

DOI 10.25741/2413-287X-2019-07-3-077

УДК 639.3.043

# КОМБИКОРМА ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ПРОТЕИНА

**Ж. КОШАК, А. КОШАК**, кандидаты техн. наук,**Д. ДОЛГАЯ, А. КОХОВИЧ**, РУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси**Л. РУКШАН**, канд. техн. наук, УО «Могилевский государственный университет продовольствия»

E-mail: koshak.zn@gmail.com

*В результате исследований установлено, что протеиновую муку бельгийского производства (микробиологический протеин) можно использовать в составе комбикормов для сеголеток лососевых рыб, для радужной форели, в количестве 5–10%, муку соевую дезодорированную необезжиренную (растительный протеин) — 5–13%.*

Ключевые слова: радужная форель, сеголетки, комбикорма, микробиологический протеин, протеиновая мука.

*The trials proved that microbial protein powder produced in Belgium can be used in the compound feeds for the fingerlings of salmon fishes and for the rainbow trout at the inclusion levels of 5–10%, while deodorized full-fat soybean powder can be used as vegetable protein source at the inclusion levels of 5–13%.*

Keywords: rainbow trout, fingerlings, compound feeds, microbial protein, protein powder.

Природная пища разных видов рыб, несмотря на биологическое разнообразие, близка по химическому составу и содержит в сухом веществе 50–65% белка (зоопланктон, зообентос, рыба), поэтому основной компонент экструдированных полнорационных комбикормов для форели — рыбная мука. В связи с дефицитом качественной рыбной муки и ее высокой стоимостью предпринимаются попытки замены ее в составе комбикормов более доступными и перспективными компонентами. При этом еще в 20 веке была показана возможность замещения части рыбной муки в форелевых кормах мукой из антарктического криля, шротами и продуктами микробиологического синтеза [1].

Физиология радужной форели изучена достаточно давно, она не меняется в зависимости от столетия, условий содержания, питания или еще каких-либо факторов. Радужная форель — это хищник, и попытка сделать его вегетарианцем имеет свои последствия [2]. Однако в странах СНГ в настоящее время практически отсутствуют исследования сложнейших взаимосвязей качества, состава и технологии производства комбикормов с жизнедеятельностью радужной форели; все доступные публикации середины 20 века или зарубежные исследования в сильно упрощенных вариантах опубликования. В связи с этим нами была поставлена цель изучить возможность замены рыбной муки протеинами различного происхождения. Исследования проводились в специализированной лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» Национальной академии наук Беларуси, который более

60 лет занимается разработкой рецептов и технологий производства комбикормов для рыб, испытаниями новых кормов на рыбе разных видов и возрастов и т.д.

Многочисленными исследованиями установлено, что белки не откладываются в запас в отличие от липидов [2, 4, 5], поэтому качество белков в составе комбикормов для рыб должно быть высокое, особенно для радужной форели. Организм для питания использует не сам белок, а его структурные элементы — аминокислоты. В состав комбикормов, как правило, входят белки животного и растительного происхождения. Аминокислотный профиль таких белков различен по содержанию аминокислот, поэтому состав комбикорма должен быть сбалансирован таким образом, чтобы удовлетворить потребность рыб. Белки, как животного, так и растительного происхождения, состоят из 20 аминокислот, десять из них незаменимые (лизин, аргинин, гистидин, треонин, лейцин, изолейцин, валин, метионин, триптофан и фенилаланин). Установлено, что при недостатке заменимых аминокислот незаменимые могут расходоваться на их синтез в организме. Так, при недостатке цистеина на его синтез расходуется метионин, а при недостатке тирозина — фенилаланин [3]. Недостаток незаменимых аминокислот при кормлении приводит к повышенному потреблению белка, то есть к увеличению затрат корма на единицу прироста рыбы.

