

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДКИСЛИТЕЛЕЙ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Резюме. Проблема нехватки полноценного пищевого белка глобальна для всего человечества. Восполнить его дефицит возможно, развивая аквакультуру. Для отечественного рыбководства важным направлением является форелеводство, рост которого ограничивает наличие бактериальных инфекций (Дрошев и соавт., 2019). Широкое использование антибиотиков для борьбы с инфекционными заболеваниями привело к появлению антибиотикорезистентных бактерий (Седова Д.А. и соавт., 2024), представляющих опасность для мирового здравоохранения. Для повышения биологической безопасности принимают меры регулирующего характера (Carvalho I.T., 2016; Zhou M., 2020), а также проводят поиск методов, альтернативных антибиотикотерапии. В мировой практике имеется положительный опыт применения фитобиотиков (Шошин Д.Е., Атландерова К.Н., 2025), в том числе растительных экстрактов, для контроля распространения возбудителя йерсиниоза. Также развивают фаготерапию, внедряют иммуностимуляторы. Однако высокая стоимость данных препаратов и длительность разработок ограничивают их использование в форелеводстве. Перспективным решением может быть применение подкислителей — органических кислот и их солей в комбикормах для рыб. В мире в данной области накоплен существенный практический опыт, однако отсутствие современной информации в отечественной профильной литературе ограничивает распространение подкислителей в аквакультуре. В данной статье обобщен мировой опыт по их применению в форелеводстве. Показано, что среди органических кислот были апробированы лимонная, муравьиная, фумаровая, масляная и уксусная кислоты, которые использовали как индивидуально, так и комбинированно. Среди солей органических кислот апробированы диформиат натрия, бутират натрия, диформиат калия. Представлены данные о концентрации подкислителей в комбикормах, начальной массе особей и продолжительности кормления, кратко описаны достигнутые положительные эффекты. Установлено, что наибольшее количество работ было проведено с лимонной кислотой, достигнут положительный эффект. Воздействие бутирата натрия менее выражено. Доказана эффективность комбинации диформиата натрия и фитазы. Объем работ с остальными подкислителями незначителен. Положительный эффект от их использования при выращивании форели выражается в улучшении рыбоводно-биологических показателей за счет подавления нежелательной микрофлоры, повышении усвояемости комбикормов с высоким содержанием растительных компонентов и большем удержании фосфора в теле форели. Сделан вывод о целесообразности интенсификации работ по применению подкислителей в форелеводстве.

Ключевые слова: комбикорма для рыб, радужная форель, подкислители, органические кислоты, органические соли.

MAIN ASPECTS OF ACIDIFIER USING IN AQUAFEEDS FOR RAINBOW TROUT

Abstract. The shortage problem of high-grade dietary protein is global for humanity. It's possible to fill it's deficit by aquaculture developing. The development of trout farming is an important area for domestic fish farming. One of the problems with commercial trout farming is the presence of bacterial infections (Droshev et al., 2019). The widespread antibiotics use to combat infectious diseases has led to the emergence of antibiotic-resistant bacteria (Sedova D.A. et al., 2024), which pose a threat to global health. Regulatory measures are used to enhance biological safety (Carvalho I. T, 2016, Zhou M., 2020), and are also searching for alternative methods to antibiotic

УДК 639.3.05

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2026-04-4-269

АЛЕКСЕЙ ИГОРЕВИЧ БОЧКАРЕВ¹, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела кормов и кормовых компонентов
ORCID: 0000-0002-2747-827X
E-mail: bochkarev@vniro.ru

РОМАН ВИКТОРОВИЧ АРТЕМОВ¹, кандидат технических наук, доцент, директор департамента прикладных исследований комбикормов и научного сопровождения производств
ORCID: 0000-0003-0428-0225
E-mail: artemov@vniro.ru

МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ АРНАУТОВ¹,

кандидат технических наук, начальник отдела кормов и кормовых компонентов
ORCID: 0000-0003-3699-1451
E-mail: arnautov@vniro.ru

ИРИНА ДМИТРИЕВНА РОДИОНОВА¹, старший специалист отдела ВНИРО-ТЕСТ
ORCID: 0009-0009-4299-9709
E-mail: rodionova@vniro.ru

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 19

Поступила в редакцию: 14.04.2026
Одобрена после рецензирования: 22.04.2026
Принята в публикацию: 22.04.2026

UDC 639.3.05

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2026-04-4-269

ALEKSEI I. BOCHKAREV¹, Candidate of Technical Sciences, Head scientist of Feed and Feed Components Department
ORCID: 0000-0002-2747-827X
E-mail: bochkarev@vniro.ru

ROMAN V. ARTEMOV¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Department of Applied Research of Compound Feed and Scientific Support of Production
ORCID: 0000-0003-0428-0225
E-mail: artemov@vniro.ru

MAKSIM V. ARNAUTOV¹, Candidate of Technical Sciences, Head of the Feed and Feed Components Department
ORCID: 0000-0003-3699-1451
E-mail: arnautov@vniro.ru

IRINA D. RODIONOVA¹, Senior specialist of VNIRO-TEST department
ORCID: 0009-0009-4299-9709
E-mail: rodionova@vniro.ru

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19

Received by editor office: 04.14.2026
Approved in revised: 04.22.2026
Accepted for publication: 04.22.2026

therapy. In world practice, there is a positive experience in the use of phytobiotics (Shoshin D.E., Atlanderova K.N., 2025), including plant extracts, to control the spread of the causative agent of yersiniosis. Phage therapy is also being developed and immunostimulants are being introduced. However, the high cost of these drugs and the duration of development limit their use in trout farming. A promising solution is the use of acidifiers — organic acids and their salts in compound feeds for fish. Significant practical experience has been accumulated in this field worldwide, however, the lack of up-to-date information in the domestic relevant literature limits the spread of acidifiers in domestic aquaculture. This article summarizes the world experience in their application in trout farming. It was revealed that citric, formic, fumaric, butyric and acetic acids were tested among organic acids, which were used both individually and in combination. Among the salts of organic acids, sodium diformate, sodium butyrate, and potassium diformate have been tested. Data on acidifier concentrations in compound feeds, the initial weight of individuals and the duration of feeding are presented, and the positive effects achieved are briefly described. It was found that among all the tested acidifiers, the largest number of works were carried out with citric acid, and a positive effect was achieved. The effectiveness of the effects of sodium butyrate is less pronounced. The effectiveness of the combined use of sodium diformate and phytase has been proven. The amount of work with the remaining acidifiers is negligible. The positive effect of their use in trout cultivation is expressed in improving fish-breeding and biological parameters by suppressing undesirable microflora, increasing the efficiency of assimilation of compound feeds with a high content of plant components. The retention of phosphorus by trout individuals also increases. It is concluded that it is advisable to intensify work on the use of acidifiers in trout farming.

