

УДК: 577.1:639.211.3.043:615.331
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.287

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Карпенко Л.Ю.¹ – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-2781-5993); **Сидорова Н.А.**² – канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и экологии (ORCID 0000-0002-9659-9235); **Бахта А.А.**¹ – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-5193-2487); **Савушкин А.И.**² – науч. сотр. (ORCID 0009-0003-5202); **Полистовская П.А.**¹ – канд. биол. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0003-1977-0913); **Никонов И.Н.**^{1*} – канд. биол. наук, ст. преподаватель кафедры биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-9495-0178); **Балыкина А.Б.**¹ – канд. ветеринар. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-5373-4794)

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины»

² ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

* ilnikonov@yandex.ru

Ключевые слова: форель радужная, аквакультура, рыбное хозяйство, физиологический статус, биохимические показатели, кормовые добавки, пробиотики.

Key words: Rainbow trout, aquaculture, fish farming, physiological status, biochemical indicators, feed additives, probiotics.

Финансирование: исследование выполнено при поддержке гранта российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

Поступила: 25.12.2024

Принята к публикации: 06.03.2025
Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

В высокопродуктивном рыбоводстве, до сих пор, единственным способом профилактики и лечения инфекционных заболеваний служат антибиотики. Применение антибиотиков не всегда рационально, часто сопровождается формированием у патогенов множественной лекарственной устойчивости, сказывается на экологическом состоянии водоёма и безопасности выращиваемой рыбной продукции для человека. Многие антибактериальные препараты аккумулируются в отдельных органах и тканях и остаются стабильными даже после кулинарной обработки рыбы. В настоящее время, необходи-

мость в препаратах с адаптогенными свойствами можно связать с изменением ситуации на рынке кормовых добавок, нехваткой отечественных эффективных нутрицевтиков и биологически активных веществ, включая витамины, минеральные комплексы, пищевые волокна, про- и пребиотики. Целью исследования являлось изучение влияния на биохимический статус организма радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) применения в ее рационе различных пробиотических добавок. Биохимические показатели крови (активность АлАТ, АсАТ, ЩФ, концентрацию общего билирубина, общего белка, альбуминов, креатинина, мочевины, глюкозы, холестерина) определялись на автоматическом биохимическом анализаторе Chem Well (Awareness Technology, США). В ходе исследований выявлено, что изучаемые пробиотические препараты не обладают гепатотоксичным и нефротоксичным эффектом, на что указывает отсутствие достоверных изменений биохимических показателей, характеризующих работу печени и почек, а оказывают положительное влияние на белковый обмен рыбы. Таким образом, можно сделать заключение о положительном действии экспериментальных пробиотических препаратов на основе штаммов бактерий р. *Lactobacillus* на метаболизм радужной форели. Полученные результаты выполненных исследований так же могут быть использованы для оптимизации состава продукционных комбикормов для радужной форели.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В высокопродуктивном рыбоводстве, до сих пор, единственным способом профилактики и лечения инфекционных заболеваний служат антибиотики. Применение антибиотиков не всегда рационально, часто сопровождается формированием у патогенов множественной лекарственной устойчивости, сказывается на экологическом состоянии водоёма и безопасности выращиваемой рыбной продукции для человека. Многие антибактериальные препараты аккумулируются в отдельных органах и тканях и остаются стабильными даже после кулинарной обработки рыбы [15]. При чрезмерном использовании антибиотиков в организме рыб наблюдается усиление накопления жиров в подкожно жировой прослойке и снижается накопление белков. Постоянное применение антибиотиков требует проводить корректировку дозировок в сторону увеличения количества действующего вещества, что приводит к существенному снижению продуктивности. Экспериментально доказано, что в условиях сильного стресса антибиотики перестают работать и не имеют прямого анаболического эффекта. Современные антибиотики – это сильнодействующие препараты, которые отпускаются по списку «Б», их применение требует соблюдение ряда требований, так их запрещено при-

нимать без назначения, смешивать два или более препаратов [3]. С 1 января 2006 г все виды кормовых антибиотиков в странах ЕС полностью запрещены, кроме как рецептурно предписанных ветеринарными врачами. Перед запретом был предоставлен двухлетний период (2004-2005 г.г.) для перехода на альтернативные источники стимуляторов роста и продуктивности животных [Регламент Европейского Парламента и Совета (ЕС) от 22 сентября 2003 г.]. Несмотря на внедренные меры, из-за высокого уровня восприимчивости аквакультурных видов рыб к болезням, ухудшения качества воды [6] и широкого спектра стрессовых состояний (от ферментативной недостаточности до инфекций и освоения новых условий обитания), индустрия аквакультуры продолжает испытывать постоянное ограничение в развитии, что в разы увеличивает важность разработки новых отечественных лечебно-профилактических препаратов со свойствами адаптогенов [8; 13].

