

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства

Научная статья

УДК 639.3.043:577.17

doi: 10.28983/asj.y2024i7pp77-82

**Влияние комплекса биологически активных веществ
на химический состав мышечной ткани карпа**

**Марина Сергеевна Мингазова^{1,2}, Елена Петровна Мирошникова¹,
Азамат Ерсайнович Аринжанов¹, Юлия Владимировна Килякова¹**

¹Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

²Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, г. Оренбург, Россия

e-mail: ms.mingazova@gmail.com

Аннотация. В настоящее время актуально использование биологически активных веществ в рационах рыб для повышения продуктивности и снижения экономических затрат. Дополнительное применение препаратов оказывает положительное действие на физиологическое состояние организма. Представлены результаты изучения влияния комплекса биологически активных веществ на концентрацию химических элементов в мышечной ткани карпа. Использовали два комплекса: I – ванилин + ультрадисперсные частицы (УДЧ) SiO₂ и II – ванилин + УДЧ SiO₂ + ферментные препараты Амилосубтилин и Глюкаваморин. Вещества наносили на корм КРК-110 путем напыления: ванилин в дозировке 250 мг/кг корма, УДЧ SiO₂ – 200 мг/кг корма, Амилосубтилин – 0,5 г/кг корма, Глюкаваморин – 0,5 г/кг корма. Объектом изучения были годовики карпа. Результаты исследования показали, что комплексы биологически активных веществ положительно влияют на живую массу карпа, приводя к ростостимулирующему эффекту ($P \leq 0,05$) с шестой недели исследования. Установлено, что комплексы биологически активных веществ не оказывают влияния на пул макроэлементов в сравнении с контролем. Отмечена общая тенденция снижения пула эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов. Для I группы установлено снижение ряда микроэлементов от 22,6 % ($P \leq 0,05$) до 40,7 % ($P \leq 0,01$) в сравнении с контролем, для II группы – от 21,8 % ($P \leq 0,05$) до 46,3 % ($P \leq 0,001$), при повышении ванадия на 69,1 % ($P \leq 0,05$). При изучении токсических элементов в тканях рыбы было установлено снижение пула элементов в I и II группах для таких показателей, как мышьяк, ртуть и олово. В I группе на 30,1 % ($P \leq 0,05$), 23,3 % ($P \leq 0,05$) и 44,2 % ($P \leq 0,01$) и во II группе – на 45,3 % ($P \leq 0,01$), 35,7 % ($P \leq 0,05$) и 32,1 % ($P \leq 0,05$). Также в I группе снижался уровень алюминия на 60,4 % ($P \leq 0,001$) и бериллия на 48,9 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля.

Ключевые слова: карп; аквакультура; микроэлементы; кормление; биологически активные вещества

Для цитирования: Мингазова М. С., Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е., Килякова Ю. В. Влияние комплекса биологически активных веществ на химический состав мышечной ткани карпа // Аграрный научный журнал. 2024. № 7. С. 77–82. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i7pp77-82>.

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Original article

The effect of a complex of biologically active substances on the chemical composition of carp muscle tissue

Marina S. Mingazova^{1,2}, Elena P. Miroshnikova¹, Azamat E. Arinzhanov¹, Julia V. Kilyakova¹

¹ Orenburg State University, Orenburg, Russia

² Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

e-mail: ms.mingazova@gmail.com

Abstract. Currently, it is important to use biologically active substances in fish diets to increase productivity and reduce economic costs. Also, the additional use of drugs has a positive effect on the physiological state of the body. This study presents the results of studying the effect of a complex of biologically active substances on the concentration of chemical elements in carp muscle tissue. We used two complexes: I – vanillin + ultrafine particles SiO₂ and II – vanillin + ultrafine particles SiO₂ + enzyme preparations Amylosubtilin and Glucavamorin. The substances were applied to the KRK-110 feed by spraying: vanillin at a dosage of 250 mg/kg of feed, ultrafine



particles SiO₂ – 200 mg/kg of feed, Amylosubtilin – 0.5 g/kg of feed, Glucavamorin – 0.5 g/kg of feed. The object of the study was carp yearlings. According to the results of the study, it was found that complexes of biologically active substances have a positive effect on the live weight of carp, leading to a growth-stimulating effect ($P \leq 0.05$) from the sixth week of the study. During the study, it was found that complexes of biologically active substances do not affect the pool of macronutrients in comparison with the control. We have noted a general tendency towards a decrease in the pool of essential and conditionally essential trace elements. For group I, a decrease in a number of trace elements was found from 22.6 % ($P \leq 0.05$) to 40.7 % ($P \leq 0.01$) compared with the control, for group II – from 21.8 % ($P \leq 0.05$) to 46.3 % ($P \leq 0.001$), with an increase in vanadium by 69.1 % ($P \leq 0.05$). When studying toxic elements in fish tissues, a decrease in the pool of elements in groups I and II was found for such indicators as arsenic, mercury and tin – by 30.1 % ($P \leq 0.05$) and 23.3 % ($P \leq 0.05$), by 44.2 % ($P \leq 0.01$) in group I and by 45.3 % ($P \leq 0.01$), by 35.7 % ($P \leq 0.05$) and 32.1 % ($P \leq 0.05$) in group II. Also, in group I, the level of aluminum decreased by 60.4 % ($P \leq 0.001$) and beryllium by 48.9 % ($P \leq 0.05$) relative to the control.