Key words: fish feeds, rainbow trout, acidifiers, organic acids, salts of organic acids.

ВВЕДЕНИЕ

Дефицит полноценного белка является сегодня наиболее острой проблемой человечества. К резервам для его восполнения относят продукцию промышленного рыболовства и аквакультуры, динамично развивающейся отрасли в мире. По состоянию на 2022 г. суммарный объем водных животных, включающий продукцию промышленного рыболовства и аквакультуры, по данным ФАО, составил 185,4 млн т. При этом впервые доля искусственно выращенной продукции (51%, или 94,4 млн т) превысила долю выловленной (Состояние мирового рыболовства..., 2024).

Президентом Российской Федерации поставлена задача повышения подушевого потребления рыбной продукции гражданами с текущих 24 кг в год до 28 кг, то есть до уровня, рекомендованного ФАО ВОЗ. Для ее решения необходимо продолжать развивать отечественную аквакультуру, учитывая современные вкусовые предпочтения населения. Одним из видов рыб, пользующимся спросом у покупателей, является радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*). Годовой объем ее искусственного воспроизводства в мире по состоянию на 2022 г. составил 739 500 т. В Российской Федерации в 2024 г. было произведено 72 000 т форели при потребности 147 000 т. Дефицит удовлетворялся за счет импорта (Анализ российского рынка..., 2024). Таким образом, дальнейшее увеличение объемов товарного выращивания форели отечественными рыбододами представляет практический интерес вследствие целесообразности импортозамещения поступающей из-за границы продукции.

При товарном выращивании рыбы, в том числе радужной форели, применяют высокую (до 40 кг/м³) плотность посадки. Рыбу разводят в садках, водоемах либо в установках

Литература/Literature

1. Анализ российского рынка форели в 2024 году (Электронный ресурс) URL <https://fishnews.ru/news/49463>. Дата обращения 04.08.2025.
2. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры — 2024 (Электронный ресурс) URL <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0683ru>. Дата обращения 27.10.2025.
3. Дрошев, А. Е. Микробиологический мониторинг возбудителей инфекционных болезней лососевых рыб в северо-западном регионе / А. Е. Дрошев, Е. А. Завьялова, К. Ю. Булина // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. — 2019. — № 3 (43). — С. 47–52. — doi: 10.24411/2074-5036-2019-10038.
4. Shah, S. Z. H. Prospects of Using Citric Acid as Fish Feed Supplement / S. Z. H. Shah, M. Afzal, S. Y. Khan, S. M. Husain, R. Z. Habib // International journal of agriculture & biology. — 2015. — 17. — P. 1–8.
5. Седова, Д. А. Распространение генов резистентности к антибиотикам в объектах и компонентах экосистем аквакультуры (обзор) / Д. А. Седова, М. А. Сазыкина, П. В. Журавлев, М. А. Морозов, Т. О. Барабашин, И. С. Сазыкин // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2024. — 7, 1. — С. 65–82. — doi: 10.26428/1606-9919-2015-181-216-230.
6. Chen, J. Application of Organic Acid Salts as Feed Additives in Some Aquatic Organisms: Potassium Diformate / J. Chen, S. He, Z. Zhang [et al.] // Fishes. — 2024. — 9(85). — P. 1–9. — doi: 10.3390/fishes9030085.
7. Carvalho, I. T. Antibiotics in the aquatic environments: a review of the European scenario / I. T. Carvalho, L. Santos // Environment international. — 2016. — 94. — P. 736–757. — doi: 10.1016/j.envint.2016.06.025.
8. Zhou, M. Antibiotics control in aquaculture requires more than antibiotic-free feeds: A tilapia farming case / M. Zhou, S. Yu, B. Hong, J. Li, H. Han, G. Qie // Environmental Pollution. — 2021. — 268. — part B. — P. 1–8. — doi: 10.1016/j.envpol.2020.115854.
9. Шошин, Д. Е. Использование фитохимических веществ в кормлении крупного рогатого скота (обзор) / Д. Е. Шошин, К. Н. Атландерова // Сельскохозяйственная биология. — 2025. — 60, 2. — С. 220–224. — doi: 10.15389/agrobiology.2025.2.220rus.



замкнутого водоснабжения. Наряду с высокой технологичностью процессов имеется существенный недостаток — повышенная вероятность распространения бактериальных инфекций. Так, Дрошев Е.А. и соавт. (2019) при мониторинге возбудителей инфекционных заболеваний лососевых рыб провели 442 исследования, в 75 случаях они выявили вирулентную бактериальную микрофлору, как грамотрицательную, так и грамположительную. Наиболее часто обнаруживали возбудителей йерсиниоза, миксобактерии и псевдомонады.

Для борьбы с бактериальными инфекциями в птицеводстве, животноводстве и рыбоводстве в общемировой практике широко применяется антибиотикотерапия. Этому в немалой мере способствовали успехи в создании эффективных антибактериальных препаратов, созданных за последние 20 лет. Но начиная с 90-х годов прошлого века негативные факторы от их использования (возникновение тяжелых аллергических реакций у людей, появление антибиотикорезистентности у рыб, передача резистентных генов человеку по цепочке питания) привели к формированию невосприимчивости к современным антибиотикам (Shah S. Z. H. и соавт., 2015). Российскими и зарубежными исследователями показано, что существует значительное количество источников поступления антибиотиков в окружающую среду: остатки несъеденных комбикормов, содержащих антибиотики, фекалии рыб, медицинские отходы, канализационные стоки. Содержащие антибиотикорезистентные гены бактерии были обнаружены в различных странах: Франции, Финляндии, Китае, Таиланде, Бангладеш, Чили (Седова Д.А. и соавт., 2024).