Согласно определению адаптогенов [9], они должны быть неспецифическими, не оказывать неблагоприятного воздействия на организм, снижать восприимчивость к широкому спектру неблагоприятных воздействий химической, физической или биологической природы [14, 16]. Это загрязнение окружающей среды, изменение климата, пищевого рациона, инфек-

ционные или соматические заболевания. Установлено, что адаптогены способны контролировать реакцию организма на стресс, уменьшая наступление фазы истощения, которая является частью так называемого общего адаптационного синдрома [1, 10]. Подобную сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам внутренней и внешней среды связывают с нормализацией анаболических и катаболических функций, с восстановлением иммуносупрессивных эффектов, проявлением антиоксидантного эффекта, направленного на предотвращение токсического действия свободнорадикального окисления ненасыщенных жирных кислот, улучшения реологических и биохимических свойств крови. Ряд авторов считает, что многоцелевое воздействие адаптогенов связано с влиянием на нейроэндокринно-иммунную систему, с множественной стимуляцией защитных систем организма, активацией внутриклеточных и внеклеточных адаптивных сигнальных путей и экспрессией белков, активируемых стрессом, что приводит к восстановлению и повышению неспецифической резистентности и адаптации к стрессу [11,12]. В настоящее время, необходимость в препаратах с адаптогенными свойствами можно связать с изменением ситуации на рынке кормовых добавок, нехваткой отечественных эффективных нутрицевтиков и биологически активных веществ, включая витамины, минеральные комплексы, пищевые волокна, про- и пребиотики.

Целью исследования являлось изучение влияния на биохимический статус организма радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) применения в ее рационе различных пробиотических добавок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Объектами исследования выступали мальки, годовики и двухлетки радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). В каждой возрастной группе выделяли подгруппы, в рацион которых вводили кормовые добавки («Пробиотик -1» и «Пробиотик -2») на основе различных штаммов бактерий

р. *Lactobacillus*. Экспериментальные образцы пробиотиков были наработаны на базе ООО «Микробиом».

Температура в садках для форели находилась в пределах оптимальных для данных видов рыб и составляла в среднем 18,3°C. Содержание кислорода не опускалось ниже 6,4 мг/л. Водородный показатель в ходе исследования составлял 9,7 мг/л.

Отбор проб крови у рыб осуществлялся согласно установленной методике [4]. Биохимические показатели крови определялись на автоматическом биохимическом анализаторе Chem Well (Awareness Technology, США) по общепринятым методикам. Экспериментальные образцы пробиотиков были наработаны на базе ООО «Микробиом». Анализ результатов выполнен с использованием методов описательной статистики [2] и обработки экспериментальных данных в MS Excel [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты, полученные при определении основных биохимических показателей крови представлены в таблице.

При анализе показателей, характеризующих состояние печени (билирубин, активность АлАТ, АсАТ, ЩФ), выявлено, что они не имеют достоверных отличий от показателей рыб контрольной группы, что указывает на отсутствие гепатотоксического эффекта при применении исследуемых пробиотических добавок.

При анализе показателей, характеризующих состояние почек (креатинин, мочевины), выявлено, что они не имеют достоверных отличий от показателей рыб контрольной группы, что указывает на отсутствие нефротоксического эффекта при применении исследуемых пробиотических добавок.

Анализируя показатели белкового обмена, стоит отметить, что показатели общего белка второй опытной группы несколько выше значений первой группы (на 4,2 %), с этим коррелирует и концентрация альбуминов в сыворотке крови исследуемых рыб (отмечено повышение показателя концентрации альбуминов у 2

опытной группы по сравнению с контролем на 1,7 %). Показатели общего белка 3 опытной группы выше значений контрольной группы (на 7,1%), концентрации альбуминов выше на 7,6 %).

