

УДК 639.3.043.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВО-ЛИПИДНОГО КОНЦЕНТРАТА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА СТАРТОВЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЛИЧИНОК КАРПА

В. Н. РАДЕНКО, И. А. АЛИМОВ

(Кафедра физиологии и биохимии с.-х. животных)

Рассматривается возможность частичной замены рыбной муки и эприна в составе комбикормов белково-липидным концентратом — побочным продуктом производства рыбной муки. Приводятся данные о химическом составе концентрата и комбикормов, содержании в них основных аминокислот, а также о химическом составе тела личинок, получавших изучаемые комбикорма, их массе и выживаемости.

Одним из главных источников белка в рыбных комбикормах для личинок карповых рыб [6, 9] служит рыбная мука, при производстве которой, однако, теряется значительная часть белков, липидов, минеральных и биологически активных веществ [8].

Рыбоперерабатывающей промышленности предложены варианты утилизации отходов производства рыбной муки, в частности технология получения кормового рыбного белка (КРБ) [8]. При замене им в составе стартового комбикорма РК-С части рыбной муки масса личинок карпа увеличилась на

20%, а выживаемость — на 41% [1]. При введении КРБ в дозе 35% биологическая полноценность стартового комбикорма РК-С также повысилась [2], что подтверждено результатами более поздних исследований [3].

В опыте с молодькой форели наилучшие результаты получены при введении КРБ в корм в дозе 10% [12].

Сотрудниками ВНИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) разработана технология получения белково-липидного концентрата (БЛК) методом ультрафильтрации подпрессового бульона — отхода при производ-

стве рыбной муки [7]. Задачей наших исследований являлось испытание данного продукта в составе стартовых комбикормов для личинок карпа.

Методика

При изготовлении контрольного и опытных кормов за основу была взята рецептура РК-С [6], в которую были внесены некоторые изменения. Так, в состав комбикорма не вводили подсолнечное масло, а рыбную муку, используемую для приготовления комбикорма, предварительно обезжиривали химически чистым гексаном. Необходимость последней процедуры была обоснована результатами предыдущих исследований [10].

БЛК предоставлен разработчиком продукта — лабораторией кормовых технических продуктов и жиров ВНИРО¹. Перед включением в состав комбикорма он наряду с другими кормовыми компонентами подвергался химическому анализу.

Испытание БЛК проводили в течение двух лет. В 1990 г. в 6 опытных комбикормах 10, 20 и 36% рыбной муки заменяли БЛК без его обработки или после предварительного обезжиривания химически чистым гексаном с целью снижения уровня липидов.

В 1991 г. в состав 7 опытных комбикормов вводили 3, 5, 10 или 15% БЛК вместо рыбной муки или 10, 15 или 20% БЛК вместо части эприна. Все комбикорма изготовлены методом влажного прессования на лабораторном грануляторе с последующей сушкой и дроблением гранул. В зависимости от количества вводимого БЛК опытным кор-

мам даны соответствующие обозначения (об — обезжиренный БЛК; э — замена эприна БЛК).

Химические анализы

Содержание сырого протеина в комбикормах и теле личинок карпа определяли по Кьельдалю, золы — сжиганием в муфельной печи, кальция и магния — трилонометрическим методом, фосфора — по Пулсу [5], общих липидов — по Фолчу [13], белка — по Брэдфорду [4], фракционирование белков БЛК проводили по Фрэнксу [14]. Для определения аминокислотного состава использовали анализатор фирмы «Хитачи», жирнокислотного — газожидкостный хроматограф Хром-5 с пламенно-ионизационным детектором, для набивки колонок — хроматон НМ Д-120-160 с добавлением 8% диэтиленгликольтартрата, температура — 180° С, газ-носитель — азот. Для определения времени удержания компонентов и интегрирования площадей пиков использовали автоматический электронный интегратор С 1-100. Идентификацию компонентов проводили по наборам жирных кислот-стандартов (фирма «Сигма»).

В связи с недостаточной для проведения комплекса анализов индивидуальной массой личинок карпа отбирали групповые пробы массой около 20 г, затем их замораживали и хранили при температуре —20° С. Перед проведением анализов биомассу личинок гомогенизировали и из нее отбирали 3 параллельные пробы для определения всех показателей. В таблицах представлены средние данные из 3 значений.