В настоящее время мировое научное сообщество ищет пути повышения биологической безопасности, для чего принимаются новые законодательные акты и проводятся новые научные изыскания. В этой связи в странах ЕС был введен полный запрет на использование антибиотиков в профилактических целях (Chen J. и соавт., 2024), применение возможно лишь при выявлении бактериальных инфекций (Carvalho I. T. и соавт., 2016; Zhou M. и соавт., 2020). В Российской Федерации также наблюдается постепенное ужесточение контроля: с 2025 г. для ряда препаратов предусматривается рецептурный отпуск.

Наряду с разработкой новых эффективных антибиотиков, проводятся исследования по повышению биологической безопасности с помощью методов, альтернативных антибиотикотерапии. В животноводстве, при разведении крупного рогатого скота, имеется положительный опыт применения фитобиотиков, снижающих воспалительную активность, улучшающих микробиом пищеварительной системы и иммунный статус животных (Шошин Д.Е., Атландерова К.Н., 2025). За последние 10 лет представлены результаты объемных исследований по внедрению растительных экстрактов для контроля распространения возбудителя йерсиниоза грамотрицательной бактерии вида *Y. ruckeri* при товарном выращивании радужной форели (Abdel-Latif H.M.R. и соавт., 2025). Также проводятся исследования по применению фаготерапии и иммуностимуляторов: астаксантина, витаминов, β-глюканов. Однако распространение фаготерапии сопряжено со значительными затратами на разработки и с их длительностью. Кроме того, получаемые фаги обычно узкоспецифичны по своему воздействию.

10. Abdel-Latif, H. M. R. Control of Yersiniosis in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: innovative non-antibiotic feed based strategies (a review) / H. M. R. Abdel-Latif, T. Citarasu, E. Turgay [et al.] // *Ann. Anim. Sci.* — 2025. — 25, 3. — P. 793–814. — doi: 10.2478/aoas-2024-0087.
11. Sardar, P. Acidifiers in aquafeed as an alternate growth promoter (a short review) / P. Sardar, N. Shamna, N. P. Sahu // *Animal Nutrition and Feed Technology.* — 2020. — 20. — P. 353–366. — doi: 10.5958/0974-181X.2020.00032.3.
12. Wilke, T. Acidifier concepts in aquafeed. Technical and functional considerations / T. Wilke // *Aquafeed: advances in processing & formulation.* — 2015. — 7, 2. — P. 1–4.
13. Li, X. Citric acid substituted the inclusion of inorganic phosphorus in diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / X. Li, W. Cui, X. Leng // *Aquaculture Research.* — 2015. — 48 (3). — P. 1–10. — doi: 10.1111/are.12951.
14. Sugiura, S. H. Effects of dietary supplements on the availability of minerals in fish meal; preliminary observations / S. H. Sugiura, F. M. Dong, R. W. Hardy // *Aquaculture.* — 1998. — 160. — P. 283–303. — doi: 10.1016/S0044-8486(97)00302-5.
15. Cao, K. Supplementation of a multienzyme complex, an organic acid-essential oil complex, and prebiotic alone or in combination affects growth, nutrient utilization, and immune function of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / K. Cao, Y. Wang, M. Li, C. Zhang [et al.] // *Aquaculture Nutrition.* — 2022. — 3. — P. 1–15. — doi: 10.1155/2022/1068537.
16. Lückstädt, C. Acidifiers in Aqua Feeds: A Solution for Antibiotic-Free Feeding of Fish and Shrimp / C. Lückstädt // *Aqua Feeds: Formulation & Beyond.* — 2006. — 3 (4). — P. 1–6.
17. Lückstädt, C. Use of organic acids as feed additives — sustainable aquaculture production the non-antibiotic way / C. Lückstädt // *International Aquafeed.* — 2006. — P. 21–23.
18. Lückstädt, C. The use of acidifiers in fish nutrition / C. Lückstädt // *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources.* — 2008. — 3 (044). — P. 1–6. — doi: 10.1079/PAVSNNR20083044.
19. Lin, X. Dietary sodium butyrate changed intestinal histology and microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), but did not promote growth and nutrient utilization / X. Lin, C. Zhang, K. Cao [et al.] // *Aquaculture Nutrition.* — 2023. — P. 1–9. — doi: 10.1155/2023/3706109.
20. Khoshhava, M. B. The effects of concurrent of citric acid and soybean-based diets on growth performance, body composition, haemobiochemical indices, digestibility and

Иммуностимуляторы эффективны, но имеют более высокую по сравнению с органическими кислотами стоимость.

В свете изложенного выше в качестве альтернативы антимикробным препаратам целесообразно рассматривать органические кислоты и их соли, называемые также подкислителями. Первые представляют собой жидкости, вторые — порошкообразные продукты. Указанные соединения вводят в комбикорма на стадии смешивания компонентов.

Органические кислоты — это группа веществ, которые содержат углеродную цепь и проявляют свойства слабых кислот. Первоначально они получили распространение в рыбной отрасли СССР во второй половине прошлого столетия из-за их консервирующих свойств. Уксусная и муравьиная кислоты применялись для консервации отходов рыбопереработки, которые затем использовали в качестве корма для свиней и крупного рогатого скота. За рубежом органические кислоты рассматривались не только как консерванты, но и как компоненты кормов для рыб. Их существенными преимуществами являются доступность и невысокая стоимость: в настоящее время на рынке представлен широкий перечень кислот в жидкой форме, в виде солей различных кислот и в меньшей степени в виде микрокапсул (Sardar P. и соавт., 2020). В качестве недостатков следует отметить необходимость жесткого соблюдения мер безопасности технического персонала при работе с кислотами на производствах, а также важность своевременной санитарной обработки технологического оборудования, так как остатки кислот на поверхности рабочих органов могут приводить к их коррозии (Wilke T., 2015).

В настоящее время работы с органическими кислотами проводятся по двум основным направлениям. В первом случае производители стремятся создать многокомпонентные коммерческие смеси с широким спектром свойств. Вначале это были две органические кислоты, а затем, приблизительно с середины 2010-х годов, — три и более (Wilke T., 2015). Во втором случае более детально исследовались уже апробированные и применяемые индивидуально органические соединения в составе рыбных комбикормов. Также имеется небольшой объем публикаций, посвященных органическим кислотам как антимикробным агентам, которые положительно влияют на микрофлору рыбных кормов и их компонентов.