Проблема с обеспеченностью сырьем комбикормового производства в Беларуси стоит чрезвычайно остро. Это вызвано в первую очередь высокой стоимостью рыбной муки,

а в последующем и ее дефицитом. Низкое качество ряда традиционных компонентов способствовало активизации исследований в области поиска альтернативных заменителей и обогащению кормов биологически активными добавками. Большинство вопросов, изученных учеными в этом направлении ранее, остаются актуальными и в настоящее время. Однако с развитием технологий переработки сырья перечень возможных компонентов для производства рыбных кормов постоянно обновляется.

Оптимальный уровень сырого протеина в кормах зависит от качества источников белка и предполагаемых норм кормления. Предпринимаемые попытки использовать при выращивании рыб дешевые растительные рационы терпели и терпят неудачу [4]. Состав растительного белка значительно отличается от животного. В связи с этим при вводе большого количества растительных компонентов необходимо тщательно контролировать аминокислотный состав [5].

### ИЗУЧАЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПРОТЕИНА

Лаборатория кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» для исследований выбрала две распространенные на рынке кормовые добавки — протеиновую муку бельгийского производства и муку соевую дезодорированную необезжиренную белорусского производства. Протеиновая мука представляет собой высушенную бактериальную массу без ГМО, являющуюся побочным продуктом производства моносодовой L-глутаминовой кислоты методом микробиологической ферментации сырья растительного происхождения (патока сахарной свеклы, сахарного тростника или глюкозный сироп из пшеницы). Мука соевая дезодорированная необезжиренная производится на территории Беларуси из сортов сои, не содержащих ГМО. Химический состав исследуемых кормовых добавок и рыбной муки определялся по ГОСТ (табл. 1).

В протеиновой муке содержание сырого протеина микробиологического происхождения находится на уровне качественной рыбной муки. В соевой муке дезодорированной необезжиренной этот показатель аналогичен соевому шроту; в ее составе значительное содержание жира, что важно при кормлении радужной форели. Антипитательные вещества в ней отсутствуют благодаря обработке бобов сои ИК-излучением при производстве муки. По всем показателям данные кормовые добавки могут быть использованы в комбикормах для радужной форели.

В таблице 2 представлены результаты определения содержания некоторых незаменимых аминокислот (методика МВИ.МН 1363-2000) в исследуемых белковых кормах, а также приведена потребность форели в основных аминокислотах.

Протеиновая мука по содержанию представленных аминокислот превосходит рыбную муку, за исключением суммарного содержания метионина и цистеина. Соевая мука дезодорированная необезжиренная уступает по содержанию всех важнейших для развития организма радужной форели аминокислот.

В то же время наличие тех или иных аминокислот не означает, что они будут хорошо усваиваться. Аминокислоты могут находиться в трудноусвояемой форме для организма рыб, в первую очередь из-за их пространственного строения (D-, L-изомеры) и т.п. [8]. Поэтому на следующем этапе исследований определяли переваримость протеиновой и соевой дезодорированной необезжиренной муки в комбикормах для сеголетков радужной форели. Для эксперимента в четыре аквариума на 60 л было посажено по 10 сеголетков радужной форели среднестачной массой 62 г. Температура воды в аквариумах — 17,3°C; содержание растворенного в воде кислорода — 7,5 мг/л; pH среды — 6,8. Отхода рыбы во время эксперимента не отмечалось.

Таблица 1. Химический состав кормовых добавок и рыбной муки

| Образец                               | Содержание в пересчете на а.с.в., % |                 |              |             |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|
|                                       | Сырой протеин                       | Сырая клетчатка | Сырой жир    | Углеводы    |
| Протеиновая мука                      | 76,27 ± 0,21                        | 0,53 ± 0,02     | 13,96 ± 0,12 | —           |
| Соевая мука необезжиренная            | 43,15 ± 0,15                        | 4,5 ± 0,05      | 17,23 ± 0,18 | 16,1 ± 0,21 |
| Рыбная мука, производитель Мавритания | 60,8 ± 0,42                         | —               | 15,45 ± 0,23 | —           |

