

УДК 639.3.043.2

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «ФЛАВОМИЦИН 80» ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В СИСТЕМЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

С. В. Матросова^{1*}, Н. А. Сидорова¹, Т. Ю. Кучко¹, И. В. Каменев¹,
Г. Д. Преображенский², Е. В. Празднова³

¹ Петрозаводский государственный университет (просп. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910), *matrosovasv@ya.ru

² Представительство ООО «Хювефарма» (Болгария) в г. Москве (4-й Рощинский пр-д, 19, МО Даниловский, Москва, Россия, 115191)

³ Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета (просп. Стачки, 194/1, Ростов-на-Дону, Россия, 344090)

Приведены результаты оценки эффективности применения препарата «Флавомицин 80» в кормах для радужной форели породы камлоопс при выращивании в установке с системой замкнутого водоснабжения. Показано, что данная кормовая добавка приводит к улучшению рыбоводно-биологических показателей у годовиков форели и к снижению концентрации в кишечнике рыб бактерий группы кишечной палочки, *Proteus* и *Mycota*. Применение препарата в дозировке 44 мг/кг способствовало снижению интенсивности поражения форели возбудителями бактериозов различной этиологии. Доказан положительный бактериостатический эффект кормовой добавки «Флавомицин 80» на развитие условно-патогенной микрофлоры кишечника рыб.

Ключевые слова: Флавомицин 80; флавофосфолипид; радужная форель; кормовая добавка; микрофлора кишечника, энтеробактерии

Для цитирования: Матросова С. В., Сидорова Н. А., Кучко Т. Ю., Каменев И. В., Преображенский Г. Д., Празднова Е. В. Опыт применения кормовой добавки «Флавомицин 80» при выращивании радужной форели в системе замкнутого водоснабжения // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 7. С. 73–82. doi: 10.17076/eb1803

S. V. Matrosova^{1*}, N. A. Sidorova¹, T. Yu. Kuchko¹, I. V. Kamenev¹, G. D. Preobrazhensky², E. V. Prazdnova³. EXPERIENCE OF USING THE FEED ADDITIVE FLAVOMYCIN 80 IN REARING RAINBOW TROUT IN A RECYCLING WATER SYSTEM (RVC)

¹ Petrozavodsk State University (33 Lenin Ave., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia), *matrosovasv@ya.ru

² Moscow Office of the LLC "Huvefarma", Bulgaria (4th Roshchinsky Ave., 19, Danilovsky Municipal District, 115191 Moscow, Russia)

³ D. I. Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University (194/1 Prospekt Stachki Ave., 344090 Rostov-on-Don, Russia)

The article presents the results of evaluation of the efficacy of Flavomycin 80 drug added to feed for Kamloops breed rainbow trout reared in a plant with a closed water supply system. It is shown that this feed additive augments the viability of trout yearlings and improves the breeding and biological indicators of the fish. Supplementation of the drug at a dosage of 44 mg/kg reduced the damage to trout caused by bacterial pathogens of various etiologies. The feed additive Flavomycin 80 is proven to have a positive bacteriostatic effect of on the development of opportunistic pathogenic gut microbiota in fish.

Keywords: Flavomycin 80; flavophospholipol; rainbow trout; feed additive; gut microbiota; enterobacteria

For citation: Matrosova S. V., Sidorova N. A., Kuchko T. Yu., Kamenev I. V., Preobrazhensky G. D., Prazdnova E. V. Experience of using the feed additive Flavomycin 80 in rearing rainbow trout in a recycling water system (RVC). *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2023. No. 7. P. 73–82. doi: 10.17076/eb1803

Введение

Форелеводство является одним из ведущих направлений агропромышленного комплекса Республики Карелия, которое интенсивно развивается с применением новых технологий по выращиванию рыбы в установках с замкнутым водоснабжением (УЗВ) [Аквакультура...].

Для оптимизации технологии выращивания рыб в промышленных масштабах основной акцент делается на качестве кормления, что предполагает разработку новых рецептур комбикормов с биодобавками различного функционального значения. В качестве биодобавок производители рыбных кормов активно используют разнообразные витаминно-минеральные премиксы (П 110-1 форель, ПФ-1М для молоди и др.) и белково-витаминные добавки на основе гидролизата дрожжей (эпирин, меприн, Левабон Румын и др.), содержащие в своем составе необходимые витамины и микроэлементы для нормального развития организма рыб [Рыжков и др., 2020]. Широкое применение в производстве комбикормов получили про- и пребиотики (Ветом 1 на основе молочнокислых бактерий (LAB), виды *Bacillus*, виды *Vibrio*, виды *Pseudomonas*, а также глюканы и другие полисахаридные соединения), которые способствуют поддержанию разнообразия полезной кишечной микрофлоры и улучшению работы пищеварительной системы рыб [Sidorova et al., 2021]. Активно используются фитобиотики («Сангровит», «Фитобиотикс», «Дигестаром П.Е.П» и другие), способные подавлять развитие возбудителей бактериальных инфекций в желудочно-кишечном тракте рыб.