Из зарубежных литературных источников известно, что подкислители оказывают положительное влияние на рыб. Оно выражается в улучшении рыбоводно-биологических показателей — интенсификации роста, увеличении выживаемости особей, повышении удержания кальция, фосфора и некоторых других минеральных веществ (Li X. и соавт., 2015; Sugiura S.H. и соавт., 1998; Cao K. и соавт., 2022), улучшенном переваривании кормов, в которых используется значительное количество растительных компонентов при замене кормовой рыбной муки (Lückstädt C., 2006, 2006, 2008; Lin X. и соавт., 2023; Khoshhava M.B. и соавт., 2021). Кроме того, органические кислоты способствуют уничтожению патогенной микрофлоры в комбикормах, в желудке и кишечнике рыб при поедании, а также препятствуют распространению бактерий из рыбных фекалий после их выведения и попадания в водную среду (Jaafar R.M. и соавт., 2012; Ng W.-K., Koh C.-B., 2016). Выраженные антимикробные свойства орга-

- fatty acid profile in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* / M. B. Khoshhava, A. A. Kenari, M. K. Mirzakhani // *Aquaculture Nutrition*. — 2021. — P. 1–12. — doi: 10.1111/anu.13306.
21. Mirghaed, A.T. Dietary sodium butyrate (ButirexVR C4) supplementation modulates intestinal transcriptomic responses and augments disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / A. T. Mirghaed, P. Yarahmadi, M. Soltani, H. Paknejad, S. M. Hoseini // *Fish Shellfish Immunology*. — 2019. — 92. — P. 621–628. — doi:10.1016/j.fsi.2019.06.046.
 22. Jaafar, R. M. Gut microbiota changes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during organic acid feed supplementation and *Yersinia ruckeri* infection / R. M. Jaafar, P. W. Kania, A. H. Larsen [et al.] // *Journal of Fish Diseases*. — 2012. — 36 (6). — P. 599–606. — doi: 10.1111/jfd.12047.
 23. Ng, W.-K. The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals / W.-K. Ng, C.-B. Koh // *Reviews in Aquaculture*. — 2016. — Vol. 9. — Issue 4. — P. 1–22. — doi: 10.1111/raq.12141.
 24. Pelyuntha, W. Effectiveness of the organic acid-based antimicrobial agent to prevent bacterial contamination in fish meal / W. Pelyuntha, A. Yafa, B. Charoenwong, K. Vongkamjan // *Animals*. — 2022. — 12. — 9 p. — doi: 10.3390/ani12233367.
 25. Vielma, J. Supplemental citric acid and particle size of fishbone meal influence the availability of minerals in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) / J. Vielma, K. Ruohonen, S. P. Lall // *Aquaculture Nutrition*. — 1999. — 5. — P. 65–71. — doi: 10.1046/j.1365-2095.1999.00092.x.
 26. Hernández, A. J. Supplementation of citric acid and amino acid chelated trace elements in low fish meal diet for rainbow trout affect growth and phosphorus utilization / A. J. Hernández, S. Satoh, V. Kiron // *Journal of the world aquaculture society*. — 2012. — 43 (5). — P. 688–696. — doi: 10.1111/J.1749-7345.2012.00589.X.
 27. Singh, S.K. Effect of Dietary Inclusion of Citric Acid with Phytase as Supplement on Growth Responses of Rainbow Trout / S K. Singh, M. P. Bhandari, P. Timalisina // *Turkish Journal of Agriculture*. — Food Science and Technology. — 2020. — 8 (11). P. 2355–2360. — doi: 24925/turjaf.v8i11.2355-2360.3574.
 28. Pandey, A. Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* / A. Pandey, S. Satoh // *Fisheries Science*. — 2008. — 74. — P. 867–874. — doi: 10.1111/j.1444-2906.2008.01601.x.

нических кислот достигаются за счет их способности сдвигать pH среды желудочно-кишечного тракта рыб в кислую сторону. Это ингибирует развитие патогенной микрофлоры рыб и одновременно способствует развитию нормальной.

К сожалению, в отечественной литературе отсутствует современная научная информация касательно практического применения подкислителей в форелеводстве, что сдерживает развитие данной отрасли. Представление актуальных зарубежных данных по данному вопросу будет способствовать внедрению подкислителей в рецептуры отечественных комбикормов для форели. Это и обуславливает основную цель данной статьи.

МЕТОДОЛОГИЯ

Цель статьи — обобщение современных данных в области научных исследований и практического применения органических кислот в составе комбикормов для радужной форели. Обзор научной литературы проведен путем анализа публикаций и поиска информации в различных базах данных научного цитирования (РИНЦ, КиберЛенинка, AquaDocs, Google Академия, PubMed, ScienceDirect, ResearchGate).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ литературных источников показал, что антимикробным свойствам подкислителей в компонентах и комбикормах для рыб посвящено незначительное количество публикаций. В одной из них представлены результаты исследований (W. Pelyuntha и соавт., 2022), в которых изучалась возможность подавления роста бактерий рода *Salmonella* в образцах предварительно подвергнутой обсеменению кормовой рыбной муки. В качестве антимикроб-

ного препарата применялся промышленно используемый коммерческий препарат, представляющий собой смесь муравьиной и пропионовой кислот в сочетании с поверхностно-активным веществом. В четырех образцах рыбной муки (содержание белка от 53,2 до 67,5%), обсемененных бактериями рода *Salmonella*, внесение препарата в дозировке 3 кг/т уже через сутки позволило уничтожить эти болезнетворные микроорганизмы, и в образцах, хранимых в течение 97 дней, не было отмечено их повторного проявления. Таким образом, показано, что препарат является эффективным ингибитором роста бактерий рода *Salmonella* и может быть использован в качестве консерванта при хранении кормовой рыбной муки в изученном временном диапазоне.

Органические кислоты

В дальнейшем авторами статьи были обобщены данные об органических кислотах, вводимых в состав комбикормов для радужной форели, а именно: об их концентрациях и основных эффектах от применения (табл. 1). Больше всего исследований посвящено лимонной кислоте, работы с ней были начаты в 90-х годах и продолжаются в настоящее время. Различные научные коллективы изучали ее влияние на рыбоводно-биологические показатели (интенсивность роста, эффективность конверсии корма и др.), а также на удержание особями форели минеральных веществ: кальция, магния и особенно фосфора, интенсификация накопления которого, с одной стороны, положительно влияет на структуру костной ткани рыб (форели, в частности), а с другой — одновременно снижает его количество в водной среде, тем самым повышая ее безопасность для объектов товарного рыбоводства.