Объектом исследования служили полученные заводским способом (в рыбобитомнике Добровский Липецкой области) личинки карпа. Их пересаживали

¹ Мы благодарим сотрудников ВНИРО Н. П. Боеву и В. И. Трещеву — авторов разработки технологии производства БЛК — за предоставление его образцов для испытания.

вали в 40-литровые опытные емкости, начинали кормить сразу после перехода на плав (на 2—3-е сутки после выклева), выращивание продолжалось 14 сут. Плотность посадки — 100 шт/л, температура воды — 24—25° С, гидрохимический и кислородный режимы — удовлетворительные. В конце опыта определяли среднюю массу и выживаемость личинок, отбирали и замораживали их пробы для биохимических анализов. В 1990 г. некоторые корма испытывали дважды, через 3 нед после их изготовления и спустя 5 нед. Корма хранили в комнатных условиях.

Результаты

Образцы БЛК отличались высоким содержанием сырого протеина, в том числе белка, и были богаты липидами (табл. 1). После обезжиривания БЛК (1990 г.) содержание протеина в нем повысилось до 72%, а липидов — снизилось до 15%. В состав БЛК входили также свободные аминокислоты и в довольно большом количестве нуклеиновые кислоты (3,2%).

В опытном образце 1990 г., который подвергался более детальному анализу,

Таблица 1
Химический состав БЛК (%)

Показатель	Образец 1990 г.		Необезжиренный образец 1991 г.
	необезжиренный	обезжиренный	
Сухое вещество	94,38	93,10	93,35
Сырой протеин	56,21	71,97	51,70
Белок	Не опр.		43,90
Аммиачный азот	->-		0,783
Нуклеиновые кислоты	->-		3,20
Общие липиды	36,90	15,00	43,84
Зола	1,34	1,71	—

Таблица 2
Содержание основных аминокислот (%) в БЛК (образец 1990 г.)

Аминокислота	БЛК	Белок
Аспарагиновая	4,24	7,54
Треонин	1,52	2,71
Серин	2,18	3,88
Глютаминная	6,87	12,22
Пролин	2,80	4,98
Глицин	8,08	14,38
Аланин	4,52	8,04
Валин	1,09	1,95
Изолейцин	0,74	1,31
Лейцин	2,21	3,94
Тирозин	1,35	2,40
Фенилаланин	1,83	3,25
Гистидин	2,00	3,57
Лизин	2,63	4,69
Аргинин	2,52	4,49

68,5% белков были водорастворимы, 16,34% — растворимы в щелочи, 7,81% — в 70% этиловом спирте и 7,39% — в 0,1 н. соляной кислоте.

Большая доля белков БЛК приходилась на незаменимые аминокислоты (табл. 2).

Количество насыщенных жирных кислот составляло 51,3% (С 14:0 — 10,9%, С 16:0 — 33,6, С 18:0 — 3,82). Среди ненасыщенных значительную долю занимала пальмитеновая С 16:1п7 (10,9%) и олеиновая С 18:1п9 (29,8%). На долю линолевой С 18:2л6 приходилось 2,1%, линоленовой — С 18:3п3 — 0,52, а сумма высоконенасыщенных п3 жирных кислот (С 20:4п3, С 20:5п3, С 20:6п3) составляла 8,7%.

При введении БЛК в опытные комбикорма (1990 г.) состав последних изменился по сравнению с контролем — увеличилось содержание белка и липидов, в случае использования обезжиренного БЛК в большей

Таблица 3

Химический состав (%) комбикормов, испытанных в 1990 г.

Комбикорм	Сухое вещество	Сырой протеин	Общие липиды	Зола
Базовый (контроль)	94,22	48,93	3,21	2,23
Опытные:				
БЛК 10	94,01	49,53	6,20	2,16
БЛК 20	93,80	50,12	9,20	2,11
БЛК 36	93,63	51,07	14,00	1,96
БЛК 10об	94,10	51,00	4,10	2,13
БЛК 20об	94,13	53,06	5,00	2,07
БЛК 36об	94,09	56,36	6,41	1,95

Примечание. В базовом и опытных комбикормах содержание клетчатки составляло 0,23%.