Keywords: carp; aquaculture; trace elements; feeding; biologically active substances

For citation: Mingazova M. S., Miroshnikova E. P., Arinzhanov A. E., Kilyakova Ju. V. The effect of a complex of biologically active substances on the chemical composition of carp muscle tissue. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(7):77–82. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i7pp77-82>.

Введение. Гидробионты являются доступным источником животного белка и питательных веществ, которые необходимы для здоровья человека. Из-за снижения доли рыболовства индустриальная аквакультура стала важной частью агропромышленного комплекса, как в России, так и в других странах, благодаря активному развитию отрасли, повышению производительности и улучшению кормопроизводства. Начиная с 2014 г., аквакультура является основным поставщиком рыбы. В современных условиях спрос на продукцию аквакультуры привел к повышению интенсивности производства, что сказалось на требованиях к повышению качества кормления. Кроме того, быстрый рост отрасли отразился на увеличении числа заболеваний среди выращиваемой рыбы, загрязнении окружающей среды и проблеме безопасности готовой продукции [10].

На кормление уходит до 60 % от общих затрат при выращивании гидробионтов, при этом качественные корма способны снизить риски роста заболеваний и повысить продуктивные показатели. Ожидается, что к 2025 г. производство кормов увеличится до 73 млн т в год, чему способствует включение в корма высокоэффективных новых ингредиентов, направленных на лучшую усвояемость. Среди широко используемых препаратов в кормах для аквакультуры особое значение отводится про- и пребиотическим, фитобиотическим и ферментным добавкам. Применение дополнительных компонентов кормов направлено на повышение показателей роста, иммунитета, физиологии, выживаемости рыб, улучшение здоровья микробиоты кишечника, снижение последствий от стрессовых ситуаций [8, 10].

Так, применение ферментных препаратов в малоценном рационе гидробионтов способствует повышению эффективности кормления за счет действия пищеварительных ферментов, а также улучшению прироста, гематологических параметров и биохимических показателей мышц, снижению кормового коэффициента [4]. Известны положительные результаты использования в рационах гидробионтов биологически активных веществ на растительной основе. Одной из перспективных добавок является ванилин – ароматическая добавка на растительной основе, широко применяемая во всем мире. Он обладает иммуномодулирующим действием и лечебными свойствами. Выявлено, что ванилин в комплексе с другими ароматическими добавками не оказывает отрицательного воздействия на организм рыб и не вызывает стресса, при этом улучшает вкусовые качества корма [9].

Среди новых добавок современные исследователи выделяют микроэлементы в ультрадисперсной форме или наноформе. Ультрадисперсные частицы (УДЧ) являются стабильными и биосовместимыми формами, которые используются в различных отраслях производства на протяжении нескольких десятилетий [6]. В аквакультуре использование УДЧ в рационах рыбы показало положительные результаты, приведя к повышению производительности и эффективности выращивания. УДЧ диоксида кремния (SiO₂) представляют большой интерес в различных отраслях промышленности, в том числе в аквакультуре. При дополнительном внесении



УДЧ SiO_2 в рацион карпа улучшаются биохимические и морфологические показатели крови, рост и развитие карпа [2].

Таким образом, дополнительное введение в рацион биологически активных веществ благотворно сказывается на росте и развитии рыб. Совместное использование комплекса различных веществ может привести к синергетическому эффекту, повысив продуктивность, не оказывая негативного воздействия на физиологическое состояние организма.

Цель исследования – изучить влияние комплекса биологически активных веществ на показатели роста и концентрацию химических элементов в мышечной ткани карпа.

Материалы и методы. Исследования выполняли на базе кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры Оренбургского государственного университета (г. Оренбург). Объект исследования – годовик карпа, распределенный методом пар-аналогов на группы (по 25 особей в каждой).