29. Pandey, A. Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* / A. Pandey, S. Satoh // *Journal of Environmental Biology*. — 2014. — 35. — P. 1081–1085. — doi: 10.1111/j.1444-2906.2008.01601.x.
30. Vielma, J. Dietary formic acid enhances apparent digestibility of minerals in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) / J. Vielma, S. P. Lall // *Aquaculture Nutrition*. — 1997. — P. 265–268. — doi: 10.1111/j.1365-2095.1997.00041.x.
31. Morken, T. Sodium diformate and extrusion temperature affect nutrient digestibility and physical quality of diets with fish meal and barley protein concentrate for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / T. Morken, O. F. Kraugerud, F. T. Barrows [et al.] // *Aquaculture*. — 2011. — 3 (17). — P. 138–145. — doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.020.
32. Morales, G. A. Phytase and sodium diformate supplementation in a plant-based diet improves protein and mineral utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / G. A. Morales, V. Denstadli, S. A. Collins [et al.] // *Aquaculture nutrition*. — 2015. — 4. — P. 1–11. — doi: 10.1111/anu.12340.
33. Gao, Y. Supplementation of fishmeal and plant protein-based diets for rainbow trout with a mixture of sodium formate and butyrate / Y. Gao, T. Storebakken, K. D. Shearer, M. Penn, M. Øverland // *Aquaculture*. — 2011. — 311. — P. 233–240. — doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.11.048.
34. Pelusio, N. F. Effects of increasing dietary level of organic acids and nature-identical compounds on growth, intestinal cytokine gene expression and gut microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at normal and high temperature / N. F. Pelusio, B. Rossi, L. Parma [et al.] // *Fish Shellfish Immunol*. — 2025. — 107 (Pt A). — P. 324–335. — doi: 10.1016/j.fsi.2020.10.021.
35. Sugiura, S. H. Dietary acidification enhances phosphorus digestibility but decreases H⁺/K⁺-ATPase expression in rainbow trout / S. H. Sugiura, P. K. Roy, R. P. Ferraris // *J. Exp. Biol*. — 2006. — 209. — P. 3719–3728. — doi: 10.1242/jeb.02436.
36. Huyben, D. Dietary microencapsulated blend of organic acids and plant essential oils affects intestinal morphology and microbiome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / D. Huyben, M. Chiasson, J. S. Lumsden, P. H. Pham, M. A. K. Chowdhury // *Microorganisms*. — 2021. — 9(10). — P. 1–11. — doi: 10.3390/microorganisms9102063.

Таблица 1. Эффективность использования органических кислот в комбикормах для радужной форели

Компонент	Концентрация	Продолжительность кормления, сут.	Начальная масса рыб, г	Рыбоводно-биологический эффект	Исследователи
Лимонная кислота, микроэлементы в желатинной форме	Лимонная кислота — 1 г/кг корма; аминокислотные желаты микроэлементов в концентрациях, эквивалентных: 40 мг/кг цинка + 20 мг/кг марганца + 4 мг/кг меди в неорганической форме	84	13,2	Внесение лимонной кислоты или микроэлементов (без комбинирования) позволяет: • увеличить скорость роста рыб (коэффициенты — 1,81 и 1,87 при 1,64 в контрольной группе); • комбинированное и раздельное внесение микроэлементов и лимонной кислоты приводит к нормализации содержания фосфора (4,2—4,6 мг/г при норме 4—8 мг/г)	Hernández, Satoh, Kiron, 2012
Лимонная кислота	20 и 50 г/кг корма	80	256,4	Улучшение доступности кальция и фосфора	Sugiura и соавт., 1998
Лимонная кислота	50 г/кг корма	7	151—154	Улучшение доступности минеральных соединений, в том числе кальция, фосфора, стронция и цинка. Отсутствие негативного влияния от потребления корма, содержащего растительные компоненты	Sugiura и соавт., 2000
Лимонная кислота	4; 8 и 16 г/кг корма	42	3,0	Показано, что pH среды, достигаемый за счет изменения концентрации лимонной кислоты, не влияет на биодоступность фосфора. Уменьшение крупности помола рыбной муки приводит к повышению биодоступности фосфора после потребления комбикорма радужной форелью	Vielma J. и соавт., 1999
Лимонная кислота	Лимонная кислота 0; 10 и 20 г/кг корма, соевая мука (как заменитель рыбной)	60	7,84	Давление 20 г/кг лимонной кислоты без использования соевой муки обеспечивает наилучшие зоотехнические показатели: • коэффициент роста 2,95 против 2,14 в контрольной группе; • коэффициент конверсии 1,31 против 5,21 в контрольной группе. Внесение лимонной кислоты способствует повышению переваримости кормов, содержащих соевую муку	Hoshihava и соавт., 2021
Лимонная кислота	4; 8; 12 и 16 г/кг корма	60	113,6;	Увеличение удержания фосфора в костях форели; возможность замены монокальцийфосфата добавлением лимонной кислоты (концентрация 8—12 г/кг корма). Интенсификация роста	Li и соавт., 2015
Лимонная кислота, молочная кислота	10 г/кг корма (для обеих кислот)	84	2,67	Улучшение скорости роста и удержания фосфора на кормах с низким содержанием рыбной муки	Pandey, Satoh, 2008
Лимонная кислота и цитрат натрия	10 и 50 г/кг корма	75	232,0	Улучшение доступности кальция, фосфора, магния, железа, марганца и стронция	Sugiura и соавт., 1998
Лимонная кислота, фитаза	Лимонная кислота — 0,5; 1; 1,5%; фитаза — 1200 фитазных ед.	180	52,3	Внесение 1,5% лимонной кислоты и фитазы (1200 ед.) интенсифицирует рост форели. Повышается усвоение фосфора за счет усиления гидролиза в желудке, улучшается адсорбция минеральных веществ, подавляется активность патогенной микрофлоры	Singh и соавт., 2020
Муравьиная кислота	4 и 10 г/кг корма	8	520,0	Улучшение усвояемости кальция, фосфора и магния	Vielma, Lall, 1997
Муравьиная кислота, фумаровая кислота, уксусная кислота	10 г/кг корма	84	2,67	Внесение фумаровой кислоты увеличивает удержание фосфора. Из исследованных она наиболее предпочтительна	Pandey, Satoh, 2014
Уксусная кислота	50 г/кг корма	14	234,4	Улучшение усвоения фосфора. Отсутствие влияния на эндогенную секрецию кислот. Снижение pH в желудке и неизменность pH в кишечнике	Sugiura и соавт., 2006
Смесь органических кислот (сорбиновая, фумаровая, яблочная и лимонная) и эфирных масел (тимол, ванилин и эвгенол)	300 мг/кг корма	28	122,0	Увеличение длины ворсинок кишечника и отсутствие его воспаления. Выявлено, что применение корма, содержащего органические кислоты и эфирные масла, влияет на микробиом кишечника рыб, при этом уменьшается количество патогенной микрофлоры.	Huypen и соавт., 2021



