

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 1. С. 158-174.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 1. P. 158-174.

Научная статья

УДК 639.3.043:577.17

doi:10.33284/2658-3135-108-1-158

**Влияние биологически активных кормовых добавок в составе рациона
на гематологические параметры рыбы**

**Марина Сергеевна Мингазова¹, Елена Петровна Мирошникова²,
Юлия Владимировна Киякова³, Азамат Ерсанович Аринжанов⁴**

^{1,2,3,4}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹ms.mingazova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2818-1312>

²elenaakva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

³fish-ka06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

⁴arin.azamat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

Аннотация. Гематологический анализ является одним из основных инструментов оценки влияния различных кормовых добавок на организм животных. В статье представлены результаты влияния биологически активных кормовых добавок на рост и морфобиохимические показатели крови карпа (*Cyprinus carpio*). Годовикам на протяжении 42 суток дополнительно к основному рациону включали ванилин (I опытная), пробиотик (II опытная), комплекс ванилин+пробиотик (III опытная), комплекс ванилин+ультрадисперсные частицы диоксида кремния+пробиотик (IV опытная) или комплекс ванилин+ультрадисперсные частицы диоксида кремния+Zn+I+Cr+Co (V опытная). Установлено, что кормовые добавки оказали различное действие на организм рыб. Если в I, II и V опытных группах был зафиксирован прирост живой массы до 10,2 % ($P \leq 0,01$), то в III и IV опытных группах рост рыб снижался относительно контроля до 19,6 % ($P \leq 0,001$). Морфологический анализ крови показал, что биологически активные кормовые добавки способствовали повышению гемоглобина ($P \leq 0,05$) во всех опытных группах, за исключением III и V групп, где установлено снижение ($P \leq 0,05$). При исследовании биохимических параметров была зафиксирована общая тенденция изменения ряда показателей в группах, в рацион которых входил пробиотик. Отмечались значительные различия в концентрации АЛТ, общем белке, триглицеридов и холестерина. Таким образом, действие биологически активных кормовых добавок способствовало получению отличительных данных. Положительные результаты по гематологическим показателям были установлены в I и V опытных группах, в то же время неоднозначные – во II, III и IV группах.

Ключевые слова: аквакультура, рыба, карп, кормление, кормовые добавки, живая масса, морфологические показатели крови, биохимические показатели крови

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки России, проект № 075-15-2024-550.

Для цитирования. Влияние биологически активных кормовых добавок в составе рациона на гематологические параметры рыбы / М.С. Мингазова, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Киякова, А.Е. Аринжанов // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 1. С. 158-174. [Mingazova MS, Miroshnikova EP, Kilyakova YuV, Arinzhanov AE. The effect of biologically active feed additives in the diet on the hematological parameters of fish. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(1):158-174. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-1-158>

Original article

The effect of biologically active feed additives in the diet on the hematological parameters of fish

Marina S Mingazova¹, Elena P Miroshnikova², Yulia V Kilyakova³, Azamat E Arinzhanov⁴

^{1,2,3,4} Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹ms.mingazova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2818-1312>

²elenaakva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

³fish-ka06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

⁴arin.azamat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

Abstract. Hematological analysis is one of the main tools for assessing the effect of various feed additives on the animal body. The article presents the results of the effect of biologically active feed additives on the growth and morpho-biochemical parameters of the blood of carp (*Cyprinus carpio*). For 42 days, in addition to the basic diet, vanillin (I experimental), probiotic (II experimental), vanillin + probiotic complex (III experimental), vanillin + ultrafine particles of silicon dioxide + probiotic (IV experimental) or vanillin + ultrafine particles of silicon dioxide + Zn + I + Cr + Co complex (V experimental), were included in the yearlings' diet. It was found that feed additives had a different effect on the body of fish. If in the I, II and V experimental groups an increase in live weight was recorded to 10.2% ($P \leq 0.01$), then in the III and IV experimental groups the growth of fish decreased relative to the control to 19.6% ($P \leq 0.001$). Morphological blood analysis showed that biologically active feed additives contributed to an increase ($P \leq 0.05$) in hemoglobin in all experimental groups, with the exception of groups III and V, where a decrease ($P \leq 0.05$) was recorded. In the study of biochemical parameters, a general trend of changes in a number of indicators was recorded in groups whose diet included probiotics. There were significant differences in the concentration of ALT, total protein, triglycerides and cholesterol. Thus, the effect of biologically active feed additives contributed to obtaining distinctive results. Positive results on hematological parameters were established in the I and V experimental groups, while ambiguous results were found in the II, III and IV groups.

Keywords: aquaculture, fish, carp, feeding, feed additives, live weight, morphological parameters of blood, biochemical parameters of blood

Acknowledgments: the research was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project No. 075-15-2024-550.

For citation: Mingazova MS, Miroshnikova EP, Kilyakova YuV, Arinzhanov AE. The effect of biologically active feed additives in the diet on the hematological parameters of fish. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(1):158-174. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-1-158>

Введение.

Аквакультура в настоящий момент интегрирована в глобальную производственную систему, обладает быстрым ростом производства и активно продвигает развитие в сфере кормопроизводства с целью улучшения технологий и включения в корма новых ингредиентов. Благодаря этому мировое население получило доступ к высокопитательной продукции, богатой белком и микроэлементами. Но несмотря на все достижения, отрасль по-прежнему сталкивается с серьезными проблемами, которые могут приводить к неблагоприятному исходу (Naylor RL et al., 2021; Fiorella KJ et al., 2021). Среди важных проблем выделяют антибиотикорезистентность и снижение качества кормления (Puri P et al., 2022).

Решением проблем высококачественного кормления и снижения числа заболеваний является дополнительное использование в рационе биологически активных кормовых добавок (Liang Q et al., 2022). В последние десятилетия успехом пользуются пробиотики (Khan S et al., 2020). Включение в рацион пробиотических препаратов положительно влияет на рост, активацию пищеварительных ферментов, повышает иммунный ответ и устойчивость к болезням (Rahman M et al., 2022). В то же время ультрадисперсные частицы металлов – перспективные добавки, имеющие высокую

адсорбционную активность и обладающие минимальной токсичностью для организма (Zhang L et al., 2023). Указывается, что применение комплексов, состоящих из ультрадисперсных частиц, пробиотиков и микроэлементов, сопряжено с повышением интенсивности роста и улучшением физиологического состояния рыб (Аринжанова М.С. и др., 2023).

Совершенно новым направлением в изучении влияния кормовых добавок в рационах сельскохозяйственных животных является опыт использования ингибиторов кворум сенсинга (Дускаев Г.К. и др., 2023). Данные вещества способны подавлять кворум бактерий, за счёт чего происходит контролирование экспрессии генов вирулентности у патогенных микроорганизмов (Torres M et al., 2019). В аквакультуре применение ингибиторов кворум сенсинга возможно при лечении ряда заболеваний, в том числе вибриоза (Gupta DS and Kumar MS, 2022). Описывается использование различных веществ анти-кворума, которые активно используют в аквакультуре (Мингазова М.С. и др., 2024). Одним из интересных является ванилин, который обладает антимикробными, ароматическими, антиоксидантными и другими свойствами, при этом не токсичен (Fuentes C et al., 2021).

Таким образом, наукой накоплен большой опыт использования различных биологически активных кормовых добавок в кормлении гидробионтов. С другой стороны, в настоящее время активно изучают новые компоненты питания и их комплексы как перспективные препараты в питании. Важным моментом в исследованиях является рассмотрение гематологических показателей крови (Witeska M et al., 2023).

Цель исследования.

Оценить эффективность применения в рационе рыб ванилина, пробиотика, ультрадисперсных частиц диоксида кремния и микроэлементов на рост и гематологические параметры крови карпа.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Годовики карпа (*Cyprinus carpio*) ($m=97\pm 2$ г).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов, протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Эксперимент проведен в условиях аквариумного стенда на кафедре «Биотехнология животного сырья и аквакультуры» Оренбургского государственного университета. Методом пар-аналогов сформированы 6 групп. Учетный период – 42 суток. Контроль получал основной рацион (ОР), опытные группы, начиная с учетного периода, дополнительно с ОР получали: I опытная – ванилин, II опытная – пробиотик, III опытная – ванилин+ пробиотик, IV опытная – ванилин+ультрадисперсные частицы диоксида кремния (УДЧ SiO_2)+пробиотик, V опытная – ванилин+УДЧ SiO_2 +Zn+I+Cr+Co.

