовна — кандидат технических наук, профессор кафедры технологии хлебопродуктов УО «Могилевский государственный университет продовольствия» (пр. Шмидта 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: rukshanludmila@yandex.by.

Кошак Артур Эдуардович — кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Республика Беларусь). / E-mail: 8849619@gmail.com

Information about authors

Koshak Zhanna V. — candidate of technical sciences, associate professor, head of the feed laboratory of the RUE «Institute for Fish Industry» National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Rukshan Lyudmila V. — candidate of technical sciences, professor of the chair of Bread Products Technology, EE “Mogilev State University of Food (Schmidt Ave. 3, 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: rukshanludmila@yandex.by

Koshak Arthur E. — candidate of technical sciences, associate professor, senior researcher at the feed laboratory RUE «Institute for Fish Industry» National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 8849619@gmail.com