При этом отмечается тенденция снижения уровня мочевины у рыбы, которой применяли пробиотики. Это согласуется с данными, полученными в результате оценки показателей белкового обмена, и может указывать на усиления анаболического характера данного вида обмена при применении изучаемых пробиотиков.

Однако, рассматривая показатели азотного обмена, стоит также отметить, что при тенденции показателей концентрации мочевины в сыворотке крови рыб 2 и 3 опытных групп к снижению (на 5,71% и 4% соответственно) наблюдается незначительное повышение общего белка и альбуминов (рассмотрено выше). Все вышеуказанное может говорить о включении альбуминов в анаболические процессы и снижением потерь азота с мочевойной.

Рыбы усваивают углеводы только в виде моносахаридов, поэтому олигосахариды и полисахариды в пищеварительном тракте подвергаются ферментативному гидролизу до моносахаридов. Усвоение углеводов рыбами происходит примерно на 50-60% и зависит от сложности их структуры. Например, у форели углеводы усваиваются на 40%, в том числе глюкоза - на 100%, мальтоза - на 90%, сахароза - на 70%, лактоза - на 60%, сырой крахмал - на 40%, вареный - на 60% [7]. Достоверных отличий показателей концентрации глюкозы в сыворотке крови рыб подопытных групп от показателей контрольной группы не выявлено.

Рассматривая показатели липидного обмена, в частности, холестерол, стоит отметить, что говорить о снижении кишечной абсорбции нутриентов или уменьшении скорости биосинтеза эндогенного холестерина и триацилглицеринов ввиду дефицита энергии, т. к. достоверных отличий в показателях не выявлено.

Таблица 1 – Основные биохимические маркеры плазмы крови радужной форели *Oncorhynchus mykiss*, ($M \pm m$)

Показатель, ед.измерения	Контрольная группа (группа 1)	Опытные группы	
		Группа 2	Группа 2
АлАТ, МЕ\л	8,39±0,44	8,75±1,4	8,35±0,15
АсАТ, МЕ\л	13,5±0,78	14,1±1,25	14,89±0,25
ЩФ, МЕ\л	37,36±2,24	36,55±1,13	36,48±0,78
Общий белок, г/л	34,6 ±1,05	36,1 ±1,02	37,24 ±1,08*
Альбумины, г/л	11,88±1,47	12,01 ±0,51	12,86 ±1,39
Креатинин, мкмоль/л	63,04 ±1,24	63,44 ±1,56	63,56 ±1,5
Мочевина, ммоль/л	1,75 ±0,25	1,65 ±0,15	1,68 ±1,03
Глюкоза, ммоль/л	5,32 ±2,45	5,28 ±1,16	5,31 ±1,52
Билирубин, мг%	0,05±0,02	0,038±0,01	0,045±0,02
Холестерин, мг%	2,76±1,02	2,68±0,12	2,72±0,16

*- $p \leq 0,05$ относительно группы контроля.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

В ходе исследований выявлено, что изучаемые пробиотические препараты не обладают гепатотоксичным и нефротоксичным эффектом, на что указывает отсутствие достоверных изменений биохимических показателей, характеризующих работу печени и почек, а оказывают положительное влияние на белковый обмен рыбы. Таким образом, можно сделать заключение о положительном действии экспериментальных пробиотических препаратов на основе штаммов бактерий р. *Lactobacillus* на метаболизм радужной форели. Полученные результаты выполненных исследований так же могут быть использованы для усовершенствования состава готовых рационов для данного вида рыб.

STUDY OF BIOCHEMICAL INDICATORS OF RAINBOW TROUT WITH THE USE OF PROBIOTIC PREPARATIONS.

Karpenko L.Yu.¹ - Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biochemistry and Physiology, (ORCID 0000-0002-2781-5993); **Sidorova N.A.**² - Candidate of Sciences. Biol. sciences, assoc., assoc. Department of Zoology and Ecology (ORCID 0000-0002-9659-9235); **Savushkin A.I.**² - scientific. comp. (ORCID 0009-0003-5202); **Bakhta A.A.**¹ - PhD in Biology, Assoc. Prof., Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology (ORCID 0000-0002-5193-2487); **Polistovskaya P.A.**¹ - Ph.D. in Biology, Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology, (ORCID 0000-0003-1977-0913); **Nikonov I.N.**^{1*} - Ph.D. in Biology, Senior Lecturer of the Department of Biochemistry and Physiology, (ORCID 0000-0001-9495-0178); **Balykina A.B.**¹ - Ph.D. in Veterinary Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology, (ORCID 0000-0001-5373-4794)

¹ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

² Petrozavodsk State University

* ilnikonov@yandex.ru

Financing: The study was supported by grant No. 322-23 of the Russian Science Foundation (Agreement No. 23-16-20026), conducted jointly with the Republic of Karelia with funding from the Venture Investment Fund of the Republic of Karelia (VIF RK).