Дозировка для ванилина («Sigma-Aldrich», Сент-Луис, США) составила 25 мг/кг корма, пробиотика (ООО Биотехнологическая фирма «Компонент», г. Бугуруслан, Россия) на основе штаммов *Enterococcus faecium* (2×10^{10} КОЕ), *Lactobacillus plantarum* (1×10^5 КОЕ), *Lactobacillus buchneri* (1×10^5 КОЕ), *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermanii* (2×10^8 КОЕ), *Bifidobacterium bifidum* (1×10^9 КОЕ)) – 1 г/кг корма, УДЧ SiO_2 (ИП Хисамутдинов Р.А., Россия) – 200 мг/кг корма, для Zn (ООО «Квадрат-С», г. Москва, Россия) – 20 мг/кг корма, I (ООО «Квадрат-С», г. Москва, Россия) – 0,6 мг/кг корма, Cr (ООО «Квадрат-С», г. Москва, Россия) – 2 мг/кг корма, Co (ООО «НПК «Асконт+», г. Серпухов, Россия) – 2 мг/кг корма.

В качестве ОР был использован комбикорм КРК-110-1 (ОАО «Оренбургский комбикормовый завод», Россия). Корм задавали ежедневно по 4 раза, 2-5 % от массы тела. Расчет нормы кормления проводили еженедельно после взвешивания. Дозировка кормовых добавок основана на про-

водимых раннее исследованиях (Мингазова М.С. и др., 2023б; Akter S et al., 2021; Степанцова Г.Е. и др., 2018).

Измерение живой массы проводили еженедельно, утром, до кормления с индивидуальным взвешиванием (± 1 г). Кровь отбирали в последний день эксперимента после взвешивания. После отлова рыбу выдерживали в аэрируемой воде (5-10 минут). Отбор крови осуществляли после отсечения хвостового стебля в вакуумные пробирки с ЭДТА-КЗ и активатором свертывания.

Оборудование и технические средства. Исследования морфобиохимических показателей выполнены по стандартизированным методикам с использованием приборной базы ЦКП БСТ РАН (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>) на автоматическом гематологическом анализаторе «URIT-2900 Vet Plus» («URIT Medical», Китай) и автоматическом биохимическом анализаторе «DIRUI CS-T240» («DURIT Industrial Co., Ltd», Китай).

Статистическая обработка. Для статистического анализа применялись методы вариационной статистики по Стьюденту. Расчёты выполнены с использованием программного комплекса «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Значения с $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ и $P \leq 0,001$ считались статистически значимым.

Результаты исследования.

Включение в рацион карпа ванилина, пробиотика, УДЧ SiO_2 и микроэлементов (Zn, I, Cr, Co) оказало следующее действие на организм (рис. 1). В первые две недели исследования отмечалось отсутствие разницы по живой массе с контролем, изменения фиксировали с третьей недели.

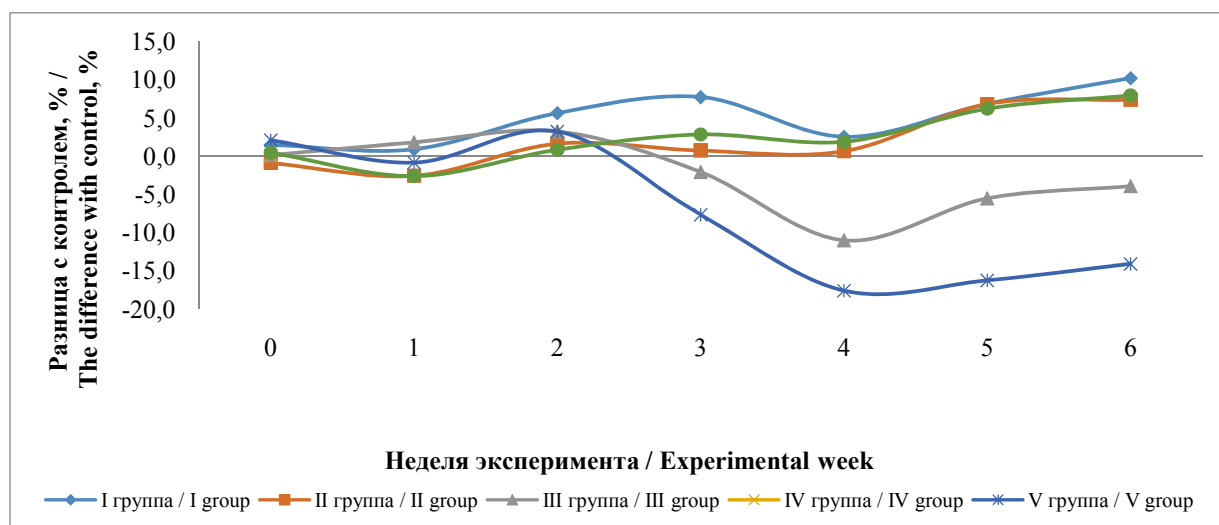


Рисунок 1. Динамика живой массы карпа в опытных группах относительно контроля, %
 Figure 1. Dynamics of live weight of carp in experimental groups relative to control, %

В I опытной группе повышение живой массы зафиксировано на третьей, пятой и шестой неделе исследования – на 7,7 % ($P \leq 0,05$), 6,8 % ($P \leq 0,05$) и 10,2 % ($P \leq 0,01$). Во II группе живая масса достоверно отличалась от контрольных значений на пятой и шестой неделях – на 6,8 % ($P \leq 0,05$) и 7,3 % ($P \leq 0,05$). Похожий результат был установлен в V опытной группе, где прирост отмечали на двух последних неделях эксперимента (6,2 %; $P \leq 0,05$ и 7,9 %; $P \leq 0,01$).

В то же время в III и IV опытных группах было установлено снижение роста в течение исследования. Так, в IV опытной группе наблюдали снижение роста с 7,7 % ($P \leq 0,05$) на третьей неделе до 14,1 % ($P \leq 0,001$) – на шестой, с достижением максимальной разницы на четвертой неделе

(19,6 %; $P \leq 0,001$) по сравнению с контролем. В III опытной группе отмечено максимальное отрицательное отклонение от контроля на четвертой неделе (11,0 %; $P \leq 0,01$).

Результаты морфологического состава крови представлены в таблице 1. Установлено, что уровень гемоглобина повышался у рыб в I, II и IV группах – на 4,5 % ($P \leq 0,05$), 3,7 % ($P \leq 0,05$) и 4,5 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля. При этом в III и V опытных группах показатель снижался на 6,0 % ($P \leq 0,05$) и 3,7 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Таблица 1. Морфологические показатели крови карпа

Table 1. Morphological blood parameters of carp

Показатели / <i>Indicators</i>	Группа / <i>Group</i>					
	кон- троль / <i>Control</i>	I опыт- ная / <i>I experi- mental</i>	II опыт- ная / <i>II experi- mental</i>	III опыт- ная / <i>III experi- mental</i>	IV опытная / <i>IV experi- mental</i>	V опытная / <i>V experi- mental</i>
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$ / <i>Leukocytes, $10^9/\text{l}$</i>	80,7 $\pm$ 4,2	77,7 $\pm$ 4,0	78,7 $\pm$ 3,2	83,0 $\pm$ 2,0	86,3 $\pm$ 2,1	78,3 $\pm$ 3,1
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$ / <i>Erythrocytes, $10^{12}/\text{l}$</i>	0,46 $\pm$ 0,17	0,35 $\pm$ 0,06	0,34 $\pm$ 0,25	0,32 $\pm$ 0,13	0,51 $\pm$ 0,13	0,29 $\pm$ 0,04
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$ / <i>Trombocytes, $10^9/\text{l}$</i>	8,0 $\pm$ 4,0	8,3 $\pm$ 0,58	9,3 $\pm$ 1,53	10,0 $\pm$ 1,0	8,3 $\pm$ 0,58	7,3 $\pm$ 0,58
Гемоглобин, г/л / <i>Hemoglobin, g/l</i>	134 $\pm$ 2,0	140 $\pm$ 1,5*	139 $\pm$ 2,0*	126 $\pm$ 2,5*	140 $\pm$ 2,52*	129 $\pm$ 2,0*
Гематокрит, % / <i>Hematocrit, %</i>	9,8 $\pm$ 4,3	7,1 $\pm$ 1,5	8,7 $\pm$ 3,4	9,8 $\pm$ 1,85	11,1 $\pm$ 3,3	7,4 $\pm$ 2,43

Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Note: * – $P \leq 0.05$ when compared with the control group

В III и IV группах повышался уровень лейкоцитов до 6,9 % при недостоверной разнице с контролем. В других опытных группах отмечено снижение количества лейкоцитов в крови рыб до 3,7 %.