Особый интерес в рыбоводстве вызывают природные антибактериальные препараты, которые не только подавляют патогенную и условно-патогенную микрофлору, но и не приводят к развитию микробной резистентности к

антибиотикам в процессе применения [Черкашина и др., 2011]. Одним из таких препаратов может стать «Флавомицин 80», содержащий флавофосфолипол, который вместе с бамбермицинами входит в группу структурно сходных фосфогликолипидных антибиотиков, продуцируемых несколькими видами *Streptomyces*, включая *S. bambergiensis*, *S. ghanaensis*, *S. geysiriensis* и *S. ederensis* [Welzel, 2005]. Группа фосфогликолипидных антибиотиков является разрешенной добавкой к кормам в ЕС (регистрационный № E 712) [Commission...] и в США [Eichhorn, Aga, 2005].

В России флавофосфолипол был разрешен к применению в качестве кормовой добавки в 2016 году для увеличения продуктивности животных и известен под торговым наименованием «Флавомицин 80». Препарат содержит активный ингредиент флавофосфолипол в количестве 80 мг/г и вспомогательные компоненты в виде карбоната кальция и диоксида кремния. В работах А. Kissel [1998], Р. Butaye с соавторами [2003] и М. Pfaller [2006] сообщается, что флавофосфолипол может полностью подавлять грампозитивных возбудителей инфекций, оказывать избирательное бактериостатическое действие на представителей негативной бактериофлоры, таких как *Salmonella* spp., *Clostridium* spp. *Campylobacter* spp., и не угнетать лакто- и бифидобактерий. К положительным свойствам флавофосфолипола относят также отсутствие эмбриотоксических и гепатотоксических свойств, совместимость с другими лекарственными препаратами и кормовыми добавками, низкий уровень абсорбции в органах и тканях.

Положительный опыт использования флавофосфолипола в аквакультуре был получен при экспериментальном кормлении форели на рыбной ферме в Колумбии и выращивании карпов в НИИ кормления животных Сычуань-

ского сельскохозяйственного университета в Китае [He et al., 2010]. В исследовании Сусюй Хэ с соавторами [He et al., 2010] флавофосфолипид использован в комбинации с флорфениколом для оценки воздействия на автохтонную кишечную микробиоту гибридной тилапии. В результате проведенного исследования обнаружено снижение интенсивности развития кишечных бактерий и избирательность действия флавофосфолипида на представителей типа *Fusobacteria*.

Целью настоящего исследования является анализ действия кормовой добавки «Флавомицин 80» на организм годовиков форели, выращиваемых в условиях УЗВ.

Материалы и методы

Состав кормов. Опытный и контрольный образцы корма были изготовлены на предприятии «ПК Русло» (г. Санкт-Петербург) по одинаковой рецептуре, удовлетворяющей все необходимые потребности радужной форели по основным питательным веществам: белок 46–48 %, жир 16–18 %, клетчатка 0,5–1,0 %, зола 6,0–8,0 %, фосфор 1,5–2,0 %, БЭВ (безазотистые экстрактивные вещества) 8,0–10 %, а также витамины С и В, астаксантин и другие физиологически активные добавки. В опытный образец корма дополнительно был добавлен «Флавомицин 80», концентрация которого составила 44 мг/кг. Дозировка препарата подбиралась согласно рекомендациям производителя.

Схема эксперимента и отбор проб. Исследование выполнено на базе научно-исследовательского центра по аквакультуре Петрозаводского государственного университета (НИЦ по аквакультуре ПетрГУ) в 2022 году.

Для постановки аквариального эксперимента использованы годовики форели породы камлоопс, предварительно содержавшиеся в одном бассейне линии УЗВ в течение 8 недель. Рыб кормили два раза в сутки продукционным кормом Сорренс, суточная норма которого составила 2,0 % от массы тела рыб. По истечении 8 недель 10 особей форели отловили для анализа состояния внутренних органов. Еще 120 рыб рассадил в два одинаковых бассейна объемом 2,7 м³ линии УЗВ по 60 особей в каждый.

Для эксперимента были отобраны особи форели со средней массой 375 ± 12 г и длиной 32,6 ± 0,51 см, внешне здоровые, без каких-либо повреждений на коже, с ненарушенным чешуйчатым покровом, покрытым слизью в пределах нормы, жабры у всех особей имели ярко-красный цвет. Перевод рыб на экспериментальный корм проводили в течение 7 суток, смешивая

его с продукционным кормом Сорренс, которым кормили рыб до начала опыта: в первые двое суток – в соотношении 2:1, третьи и четвертые сутки – 1:1, пятые и шестые сутки – 1:2, на седьмые сутки – 1:4. Начиная с 8 дня форель в опытной и контрольной группах получала полностью экспериментальный корм (два раза в сутки, из расчета 2,0 % от массы тела рыб). Продолжительность эксперимента составила 60 суток. На протяжении всего эксперимента условия содержания рыб соответствовали оптимальным требованиям для форели: температура воды 16,0–16,5 °С, содержание растворенного в воде кислорода 10,9–11,5 мг/л, уровень pH 6,8–7,2. Контроль за гидрохимическими параметрами осуществляли ежедневно с использованием капельных тест-систем НИЛПА и термооксиметра Hanna HI9142.