Таблица 2. Содержание некоторых незаменимых аминокислот в белковых кормах и потребность в них форели, мг/100 г

| Аминокислота          | Рыбная мука | Протеиновая мука | Соевая мука дезодорированная необезжиренная | Потребность форели в аминокислотах [1] |
|-----------------------|-------------|------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| Лизин                 | 4221,6      | 4298,6           | 2589,7                                      | 2100                                   |
| Треонин               | 2583,7      | 3811,0           | 1961,1                                      | 840                                    |
| Метинин + цистеин     | 2013,7      | 1283,3           | 311,4                                       | 1320                                   |
| Валин                 | 3004,3      | 3393,0           | 2448,9                                      | 1600                                   |
| Фенилаланин + тирозин | 2766,9      | 4615,3           | 2814,6                                      | 3650                                   |
| Лейцин                | 2486,8      | 2762,7           | 3577,7                                      | 1500                                   |
| Изолейцин             | 4268,8      | 5271,9           | 1982,5                                      | 1000                                   |

Переваримость кормовых добавок определяли в монодиете. В их составе не использовались связующие вещества, крепость гранул обеспечивалась методом сухого прессования при температуре не выше 40°C и добавлении небольшого количества воды (разбухаемость гранул — 20 мин). Это необходимо было для определения исходной переваримости добавок до влияния высоких температур и давления при производстве комбикормов. Переваримость определяли методом прямого учета потребленной рыбами пищи и выделенных экскрементов по методике М.А. Щербины [6].

Расчет переваримости протеина кормовых добавок производили по формуле [6]:

$$K_{\text{вп}} = \frac{П_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}} - П_{\text{э}} \cdot C_{\text{э}}}{П_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}},$$

где  $K_{\text{вп}}$  — коэффициент видимой переваримости, %;  
 $П_{\text{к}}$  и  $П_{\text{э}}$  — содержание питательного вещества соответственно в корме и экскрементах, %;  
 $C_{\text{к}}$  и  $C_{\text{э}}$  — количество съеденного корма и выделенных экскрементов, г.

Согласно расчетам коэффициент видимой переваримости протеина (КВП) протеиновой муки составил 62,2%, соевой муки дезодорированной необезжиренной — 52,8%. Переваримость протеиновой муки оказалась на уровне рыбной муки (60—90%, в зависимости от качества). Для сравнения: коэффициент видимой переваримости сырого протеина соевого шрота — 75—85% [7].

### УСВОЯЕМОСТЬ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛЬЮ ИЗУЧАЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРОТЕИНА В СОСТАВЕ КОМБИКОРМА

Комбикорм производили на опытном лабораторном экструдере (рис. 1) по ТУ ВУ 100035627.015-2013 «Комбикорм экструдированный для сеголеток форели» со следующими показателями качества: содержание влажности —  $3,4 \pm 0,01\%$ , сухого вещества —  $96,6 \pm 0,01\%$ , сырого жира —  $18,65 \pm 0,02\%$ , сырого протеина —  $46,49 \pm 0,01\%$ , сырой клетчатки —  $1,69 \pm 0,01\%$ .

В первом варианте опыта в составе комбикорма

**Рис. 1. Лабораторная установка для производства экструдированных комбикормов для ценных видов рыб:**

1 — кондиционер-смеситель для влаготепловой обработки рассыпного комбикорма;  
 2 — экструдер.



заменяли 10% рыбной муки протеиновой мукой; балансировали рецепт по содержанию протеина путем ввода других белковых компонентов; в качестве источника жира использовали рыбий жир.

В комбикорме был определен аминокислотный состав и рассчитан аминокислотный скор. За идеальный белок принималось то соотношение и количество аминокислот, которое удовлетворяет потребности организма радужной форели и обеспечивает его оптимальный рост при минимальном уровне потребляемого белка. При этом расчет проводили как по потребности форели в аминокислотах, так и в сравнении с рыбной мукой, которая для радужной форели является идеальной пищей. Анализ данных таблицы 3 показал, что все значения аминокислотного сора больше 100%, следовательно, комбикорм сбалансирован, недостаток в аминокислотах отсутствует. Видно, что наилучшим образом комбикорм сбалансирован по отношению к рыбной муке, а потребности форели удовлетворяются с большим запасом.