В то же время выявлено, что содержание эритроцитов снижалось до 37,0 %, за исключением IV группы, но данные были недостоверными. При этом уровень эритроцитов во всех группах соответствовал норме (0,1-2 $10^{12}/\text{л}$). Похожий эффект был установлен и для уровня гематокрита в крови подопытных рыб. Содержание тромбоцитов в опытных группах не имело значительных различий с контролем.

Результаты биохимических показателей крови карпа представлены в таблице 2.

В I группе наблюдалось повышение уровня аспартаминотрансферазы (АСТ) на 46,3 % ($P \leq 0,001$), общего белка – на 10,9 % ($P \leq 0,05$), мочевины и триглицеридов – на 133 % ($P \leq 0,01$) и 282 % ($P \leq 0,01$). При этом снижалась концентрация магния на 5,3 % ($P \leq 0,05$).

Для II опытной группы установлено повышение аланинаминотрансферазы (АЛТ) – на 53,4 % ($P \leq 0,001$), АСТ – на 56,7 % ($P \leq 0,001$), билирубина общего – на 112 % ($P \leq 0,05$), глюкозы – на 48,5 % ($P \leq 0,05$), мочевой кислоты – на 140 % ($P \leq 0,05$), общего белка – на 11,4 % ($P \leq 0,05$), триглицеридов – на 232 % ($P \leq 0,05$) и холестерина – на 129 % ($P \leq 0,01$). Уровень магния снижался на 7,3 % ($P \leq 0,05$).

В III опытной группе зафиксировано только повышение показателей: АСТ – на 27,8 % ($P \leq 0,01$), билирубина общего – на 66,0 % ($P \leq 0,05$), глюкозы – на 48,5 % ($P \leq 0,05$), креатинина – на 100 % ($P \leq 0,01$), мочевой кислоты – на 113 % ($P \leq 0,05$), мочевины – на 126 % ($P \leq 0,01$), общего белка – на 11,4 % ($P \leq 0,05$) и триглицеридов – на 184 % ($P \leq 0,05$).

Таблица 2. Биохимические показатели крови карпа
 Table 2. Biochemical blood parameters of carp

Показатели / Indicators	Группа / Group					
	контроль / Control	I опытная / I experimental	II опытная / II experi- mental	III опытная / III experi- mental	IV опытная / IV experi- mental	V опытная / V experi- mental
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	3,3±0,3	3,4±0,2	4,9±0,9*	4,9±0,7*	4,7±0,7*	4,1±0,6
АЛТ, Ед/л / ALT, U/l	70,4±4,6	72,2±7,1	108±5,4***	76,9±5,4	102±7,1**	66,3±8,1
АСТ, Ед/л / AST, U/l	236±9,5	346±18,6***	370±23,8***	302±17,5**	374±16,5***	391±25,6***
Билирубин об- щий, мкмоль/л / Total bilirubin, μmol/l	1,0±0,26	1,21±0,28	2,12±0,41*	1,66±0,31*	1,0±0,45	0,59±0,19
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	7,3±1,5	8,7±0,6	8,7±0,6	8,3±1,2	9,0±1,0	9,3±1,2
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μmol/l	14,5±3,6	18,9±2,7	20,5±1,5	29,1±3,8**	19,8±1,4	18,0±2,2
Мочевая кисло- та, мкмоль/л / Uric acid, μmol/l	9,3±2,2	14,0±3,8	22,3±5,5*	19,8±3,5*	13,8±4,8	11,5±1,2
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	2,63±0,76	6,13±0,35**	5,5±0,82*	5,93±0,55**	4,3±0,7*	2,1±0,3
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	19,3±1,0	21,4±0,4*	21,6±0,5*	21,5±0,3*	23,8±1,1**	22,2±1,0*
Триглицери- ды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	0,38±0,15	1,45±0,34**	1,26±0,32*	1,08±0,35*	1,47±0,2**	1,55±0,27**
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	2,27±0,44	2,53±0,81	5,2±0,54**	2,71±0,24	3,37±0,5*	3,11±0,32
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	5,97±0,59	6,33±0,33	5,8±0,06	6,16±0,05	5,96±0,45	6,27±0,31
Железо, мкмоль/л / Iron, μmol/l	10,7±2,7	10,2±2,6	11,6±2,3	8,3±2,0	6,6±1,2	7,2±0,7
Магний, ммоль/л / Magnesium, mmol/l	3,97±0,09	3,76±0,10*	3,68±0,15*	3,98±0,14	4,22±0,06*	3,77±0,04*
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	4,31±0,67	3,98±0,33	3,73±0,16	4,37±0,78	5,62±0,2*	3,88±0,57

Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,01; *** – P≤0,001 при сравнении с контрольной группой
 Note: * – P≤0.05; ** – P≤0.01; *** – P≤0.001 when compared with the control group

В IV опытной группы при включении в комплекс ванилин+пробиотик ультрадисперсных частиц нами установлено, что ряд показателей увеличивался аналогично II группе. Так, повышалось содержание АЛТ на 44,9 % ($P \leq 0,01$), АСТ – на 58,4 % ($P \leq 0,001$), глюкозы – на 42,4 % ($P \leq 0,05$), мочевины – на 63,5 % ($P \leq 0,05$), общего белка – на 23,3 % ($P \leq 0,01$), триглицеридов – на 287 % ($P \leq 0,01$) и холестерина – на 48,5 % ($P \leq 0,05$). Кроме того, минеральный состав крови также был подвержен увеличению некоторых показателей: магния и фосфора – на 6,3 % ($P \leq 0,05$) и 30,4 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с контрольными значениями.

В V опытной группе достоверные различия были представлены только по содержанию общего белка и АСТ, уровень которых превышал контроль на 15,0 % ($P \leq 0,05$) и 65,6 % ($P \leq 0,001$) соответственно. Кроме того, триглицериды превышали контроль в 3 раза ($P \leq 0,01$). В то же время содержание магния снижалось на 5 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля.

Обсуждение полученных результатов.

Применение кормовых добавок в аквакультуре имеет место при интенсивных и полунтенсивных системах выращивания гидробионтов для увеличения продуктивности. Указывается, что увеличение метаболизма у рыб связано с потреблением корма (Syed R et al., 2022). Кроме того, включение биологически активных веществ в рацион рыб оказывает положительное воздействие как в лечении, так и в профилактике заболеваний (Зуева М.С., 2022). Кормовые препараты способствуют повышению живой массы и выживаемости, повышают иммунитет и стимулируют улучшение метаболической активности (Килякова Ю.В. и др., 2022).

Исследования биологически активных веществ, используемых в составе рациона рыб, в основном показывают положительное действие на прирост живой массы (Ильяшенко А.Н., 2022). При этом отмечается закономерность увеличения роста: в первые недели у гидробионтов происходит адаптация, рост начинается с третьей -пятой недели включения добавок (Аринжанова М.С. и др., 2022). Кроме того, максимальный прирост фиксируется в среднем на шестой неделе (Мингазова М.С. и др., 2023б). В нашем эксперименте были получены противоречивые результаты. С одной стороны, в группах, потреблявших ванилин (I), пробиотик (II) и комплекс ванилин+УДЧ SiO_2 +микроэлементы (V), мы наблюдали увеличение роста с достижением максимального различия с контролем до 10,2 % ($P \leq 0,01$). Использование пробиотиков в аквакультуре показало перспективность добавки и их благоприятное воздействие не только на рост, но и на общее физиологическое состояние организма, в том числе как альтернативы антибиотикам (Chiu S-T et al., 2021; Зуева М.С. и др., 2023). Включение ванилина и его действие на повышение роста обусловлено увеличением привлекательности корма и повышением аппетита у рыбы за счёт ароматических свойств добавки (Liu Y et al., 2023b), что нашло отражение и в V опытной группе, при добавлении ультрадисперсных частиц и микроэлементов.