степени возросло содержание белка и в меньшей — липидов (табл. 3).

Введение в состав комбикорма необработанного БЛК во всех дозах оказало отрицательное влияние на рост личинок, причем по мере повышения его уровня в рационе средняя масса и биомасса личинок в единице объема уменьшились, но их выживаемость сохранялась довольно высокой (табл. 4). Введение в комбикорм обезжиренного продукта во всех дозах положительно сказало на росте личинок, но по мере увеличения уровня БЛК различия в темпе роста по сравнению с контролем уменьшались. Наилучшие результаты получены при введении 10% частично обезжиренного БЛК.

При повторном испытании базового и опытных комбикормов получены худшие результаты, но при этом темп роста личинок в контроле и в варианте с БЛК 10об снизился незначительно, а во всех остальных вариантах — более существенно. Таким образом, введение в состав комбикорма необработанного БЛК отрицательно сказалось на росте и выживаемости личинок, причем по мере хранения комбикорма негативный эффект возрастал. Только в одном ва-

рианте (БЛК 10об) темп роста личинок был выше, чем в контроле, но при более низкой выживаемости.

Поскольку результаты испытаний комбикормов, которые проводились в 1990 г., показали, что введение БЛК в больших дозах неэффективно, в следующем году проверялась рабочая гипотеза использования его в малых дозах как биологически активной добавки, а также частичного заменителя эприна.

В связи с тем, что количество сырого протеина в БЛК было несколько меньше, чем в рыбной муке, а липидов намного больше, в опытных комбикормах 1—4 немного снизилось содержание сырого протеина (в том числе белка) и значительно повысилось содержание липидов. При замене эприна БЛК (ва-

Таблица 4

Результаты испытания комбикормов при выращивании личинок карпа в 1990 г.

Комбикорм	Средняя масса личинок, г	Выживаемость, %	Биомасса, г/м ²	Конверсия корма
-----------	--------------------------	-----------------	----------------------------	-----------------

Через 3 нед после изготовления кормов

Базовый (контроль)	26,1±0,8	95	2479	1,11
<i>Опытные:</i>				
БЛК 10	24,9±0,8	90	2241	1,12
БЛК 20	19,9±0,7*	97	1930	1,59
БЛК 36	17,5±0,8*	96	1680	1,61
БЛК 10об	35,9±1,2*	95	3410	1,10
БЛК 20об	33,3±1,7*	94	3130	1,10
БЛК 36об	29,7±1,6*	93	2762	1,11

Через 5 нед после изготовления кормов

Базовый (контроль)	21,0±1,4	91	1914	—
<i>Опытные:</i>				
БЛК 10	19,4±1,5	75	1455	—
БЛК 20	10,2±0,5*	55	561	—
БЛК 10об	33,3±2,6*	76	2531	—
БЛК 20об	15,2±1,4*	60	912	—

* Здесь и в табл. 6 различия по сравнению с контролем достоверны при $P < 0,05$.

Таблица 5

Химический состав комбикормов, испытанных в 1991 г. (%)

Комбикорм	Сырой протеин	Белок	Амиачный азот	Общие липиды	Зола
Базовый (контроль)	54,4	44,2	0,80	4,0	4,6
<i>Опытные:</i>					
1 — БЛК 3	54,1	43,4	0,78	5,1	5,7
2 — БЛК 5	53,9	43,1	0,77	5,9	5,7
3 — БЛК 10	53,5	42,7	0,73	7,8	5,6
4 — БЛК 15	53,0	41,9	0,71	9,7	5,5
5 — БЛК 10а	53,7	44,5	0,84	8,2	5,2
6 — БЛК 15а	53,3	44,4	0,86	10,2	4,9
7 — БЛК 20а	52,9	44,2	0,88	12,3	4,6

рианты 5—7) содержание сырого протеина в комбикормах практически не изменилось, а содержание липидов по сравнению с контролем резко возросло (табл. 5).