**Таблица 3. Аминокислотный скор комбикорма при 10%-ной замене рыбной муки протеиновой мукой**

| Аминокислота          | Аминокислотный скор, % |                       |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|
|                       | по рыбной муке         | по потребности форели |
| Лизин                 | 101                    | 134                   |
| Треонин               | 100                    | 203                   |
| Метионин + цистеин    | 102                    | 103                   |
| Валин                 | 104                    | 129                   |
| Фенилаланин + тирозин | 154                    | 105                   |
| Лейцин                | 113                    | 123                   |
| Изолейцин             | 120                    | 224                   |

Экспериментальное кормление радужной форели осуществляли в течение 30 суток. Первые 10 дней пищевая активность форели на рационе с протеиновой мукой была практически нулевой, поедаемость комбикорма была низкой, большая его часть оставалась в аквариумах. В последующие дни поедаемость повысилась, однако результаты кормления уступали контролю. Такой длительный период привыкания приводит к увеличению кормового коэффициента и снижению приростов. Опыт проводили в трех повторностях.

Как видно из данных таблицы 4, при кормлении комбикормом с 10%-ным уровнем протеиновой муки увеличивается кормовой коэффициент на 24,6%, удельная скорость роста рыбы снижается на 17,7% в сутки. По этой причине, несмотря на снижение стоимости комбикорма за счет ввода этой кормовой добавки, расход корма увеличится в среднем на 24,6%, что приведет к удорожанию кормления. После 25 суток кормления комбикормом с содержанием протеиновой муки в количестве 10% отход форели не наблюдался. При вскрытии все внутренние органы рыб были

Таблица 4. Удельная скорость роста рыб и затраты комбикорма с протеиновой мукой

| Группа                           | Общая масса, г     |                   | Прирост массы, г | Удельная скорость роста, %/сут | Кормовой коэффициент |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|----------------------|
|                                  | в начале кормления | в конце кормления |                  |                                |                      |
| Контрольная                      | 159                | 285               | 126              | 2,360                          | 0,89                 |
| 1 опытная (10% протеиновой муки) | 211                | 313               | 102              | 1,589                          | 1,5                  |
| 2 опытная (10% протеиновой муки) | 200                | 312               | 112              | 1,794                          | 1,3                  |
| 3 опытная (10% протеиновой муки) | 195                | 324               | 129              | 2,051                          | 1,1                  |

Таблица 5. Удельная скорость роста и затраты комбикорма с соевой дезодорированной необезжиренной мукой

| Группа                      | Общая масса, г     |                   | Прирост массы, г | Удельная скорость роста, %/сут | Кормовой коэффициент |
|-----------------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|----------------------|
|                             | в начале кормления | в конце кормления |                  |                                |                      |
| Контрольная                 | 624                | 699               | 75               | 1,77                           | 1,01                 |
| 1 опытная (5% соевой муки)  | 703                | 1094              | 391              | 1,65                           | 1,12                 |
| 2 опытная (13% соевой муки) | 602                | 964               | 362              | 1,76                           | 1,08                 |
| 3 опытная (24% соевой муки) | 606                | 874               | 268              | 1,37                           | 1,35                 |

в норме, признаков патологических изменений в печени и почках не обнаружено.

Во втором варианте опыта изучали влияние на жизнедеятельность форели муки соевой дезодорированной необезжиренной в составе комбикорма. Ею частично заменяли рыбную муку — 5%, 13 и 24%. Такой ввод обуславливает стабильный химический и аминокислотный состав корма.