Через каждые две недели эксперимента у всех особей форели контрольной и опытной групп определяли индивидуальную массу тела с использованием объемного метода без применения анестезии (рис. 1). По завершении эксперимента из каждого бассейна случайным образом было отловлено по 10 особей, которых вводили в глубокий наркоз с помощью гвоздичного масла высокой концентрации, после чего у рыб проводили оценку морфометрических показателей, анализ внутренних органов на наличие патологий и забор содержимого кишечника для микробиологического анализа. Все ихтиологические исследования выполнены по стандартным методикам [Правдин, 1966; Рыжков и др., 2013].

Качественное и количественное определение микрофлоры кишечника исследуемых групп форели выполняли согласно [ГОСТ 10444.11-89; ГОСТ 10444.12-88; ГОСТ 30518-97/ГОСТ Р 50474-93] и рекомендациям по особенностям изучения представителей симбионтного пищеварения у гидробионтов [Шивокене, 1989]. Для этого у рыбы в стерильных условиях отбирали содержимое кишечника, гомогенизировали и помещали в среду Мюллера – Хитона. В качестве исследуемых групп бактерий учитывали общее количество БГКП (бактерии группы кишечной палочки), полноценных в ферментированном отношении (в %); присутствие гемолитических БГКП (в %); условно-патогенных бактерий (в %); ассоциаций грамотрицательных бактерий и плазмакоагулирующего стафилококка; бактерий рода *Proteus* spp.; микроскопических грибов и ассоциаций аэробных и анаэробных бактерий.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с помощью программы Statistica 6.0. При сравнении состава исследуемых групп энтеробактерий в опыте и контроле

применяли непараметрический U-критерий Манна – Уитни при $p < 0,01$. Для работы с электронной базой данных использовали офисный пакет приложений MS Excel с использованием базовых функций.

Результаты

В ходе эксперимента форель обеих групп активно потребляла корм. По результатам промежуточных взвешиваний наблюдалась положительная динамика увеличения массы рыб (рис. 1).

Показатели относительных приростов массы тела рыб и значения кормовых коэффициентов за 60 суток эксперимента в обеих исследуемых группах достоверно не отличались ($p \geq 0,5$). При этом для своего возраста годовики форели имели достаточно высокие значения среднесуточных приростов массы тела: 8,4 г в опытной группе и 9,3 г в контрольной, что свидетельствует

об эффективной конверсии корма в организме рыб. Существенных различий в смертности годовиков форели, связанной с кормлением или содержанием в условиях УЗВ, также не зафиксировано. Однако в опытной группе рыб, где применяли кормовую добавку «Флавомицин 80», в ходе эксперимента выживаемость рыб была выше, чем в контрольной группе (табл. 1).

Клинический осмотр рыб после эксперимента при общем внешнем благополучии выявил у годовиков форели из опытной и контрольной групп наличие признаков гиперемии на нижней челюсти и у основания грудных и брюшных плавников, что может быть проявлением бактериального заражения и нередко встречается в системах с замкнутым водоснабжением (рис. 2). Однако частота проявления воспалительных процессов у рыб из опытной группы, получавших корм с препаратом «Флавомицин 80», была значительно ниже по сравнению

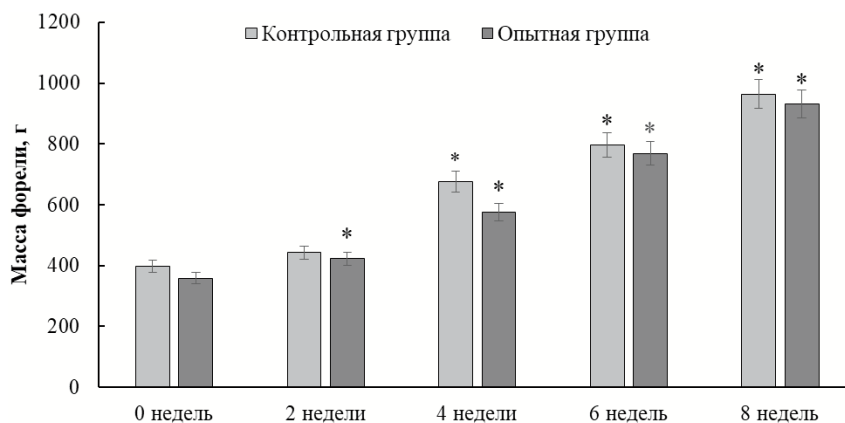


Рис. 1. Динамика массы форели на протяжении эксперимента.

* Статистически значимые отличия от первого взвешивания внутри группы $p < 0,01$

Fig. 1. Trout mass dynamics during the experiment.