Испытания опытных комбикормов показали, что замена части рыбной муки и эприна способствовала ускорению роста личинок, при этом сохранялась их высокая выживаемость. В случае, когда БЛК вводили вместо рыбной муки, наилучшие результаты получены при дозе 3%. По мере увеличения дозы БЛК эффективность комбикорма уменьшалась. Различия во всех вариантах, кроме БЛК 15, были достоверны

по сравнению с контролем (табл. 6).

Более существенное влияние на рост личинок оказало введение БЛК вместо части эприна. Даже при очень высоких дозах БЛК (15—20%) личинки росли лучше, чем в контроле, но так же, как и при замене рыбной муки, наилучшие результаты получены при минимальном уровне концентрата (10%), по мере его увеличения эффективность комбикорма уменьшалась (табл. 6).

Данные о химическом составе тела личинок карпа, выращенных на различных кормах, представлены в табл. 7.

Таблица 6

Результаты испытания опытных комбикормов при выращивании личинок карпа в 1991 г.

Комбикорм	Средняя масса, мг	Выживаемость, %	Биомасса, г/м ²
Базовый (контроль)	24,1±1,3	99	2382
<i>Опытные:</i>			
1 — БЛК 3	31,4±1,7*	98	3073
2 — БЛК 5	30,2±1,4*	97	2933
3 — БЛК 10	30,2±1,4*	96	2895
4 — БЛК 15	26,7±1,6	97	2586
5 — БЛК 10а	37,5±2,4*	99	3712
6 — БЛК 15а	36,4±2,0*	85	3092
7 — БЛК 20а	29,5±1,5*	82	2420

Таблица 7

Химический состав (%) тела личинок карпа (1990 г.)

Личинки	Сырой протеин	Общие липиды	Зола	Кальций	Магний	Фосфор
3-суточные до кормления	5,67	1,42	1,61	0,194	0,043	0,192
17-суточные после кормления комбикормами:						
базовым	9,07	1,22	1,51	0,364	0,068	0,333
БЛК 10	8,69	1,03	1,61	0,355	0,051	0,325
БЛК 20	9,61	1,58	1,58	0,336	0,049	0,382
БЛК 36	8,94	1,80	1,81	0,452	0,064	0,371
БЛК 10об	9,44	1,00	1,71	0,333	0,058	0,321
БЛК 20об	10,92	1,20	1,79	0,496	0,081	0,421
БЛК 36об	8,83	1,29	1,44	0,309	0,056	0,366

Жирнокислотный состав (%) тела личинок карпа (1990 г.)

Жирные кислоты	3-суточные	17-суточные, выращенные на кормах					
		базовый	БЛК 10	БЛК 36	БЛК 100б	БЛК 200б	БЛК 360б
С 14:0	1,15	2,67	1,23	2,16	0,89	1,91	1,87
С 16:0	1,71	30,81	34,07	40,98	32,97	23,80	40,01
С 16:1п7	1,99	10,14	7,79	8,92	5,60	7,40	9,85
С 17:0	8,56	1,52	2,02	1,66	1,54	2,20	1,47
С 17:1п9	0,65	1,70	2,06	1,31	1,71	2,35	1,31
С 18:0	13,70	11,49	9,82	11,42	12,3	10,30	8,85
С 18:1п9	29,76	17,53	19,40	21,40	20,31	17,21	22,75
С 18:2п6	12,24	8,33	9,65	6,74	11,46	10,60	7,01
С 18:3п3	2,73	1,96	1,34	1,98	1,11	0,94	1,67
С 20:4п6	1,29	1,15	2,11	—	0,46	2,33	0,42
С 20:5п3	—	0,58	0,12	—	—	5,06	—
С 22:6п3	0,06	5,09	3,37	0,72	1,78	8,23	3,09
С 24:6п3	2,13	2,88	3,69	0,56	5,14	0,96	—
Σ насыщенных кислот	48,72	48,59	49,39	58,37	48,70	41,33	55,0
Σ п9	30,41	19,43	21,42	23,09	24,19	22,18	24,55
Σ п6	13,62	9,48	12,44	6,74	12,92	13,82	7,43
Σ п3	55,40	10,72	10,02	3,26	9,56	15,95	4,75

Примечания. 1. Проба личинок, выращенных на корме БЛК 20, испорчена. 2. В таблице указаны доминирующие жирные кислоты, их общее число составляет 30 и более.