В то же время использование в рационе карпа комплексов ванилин+ пробиотик (III), в том числе совместно с УДЧ (IV), приводило к негативному результату – масса подопытных рыб снижалась до 19,6 % ($P \leq 0,001$), их поведение отличалось – карпы были пугливыми, избегали корм и плохо его поедали. Данные результаты наталкивают на особенности использования в составе кормов комплексов, состоящих из ванилина и пробиотиков, в которых УДЧ действует как катализатор и усиливает негативное воздействие (Naguib M et al., 2020). Вероятно, в нашем исследовании был выявлен антагонистический эффект от применения двух веществ, которые идентифицируются как ингибиторы кворума сенсинга (Fuentes C et al., 2021; Nami Y et al., 2022).

Исследование крови – важный инструмент для оценки здоровья рыб и эффективности их кормления (Ullah M et al., 2022). Гематологические показатели способны предоставить существенную информацию о физиологическом состоянии организма, включая состояние нейроэндокринной и иммунной систем, ряда заболеваний и последствий из-за неблагоприятного содержания (Seibel H et al., 2021). Нами было выявлено, что использование в рационе карпа биологически активных кормовых добавок и их комплексов не приводило к достоверным изменениям в морфологическом

составе крови, за исключением содержания гемоглобина во всех опытных группах по сравнению с контролем. Причём если в I, II и IV опытных группах гемоглобин повышался до 4,5 % ($P \leq 0,05$), то в III и V группах снижался до 6,0 % ($P \leq 0,05$).

В исследованиях указано, что гемоглобин оказывает действие на окисление липидов в организме рыб (Ghirmai S et al., 2022). Повышение его концентрации при включении в рацион кормовых добавок связывают с ростом и устойчивостью к заболеваниям (Abdel-Razek N et al., 2023; Abdel-Rahman AN et al., 2023). В прошлом учёные (Головина Н.А. и др., 1977) указывали на зависимость одновременного снижения гемоглобина и эритроцитов на начальных стадиях некоторых заболеваний. Современные данные показывают, что концентрация гемоглобина может снижаться вследствие лизиса красных клеток крови (Карпенко Л.Ю. и др., 2020). При этом уровень лейкоцитов в опытных группах не имел достоверных различий относительно контроля и соответствовал норме ($49-81 \cdot 10^9/\text{л}$) или незначительно её превышал (Ахметова В.В. и Васина С.Б., 2015), последнее согласуется с ранними исследованиями о повышении лейкоцитов в крови при использовании кормовых добавок (Мингазова М.С. и др., 2023а). Это указывало на отсутствие ряда заболеваний, так как именно лейкоциты демонстрируют быстрые иммунотенные реакции на инфекции (Ghirmai S et al., 2022).

Помимо морфологических показателей огромное значение в понимании физиологического состояния организма оказывают биохимические параметры крови (Wang H et al., 2022). Нами были зафиксированы значительные изменения в уровне АСТ, общего белка и триглицеридов во всех опытных группах, при этом наименьшее расхождение было актуально для концентрации альбумина и креатинина. Наиболее серьезные изменения претерпевали показатели крови в группах, где присутствовал пробиотик.

В первую очередь следует отметить концентрацию глюкозы, так как её уровень отражает реакцию организма на стресс (Kesbic OS et al., 2022). Выявлено, что глюкоза повышалась ($P \leq 0,05$) во II, III и IV группах относительно контроля, при этом в I и V группах содержание глюкозы не имело достоверных различий по сравнению с контролем. В то же время только в I группе уровень глюкозы был в пределах физиологической нормы ($1,5-4 \text{ ммоль/л}$) (Ахметова В.В. и Васина С.Б., 2015).

Нами установлено, что с повышением глюкозы отмечалось увеличение триглицеридов и холестерина во II и IV группах. Содержание глюкозы и липидный метаболизм могут быть взаимосвязаны, взаимодействовать в метаболических и энергетических процессах и приводить к дисбалансу в клеточном энергоснабжении (Liu Y et al., 2023а). Кроме того, исследования (Song X et al., 2023) указывают, что избыток глюкозы, полученный при кормлении, способствует увеличению триглицеридов и холестерина и ухудшает прирост. Полученные нами данные указывают на изменение показателей только в тех группах, в рационе которых присутствовал пробиотический препарат, при этом только во II группе концентрация триглицеридов превышала физиологическую норму ($1,9-3,9 \text{ ммоль/л}$) в 1,3 раза (Мингазова М.С. и др., 2023а). Это может указывать на действие штаммов на регуляцию метаболитов, связанных с глюкозой, и оказывать наиболее отрицательный эффект при использовании в кормлении только пробиотических препаратов (Ding Q et al., 2022). В то же время повышение триглицеридов ($P \leq 0,01$) в I и V группах не отразилось на уровне глюкозы и лишь незначительно увеличило содержание холестерина (данные недостоверны), что является показателем улучшения липидного обмена (Hassaan MS et al., 2018).

Во всех опытных группах отмечено увеличение концентрации общего белка от 10,9 % ($P \leq 0,05$) до 23,3 % ($P \leq 0,01$), что обусловлено повышением интенсивности питания рыб, улучшением обмена веществ (Жандалгарова А.Д. и др., 2023) и является показателем отсутствия дисфункций печени (Ni M et al., 2021).

Следует указать, что в результате включения биологически активных кормовых добавок и их комплексов в рацион карпа было отмечено повышение уровня АСТ во всех опытных группах до 65,6 % ($P \leq 0,001$) и повышение АЛТ во II и IV группах на 53,4 % ($P \leq 0,001$) и 44,9 % ($P \leq 0,001$) по сравнению с контролем. Целостность печени и нормальное функционирование пищеварения оценивают по концентрации АЛТ и АСТ (Liu WB et al., 2021; Nabi N et al., 2022). Данные результаты

могут свидетельствовать о реорганизации белкового обмена и изменении активности аминотрансфераз. Кроме того, высокие показатели могут встречаться у младшей возрастной группы, и с возрастом концентрация АЛТ и АСТ снижается, а также при повышении двигательной активности (Омельченко С.О. и др., 2016). Вместе с тем значительное увеличение ферментов АЛТ и АСТ может быть связано с гепатотоксическим эффектом, который способствует увеличению высвобождения ферментов в крови (Diab AM et al., 2018).

Уровень мочевины в крови является показателем целостности или нарушения функции почек (Xu M et al., 2019). Несмотря на то, что нами зафиксировано повышение ее концентрации до 133 % ($P \leq 0,01$), уровень был в пределах физиологической нормы (1,83-6,2 ммоль/л) (Мингазова М.С. и др., 2023а), что указывает на отсутствие негативного воздействия добавок на почки (Diab AM et al., 2018). В то же время повышение креатинина ($P \leq 0,01$) в III группе при увеличении мочевины ($P \leq 0,01$) и билирубина общего ($P \leq 0,05$) может указывать на снижение функций печени и почек (Diab AM et al., 2018) и возможно связано с антагонистическим эффектом добавок и повышением их токсичности (Kanu KC et al., 2023) или в связи со стрессом (Dawood MAO et al., 2020).

Повышение концентрации магния в крови подопытных рыб было выявлено во всех группах за исключением III опытной, где были недостоверные результаты. Анализ данных показал, что дефицита минеральных веществ в крови нет (Isla A et al., 2022; Klykken C et al., 2023). Наибольшие изменения зафиксированы в IV группе, в которой содержание магния и фосфора превышало контроль на 6,3 % ($P \leq 0,05$) и 30,4 % ($P \leq 0,05$). Вероятно, это связано с тем, что комплекс добавок влияет на печень (Singh M et al., 2019).

Заключение.

Включение биологически активных кормовых добавок и их комплексов в рацион карпа приводило как к повышению, так и к снижению живой массы у подопытных рыб. Действие кормовых добавок оказывало различное влияние на морфобиохимические параметры. С одной стороны, введение в рацион ванилина и комплекса ванилин+УДЧ $\text{SiO}_2 + \text{Zn} + \text{I} + \text{Cr} + \text{Co}$ оказало положительное влияние на гематологические показатели. С другой стороны, применение пробиотика, комплекса ванилин+пробиотик и комплекса ванилин+УДЧ SiO_2 +пробиотик привело к неоднозначным результатам.