* Statistically significant differences from the first weighing within the group $p < 0.01$

Таблица 1. Рыбоводно-биологические показатели форели после 60 суток эксперимента

Table 1. Fish-breeding and biological indicators of trout after 60 days of experiment

Показатель Index	Опытная группа Test group	Контрольная группа Control group
Количество рыб в выборке, шт. Number of fish in the sample, pcs.	60	60
Средняя живая масса одной рыбы в начале выращивания, г Average live weight of one fish at the beginning of cultivation, g	366,5 + 43,4	387,7 + 16,2
Средняя живая масса одной рыбы в конце выращивания, г Average live weight of one fish at the end of cultivation, g	870,4 + 69,1	945,6 + 51,8
Абсолютный прирост массы тела одной рыбы за период выращивания, г Absolute body weight gain of one fish during the growing period, g	503,8 + 48,4	557,5 + 25,7
Относительный прирост массы тела одной рыбы за период выращивания, % Relative body weight gain of one fish during the growing period, %	137,5	143,8
Отход, шт. Waste, pcs	3 (5 %)	5 (8 %)
Кормовой коэффициент Feed conversion ratio	0,96	0,95

с контрольной группой: 25 и 41 % соответственно, что может быть связано с антимикробными свойствами препарата.

В результате патоморфологического осмотра всех годовиков форели, исследованных как до начала эксперимента, так и после его окончания, отмечено отсутствие патологий жабр, сердца, почек, желудка и пилорических при-

датков. Все они имели нормальные размеры, структуру и цвет для данной возрастной группы рыб. В то же время выявлены изменения в печени, проявляющиеся анемичностью органа и наличием геморрагий, застой желчи в желчном пузыре, изменение структуры селезенки и воспалительные процессы заднего отдела кишечника (рис. 3).

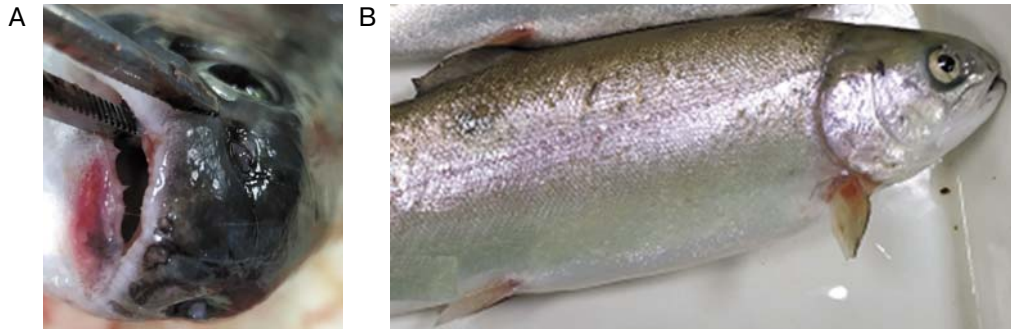


Рис. 2. Форель с признаками гиперемии: А – на нижней челюсти; В – у основания грудных и брюшных плавников

Fig. 2. Trout with signs of hyperemia: A – on the lower jaw; B – at the base of the pectoral and ventral fins

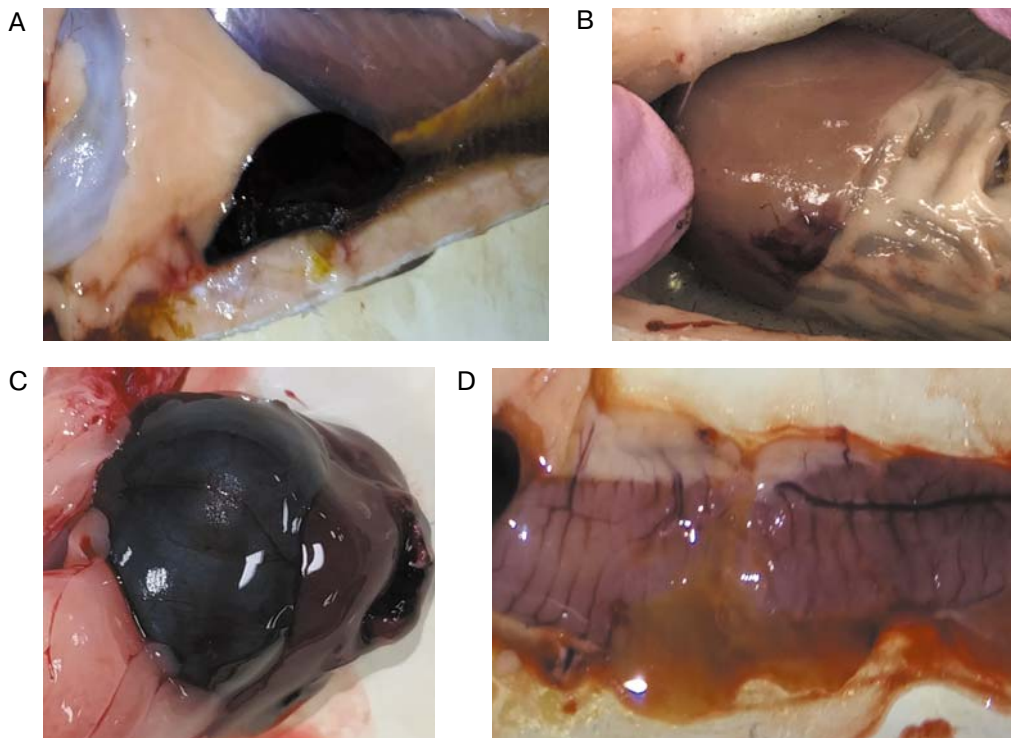


Рис. 3. Патологии внутренних органов форели: А – воспалительные процессы селезенки: увеличение размеров и рыхлая структура; В – воспалительные процессы печени: анемия и геморрагии; С – воспаление желчного пузыря (застой желчи); D – воспаление заднего отдела кишечника