Подрошенные личинки по сравнению с 3-суточными имели более высокое содержание протеина и макроэлементов. Следует отметить, что по мере увеличения уровня липидов в кормах повышается отложение их в теле. Определенных изменений в содержании сырого протеина, золы, кальция, фосфора и магния в теле личинок в связи с потреблением различных кормов не установлено. Некоторые различия наблюдались в жирнокислотном составе тела (табл. 8). У подрошенных личинок во всех вариантах по сравнению с неподрошенными было выше содержание пальмитолеиновой С16:1п7 и пальмитиновой С 16 кислот, но ниже маргаритиновой С 17, стеариновой С 18, олеино-

вой С 18:1п9, линолевой С 18:2п6 и линоленовой С 18:3п3. При этом сумма насыщенных кислот, а также кислот линолевого (п6) и линоленового (п3) рядов изменялась не в одном направлении.

Сравнение данных об изменении количества п3 высоконенасыщенных жирных кислот (ВНЖК) в теле личинок карпа показывает, что при более низких дозах БЛК (10 и 20%) и соответственно более интенсивном росте личинок содержание п3 ВНЖК возросло в 2 и более раз, а при высокой дозе БЛК (36%) и низком темпе роста личинок снизилось по сравнению с таковым у неподрошенных личинок, особенно при использовании необезжиренного БЛК.

Одновременно возросла и доля насыщенных жирных кислот, которая превысила 50%, хотя во всех остальных вариантах она была ниже 50%.

Обсуждение результатов

Судя по химическому составу БЛК, этот продукт представляет собой источник полноценного белка и незаменимых жирных кислот для личинок карпа. Положительное влияние его на рост личинок при введении в комбикорм в малых дозах, по-видимому, обусловлено восполнением утраченных при производстве рыбной муки белков, незаменимых жирных кислот и других неидентифицированных питательных и биологически активных веществ. Белки испытанного продукта хорошо усваиваются, поскольку более половины их является водорастворимыми.

Снижение эффективности комбикорма при увеличении количества БЛК можно объяснить повышением в этом случае общего содержания липидов, которое выходит за пределы оптимального (5-6%) для данного вида рыб уровня [10]. Не случайно при частичном обезжиривании комбикорма значительно возрастает эффект от введения БЛК. Однако следует отметить, что в результате замены части эприна БЛК даже при высоком содержании липидов в комбикормах интенсивность роста личинок карпа по сравнению с контролем увеличивается. Очевидно, отрицательное влияние высокого уровня липидов при этом «перекрывается» эффектом от обогащения белкового спектра или эффектом, связанным с наличием других неидентифицированных питательных и биологически активных веществ. Но в общем для личинок карпа, потребность в липидах которых сравнительно мала, наиболее важны, на наш взгляд, белковая часть БЛК и другие неиден-

тифицированные вещества, влияющие на рост и выживаемость. О наличии биологически активных стимулирующих веществ свидетельствует тот факт, что малые дозы БЛК (3—5%), практически не оказывающие влияния на содержание протейна и липидов в корме, положительно сказались на результатах выращивания.

При производстве и использовании стартовых комбикормов существует проблема сохранения их качества. БЛК, богатый липидами и ВНЖК, легко подвергается порче. Поэтому при повторном испытании кормов результаты были намного хуже, и прежде всего при более высоком содержании БЛК в корме. В связи с отмеченным было бы желательно разделять белковую и жировую части БЛК или решать проблему стабилизации содержания липидов в данном продукте.

Необходимо особо отметить увеличение отложения липидов в теле личинок карпа при повышении жирности корма, но в какой степени это сказывается на физиологических функциях организма, мы затрудняемся ответить.

Анализ данных о жирнокислотном составе липидов тела личинок карпа показывает, что их синтез, хотя и связан с характером пищи, в значительной степени предопределен генетически. Во всяком случае, качественный состав липидов базового комбикорма при небольшом общем их содержании (3,21%) не препятствовал синтезу специфических по жирнокислотному составу липидов в теле личинок, т. е. сравнительно богатых п3 ВНЖК. Некоторое уменьшение доли указанных кислот в липидах личинок, получавших высоколипидные корма с достаточным количеством п3 ВНЖК, можно объяснить снижением синтеза фосфолипидов при торможении роста и соответственно ВНЖК, обеспечивающих необходимую текучесть клеточных мембран [11].

