

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA VULGARIS* В КОРМОВОМ РАЦИОНЕ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

¹Матророва С.В., ¹Сидорова Н.А., ¹Кучко Т.Ю.

¹Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведен анализ комплексного изучения показателей роста и развития молоди радужной форели, выращенной на гранулированных кормах с применением концентрата суспензии планктонного штамма микроводоросли *Chlorella vulgaris* (GKO) в качестве биодобавки. Доказана возможность использования исследуемого биопрепарата в кормовом рационе мальков форели в качестве активной добавки с иммунокорректирующим действием. Применение суспензии хлореллы в концентрации 10 мл/кг способствует повышению выживаемости и резистентности молоди форели, а также общему усилению иммунного фона организма рыб.

Ключевые слова. Водоросли, хлорелла, радужная форель, комбикорма, биодобавка.

RESULTS OF THE USE OF *CHLORELLA VULGARIS* MICROALGAE IN THE FEED DIET OF RAINBOW TROUT

¹Matrosova S.V., ¹Sidorova N.A., ¹Kuchko T.Yu.

¹Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation

Abstract. The article presents an analysis of a comprehensive study of the growth and development indicators of rainbow trout grown on granulated feeds using a plankton microalgae suspension concentrate *Chlorella vulgaris* (GKO) as a bioadditive. The possibility of using the studied biopreparation in the feeding ration of trout as an active additive with an immunocorrecting effect has been proven. The use of a *Chlorella* suspension at a concentration of 10 ml / kg increases the survival and resistance of trout jewels, as well as the general strengthening of the immune background of the fish organism.

Keywords. Algae, chlorella, rainbow trout, compound feed, dietary supplement.

Введение. Одним из современных направлений биотехнологии в области аквакультуры является разработка природных биопрепаратов для использования в качестве дополнительного источника незаменимых аминокислот, витаминов и других кормовых компонентов в рационе рыб. К таким препаратам относятся про- и пребиотики, полученные на основе микроорганизмов, в том числе и некоторые растительные биодобавки. Так, по мнению экспертов [1,2] применение суспензии водорослей в кормлении рыб может оказывать положительное влияние на их иммунную систему, рост и развитие, а также способствовать более высокой усвояемости кормов.

Экспериментально доказано, что введение концентрата суспензии планктонного штамма хлореллы (*Chlorella vulgaris*) в качестве биодобавки в комбикорм для молоди карпа [<https://waterpond.ru/articles/khlorella-v-rybovodstve>], стерляди и ленского осетра [3] приводит к увеличению темпа роста рыб, снижению затрат на кормление, а также к существенному увеличению содержания незаменимых полиненасыщенных жирных кислот омега-3: омега-6 в рыбьем жире по сравнению с использованием в их рационе растительных белков [4].

С целью повышения эффективности выращивания крупного посадочного материала радужной форели для садковых хозяйств Республики Карелия выполнена серия аквариальных экспериментов по оценке применимости культуры одноклеточных микроводорослей *Chlorella vulgaris* (планктонный штамм GKO) в качестве кормовой биодобавки с иммунокорректирующим действием для мальков радужной форели.

Материал и методы. Исследования выполнены на базе Научно-исследовательского центра (НИЦ) по аквакультуре Института биологии, экологии и агротехнологий ПетрГУ в период с 09.03.2022 по 26.05.2022.

Изучение здоровья и темпа роста молоди радужной форели при кормлении гранулированным кормом с кормовой добавкой в виде концентрата суспензии 5 мл/кг (опыт № 1), 10 мл/кг (опыт № 2) и 15 мл/кг (опыт № 3) планктонного штамма *Chlorella vulgaris* проводилось на морфогенетически

однородных группах мальков радужной форели породы Рофор (*Oncorhynchus mykiss* val.) с начальной массой 30 грамм, которые содержались в 4-х аквариумных установках по 50 штук и выращивались до средней массы 60 грамм. Эффективность оценивали по сравнению с контрольной диетой, не содержащей пробиотика. Продолжительность кормления составила 8 недель.