Fig. 3. Pathologies of trout internal organs: A – inflammatory processes of the spleen: increase in size and loose structure; B – inflammatory processes of the liver: anemia and hemorrhages; C – inflammation of the gallbladder (stagnation of bile); D – inflammation of the posterior intestine

Распределение частоты встречаемости вышеуказанных патологий представлено в таблице 2.

Большинство выявленных у годовиков форели патологий внутренних органов (за исключением селезенки) встречается достаточно часто у рыб, выращиваемых с использованием искусственных кормов, и связаны они с нарушениями липидного обмена из-за интенсивного кормления высококалорийными комбикормами [Vapirov et al., 2022]. В связи с этим они не рассматривались как следствие применения флавомицина при выращивании форели в УЗВ. Обращает на себя внимание, что количество геморрагий на печени до эксперимента было больше, чем в конце опыта, а так как в период эксперимента переменным

фактором был только корм, можно предположить, что новая рецептура как в опытной, так и в контрольной группе оказалась более щадящей, что благоприятно отразилось на состоянии печени.

О положительном влиянии препарата «Флавомицин 80» можно говорить в отношении кишечного тракта форели. По окончании эксперимента у рыб опытной группы воспалительные процессы заднего отдела кишечника не выявлены (табл. 2). Это может быть связано со способностью кормовой добавки подавлять рост условно-патогенных микроорганизмов в кишечнике рыб. Полученные результаты также подтверждаются анализом состава энтеральной микрофлоры кишечника форели через 60 суток эксперимента (рис. 4).

Таблица 2. Количество патологий внутренних органов (n = 10)

Table 2. Number of pathologies of internal organs (n = 10)

Показатель Index	До опыта Before the experiment	Опытная группа Test group	Контрольная группа Control group
Увеличенная селезенка, % Enlarged spleen, %	10	10	10
Анемия печени, % Anemia of liver, %	50	50	55
Геморрагии в печени, % Hemorrhages in liver, %	40	20	15
Застой желчи, % Stagnation of bile, %	0	15	0
Воспаление кишечника, % Inflammation of intestine, %	20	0	10

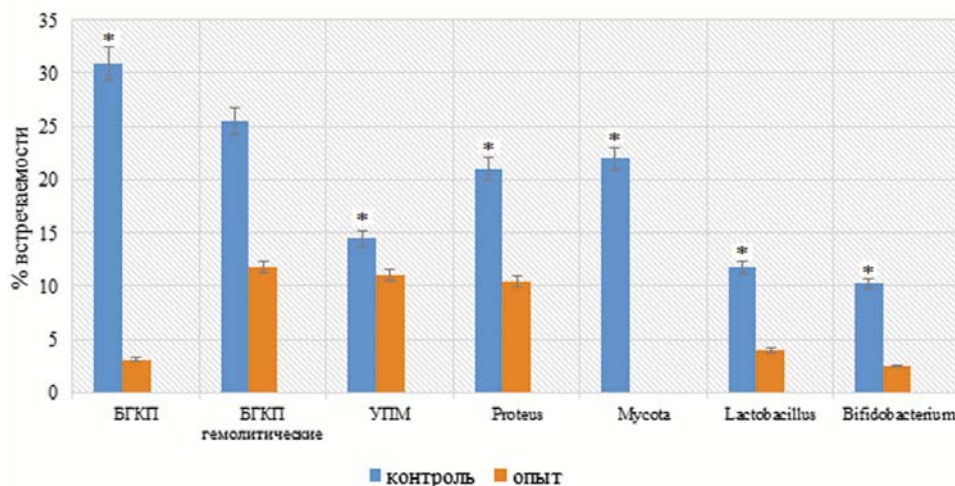


Рис. 4. Состав кишечной микрофлоры рыб после 60 суток эксперимента: БГКП – бактерии группы кишечной палочки, УПМ – условно-патогенные микроорганизмы.

* Различия достоверны при $p < 0,01$

Fig. 4. Composition of intestinal microflora of fish after 60 days of experiment: BECG – bacteria of the Escherichia coli group, CPM – conditionally pathogenic microorganisms.