Список источников

1. Ахметова В.В., Васина С.Б. Оценка морфологической и биохимической картины крови карповых рыб, выращиваемых в ООО «Рыбхоз» Ульяновского района Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3(31). С. 53-58. [Akhmetova VV, Vasina SB. Assessment of morphological and biochemical blood picture of carps grown in LLC «Fish Farm» in Ulyanovsk district of Ulyanovsk region. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015;3(31):53-58. (In Russ.)]. doi: 10.18286/1816-4501-2015-3-53-58
2. Биологическое действие кормовых добавок на организм карпа / М.С. Мингазова, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова, А.Е. Аринжанов // Животноводство и кормопроизводство. 2023а. Т. 106. № 3. С. 121-137. [Mingazova MS, Miroshnikova EP, Kilyakova YuV, Arinzhanov AE. Biological effect of feed additives on carp. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023a;106(3):121-137. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-3-121
3. Биологическое действие ультрадисперсных частиц SiO_2 , пробиотического препарата Бифидобиом и комплекса микроэлементов на организм карпа / М.С. Аринжанова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 48-66. [Arinzhanova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova JV. Biological effect of ultrafine particles of SiO_2 , probiotic preparation Bifidobiom and a complex of microelements on the body of carp. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023b;106(1):48-66. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-48

4. Влияние кадмия на гематологические показатели карпа / Л.Ю. Карпенко, П.А. Полистовская, А.И. Енукашвили, А.Б. Балыкина // *Международный вестник ветеринарии*. 2020. № 1. С. 92-96. [Karpenko LYu, Polistovskaya PA, Enukashvili AI, Balykina AB. Influence of cadmium on hematological indicators of carp. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2020;1:92-96. (*In Russ.*)]. doi: 10.17238/issn2072-2419.2020.1.92
5. Влияние пробиотиков на элементный состав мышечной ткани карпа / М.С. Зуева, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106. № 2. С. 8-20. [Zueva MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. The effect of probiotics on the elemental composition of muscle tissue in carp. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):8-20. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-8
6. Влияние ультрадисперсных частиц диоксида кремния на рост и аминокислотный состав печени рыб / М.С. Аринжанова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105. № 2. С. 8-16. [Arinzhanova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. Influence of ultrafine particles of silicon dioxide on the growth and amino acid composition of fish liver. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):8-16. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-2-8
7. Влияние фитобиотических кормовых добавок на рост и морфобиохимические показатели крови рыб / Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, М.С. Аринжанова // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105. № 3. С. 115-125. [Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Influence of phytobiotic feed additives on growth and morphobiochemical parameters of fish blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):115-125. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-115
8. Головина Н.А., Поддубная А.П., Манкирова В.Б. Влияние некоторых заболеваний карпа на гематологические показатели // *Вестник зоологии*. 1977. № 5. С. 29-33. [Golovina NA, Poddubnaya AP, Mankirova VB. Vliyaniye nekotorykh zabolevaniy karpa na gematologicheskiye pokazateli. *Vestnik zoologii*. 1977;5:29-33. (*In Russ.*)].
9. Жандалгарова А.Д., Бахарева А.А., Грозеску Ю.Н. Оценка влияния пробиотического препарата на энтеросорбенте "Флорин форте" на физиолого-иммунологическое состояние бестера // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. 2023. № 4. С. 42-47. [Zhandalgarova AD, Bakhareva AA, Grozesku YuN. Probiotic drug effect evaluation on the enterosorbent "Florin forte" on the physiological and immunological state of bester. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2023;4:42-47. (*In Russ.*)]. doi: 10.24143/2073-5529-2023-4-42-47
10. Зуева М.С. Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб (обзор) // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105. № 4. С. 146-164. [Zueva MS. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):146-164. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-146
11. Изучение влияния микроэлементов на физиолого-биохимические показатели радужной форели / Г.Е. Степанцева, Е.В. Нижникова, Н.П. Нефедова, В.И. Воробьев, О.Т. Лемперт // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2018. Т. 4, № 2. С. 128-135. [Stepantsova GE, Nizhnikova EV, Nefedova NP, Vorobjov VI, Lemper OT. Effect study of microelements on fiziologo-biochemical indicators of the rainbow trout. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2018;4(2):128-135. (*In Russ.*)].
12. Ильяшенко А.Н. Бациллярные пробиотики в кормлении и содержании гидробионтов (обзор) // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105, № 4. С. 165-180. [Ilyashenko AN. Baccillus probiotics in the feeding and maintenance of hydrobionts (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):165-180. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-165
13. Использование ванилина в кормлении цыплят-бройлеров / Г.К. Дускаев, Е.В. Шейда, О.В. Кван, М.Я. Курилкина, Ш.Г. Рахматуллин // *Птицеводство*. 2023. № 3. С. 14-19. [Duskaev GK,

Sheida EV, Kvan OV, Kurilkina MYa, Rakhmatullin ShG. On the use of vanillin in diets for broilers. *Ptitsevodstvo*. 2023;3:14-19. (In Russ.]. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-3-14-19

14. Концентрация химических элементов в мышечной ткани карпа при включении в рацион биологически активных веществ / М.С. Мингазова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова // Животноводство и кормопроизводство. 2023б. Т. 106. № 4. С. 18-29. [Mingazova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. Concentration of chemical elements in carp muscle tissue when biologically active substances are included in the diet. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023b;106(4):18-29. (In Russ.]. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-18

15. Общее понимание кворум сенсинга бактерий и применение ингибиторов кворума в аквакультуре (обзор) / М.С. Мингазова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 1. С. 128-146. [Mingazova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. General understanding of bacterial quorum sensing and use of quorum inhibitors in aquaculture (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(1):128-146. (In Russ.]. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-128

16. Омельченко О.С., Чеснокова И.И., Залевская И.Н. Особенности азотистого обмена и содержания нитрозаминов в тканях черноморских рыб, относящихся к разным экологическим группам // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2016. Т. 2(68), № 2. С. 47-57. [Omelchenko SO, Chesnokova II, Zalevskaya IN. Peculiarities of nitrogen metabolism and nitrosamines content in tissues of black sea fish species belonging to different ecological groups. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya*. 2016;2-68(2):47-57. (In Russ.].

17. Abdel-Rahman AN, Amer SA, Behairy A, Younis EM, Abdelwarith AA, Osman A, Moustafa AA, Davies SJ, Ibrahim RE. Using *Azadirachta indica* protein hydrolysate as a plant protein in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet: Effects on the growth, economic efficiency, antioxidant-immune response and resistance to *Streptococcus agalactiae*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2023;107(6):1502-1516. doi: 10.1111/jpn.13857

18. Abdel-Razek N, El-Sabbagh N, Khalil RH, Abdel-Tawwab M. Prophylactic effects of dietary caper (*Capparis spinosa*) extracts on the control of *Streptococcus agalactiae* infection, growth, immune-antioxidant, and inflammation cytokine responses of Nile tilapia fingerlings. *Fish & Shellfish Immunology*. 2023;142:109126. doi: 10.1016/j.fsi.2023.109126

19. Akter S, Jahan N, Rohani F, Akter Y, Shahjahan M. Chromium supplementation in diet enhances growth and feed utilization of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Biological Trace Element Research*. 2021;199:4811-4819. doi: 10.1007/s12011-021-02608-2

20. Chiu S-T, Chu T-W, Simangunsong T, Ballantyne R, Chiu C-S, Liu C-H. Probiotic, *Lactobacillus pentosus* BD6 boost the growth and health status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* via oral administration. *Fish & Shellfish Immunology*. 2021;117:124-135. doi: 10.1016/j.fsi.2021.07.024

21. Dawood MAO, Abdo SE, Gewaily MS, Moustafa EM, SaadAllah MS, AbdEl-kader MF, Hamouda AH, Omar AA, Alwakeel RA. The influence of dietary β -glucan on immune, transcriptomic, inflammatory and histopathology disorders caused by deltamethrin toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2020;98:301-311. doi: 10.1016/j.fsi.2020.01.035

22. Diab AM, Salem RM, Abeer E-KMS, Ali GIE, El-Habashi N. Experimental ochratoxicosis A in Nile tilapia and its amelioration by some feed additives. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 2018;6(2):149-158. doi: 10.1016/j.ijvsm.2018.09.004

23. Ding Q, Lu C, Hao Q, Zhang Q, Yang Y, Olsen RE, Ringo E, Ran C, Zhang Z, Zhou Z. Dietary succinate impacts the nutritional metabolism, protein succinylation and gut microbiota of zebrafish. *Frontiers in Nutrition*. 2022;9:894278. doi: 10.3389/fnut.2022.894278