Химический состав экспериментальных комбикормов, изготовленных по ТУ ВУ 100035627.015-2013 «Комбикорм экструдированный для сеголеток форели», был одинаковым для всех вариантов замены рыбной муки: содержание сырого протеина —  $41,25 \pm 0,39\%$ , сырого жира —  $14,28 \pm 0,29\%$ , клетчатки —  $2,33 \pm 0,33\%$ . Аминокислотный состав был полностью сбалансирован по потребностям радужной форели. Содержание углеводов составляло  $8,23 \pm 0,18\%$ , что не превышает 10%, поэтому не может повлиять на физиологические показатели радужной форели. Энерго-протеиновое отношение экспериментальных комбикормов составило 6,98 ккал/1 г белка. По данным, установленным [9] для интенсивного развития растущей молодежи форели, не откладывающей большого количества жира в теле, оптимальными являются рационы, в которых на 1 г белка приходится около 7 ккал энергии. Исходя из перечисленного выше, испытываемые комбикорма имели идентичный состав, питательную и энергетическую ценность. Единственное их различие в соотношении растительного и животного протеина в их составе. При замещении в рецепте 24% рыбной муки соотношение растительного протеина к животному составляло 70/30. В контрольном комбикорме, наоборот, растительного протеина было только 30%, животного — 70%. В таблице 5 приведена удельная скорость роста и прироста рыб, кормовой коэффициент.

Радужная форель на протяжении всего эксперимента охотно потребляла опытные комбикорма, независимо от процента замены рыбной муки. Кормовой коэффициент находился на уровне значений комбикормов зарубежного производства. В конце опыта провели вскрытие рыбы и оценили состояние внутренних органов. При кормлении контрольным комбикормом внутренние органы находились в нормальном состоянии.

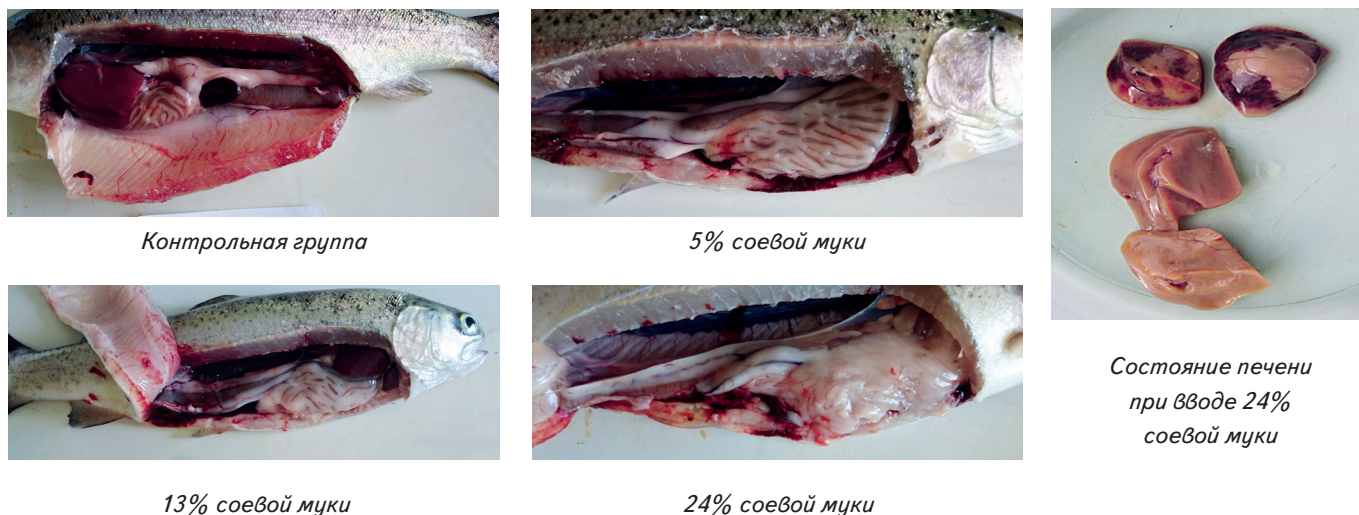
При замене рыбной муки на соевую в количестве 5% кормовой коэффициент увеличился на 9,8% по сравнению с потреблением контрольного комбикорма. Внешний вид и состояние внутренних органов форели соответствовали норме. При повышении содержания соевой муки до 13% кормовой коэффициент увеличился по сравнению с контролем на 6,5%; привесы, удельная скорость роста, физиологическое состояние форели были хорошими. При дальнейшем повышении ввода соевой муки до 24% кормовой коэффициент увеличился на 25%. При вскрытии радужной форели этой группы наблюдалось ожирение внутренних органов и перерождение печени — она стала светло-желтого цвета с жировыми образованиями на поверхности.