* $p < 0.01$

Встречаемость энтеробактерий в контрольной группе составила 30,9 %, что оказалось в 9,8 раза выше по сравнению с опытной группой рыб, получавших в составе рациона 44 мг/кг флавомицина. Данное различие было статистически значимо при $p < 0,01$. На фотографиях культурального роста энтеробактерий на дифференциально-диагностической среде Эндо (рис. 5) показаны результаты бактериологического анализа встречаемости энтеробактерий в составе микрофлоры кишечника рыб опытной и контрольной групп.

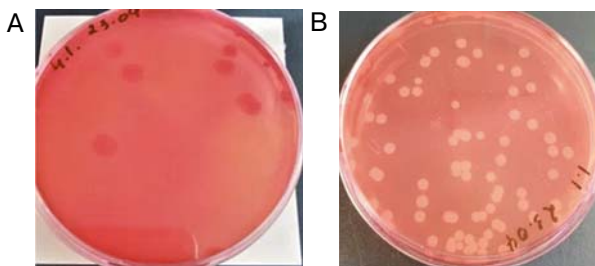


Рис. 5. Культуральный рост энтеробактерий на дифференциально-диагностической среде Эндо в опыте (А) и контроле (Б)

Fig. 5. Cultural growth of enterobacteria on the differential diagnostic environment of Endo in the experiment (A) and control (B)

Количественные показатели гемолитических форм энтеробактерий в составе энтеральной микрофлоры кишечника контрольной группы радужной форели были превышены в 2,2 раза по сравнению с опытной группой, однако полученные значения не являются статистически значимыми ($p = 0,104$). Вероятно, полученный результат связан с неучтенным посторонним фактором, а именно с биологическими особенностями гемолитиков, способных секретировать в окружающую среду экзотоксины, которые могут быть хелаторами для молекул фосфогликолипидных соединений. Согласно результатам исследований В. С. Ostash с соавторами [2022], фосфогликолипиды активно взаимодействуют с различными экзотоксинами бактерий, такими как липополисахариды, токсины типа «А-В», цитолизины и гемолизины. Также они могут участвовать в связывании и транспортировке липополисахаридов через мембрану клетки-хозяина, что способствует инфицированию бактериями. Некоторые экзотоксины, такие как цитолизины, могут взаимодействовать с фосфогликолипидами в мембране клетки-хозяина, что приводит к нарушению ее целостности

и гибели клетки. Несмотря на это, в отношении гемолитических форм энтеробактерий можно констатировать выраженный бактериостатический эффект со стороны исследуемого антибактериального препарата, сопровождающийся торможением роста и размножения данной группы бактерий.

Встречаемость условно-патогенных бактерий в контрольной группе форели составила 14,5 %, а в группе, получавшей с кормом флавомицин, – 11,1 % ($p < 0,01$).

Необходимо отметить, что в результате кормления форели кормом с кормовой добавкой «Флавомицин 80» в два раза сократилась доля гнилостной микрофлоры. Также обнаружено полное подавление развития плесневых грибов, которые присутствовали в составе микрофлоры кишечника форели контрольной группы. Представители молочнокислых бактерий – лактобактерии и бактерии бифидус присутствовали во всех образцах содержимого кишечника и пристеночной микрофлоры, что позволяет констатировать способность препарата в заданных концентрациях (44 мг/кг) поддерживать количество пробиотических форм бактерий на оптимальном для усвоения корма уровне.

Заключение

Полученные в ходе эксперимента результаты позволяют говорить о том, что применение кормовой добавки «Флавомицин 80» в рационе радужной форели в концентрации 44 мг/кг препятствует развитию возбудителей бактериозов и позволяет избирательно контролировать патогенную и условно-патогенную микрофлору в желудочно-кишечном тракте рыб.

В опытных группах годовиков форели «Флавомицин 80» оказал явный бактериостатический эффект на развитие условно-патогенной микрофлоры.

Флавофосфолипид, входящий в состав кормовой добавки, разрушает стенки клеток грамположительных бактерий и не оказывает тормозящего действия по отношению к пробиотическим микроорганизмам, важным для пищеварения и здоровья рыб, таким как лактобактерии и бактерии бифидус, поддерживая их на оптимальном для усвоения корма уровне [Pfaller, 2006].

Снижение численности молочнокислых бактерий в опыте в 3 и 4 раза по сравнению с контрольными значениями может быть связано с субстратными предпочтениями лакто- и бифидобактерий, которые во многом зависят от химического состава корма, используемого

в эксперименте. Несмотря на субстратное ограничение и действие антибактериального препарата, лакто- и бифидобактерии сохранились в составе интестинальной микрофлоры кишечника в количестве, достаточном для дальнейшего восстановления популяции данной группы микроорганизмов с последующим выполнением хелперной функции.

Таким образом, проведенные исследования по практическому применению «Флавомицина 80» при кормлении радужной форели подтверждают, что его включение в рацион приводит к изменению динамики численности микрофлоры кишечника рыб и играет важную роль в улучшении рыбоводно-биологических показателей, конверсии корма и устойчивости к возбудителям бактериальных заболеваний радужной форели, выращиваемой в УЗВ.

Литература

Аквакультура РФ – итоги I квартала 2023 года: объемы, география, динамика [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--90acg2bbi1ff.xn--p1ai/news/67-deals/463-fishgov> (дата обращения: 05.08.2023).