24. Fiorella KJ, Okronipa H, Baker K, Heilpern S. Contemporary aquaculture: implications for human nutrition. *Current Opinion in Biotechnology*. 2021;70:83-90. doi: 10.1016/j.copbio.2020.11.014

25. Fuentes C, Fuentes A, Barat JM, Ruiz MJ. Relevant essential oil components: a minireview on increasing applications and potential toxicity. *Toxicology Mechanisms and Methods*. 2021;31(8):559-565. doi: 10.1080/15376516.2021.1940408
26. Ghirmai S, Wu H, Axelsson M, Matsuhira T, Sakai H, Undeland I. Exploring how plasma- and muscle-related parameters affect trout hemolysis as a route to prevent hemoglobin-mediated lipid oxidation of fish muscle. *Scientific Reports*. 2022;12(1):13446. doi: 10.1038/s41598-022-16363-4
27. Gupta DS, Kumar MS. The implications of quorum sensing inhibition in bacterial antibiotic resistance- with a special focus on aquaculture. *Journal of Microbiological Methods*. 2022;203:106602. doi: 10.1016/j.mimet.2022.106602
28. Hassaan MS, Soltan MA, Mohammady EY, Elashry MA, El-Haroun ER, Davies SJ. Growth and physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed dietary fermented sunflower meal inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis*. *Aquaculture*. 2018;495:592-601. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.018
29. Isla A, Sánchez P, Ruiz P, Alborno R, Pontigo JP, Rauch MC, Hawes C, Vargas-Chacoff L, Yáñez AJ. Effect of low-dose *Piscirickettsia salmonis* infection on haematological-biochemical blood parameters in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Fish Biology*. 2022;101(4):1021-1032. doi: 10.1111/jfb.15167
30. Kanu KC, Okoboshi AC, Otitolaju AA. Haematological and biochemical toxicity in freshwater fish *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* following pulse exposure to atrazine, mancozeb, chlorpyrifos, lambda-cyhalothrin, and their combination. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 2023;270:109643. doi: 10.1016/j.cbpc.2023.109643
31. Kesbic OS, Acar U, Hassaan MS, Yilmaz S, Guerrero MC, Fazio F. Effects of tomato paste by-product extract on growth performance and blood parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). *Animals (Basel)*. 2022;12(23):3387. doi: 10.3390/ani12233387
32. Khan S, Moore RJ, Stanley D, Chousalkar KK. The gut microbiota of laying hens and its manipulation with prebiotics and probiotics to enhance gut health and food safety. *Applied and Environmental Microbiology*. 2020;86(13):e00600-20. doi: 10.1128/AEM.00600-20
33. Klykken C, Khan E, Karlsen C, Reed AK, Attramadal KJK, Olsen RE, Boissonnot L. Nephrocalcinosis in juvenile farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*) may be linked to osmoregulatory stress. *Journal of Fish Diseases*. 2023;46(9):13815. doi: 10.1111/jfd.13815
34. Liang Q, Yuan M, Xu L, Lio E, Zhang F, Mou H, Secundo F. Application of enzymes as a feed additive in aquaculture. *Marine Life Science & Technology*. 2022;4(2):208-221. doi: 10.1007/s42995-022-00128-z
35. Liu WB, Wang MM, Dai LY, Dong AH, Yuan XD, Yuan XD, Yuan SL, Tang Y, Liu JH, Peng LY, Xiao YM. Enhanced immune response improves resistance to cadmium stress in triploid crucian carp. *Frontiers in Physiology*. 2021;12:666363. doi: 10.3389/fphys.2021.666363
36. Liu Y, Liu S, Huang J, Liu Y, Wang Q, Chen J, Sun L, Tu W. Mitochondrial dysfunction in metabolic disorders induced by per- and polyfluoroalkyl substance mixtures in zebrafish larvae. *Environment International*. 2023a;176:107977. doi: 10.1016/j.envint.2023.107977
37. Liu Y, Sun L, Huo Y-X, Guo S. Strategies for improving the production of bio-based vanillin. *Microbial Cell Factories*. 2023b;22(1):147. doi: 10.1186/s12934-023-02144-9
38. Nabi N, Ahmed I, Wani GB. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022;29(4):2942-2957. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.01.019
39. Naguib M, Mahmoud UM, Mekawy IA, Sayed AEH. Hepatotoxic effects of silver nanoparticles on *Clarias gariepinus*; Biochemical, histopathological, and histochemical studies. *Toxicology Reports*. 2020;7:133-141. doi: 10.1016/j.toxrep.2020.01.002
40. Nami Y, Kahieshesfandiari M, Lornezhad G, Kiani A, Elieh-Ali-Komi D, Jafari M, Jaymand M, Haghshenas B. Administration of microencapsulated *Enterococcus faecium* ABRIINW.N7 with

fructo-oligosaccharides and fenugreek on the mortality of tilapia challenged with *Streptococcus agalactiae*. *Frontiers in Veterinary Sciences*. 2022;9:938380. doi: 10.3389/fvets.2022.938380

41. Naylor RL, Hardy RW, Buschmann AH, Bush SR, Cao L, Klinger DH, Little DC, Lubchenco J, Shumway SE, Troell M. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*. 2021;591:551-563. doi: 10.1038/s41586-021-03308-6

42. Ni M, Liu M, Lou J, Mi G, Yuan J, Gu Z. Stocking density alters growth performance, serum biochemistry, digestive enzymes, immune response, and muscle quality of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in in-pond raceway system. *Fish Physiology and Biochemistry*. 2021;47(4):1243-1255. doi: 10.1007/s10695-021-00948-3

43. Puri P, Sharma JG, Singh R. Biotherapeutic microbial supplementation for ameliorating fish health: developing trends in probiotics, prebiotics, and synbiotics use in finfish aquaculture. *Animal Health Research Reviews*. 2022;23(2):113-115. doi: 10.1017/S1466252321000165

44. Rahman M, Paul SI, Rahman A, Haque S, Ador AA, Foysal J, Islam T, Rahman M. Suppression of streptococcosis and modulation of the gut bacteriome in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the marine sediment bacteria *Bacillus haynesii* and *Advenella mimigardefordensis*. *Microbiology Spectrum*. 2022;10(6):e0254222. doi: 10.1128/spectrum.02542-22

45. Siebel H, Baßmann B, Rebl A. Blood will tell: what hematological analyses can reveal about fish welfare. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:616955. doi: 10.3389/fvets.2021.616955

46. Singh M, Barman AS, Devi AL, Devi AG, Pandey PK. Iron mediated hematological, oxidative and histological alterations in freshwater fish *Labeo rohita*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019;170:87-97. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.129

47. Song X, Liu H, Jin J, Han D, Zhu X, Yang Y, Xie S. Data mining evidences variabilities in glucose and lipid metabolism among fish strains: a case study on three genotypes of gibel carp fed by different carbohydrate sources. *Aquaculture Nutrition*. 2023;2023:7589827. doi: 10.1155/2023/7589827

48. Syed R, Masood Z, Hassan HUI, Khan W, Mushtaq S, Ali A, Gui Y, Jafari H, Habib A, Ali Shah MI, Gabol K, Gul H, Ullah A. Growth performance, haematological assessment and chemical composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed different levels of Aloe vera extract as feed additives in a closed aquaculture system. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022;29(1):296-303. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.08.098

49. Torres M, Dessaux Y, Llamas I. Saline Environments as a Source of Potential Quorum Sensing Disruptors to Control Bacterial Infections: A Review. *Marine drugs*. 2019;17(3):191. doi: 10.3390/md17030191

50. Ullah M, Yousafzai AM, Muhammad I, Ullah SA, Zahid M, Khan MI, Khan K, Khayyam, Nayab GE, Aschner M, Alsharif KF, Alzahrani KJ, Khan H. Effect of cypermethrin on blood hematology and biochemical parameters in fresh water fish *Ctenopharyngodon idella* (Grass Carp). *Cell and Molecular Biology*. 2022;68(10-10):15-20. doi: 10.14715/cmb/2022.68.10.3