ABSTRACT

In highly productive fish farming, antibiotics are still the only way to prevent and treat infectious diseases. The use of antibiotics is not always rational, often accompanied by the formation of multiple drug resistance in pathogens, affects the ecological state of the reservoir and the safety of farmed fish products for humans. Many antibacterial drugs accumulate in individual organs and tissues and remain stable even after cooking the fish. Currently, the need for drugs with adaptogenic properties can be associated with changes in the situation on the feed additives market, a shortage of domestic effective nutraceuticals and biologically active substances, including vitamins, mineral complexes, dietary fiber, pro- and prebiotics. The aim of the study was to study the effect of various probiotic supplements in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the biochemical status of its body. Blood biochemical parameters (ALT, AST, ALP activity, total bilirubin, total protein, albumin, creatinine, urea, glucose, cholesterol) were determined using an automatic Chem Well biochemical analyzer (Awareness Technology, USA). The studies revealed that the studied probiotic preparations do not have a hepatotoxic and nephrotoxic effect, as indicated by the absence of reliable changes in biochemical parameters characterizing the functioning of the liver and kidneys, but have a positive effect on the protein metabolism of fish. Thus, we can conclude that the experimental probiotic preparations based on strains of bacteria of the genus *Lactobacillus* have a positive effect on the metabolism of rainbow trout. The results of the studies can also be used to optimize the composition of production feed for rainbow trout.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ возрастной динамики морфологических показателей крови форели радужной в условиях аквакультуры / Л. Ю. Карпенко, Н. А. Сидорова, П. А. Полистовская [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 4. – С. 236-243. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.4.236.
2. Ивантер Э. В. Основы вариационной статистики. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена, 1970. – 19 с.
3. Кормовые добавки. Под ред. А. М. Венедиктова и др. М.: Агропромиздат, 1992. 192 с.
4. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб (утв. Минсельхозпродом России 02.02.1999 N 13-4-2/1487)
5. Мхитарян В.С., Ильенкова С.Д., Агапова Т.Н. Статистика. – М.: Юрайт, 2013. – 590 с.
6. Полистовская, П. А. Тяжелые металлы в водной экосистеме и их влияние на рыб / П. А. Полистовская, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – 88 с.
7. Физиология рыб. Книга 2. Питание и пищеварение / В. Г. Скопичев, Л. Ю. Карпенко, И. О. Боголюбова [и др.]. – Санкт-Петербург: Квадро, 2017. – 344 с. – ISBN 978-5-906371-25-8.
8. Bhattacharya S. K., Muruganandam A.V. Adaptogenic activity of Withaniasomnifera: an experimental study using a rat model of chronic stress // Pharmacol Biochem Behav. 2003. № 75(3). P. 547–55.
9. Lazarev N.V., Ljublina E.I., Rozin M.A. State of nonspecific resistance // Patol. Fiziol. Exprim. Ter. 1959. № 3. P. 16-21.
10. Mendes F. R. Tonic, fortifier and aphrodisiac: adaptogens in the Brazilian folk medicine // Revista Brasileira de Farmacognosia. 2011. № 21(4). P. 754-763.
11. Panossian A. Understanding adaptogenic activity: Specificity of the pharmacological action of adaptogens and other phytochemicals // Ann. N. Y. Acad. Sci. 2017. № 1401.