ГОСТ 10444.11-89. Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2010. 294 с.

ГОСТ 10444.12-88. Продукты пищевые. Методы определения дрожжей и плесневых грибов [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200021096> (дата обращения: 05.08.2023).

ГОСТ 30518-97/ГОСТ Р 50474-93. Группа Н09. Межгосударственный стандарт. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). МКС 07.100.30. ОКСТУ 9109. Дата введения 1994-01-01.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.

Рыжков Л. П., Дзюбук И. М., Кучко Т. Ю. Ихтиологические исследования на водоемах. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. 72 с.

Рыжков Л. П., Кучко Т. Ю., Дзюбук И. М. Основы рыбоводства. СПб.: Лань, 2020. 528 с.

Черкашина Н. В., Дроздова Л. И., Махортов В. Л., Васильев П. Г., Щербakov М. Г., Демина Л. В., Ильязов А. А., Сирик М. С. Анализ современного состояния проблемы использования антибиотиков в качестве кормовой добавки // Аграрный вестник Урала. 2011. № 3(82). С. 39–42.

Шивокене Я. С. Симбионтное пищеварение у гидробионтов и насекомых. Вильнюс: Мокслас, 1989. 221 с.

Butaye P., Devriese L. A., Haesebrouck F. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: effects of less well-known antibiotics on Gram-positive bacteria // Clin. Microbiol. Rev. 2003. Vol. 16. P. 175–188. doi: 10.1128/CMR.16.2.175-188.2003

Commission of the European Communities. Update (Situation as of 30 April 2004) of the List of the Authorized Additives in Feeding Stuffs Published in Application of Article 9t.b of Council Directive 70/524/EEC Concerning Additives in Feeding Stuffs.

Eichhorn P., Aga D. S. Characterization of moenomycin antibiotics from medicated chicken feed by ion-trap mass spectrometry with electrospray ionization // Rapid Commun. Mass Spectrom. 2005. No. 19. P. 2179–2186. doi: 10.1002/rcm.2044

He S., Zhou Zh., Cao Y., Liu Y. Effects of the antibiotic growth promoters flavomycin and florfenicol on the autochthonous intestinal microbiota of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂) // Arch. Microbiol. 2010. No. 192(12). P. 985–994. doi: 10.1007/s00203-010-0627-z

Kissel A. In vitro efficacy of salinomycin sodium and flavophospholipol against bacterial isolates from the gastrointestinal tract of different target species // Hoechst Roussel Vet. 1998. Vol. 1. P. 1–17.

Ostash B., Makitrynsky R., Ostash R., Yushchuk O., Fedorenko V. Structural diversity, bioactivity, and biosynthesis of phosphoglycolipid family antibiotics: recent advances // BBA Advances. 2022. No. 17(2). P. 106–125. doi: 10.1016/j.bbadva.2022.100065

Pfaller M. A. Flavophospholipol use in animals: Positive implications for antimicrobial resistance based on its microbiologic properties // Diagnostic Microbiology and Infectious Disease. 2006. Vol. 56. P. 115–121. doi: 10.1016/j.diagmicrobio.2006.03.014

Sidorova N. A., Kuchko T. Yu., Matrosova S. V., Vasilieva A. V. Influence of *Lactobacillus Brevis* 2k. Cv Lactic acid bacteria strain as part of Biomar feed on physiological condition of juvenile *Parasalmo mykiss* trout // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. 2021. Vol. 25, iss. 4. P. 17232–1724.

Vapirov V., Matrosova S., Kuchko T. Nutrient composition of feeds as a polyvalent factor determining status characteristics of industrially raised rainbow trout // AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2636(1). Art. 020011. doi: 10.1063/5.0105343

Welzel P. Syntheses around the transglycosylation step in peptidoglycan biosynthesis // Chem. Rev. 2005. No. 105. P. 4610–4660. doi: 10.1021/cr040634e

References

Aquaculture of the Russian Federation – results of the first quarter of 2023: volumes, geography, dynamics. URL: <https://xn--90acg2bbi1ff.xn--p1ai/news/67-deals/463-fishgov> (accessed: 05.08.2023). (In Russ.)

Butaye P., Devriese L. A., Haesebrouck F. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: effects of less well-known antibiotics on Gram-positive bacteria. Clin. Microbiol. Rev. 2003;16:175–188. doi: 10.1128/CMR.16.2.175-188.2003

Cherkashina N. V., Drozdova L. I., Makhortov V. L., Vasil'ev P. G., Shcherbakov M. G., Demina L. V., Il'yazov A. A., Sirik M. S. Analysis of the current state of the problem of the antibiotics use as a feed additive. Agrarian Bulletin of the Urals. 2011;3(82):39–42. (In Russ.)

Commission of the European Communities. Update (Situation as of 30 April 2004) of the List of the Authorized Additives in Feeding Stuffs Published in Application of Article 9t.b of Council Directive 70/524/EEC Concerning Additives in Feeding Stuffs.