51. Wang H, Feng Y, Ming M, Song J, Chen Z, Xiao Z. Amelioration of Cd-induced bioaccumulation, hematological parameters, and heat shock protein-related genes by Vitamin C on common carp. *Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & Pharmacology*. 2022;258:109362. doi: 10.1016/j.cbpc.2022.109362

52. Witeska M, Kondera E, Bojarski B. Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology-a review. *Animals (Basel)*. 2023;13(16):2625. doi: 10.3390/ani13162625

53. Xu M, Wang T, Wang J, Wan W, Wang Z, Guan D, Sun H. An evaluation of mixed plant protein in the diet of Yellow River carp (*Cyprinus carpio*): growth, body composition, biochemical parameters, and growth hormone/insulin-like growth factor 1. *Fish Physiol Biochem*. 2019;45(4):1331-1342. doi: 10.1007/s10695-019-00641-6

54. Zhang L, Liu Z, Deng Y, He C, Liu W, Li X. The benefits of nanosized magnesium oxide in fish *Megalobrama amblycephala*: evidence in growth performance, redox defense, glucose metabolism, and magnesium homeostasis. *Antioxidants (Basel)*. 2023;12(7):1350. doi: 10.3390/antiox12071350

References

1. Akhmetova VV, Vasina SB. Assessment of morphological and biochemical blood picture of carps grown in LLC «Fish Farm» in Ulyanovsk district of Ulyanovsk region. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2015;3(31):53-58. doi: 10.18286/1816-4501-2015-3-53-58
2. Mingazova MS, Miroshnikova EP, Kilyakova YuV, Arinzhanov AE. Biological effect of feed additives on carp. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023a;106(3):121-137. doi: 10.33284/2658-3135-106-3-121
3. Arinzhanova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova JV. Biological effect of ultrafine particles of SiO₂, probiotic preparation Bifidobiom and a complex of microelements on the body of carp. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023b;106(1):48-66. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-48
4. Karpenko LYu, Polistovskaya PA, Erukashvili AI, Balykina AB. Influence of cadmium on hematological indicators of carp. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2020;1:92-96. doi: 10.17238/issn2072-2419.2020.1.92
5. Zueva MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. The effect of probiotics on the elemental composition of muscle tissue in carp. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):8-20. doi: 10.33284/2658-3135-106-2-8
6. Arinzhanova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. Influence of ultrafine particles of silicon dioxide on the growth and amino acid composition of fish liver. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):8-16. doi: 10.33284/2658-3135-105-2-8
7. Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Influence of phytobiotic feed additives on growth and morphobiochemical parameters of fish blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):115-125. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-115
8. Golovina NA, Poddubnaya AP, Mankirova VB. Effect of some carp diseases on haematological parameters. *Bulletin of Zoology*. 1977;5:29-33.
9. Zhandalgarova AD, Bakhareva AA, Grozesku YuN. Probiotic drug effect evaluation on the enterosorbent "Florin forte" on the physiological and immunological state of baster. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2023;4:42-47. doi: 10.24143/2073-5529-2023-4-42-47
10. Zueva MS. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):146-164. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-146
11. Stepantsova GE, Nizhnikova EV, Nefedova NP, Vorobjov VI, Lemper OT. Effect study of microelements on fiziologo-biochemical indicators of the rainbow trout. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2018;4(2):128-135.
12. Ilyashenko AN. Bacillus probiotics in the feeding and maintenance of hydrobionts (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):165-180. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-165
13. Duskaev GK, Sheida EV, Kvan OV, Kurilkina MYa, Rakhmatullin ShG. On the use of vanillin in diets for broilers. *Poultry farming*. 2023;3:14-19. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-3-14-19
14. Mingazova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. Concentration of chemical elements in carp muscle tissue when biologically active substances are included in the diet. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023b;106(4):18-29. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-18
15. Mingazova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. General understanding of bacterial quorum sensing and use of quorum inhibitors in aquaculture (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(1):128-146. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-128
16. Omelchenko SO, Chesnokova II, Zalevskaya IN. Peculiarities of nitrogen metabolism and nitrosamines content in tissues of black sea fish species belonging to different ecological groups. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2016;2-68(2):47-57.
17. Abdel-Rahman AN, Amer SA, Behairy A, Younis EM, Abdelwarith AA, Osman A, Moustafa AA, Davies SJ, Ibrahim RE. Using Azadirachta indica protein hydrolysate as a plant protein in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet: Effects on the growth, economic efficiency, antioxidant-immune re-

sponse and resistance to *Streptococcus agalactiae*. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2023;107(6):1502-1516. doi: 10.1111/jpn.13857

18. Abdel-Razek N, El-Sabbagh N, Khalil RH, Abdel-Tawwab M. Prophylactic effects of dietary caper (*Capparis spinosa*) extracts on the control of *Streptococcus agalactiae* infection, growth, immune-antioxidant, and inflammation cytokine responses of Nile tilapia fingerlings. Fish & Shellfish Immunology. 2023;142:109126. doi: 10.1016/j.fsi.2023.109126

19. Akter S, Jahan N, Rohani F, Akter Y, Shahjahan M. Chromium supplementation in diet enhances growth and feed utilization of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). Biological Trace Element Research. 2021;199:4811-4819. doi: 10.1007/s12011-021-02608-2

20. Chiu S-T, Chu T-W, Simangunsong T, Ballantyne R, Chiu C-S, Liu C-H. Probiotic, *Lactobacillus pentosus* BD6 boost the growth and health status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* via oral administration. Fish & Shellfish Immunology. 2021;117:124-135. doi: 10.1016/j.fsi.2021.07.024

21. Dawood MAO, Abdo SE, Gewaily MS, Moustafa EM, SaadAllah MS, AbdEl-kader MF, Hamouda AH, Omar AA, Alwakeel RA. The influence of dietary β -glucan on immune, transcriptomic, inflammatory and histopathology disorders caused by deltamethrin toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish & Shellfish Immunology. 2020;98:301-311. doi: 10.1016/j.fsi.2020.01.035

22. Diab AM, Salem RM, Abeer E-KMS, Ali GIE, El-Habashi N. Experimental ochratoxicosis A in Nile tilapia and its amelioration by some feed additives. International Journal of Veterinary Science and Medicine. 2018;6(2):149-158. doi: 10.1016/j.ijvsm.2018.09.004

23. Ding Q, Lu C, Hao Q, Zhang Q, Yang Y, Olsen RE, Ringo E, Ran C, Zhang Z, Zhou Z. Dietary succinate impacts the nutritional metabolism, protein succinylation and gut microbiota of zebrafish. Frontiers in Nutrition. 2022;9:894278. doi: 10.3389/fnut.2022.894278

24. Fiorella KJ, Okronipa H, Baker K, Heilpern S. Contemporary aquaculture: implications for human nutrition. Current Opinion in Biotechnology. 2021;70:83-90. doi: 10.1016/j.copbio.2020.11.014

25. Fuentes C, Fuentes A, Barat JM, Ruiz MJ. Relevant essential oil components: a minireview on increasing applications and potential toxicity. Toxicology Mechanisms and Methods. 2021;31(8):559-565. doi: 10.1080/15376516.2021.1940408

26. Ghirmai S, Wu H, Axelsson M, Matsuhira T, Sakai H, Undeland I. Exploring how plasma- and muscle-related parameters affect trout hemolysis as a route to prevent hemoglobin-mediated lipid oxidation of fish muscle. Scientific Reports. 2022;12(1):13446. doi: 10.1038/s41598-022-16363-4

27. Gupta DS, Kumar MS. The implications of quorum sensing inhibition in bacterial antibiotic resistance- with a special focus on aquaculture. Journal of Microbiological Methods. 2022;203:106602. doi: 10.1016/j.mimet.2022.106602

28. Hassaan MS, Soltan MA, Mohammady EY, Elashry MA, El-Haroun ER, Davies SJ. Growth and physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed dietary fermented sunflower meal inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis*. Aquaculture. 2018;495:592-601. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.018

29. Isla A, Sánchez P, Ruiz P, Alborno R, Pontigo JP, Rauch MC, Hawes C, Vargas-Chacoff L, Yáñez AJ. Effect of low-dose *Piscirickettsia salmonis* infection on haematological-biochemical blood parameters in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of Fish Biology. 2022;101(4):1021-1032. doi: 10.1111/jfb.15167