Состояние внутренних органов форели при скормлении ей комбикормов с различным содержанием растительного протеина представлено на рисунке 2.

В таблице 6 представлен гепатосоматический индекс печени для форели, которая получала с комбикормом 5%, 13 и 24% соевой муки. Данные показывают, что при потреблении в течение 30 суток комбикорма с соевой мукой в количестве 24% наблюдается увеличение размеров печени. Следует отметить, что гепатосоматический индекс печени форели в возрасте до 2 лет в среднем не должен превышать 1,5% массы рыбы; нормальная масса печени радужной форели — 1–1,4% массы тела.







**Рис. 2. Состояние внутренних органов радужной форели при кормлении ее комбикормом с различным соотношением растительного и животного протеина**

**Таблица 6. Гепатосоматический индекс печени радужной форели**

| Уровень ввода соевой муки в комбикорм, % | Масса рыбы, г | Масса печени, г | Индекс, % |
|------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------|
| 5                                        | 420           | 4,62            | 1,10      |
| 13                                       | 406           | 5,33            | 1,31      |
| 24                                       | 292           | 6,4             | 2,19      |

Анализ экспериментальных данных показал, что протеиновую муку бельгийского производства можно использовать в составе комбикормов для сеголеток лососевых рыб в количестве 5–10%, дезодорированную необезжиренную соевую муку в количестве 5–13%.

При этом дисбаланс соотношения растительного и животного протеина при соблюдении всех остальных показателей (питательной ценности сырья и комбикорма, условий кормления, сбалансированности аминокислотного состава) приводит к нарушению обменных процессов в организме форели, в первую очередь нарушается функция печени, что негативно сказывается на жизнеспособности рыбы.

В связи с этим при составлении рецептур комбикормов необходимо контролировать соотношение растительного и животного протеина.

#### Литература

1. *Сергеева, Т. Н.* Питательная ценность компонентов животного происхождения для радужной форели / Т. Н. Сергеева, Н. П. Нефедова // Вопросы физиологии и биохимии питания рыб: сб. научн. трудов. — М., 1987. — Вып. 52. — С. 34–44.
2. *Остроумова, И. Н.* Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. — СПб.: ГосНИОРХ, 2001. — 372 с.
3. *Wilson, R. P.* Amino Acid and protein / R. P. Wilson // Fish nutrition, 2nd ed. — San Diego (USA): Academic Press, 1989. — P. 111–151.
4. *Остроумова, И. Н.* Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. — СПб.: ГосНИОРХ, 2012. — 564 с.
5. *Щербина, М. А.* Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. — М.: ВНИРО, 2006. — 360 с.
6. *Щербина, М. А.* Переваримость и эффективность использования питательных веществ искусственных кормов у карпа / М. А. Щербина. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 132 с.
7. *Hardy, R. W.* World Aquaculture: issues limiting increased production / R. W. Hardy, G. Kissil // Feeding times. — 1996. — Vol. I. — № 4. — 1996 p.
8. *Goddard, S.* Feed management in intensive aquaculture / S. Goddard. — New-York: Chapman & Hall, 1996. — 193 p.
9. *Philips, A. M.* Trout feed and feeding / A. M. Philips // Manual of Fish Culture. — Part 3 management. — Sec. B. — Hatchery operations. — Ch. 5. — 1970. — 49 p. ■