Таблица 2. Эффективность использования солей органических кислот в комбикормах для радужной форели

Компонент	Концентрация соли	Продолжительность кормления, сут.	Начальная масса рыб, г	Рыбоводно-биологический эффект	Авторы работы
Диформиат натрия (под торговой маркой коммерческого продукта)	10,6 г / кг корма	24	520,0	Улучшение переваримости основных нутриентов, аминокислот и качество кормов, содержащих ячменный белок	Morken и соавт., 2011
Диформиат натрия, фитаза	Диформиат натрия — 10 г / кг корма; фитаза — 0,8 г / кг корма (эквивалент 4000 фитазных ед.)	65	120,0	Корм на основе растительных компонентов, содержащий диформиат натрия и фитазу, позволяет: <ul style="list-style-type: none"> • повысить удержание фосфора (P) на 50%; • уменьшить выделение азота (N) в воду на 13%; • добиться наибольшей интенсивности роста (температурный коэффициент роста составляет 2,43 против 2,25 в контрольной группе) 	Morales и соавт., 2015
Бутират натрия (под торговой маркой коммерческого продукта)	1,5; 2,5 и 5 г / кг корма	45	34,97	Увеличение активности кишечного лизоцима и бактериальной активности. Повышенная экспрессия лизоцима, антиоксидантных ферментов, соединительных белков. После заражения бактериями <i>Streptococcus iniae</i> более высокую выживаемость показали рыбы, которым давали корм с бутиратом натрия в концентрации 2,5 и 5 г / кг. Добавление 5 г бутирата натрия рекомендовано в качестве средства для снижения смертности рыб	Mirghaed и соавт., 2019
Бутират натрия	Бутират натрия — 0; 1; 2 г / кг корма; соевая мука — 100 и 200 г / кг корма	56	29,9	Внесение 2 мг / кг бутирата натрия в корма, содержащие соевую муку, способствует увеличению толщины и ширины ворсинок кишечника, а также толщины мышц. Ростовые показатели и эффективность усвоения корма остаются неизменными, но улучшается морфология кишечника и микробиом	Lin и соавт., 2023
Бутират натрия, формиат натрия	10 г / кг корма бутирата натрия в смеси с формиатом натрия (20 г / кг корма)	50	940,0 / 230,0	Отсутствие воздействия на морфологию дистального отдела кишечника. Смесь бутирата натрия и формиата натрия не приводила к повышению эффективности усвоения корма, содержащего растительный белок	Gao и соавт., 2011
Диформиат калия, пробиотик (под торговой маркой коммерческого продукта)	Диформиат калия — 12 г / кг корма; пробиотик — 1,5 г / кг корма	56	25,0	Увеличение скорости роста рыб; повышение активности липаз, протеаз и амилаз; уменьшение содержания кортизола и глюкозы	Pelusio и соавт., 2020

Так, J. Vielma и соавт. (1999) изучали влияние двух факторов на биодоступность фосфора — крупности помола кормовой рыбной муки, полученной из сельди, и концентрации лимонной кислоты. В составе комбикормов была апробирована мука «грубого» помола, содержащая фрагменты костей значительных размеров — 250–450 мкм, и мука «удовлетворительного» помола, с величиной измельченных частиц менее 68 мкм. Концентрация лимонной кислоты, в зависимости от рецепта корма, составляла 4; 8 и 16 г/кг. Было выявлено, что из двух факторов наибольшее влияние оказывает крупность помола — с ее уменьшением биодоступность фосфора улучшается: при выкармливании форели на рационе с рыбной мукой «удовлетворительного» помола содержание фосфора в рыбе составило 3370 мкг/кг, в то время как с мукой «грубого» помола оно снижалось до 2970 мкг/кг. При этом увеличение в корме концентрации лимонной кислоты с 4 до 16 г/кг приводило к повышению уровня фосфора в форели лишь с 3100 до 3130 мг/кг. Таким образом, положительное влияние лимонной кислоты на биодоступность фосфора для радужной форели незначительно, а крупности помола муки — более выражено.

A.J. Hernández и соавт. (2012) изучали влияние внесения лимонной кислоты и микроэлементов (комбинация цинка, марганца и меди) на величину удержания фосфора в организме радужной форели, а также на рыбопродуктивные показатели при ее выращивании. Установлено, что совместное применение микроэлементов и лимонной кислоты неэффективно: при добавлении лимонной кислоты в количестве 1 г/кг корма и смеси микроэлементов удержание фосфора составило 34,4% против 33,2% в контрольной группе. В то же время при раздельном их внесении данный показатель увеличился: при использовании лимонной кислоты — до 50,4%, микроэлементов (40 мг/кг цинка + 20 мг/кг марганца + 4 мг/кг меди) — до 50,7%. Кроме того, коэффициенты эффективности роста составили соответственно 1,81 и 1,87% в день против 1,64% в контрольной группе. Использование лимонной кислоты, в целом, признано авторами эффективным.

S.K. Singh и соавт. (2020) изучали влияние различных концентраций (0,5; 1,0 и 1,5%) лимонной кислоты на эффективность выращивания радужной форели с целью определения ее оптимального значения для внесения в состав комбикормов, содержащих сою в качестве заменителя кормовой рыбной муки. Также во все рецепты была добавлена фитаза, способствующая деструкции антипитательных веществ. Увеличение концентрации кислоты от 0,5 до 1,5% интенсифицировало ежедневный прирост массы (коэффициент увеличился с 0,9 до 1,1 при значении 0,8 в контрольной группе) и повысило усвоение корма, что выразилось в снижении коэффициента конверсии корма с 2,7 до 2,2 при 2,8 в контрольной группе. При внесении 0,5% лимонной кислоты выжива-

емость форели составляла 88%, что на 4% ниже, чем в контроле. Однако при дозировке лимонной кислоты до 1,5% выживаемость увеличилась до 91% и была сходной с контрольной группой. Достигнутую положительную динамику авторы объясняли в первую очередь снижением величины pH в пищеварительном тракте форели и вследствие этого повышением доступности фосфора и других макро- и микроэлементов, а также уничтожением нежелательной микрофлоры. Использование фитазы и лимонной кислоты в кормах для радужной форели они считают перспективным методом, позволяющим повысить эффективность товарного выращивания данного вида рыб.