30. Kanu KC, Okoboshi AC, Otitoloju AA. Haematological and biochemical toxicity in freshwater fish *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* following pulse exposure to atrazine, mancozeb, chlorpyrifos, lambda-cyhalothrin, and their combination. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. 2023;270:109643. doi: 10.1016/j.cbpc.2023.109643

31. Kesbic OS, Acar U, Hassaan MS, Yilmaz S, Guerrero MC, Fazio F. Effects of tomato paste by-product extract on growth performance and blood parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). Animals (Basel). 2022;12(23):3387. doi: 10.3390/ani12233387

- 32.Khan S, Moore RJ, Stanley D, Chousalkar KK. The gut microbiota of laying hens and its manipulation with prebiotics and probiotics to enhance gut health and food safety. *Applied and Environmental Microbiology*. 2020;86(13):e00600-20. doi: 10.1128/AEM.00600-20
- 33.Klykken C, Khan E, Karlsen C, Reed AK, Attramadal KJK, Olsen RE, Boissonnot L. Nephrocalcinosis in juvenile farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*) may be linked to osmoregulatory stress. *Journal of Fish Diseases*. 2023;46(9):13815. doi: 10.1111/jfd.13815
- 34.Liang Q, Yuan M, Xu L, Lio E, Zhang F, Mou H, Secundo F. Application of enzymes as a feed additive in aquaculture. *Marine Life Science & Technology*. 2022;4(2):208-221. doi: 10.1007/s42995-022-00128-z
- 35.Liu WB, Wang MM, Dai LY, Dong AH, Yuan XD, Yuan XD, Yuan SL, Tang Y, Liu JH, Peng LY, Xiao YM. Enhanced immune response improves resistance to cadmium stress in triploid crucian carp. *Frontiers in Physiology*. 2021;12:666363. doi: 10.3389/fphys.2021.666363
- 36.Liu Y, Liu S, Huang J, Liu Y, Wang Q, Chen J, Sun L, Tu W. Mitochondrial dysfunction in metabolic disorders induced by per- and polyfluoroalkyl substance mixtures in zebrafish larvae. *Environment International*. 2023a;176:107977. doi: 10.1016/j.envint.2023.107977
- 37.Liu Y, Sun L, Huo Y-X, Guo S. Strategies for improving the production of bio-based vanillin. *Microbial Cell Factories*. 2023b;22(1):147. doi: 10.1186/s12934-023-02144-9
- 38.Nabi N, Ahmed I, Wani GB. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022;29(4):2942-2957. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.01.019
- 39.Naguib M, Mahmoud UM, Mekkiaw IA, Sayed AEH. Hepatotoxic effects of silver nanoparticles on *Clarias gariepinus*; Biochemical, histopathological, and histochemical studies. *Toxicology Reports*. 2020;7:133-141. doi: 10.1016/j.toxrep.2020.01.002
- 40.Nami Y, Kahieshesfandiari M, Lornezhad G, Kiani A, Elieh-Ali-Komi D, Jafari M, Jaymand M, Haghshenas B. Administration of microencapsulated *Enterococcus faecium* ABRINW.N7 with fructo-oligosaccharides and fenugreek on the mortality of tilapia challenged with *Streptococcus agalactiae*. *Frontiers in Veterinary Sciences*. 2022;9:938380. doi: 10.3389/fvets.2022.938380
- 41.Naylor RL, Hardy RW, Buschmann AH, Bush SR, Cao L, Klinger DH, Little DC, Lubchenco J, Shumway SE, Troell M. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*. 2021;591:551-563. doi: 10.1038/s41586-021-03308-6
- 42.Ni M, Liu M, Lou J, Mi G, Yuan J, Gu Z. Stocking density alters growth performance, serum biochemistry, digestive enzymes, immune response, and muscle quality of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in in-pond raceway system. *Fish Physiology and Biochemistry*. 2021;47(4):1243-1255. doi: 10.1007/s10695-021-00948-3
- 43.Puri P, Sharma JG, Singh R. Biotherapeutic microbial supplementation for ameliorating fish health: developing trends in probiotics, prebiotics, and synbiotics use in finfish aquaculture. *Animal Health Research Reviews*. 2022;23(2):113-115. doi: 10.1017/S1466252321000165
- 44.Rahman M, Paul SI, Rahman A, Haque S, Ador AA, Foysal J, Islam T, Rahman M. Suppression of streptococcosis and modulation of the gut bacteriome in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the marine sediment bacteria *Bacillus haynesii* and *Advenella mimigardefordensis*. *Microbiology Spectrum*. 2022;10(6):e0254222. doi: 10.1128/spectrum.02542-22
- 45.Siebel H, Baßmann B, Rebl A. Blood will tell: what hematological analyses can reveal about fish welfare. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:616955. doi: 10.3389/fvets.2021.616955
- 46.Singh M, Barman AS, Devi AL, Devi AG, Pandey PK. Iron mediated hematological, oxidative and histological alterations in freshwater fish *Labeo rohita*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019;170:87-97. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.129
- 47.Song X, Liu H, Jin J, Han D, Zhu X, Yang Y, Xie S. Data mining evidences variabilities in glucose and lipid metabolism among fish strains: a case study on three genotypes of gibel carp fed by different carbohydrate sources. *Aquaculture Nutrition*. 2023;2023:7589827. doi: 10.1155/2023/7589827

48. Sved R, Masood Z, Hassan HUI, Khan W, Mushtaq S, Ali A, Gui Y, Jafari H, Habib A, Ali Shah MI, Gabol K, Gul H, Ullah A. Growth performance, haematological assessment and chemical composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed different levels of Aloe vera extract as feed additives in a closed aquaculture system. Saudi Journal of Biological Sciences. 2022;29(1):296-303. doi: 10.1016/j.sbs.2021.08.098

49. Torres M, Dessaux Y, Llamas I. Saline Environments as a Source of Potential Quorum Sensing Disruptors to Control Bacterial Infections: A Review. Marine drugs. 2019;17(3):191. doi: 10.3390/md17030191

50. Ullah M, Yousafzai AM, Muhammad I, Ullah SA, Zahid M, Khan MI, Khan K, Khayyam, Nayab GE, Aschner M, Alsharif KF, Alzahrani KJ, Khan H. Effect of cypermethrin on blood hematology and biochemical parameters in fresh water fish *Ctenopharyngodon idella* (Grass Carp). Cell and Molecular Biology. 2022;68(10-10):15-20. doi: 10.14715/cmb/2022.68.10.3

51. Wang H, Feng Y, Ming M, Song J, Chen Z, Xiao Z. Amelioration of Cd-induced bioaccumulation, hematological parameters, and heat shock protein-related genes by Vitamin C on common carp. Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & Pharmacology. 2022;258:109362. doi: 10.1016/j.cbpc.2022.109362

52. Witeska M, Kondera E, Bojarski B. Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology-a review. Animals (Basel). 2023;13(16):2625. doi: 10.3390/ani13162625

53. Xu M, Wang T, Wang J, Wan W, Wang Z, Guan D, Sun H. An evaluation of mixed plant protein in the diet of Yellow River carp (*Cyprinus carpio*): growth, body composition, biochemical parameters, and growth hormone/insulin-like growth factor 1. Fish Physiol Biochem. 2019;45(4):1331-1342. doi: 10.1007/s10695-019-00641-6

54. Zhang L, Liu Z, Deng Y, He C, Liu W, Li X. The benefits of nanosized magnesium oxide in fish *Megalobrama amblycephala*: evidence in growth performance, redox defense, glucose metabolism, and magnesium homeostasis. Antioxidants (Basel). 2023;12(7):1350. doi: 10.3390/antiox12071350

Информация об авторе:

Марина Сергеевна Мингазова, ассистент кафедры «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-922-853-24-46.

Елена Петровна Мирошникова, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-987-862-98-86.

Юлия Владимировна Киякова, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-961-920-40-64.

Азамат Ерсанович Аринжанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-922-806-33-43.

Information about the authors:

Marina S Mingazova, Assistant of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel: 8-922-853-24-46.

Elena P Miroshnikova, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel.: 8-987-862-98-86.

Yulia V Kilyakova, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel.: 8-961-920-40-64.

Azamat E Arinzhanov, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel.: 8-922-806-33-43.

Статья поступила в редакцию 09.10.2024; одобрена после рецензирования 28.12.2024; принята к публикации 17.03.2025.

The article was submitted 09.10.2024; approved after reviewing 28.12.2024; accepted for publication 17.03.2025.