P. 49-64.

12. Panossian A., Seo E.-J., Efferl T. Novel molecular mechanisms for the adaptogenic effects of herbal extracts on isolated brain cells using systems biology // Phytomedicine 2018. №50. P. 257-284.
13. Panossian A., Wikman G. Evidence-based efficacy of adaptogens in fatigue, and molecular mechanisms related to their stress-protective activity // Curr Clin Pharmacol. 2009. 4(3). P. 198–219.
14. Sanchez-Lopez A.L., Ortiz G.G., Pacheco-Moises F.P., Mireles-Ramirez M.A., Bitzer-Quintero O.K., Delgado-Lara D.L.C., Ramirez-Jirano, L.J., Velazquez-Brizuela I.E. Efficacy of Melatonin on Serum Pro-inflammatory Cytokines and Oxidative Stress Markers in Relapsing Remitting Multiple Sclerosis // Arch. Med. Res. 2018. № 49. P. 391-398.
15. Timofeev N. P. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review) // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. Agricultural Science Euro-North-East. 2021. № 22(6). P. 804-825.
16. Vanden Berghe W., Sabbe L., Kaileh M., Haegeman G., Heyninck K. Molecular insight in the multifunctional activities of Withaferin // A. Biochem. Pharmacol. 2012. № 84. P. 1282-1291.

REFERENCES

1. Analysis of age dynamics of morphological parameters of rainbow trout blood in aquaculture / L. Yu. Karpenko, N. A. Sidorova, P. A. Polistovskaya [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2023. - No. 4. - P. 236-243. - DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.4.236.
2. Ivanter E. V. Fundamentals of Variation Statistics. - Petrozavodsk: Publishing House of Petrozavodsk State University named after O. V. Kuusinen, 1970. - 19 p.
3. Feed additives. Ed. A. M. Venediktova et al. Moscow: Agropromizdat, 1992. 192 p.
4. Guidelines for conducting hematological examination of fish (approved by the Ministry of Agriculture of Russia on 02.02.1999 N 13-4-2 / 1487)
5. Mkhitarian V.S., Ilyenkova S.D.,

- Agapova T.N. Statistics. - Moscow: Yurait, 2013. - 590 p.
6. Polistovskaya, P. A. Heavy metals in the aquatic ecosystem and their impact on fish / P. A. Polistovskaya, L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022. - 88 p. - EDN VMICIC.
7. Fish physiology. Book 2. Nutrition and Digestion / V. G. Skopichev, L. Yu. Karpenko, I. O. Bogolyubova [et al.]. - St. Petersburg: Quadro, 2017. - 344 p. - ISBN 978-5-906371-25-8.
8. Bhattacharya S. K., Muruganandam A. V. Adaptogenic activity of *Withaniasomnifera*: an experimental study using a rat model of chronic stress // *Pharmacol Biochem Behav.* 2003. No. 75(3). R. 547-55.
9. Lazarev N. V., Ljublina E. I., Rozin M. A. State of nonspecific resistance // *Patol. Fiziol. Experiment. Ter.* 1959. No. 3. R. 16-21.
10. Mendes F. R. Tonic, fortifier and aphrodisiac: adaptogens in the Brazilian folk medicine // *Revista Brasileira de Farmacognosia.* 2011. No. 21(4). R. 754-763.
11. Panossian A. Understanding adaptogenic activity: Specificity of the pharmacological action of adaptogens and other phytochemicals // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2017. No. 1401. R. 49-64.
12. Panossian A., Seo E.-J., Efferl T. Novel molecular mechanisms for the adaptogenic effects of herbal extracts on isolated brain cells using biology systems // *Phytomedicine* 2018. No. 50. R. 257-284.
13. Panossian A., Wikman G. Evidence-based efficacy of adaptogens in fatigue, and molecular mechanisms related to their stress-protective activity // *Curr Clin Pharmacol.* 2009. 4(3). R. 198-219.
14. Sanchez-Lopez A.L., Ortiz G.G., Pacheco-Moises F.P., Mireles-Ramirez M.A., Bitzer-Quintero O.K., Delgado-Lara D.L.C., Ramirez-Jirano, L.J., Velazquez-Brizuela I.E. Efficacy of Melatonin on Serum Pro-inflammatory Cytokines and Oxidative Stress Markers in Relapsing Remitting Multiple Sclerosis // *Arch. Med. Res.* 2018. No. 49. R. 391-398.
15. Timofeev N. P. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review) // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. Agricultural Science Euro-North-East.* 2021. No. 22(6). R. 804-825.
16. Vanden Berghe W., Sabbe L., Kaileh M., Haegeman G., Heyninck K. Molecular insight into the multifunctional activities of Withaferin // *A. Biochem. Pharmacol.* 2012. No. 84. R. 1282-1291.