A. Pandey и S. Satoh (2008) провели сходные исследования: изучено влияние лимонной и молочной кислот на эффективность выращивания форели и усвоение фосфора. Кислоты вводили в комбикорма по 10 г/кг. Результаты не показали их положительного влияния на эффективность товарного выращивания: коэффициенты интенсивности роста форели составляли 1,98 и 1,92% при 2,00% в контрольной группе и 2,07% при кормлении комбикормом, содержащим дополнительный источник фосфора — дигидрофосфат кальция. Вместе с тем было установлено, что использование лимонной кислоты обеспечивало максимальную среди всех опытных групп концентрацию фосфора в мышечной ткани, равную 113 мг/г и идентичную его содержанию в особях, потреблявших комбикорм с дополнительным источником фосфора. Таким образом, авторы считают возможным заменять в комбикорме дополнительные источники фосфора лимонной кислотой, добиваясь тем самым его оптимального содержания в особях радужной форели за счет повышения усвоения. Позднее (2014) этот же коллектив провел сходные исследования по изучению влияния фумаровой, муравьиной и уксусной кислот на рыбопродуктивные показатели выращивания форели и эффективность усвоения фосфора. Результаты показали, что применение данных кислот, особенно фумаровой, также дало положительный эффект.

J. Vielma и S.P. Lall (1997) исследовали влияние муравьиной кислоты на эффективность переваривания фосфора радужной форелью (средний вес особей группы 520 г) при скармливании ей рациона с низким содержанием данного макроэлемента. Внесение кислоты в количестве 10 мл/кг корма существенно повышало доступность фосфора: коэффициент его переваримости увеличился с 69,5 до 75,0%. Это объясняется снижением величины pH комбикорма с 6,3 до 5,3, что в свою очередь влияло на pH кишечника форели. При этом, однако, авторами не выявлено четкой зависимости растворимости фосфора в пищеварительном тракте форели от pH среды. Рекомендовано применять муравьиную кислоту концентрацией 10 мл/кг корма для повышения эффективности переваривания фосфора особями радужной форели. ⇒

Соли органических кислот

Также были обобщены данные о практическом применении солей органических кислот в составе комбикормов для радужной форели. Результаты представлены в таблице 2.

T. Morken и соавт. (2011) исследовали влияние диформиата натрия (источник муравьиной кислоты) и температуры экструзии на структурно-механические характеристики гранул комбикорма для радужной форели. Конечной целью работ являлось изучение принципиальной возможности использования диформиата натрия (дозировка 10,6 г/кг комбикорма) в качестве вещества, которое способствует повышению переваримости корма, содержащего значительное количество растительных компонентов с высокой концентрацией связующих веществ, например крахмала. Установлено, что при возрастании температуры экструзии со 110°C до 141°C, как и при внесении диформиата натрия, улучшались структурно-механические характеристики гранул. Так, коэффициент расширения гранул уменьшился с 2,1 до 1,9%, прочность увеличилась с 92,5 до 94,1%, при незначительном снижении твердости — с 26,1 до 25,1 Н. Использование диформиата натрия привело к незначительному расширению гранул — соответствующий коэффициент увеличился с 1,3 до 2,7, прочность — с 91,7 до 94,9%, твердость — с 25,0 до 26,1 Н. Также отмечалось увеличение переваримости сырого протеина: с 82,6 до 84,1% при повышении температуры экструзии, с 82,8 до 83,8% при добавлении диформиата натрия; переваримость липидов — соответственно с 94,0 до 94,3% и с 93,5 до 94,8%. Авторы рекомендовали использовать диформиат натрия в качестве компонента, способствующего повышению переваримости питательных веществ и улучшению структурно-механических характеристик комбикормов для радужной форели.

G.A. Morales и соавт. (2015) изучили влияние диформиата натрия (10 г/кг корма) и микробиальной фитазы (0,8 г/кг корма) при их раздельном и комбинированном внесении в комбикорм, состоящий преимущественно из компонентов растительного происхождения, на рыбоводно-биологические показатели товарного выращивания форели, эффективность удержания минеральных веществ, включая фосфор, а также на интенсивность его накопления в воде. Результаты показывают, что применение диформиата натрия в выбранной концентрации неэффективно: коэффициент конверсии корма в данном случае был одинаков с контрольной группой и составил 0,84. Однако его использование совместно с фитазой было более эффективным: коэффициент конверсии корма снизился до 0,79. Также это положительно сказалось на перевариваемости фосфора, которая достигала максимального значения — 75,7%. В то же время при индивидуальном внесении диформиата натрия она практически не изменилась — 38,8% против 37,9% в контрольной группе. Сходная закономерность была выявлена для магния (56,8% против 39,2%), а также для цинка и кальция. Переваримость протеина при этом существенно не менялась для всех апробированных рецеп-

тов, но была высокой — от 90,4% в контрольной группе до 92,0% при скармливании комбикорма, содержащего фитазу. Авторы также установили, что выделение фосфора в водную среду вследствие повышения эффективности его удержания радужной форелью сократилось на 50%. Комбинированное применение фитазы и диформиата натрия признано эффективным методом повышения качества кормов на растительной основе, обеспечивающим наилучшие рыбоводно-биологические показатели.