Рыба выращивалась в одинаковых условиях, кормление проводилось вручную. В период адаптации и до конца эксперимента использовали универсальный стартовый корм для молоди, применяемый на форелевом хозяйстве. Суточный рацион соответствовал температуре воды и массе тела выращиваемых рыб. В аквариумах ежедневно контролировались гидрохимические параметры среды (рН, $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, NO_2^- , NO_3^-). Поддержание оптимальных гидрохимических параметров на одном уровне обеспечивалось ежедневной заменой воды в объеме 20-30%. Температура воды в аквариумах была постоянной (13,5°C), концентрация растворенного кислорода колебалась в пределах 9-11 мг/л.

В ходе исследования с применением стандартных методик [5-7] оценивались рыбоводно-биологические показатели роста молоди форели (абсолютный и относительный приросты, кормовой коэффициент), проводилась диагностика типовых патологических процессов в органах и тканях рыб и оценка морфофизиологических показателей внутренних органов (печень, сердце, селезенка, жабры почки). Для обоснования адаптационных возможностей организма рыб и оценки условий выращивания проведено исследование морфологических показателей крови и иммунитета молоди форели. Все гематологические исследования выполняли в соответствии с Методическими указаниями 13.4.2/1795 [8-11]. Активность лизоцима в слизистых покровах рыб определяли на спектрофотометре «LEKI SS2107» [12].

Результаты. Во всех вариантах эксперимента с использованием микроводорослей, молодь форели активно потребляла корм и давала хорошие привесы. Лучшие показатели относительного прироста массы тела за весь период выращивания зафиксированы среди мальков, получавших корма с микроводорослями *Chlorella vulgaris* в концентрации 10 мл/кг (опытная группа 2). В данном варианте эксперимента полученные результаты по приросту массы тела оказались выше на 5% по сравнению с вариантами кормления с добавками к основному рациону – 5 и 15 мл/кг, соответственно (рисунок 1).

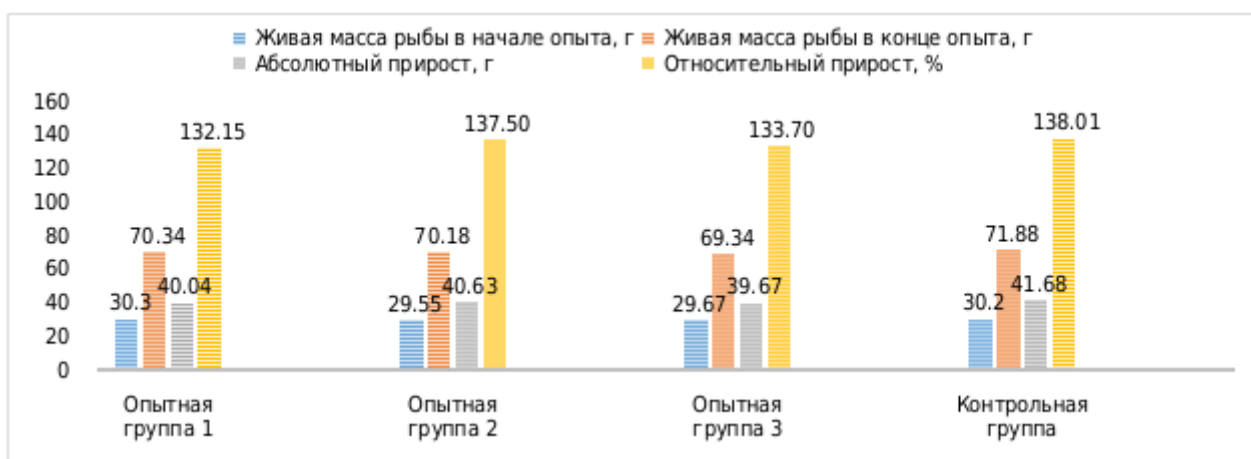


Рисунок 1 - Рыбоводно-биологические показатели средних значений в каждой выборке.

Расчет затрат корма на единицу привеса и анализ кормовых коэффициентов комбикормов с иммуностимулирующей добавкой в виде микроводорослей показал, что хлорелла не оказывает отрицательного влияния на конверсию корма и на приросты молоди форели. Кормовой коэффициент в контрольной и трех опытных группах составил в среднем 0,7.

Благодаря комплексному анализу морфофизиологических показателей внутренних органов молоди радужной форели до эксперимента с кормовой добавкой и после него установлено положительное влияние суспензии планктонного штамма *Chlorella vulgaris* GKO в концентрации 10 мл/кг и 15 мл/кг на иммунокомпетентные органы (печень, почки и селезенка) рыб (таблица 1).