Выводы

1. Эффективность стартовых комбикормов для рыб может быть повышена путем замены части рыбной муки и эприна белково-липидным концентратом — побочным продуктом производства рыбной муки, получаемым методом ультрафильтрации и последующей распылительной сушки.

2. Норма введения свежего БЛК в состав комбикормов, предназначенных для личинок карпа, не должна превышать 10% при замене им части рыбной муки и 20% при замене эприна.

3. Комбикорма, содержащие нестабилизированный БЛК, должны использоваться только в течение первых 3-4 нед после изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боева Т. М., Савина Р. А. Эффективность испытания концентрата рыбного белка в стартовом корме РК-С. — В сб. науч. тр. ВНИИПРХ: Вопросы интенсификации товарного рыбоводства, 1987, вып. 51, с. 67—70. — 2. Гамыгин Е. А., Боева Т. М., Кудашев С. М. Сравнительная оценка кормовых компонентов различного происхождения в стартовых кормах для карпа. — В сб. науч. тр. ВНИИПРХ: Вопросы физиологии и биохимии питания рыб, 1987, вып. 52, с. 44—48. — 3. Гамыгин Е. А., Боева Т. М., Рехант А. Н. Оценка питательности новых кормовых средств в стартовых комбикормах для личинок карпа. — В сб. науч. тр. ВНИИПРХ: Вопросы разработки и качества комбикормов, 1989, вып. 57, с. 27—30. — 4. Дарбе А., Кламп Дж. Р. Аналитические методы. — В кн.: Практическая химия бел-

ка/Пер. с англ. М.: Мир, 1989, с. 243—333. — 5. Изучение минерального обмена у сельскохозяйственных животных. — Метод. указания/Под ред. Шманенкова Н. А. Боровск, 1983. — 6. Канидьева А. Н., Гамыгин Е. А., Боева Т. М., Милославова Е. А. Теория и практика использования искусственных кормов в аквакультуре рыб. — В сб.: Аквакультура в СССР и США. Материалы советско-американского симпозиума по аквакультуре. М.: ОНТИ ВНИРО, 1985, с. 196—200. 7. Концентрат белково-липидный сухой. Техн. условия ТУ 15-1059-89. — 8. Кузнецов А. П., Кушак Р. И. Получение белкового концентрата из подпрессового бульона. — Рыбное хозяйство, 1984, № 2, с. 64—67. — 9. Остроумова И. Н., Турецкий В. И., Иванов Д. И., Дементьева М. А. Полноценный стартовый корм для личинок карпа в условиях теплых вод. — Рыбное хозяйство, 1980, № 6, с. 41—44. — 10. Раденко В. Н., Алимов И. А. Эффективность использования личинками карповых рыб стартовых комбикормов с различным содержанием липидов. — В сб.: Рыбохозяйственное освоение водоемов комплексного назначения. — М.: ВНИИР, 1990, с. 94—102. — 11. Сидоров В. С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. — Л.: Наука, 1983. — 12. Шмаков Н. Ф. Улучшение качества стартовых форелевых кормов. — В сб. науч. тр. ВНИИПРХ: Вопросы устойчивости функционирования рыбного хозяйства во внутренних водоемах, 1987, вып. 53, с. 71—77. — 13. Folch J., Lees M., Stanley G. — J. Biol., Chem., 1957, vol. 226, p. 497—509. — 14. Franks F. — Solution properties of proteins. In.: Characterization of proteins (Ed. F. Franks). Clifton, New Jersey: Humana press, 1987.

Статья поступила 20 декабря 1992 г.

SUMMARY

The possibility of partially replace fish meal and eprine in combined feed with protein-lipid concentrate — a by-product of fish meal production — is discussed. The data about chemical composition of the concentrate and combined feeds, about the amount of main amino acids in them, as well as about chemical composition of the body of larvae that received the combined aeds, their weight and viability are presented.