Некоторые исследования были посвящены применению соли масляной кислоты — бутирата натрия. Так, X. Lin и соавт. (2023) изучали его воздействие на рыбоводно-биологические показатели выращивания и изменение микробиоты кишечника особей радужной форели с начальной массой 29,9 г. Конечная цель работ — установить возможность практического использования данной соли в рецептах комбикормов с пониженным содержанием рыбной муки при частичной ее замене на соевую. В первый вариант рецепта из расчета на 1 кг корма вводили 200 г рыбной муки, во второй — 100 г и сюда же добавляли 175 г соевой муки, уменьшая по массе содержание других компонентов (пшеничной муки и пр.). В кормах применяли бутират натрия в виде микрокапсул, концентрация чистого бутирата составляла 0,05 и 0,1 г/кг корма. Выявлено, что на рыбоводно-биологические показатели выращивания форели влияет в первую очередь дозировка рыбной муки, а не соли масляной кислоты: коэффициенты конверсии корма при вводе муки в количестве 200 г/кг и внесении 0,05 и 0,1 г/кг соли составили соответственно 1,08 и 1,09, при 1,04 в контроле. При использовании рыбной муки из расчета 100 г на 1 кг корма при аналогичных концентрациях бутирата натрия коэффициенты конверсии увеличились до 1,17 и 1,3, при 1,12 в контроле. Также с внесением бутирата натрия незначительно снижалась активность пищеварительных ферментов липазы (с 0,69 при скармливании контрольного низкопротеинового корма до 0,53 при концентрации соли 1,0 г/кг) и амилазы (с 96,84 до 25,80). Вместе с тем авторами отмечен основной положительный эффект от применения бутирата натрия — увеличение длины ворсинок кишечника и снижение количества патогенной микрофлоры, что способствует улучшению микробиома кишечника и здоровья рыб. Сходные работы, посвященные применению бутирата натрия в рационе форели, с получением выраженного положительного эффекта были проведены Mirghaed и соавт. в 2019 г.

Y. Gao и соавт. (2011) исследовали влияние смеси солей органических кислот — бутирата натрия (10 г/кг корма) и формиата натрия (20 г/кг корма) на рыбоводно-биологические показатели радужной форели и переваримость компонентов комбикорма (смесь указанных кислот вводили в корм как до экструзии, так и после нее). Авторами были разработаны рецепты с высоким (55,18%) и с пониженным (35,41%) содержанием рыбной муки, при этом ее частично заменяли

смесью соевой муки с гороховым белковым концентратом и варьировали дозировкой некоторых других компонентов. Исследования не выявили существенного влияния солей органических кислот на переваримость, но показали, что увеличение доли растительных компонентов в целом приводило к ее снижению. Переваримость органических веществ для всех кормов с высоким содержанием рыбной муки была достаточно высокой — 90,3–91,5%, липидов — 96,7–98,8%, фосфора — 47,0–48,2%. Переваримость органических веществ корма, изготовленного на растительной основе (с вводом 35,41% рыбной муки), составляла 83,7–86,0%, липидов — 94,8–97,9%. При этом переваримость фосфора несколько увеличилась — до 51,5–58,9%, что, вероятно, связано с повышением его растворимости в кишечнике под действием кислот. Вместе с тем использование солей не оказало положительного влияния на интенсивность роста форели, а также на эффективность усвоения корма: за 51 день скормливания рационов с высоким содержанием рыбной муки коэффициент конверсии корма составил 0,72 (корм с кислотами, внесенными до экструзии) и 0,70 (после) при 0,68 в контрольном образце. Усвоение кормов на растительной основе было менее эффективным: значения коэффициента конверсии — 0,72–0,75. Таким образом, проведенными работами было показано, что двухкомпонентная смесь солей органических кислот не влияла на переваримость комбикормов с вводом значительного количества рыбной муки, так и с вводом растительных компонентов. Авторы, тем не менее, отмечали, что снижение переваримости не оказало существенного негативного влияния на скорость роста радужной форели. В целом, влияние бутирата натрия на рыбоводно-биологические показатели выращивания и ее морфологические показатели недостаточно изучено, что обуславливает необходимость дальнейших работ с апробированными солями органических кислот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на результатах анализа профильной литературы, можно заключить, что среди всех применяемых на практике органических кислот наиболее изучена лимонная кислота (Sugiura, S.H. и соавт., 1998, 2000; Hernández и соавт., 2012; Vielma J и соавт., 1999; Khoshhava и соавт., 2021). Различными авторами накоплен существенный опыт ее практического использования.

Эффективность воздействия бутирата натрия, как в смеси с другими солями органических кислот, так и индивидуально, менее выражена. Не отмечено положительного влияния данной соли на рыбоводно-биологические показатели выращивания форели при увеличении доли растительных компонентов в рецептурах комбикормов. Однако отмечено, что использование бутирата натрия способствует повышению ворсинистости кишечника и может положительно влиять на состав микробиоты пищеварительного тракта форели, что выражается в гибели патогенной кишечной микрофлоры.

Также показано положительное влияние на радужную форель диформиата натрия, особенно в комбинации с фитазой. Его ввод в комбикорм в количестве 10 г/кг и добавление фитазы в концентрации 0,8 г/кг позволяет в 2 раза увеличить удержание фосфора в особях форели, способствует их росту и сокращает выделение азота в окружающую среду.

Обобщая изложенное выше, необходимо отметить, что применение органических кислот и их солей в составе комбикормов для радужной форели может повышать их переваримость, что в свою очередь улучшает рыбоводно-биологические показатели. Такие кислоты могут ингибировать воздействие антипитательных факторов, содержащихся в растительных компонентах и негативно влияющих на эффективность применения кормов. Также они могут положительно влиять на желудочно-кишечный тракт рыб, предотвращая развитие в нем патогенной микрофлоры. Еще одним немаловажным фактором является повышение удержания форелью минеральных соединений, в первую очередь фосфора, что, с одной стороны, сокращает его выделение в окружающую среду, с другой — улучшает физиологическое состояние рыбы.

Однако объема проведенных исследований недостаточно, чтобы сделать однозначный вывод об оптимальных дозировках какого-либо подкислителя для ввода в форелевые комбикорма. В этой связи актуален вопрос дальнейшей интенсификации исследований, посвященных вопросам практического применения подкислителей в форелевых комбикормах. Их широкое внедрение будет способствовать уменьшению содержания кормовой рыбной муки в рецептурах, что позволит снизить себестоимость комбикормов и улучшить рыбоводно-биологические показатели при товарном выращивании радужной форели. ■

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ «КОМБИКОРМА»

«Почта России» — П0037 • «Урал-Пресс» — 70435, 71379

«Руспресса» — 70435

ТАКЖЕ МОЖНО ПОДПИСАТЬСЯ НА САЙТЕ ЖУРНАЛА www.kombi-korma.ru
В РАЗДЕЛЕ «ПОДПИСКА»

ИЛИ ОТПРАВИВ ЗАПРОС НА ПОЧТУ: red-kombikorma@yandex.ru

КОМБИ-КОРМА ЖУРНАЛ
Compound feeds