Таблица 1 - Физиологические показатели молоди радужной форели.

Показатель	До эксперимента	После эксперимента (через 54 дня)			
		Контроль (Корм без хлореллы)	Опыт 1 (Хлорелла 5 мл/кг)	Опыт 2 (Хлорелла 10 мл/кг)	Опыт 3 (Хлорелла 15 мл/кг)
Индекс печени, ‰	13,7 ±1,6	15,41 ±1,2	15,02 ±1,7	14,6 ±0,6	13,6 ±0,6
Индекс селезенки, ‰	1,3 ±0,14	1,06 ±0,17	1,11 ±0,17	1,11 ±0,17	1,27 ±0,12
Индекс сердца, ‰	1,84 ±0,08	1,67 ±0,15	1,64 ±0,15	1,76 ±1,10	1,76 ±0,18
Содержание жира, %	1,6	2,93	2,98	2,95	2,92
Индекс жабр, ‰	30,5 ±0,6	30,26 ±3,1	31,61 ±1,4	28,74 ±1,7	29,5 ±1,6
Индекс почек, ‰	7,82 ±1,3	8,5 ±0,65	9,3 ±0,83	7,4 ±0,53	8,3 ±0,6

В ходе эксперимента достоверных различий по индексам внутренних органов рыб во всех испытуемых группах выявлено не было за исключением индекса жира, содержание которого у молоди форели увеличилось к концу опыта практически в 2 раза, оставаясь в пределах нормы для данного возраста (Norm 3,16 – 3,43 %). Это говорит о том, что размер внутренних органов изменился незначительно.

Несмотря на то, что уровень статистической значимости результатов измерений по всем исследуемым параметрам не достигнут ($p > 0.05$), можно говорить о положительном влиянии суспензии планктонного штамма *Chlorella vulgaris* GKO в концентрации 10 мл/кг и 15 мл/кг на иммунокомпетентные органы (печень, почки и селезенка) молоди форели. Значения индексов печени и селезенки в этих группах остались на уровне показателей до эксперимента (не увеличились) в опыте № 3 или снизились (Опыт №2 – селезенка, почки), что свидетельствует о формировании положительного иммунного ответа в организме рыб в присутствии *Chlorella vulgaris* GKO и о снижении общей интоксикации организма. Аналогичный эффект зафиксирован и для индекса жабр.

Кроме того, применение концентрата суспензии микроводорослей *Chlorella vulgaris* (планктонный штамм GKO) в качестве кормовой добавки к рациону мальков форели с концентрацией 10 мл/кг способствовало снижению патологических процессов в печени, селезенке и кишечнике рыб (таблица 2).

Таблица 2 - Встречаемость патологий внутренних органов

Показатель	До опыта	Контроль	Опыт №1	Опыт №2	Опыт №3
Геморрагии в печени, %	40	10	10	18	35
Анемия печени (бледная), %	0	20	18	0	35
Воспаление кишечника, %	40	10	0	0	0
Увеличенная (отёкшая) селезенка, %	0	10	0	0	0

Под действием биодобавки, у экспонируемых особей радужной форели также увеличились значения бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК), в среднем в 1.7 раз, по сравнению с интактными особями. Наилучший результат обнаружен для опытной группы, получавшей с кормом 5 мл/кг концентрата хлореллы - в этом варианте эксперимента значения БАСК превысили исходный уровень в 1.94 раза.

Результаты анализа морфологических показателей крови позволяют подтвердить факт, что в присутствии биодобавки количество красных клеток крови увеличивается в опытных группах по сравнению с контролем в среднем в 1.8 раз, что может быть связано с увеличением интенсивности ростовых процессов, тканевого дыхания, а также процессов кроветворения под влиянием метаболитов *Chlorella vulgaris*, вводимой в рацион (рис. 2).