Eichhorn P., Aga D. S. Characterization of moenomycin antibiotics from medicated chicken feed by ion-trap mass spectrometry with electrospray ionization. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2005;19:2179–2186. doi: 10.1002/rcm.2044

GOST 10444.11-89. Food products. Methods for determination of the lactic acid bacteria. Moscow: Standartinform; 2010. 294 p. (In Russ.)

GOST 10444.12-88. Food products. Method for determination of yeast and mould. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200021096> (accessed: 05.08.2023). (In Russ.)

GOST 30518-97/GOST R 50474-93 Group N09. Interstate standard Food products. Methods for detection and quantity determination of coliformes. MKS 07.100.30 OKSTU 9109. Date of introduction 1994-01-01. (In Russ.)

He S., Zhou Zh., Cao Y., Liu Y. Effects of the antibiotic growth promoters flavomycin and florfenicol on the autochthonous intestinal microbiota of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂). *Arch. Microbiol.* 2010;192(12):985–994. doi: 10.1007/s00203-010-0627-z

Kissel A. In vitro efficacy of salinomycin sodium and flavophospholipol against bacterial isolates from the gastrointestinal tract of different target species. *Hoechst Roussel Vet.* 1998;1:1–17.

Ostash B., Makitrynsky R., Ostash R., Yushchuk O., Fedorenko V. Structural diversity, bioactivity, and

biosynthesis of phosphoglycolipid family antibiotics: recent advances. *BBA advances.* 2022;17(2):106–125. doi: 10.1016/j.bbadv.2022.100065

Pfaller M. A. Flavophospholipol use in animals: Positive implications for antimicrobial resistance based on its microbiologic properties. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease.* 2006;56:115–121. doi: 10.1016/j.diagmicrobio.2006.03.014

Pravdin I. F. Guide to the study of fish. Moscow: Food industry; 1966. 376 p. (In Russ.)

Ryzhkov L. P., Dzyubuk I. M., Kucko T. Yu. Ichthyological studies on reservoirs. Petrozavodsk: PetrSU; 2013. 72 p. (In Russ.)

Ryzhkov L. P., Kucko T. Yu., Dzyubuk I. M. Fundamentals of fish farming. St. Petersburg: Lan'; 2020. 528 p. (In Russ.)

Shivokene Ya. S. Symbiont digestion in hydrobionts and insects. Vilnius: Mokslas; 1989. 221 p. (In Russ.)

Sidorova N. A., Kuchko T. Yu., Matrosova S. V., Vasilieva A. V. Influence of *Lactobacillus Brevis* 2k. Cv Lactic acid bacteria strain as part of Biomar feed on physiological condition of juvenile *Parasalmo mykiss* trout. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology.* 2021;25(4):17232–1724.

Vapirov V., Matrosova S., Kuchko T. Nutrient composition of feeds as a polyvalent factor determining status characteristics of industrially raised rainbow trout. *AIP Conference Proceedings.* 2022;2636(1):020011. doi: 10.1063/5.0105343

Welzel P. Syntheses around the transglycosylation step in peptidoglycan biosynthesis. *Chem. Rev.* 2005;105:4610–4660. doi: 10.1021/cr040634e

Поступила в редакцию / received: 07.08.2023; принята к публикации / accepted: 03.11.2023.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Матросова Светлана Владимировна

директор НИЦ по аквакультуре Института биологии, экологии и агротехнологий

e-mail: matrosovasv@yandex.ru

Кучко Тамара Юрьевна

канд. биол. наук, доцент, директор Института биологии, экологии и агротехнологий

e-mail: t_kuchko70@mail.ru; kuchko@petrsu.ru

Сидорова Наталья Анатольевна

канд. биол. наук, доцент кафедры зоологии и экологии Института биологии, экологии и агротехнологий

e-mail: fagafon@yandex.ru

Каменев Иван Владимирович

аспирант кафедры зоотехнии, рыбоводства, агрономии и землеустройства Института биологии, экологии и агротехнологий

e-mail: vanya.kamenev.97@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Matrosova, Svetlana

Director of Aquaculture Research Center, Institute of Biology, Ecology and Agricultural Technologies

Kuchko, Tamara

Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Director of the Institute of Biology, Ecology and Agricultural Technologies

Sidorova, Natal'ya

Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Zoology and Ecology, Institute of Biology, Ecology and Agricultural Technologies

Kamenev, Ivan

Doctoral Student, Department of Animal Breeding, Fishery and Merchandizing, Institute of Biology, Ecology and Agricultural Technologies

Преображенский Георгий Дмитриевич

продакт-менеджер по ветеринарным продуктам

e-mail: georgiy.preobrazhenskiy@huvapharma.com

Празднова Евгения Валерьевна

д-р биол. наук, заведующая лабораторией молекулярной
генетики микробных консорциумов

e-mail: prazdnova@sfedu.ru

Preobrazhenskii, Georgii

Veterinary Product Manager

Prazdnova, Evgeniya

Dr. Sci. (Biol.), Head of Laboratory of Molecular Genetics
of Microbial Consortia