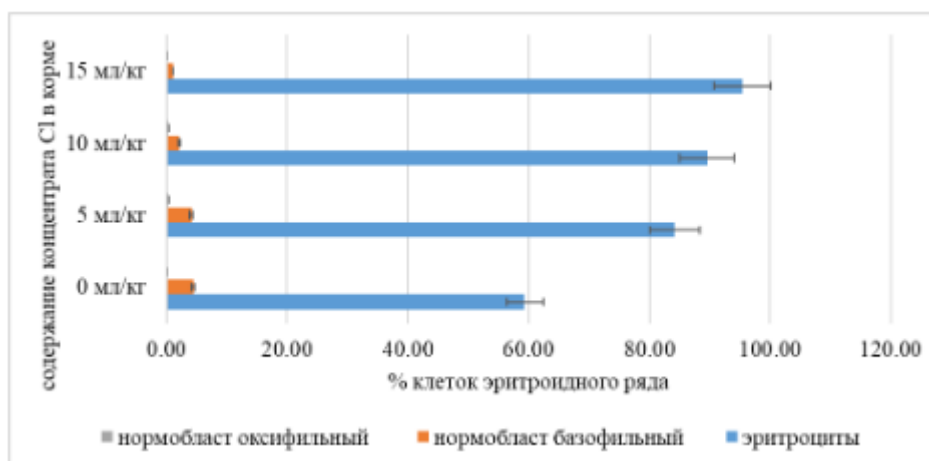


Рисунок 2 - Изменение соотношения клеток эритроцитарного ряда при разных рационах кормления радужной форели

При использовании хлореллы в рационе форели изменялось и содержание лизоцима в слизистых покровах радужной форели. Если исходная концентрация лизоцима составила 0.33 мкг/мл, то при добавлении в корм 5 мл/кг хлореллы - концентрация лизоцима увеличилась до 0.49 мкг/мл, при добавлении 10 мл/кг - до 0.54 мкг/мл и при добавлении 15 мл/кг - до 0.47 мкг/мл. При использовании традиционного рациона (без хлореллы) - гематологические и иммунные показатели радужной форели в начале и в конце эксперимента оставались без существенных изменений.

Полученные в эксперименте результаты доказывают возможность применения суспензии хлореллы *Chlorella vulgaris* (планктонный штамм GKO) при выращивании молоди радужной форели в качестве биодобавки к комбикормам, как стимулятора роста и развития с иммунокорректирующим действием. Наиболее эффективно по большинству изученных показателей, и согласно оценке общего иммунного фона молоди форели, целесообразно применение в качестве кормовой добавки суспензии хлореллы в концентрации 10 мл/кг.

Список использованных источников

1. Исследование влияния кормов с биологически активными добавками на рост осетровых рыб при бассейновой технологии выращивания / А. А. Мухрамова [и др.] // Вестник КазНУ. Сер. экологическая. – 2012. – № 1 (33). – С. 106-108.
2. Влияние условий культивирования на витаминный состав суспензии водорослей *Chlorella vulgaris* (Beijerinck) и *Scenedesmus acutus* (Meyen) / Н. П. Дмитриевич [и др.] // Биотехнология: достижения и перспективы развития: материалы II междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 7-8 дек. 2017 г. / Полес. гос. ун-т; ред.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск, 2017. – С. 58-60.
3. Kozłow A.I., Kozłowa T.V. Cage growing sturgeon using in feed suspension of *Chlorella* in land reclamation pond of Pripjat polesie // Aquaculture 2013: Celebrating 40 Years of Aquaculture. 3-7 November, 2013, Gran Canaria, Spain. - P. 1.030.
4. Sardesa V. M. Nutritional role of polyunsaturated fatty acid // Nutr. Biochem. - 1992. - № 3. - P. 154-166.
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром-сть, 1966. – 376 с.
6. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. – 300 с.
7. Рыжков Л.П., Кучко Т.Ю. Применение метода морфофизиологических индикаторов для оценки качественного состава рыб: метод. указания. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. 20 с.
8. Житенева Л. Д., Полтавцева Т. Г., Рудницкая О. А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. - Ростов-на-Дону, 1989. - 112 с.
9. Зубрихина Г. Н., Блиндарь В. Н., Тимофеев Ю. С. Теория и практика лабораторных гематологических исследований. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020 - 288 с.
10. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). - Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 184 с.
11. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб / Утвержденные зам. руководителя Департамента ветеринарии В.В. Селиверстовым 2 февраля 1999 г. № 13-4-2/1487.
12. Дорофейчук В.Г. Определение активности лизоцима нефелометрическим методом // Лабораторная диагностика. - 1968. - № 1. - С. 28 - 30.