Схема эксперимента: контроль (К) – основной рацион (ОР); I группа – ОР + ванилин (250 мг/кг корма) + УДЧ SiO_2 (200 мг/кг корма); II группа – ОР + ванилин + УДЧ SiO_2 + ферментные препараты Амило-субтилин (0,5 г/кг корма) и Глюкаваморин (0,5 г/кг корма). В качестве ОР был использован комбикорм КРК-110 (производитель – ОАО «Оренбургский комбикормовый завод», г. Оренбург, Россия). Продолжительность эксперимента: подготовительный этап – 7 суток, основной – 56 суток. Суточная норма кормления составила 5 % от массы тела, расчет проводили еженедельно после взвешивания. Кормление рыбы осуществляли при помощи автоматических кормушек. Динамику живой массы карпа определяли еженедельно, утром, до кормления путем индивидуального взвешивания.

Гомогенат из мышечной ткани был приготовлен в последний день исследования. Отбор и измельчение мышечной ткани проводили с помощью набора стерильных инструментов в вакуумные пакеты. Гомогенат был передан в лабораторию ООО «Микронутриенты» г. Москва (лицензия № Л041-01137-77/00370156 от 25.04.2013 г.) в замороженном виде. В мышечной ткани были определены показатели 25 химических элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой при использовании квадрупольного масс-спектрометра Nexion 300D (Perkin Elmer, США). Результаты представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое значение, m – ошибка средней арифметической величины. Статистический анализ выполняли с помощью программного обеспечения Excel (Microsoft, США) и Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США). Статистически значимым считалось значение с $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ и $P \leq 0,001$.

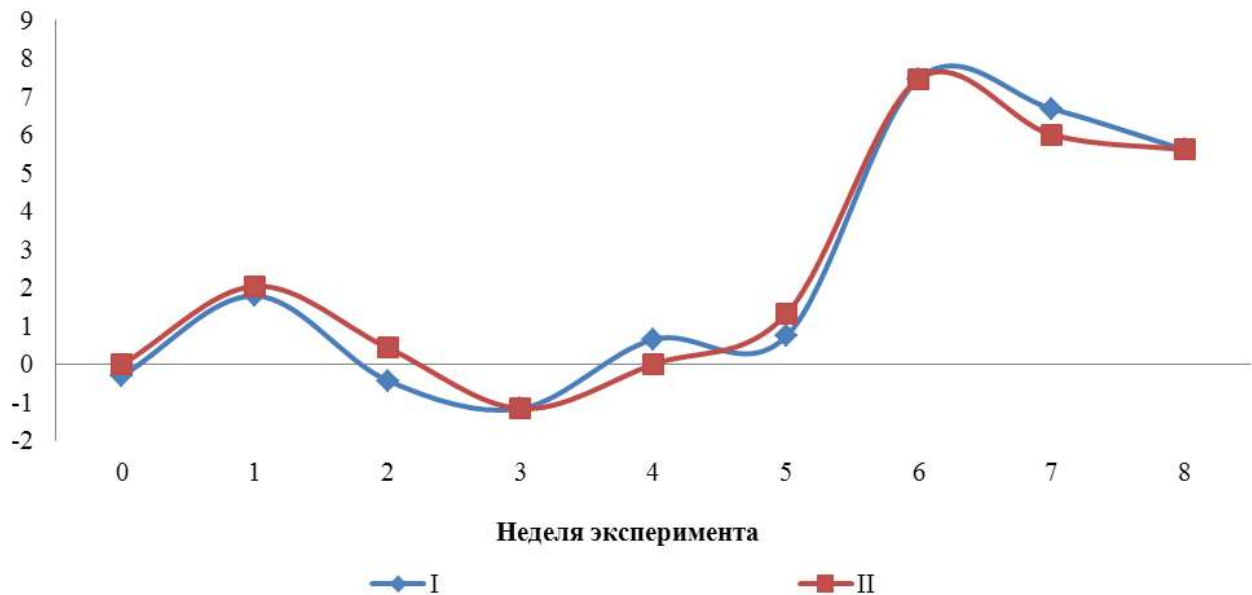
Результаты исследований. Нами установлено, что комплекс биологически активных веществ не оказал негативного воздействия на поведение и здоровье подопытной рыбы, выживаемость во всех группах составила 100 %. Использование биологически активных веществ как в I, так и во II группах положительно отразилось на динамике живой массы рыб по сравнению с контролем (см. рисунок). В первые пять недель эксперимента проходила адаптация организма карпа к условиям кормления, что согласуется с более ранними работами [1]. На шестой неделе в опытных группах установлено повышение массы рыб на 7,5 % ($P \leq 0,05$). На седьмой неделе масса карпа в I и II группах превысила контроль на 6,7 % ($P \leq 0,05$) и 6,0 % ($P \leq 0,05$) соответственно. К концу эксперимента разница по массе между группами составила 5,6 % ($P \leq 0,05$).

Использование в рационе комплекса биологически активных веществ оказало селективное воздействие на концентрацию химических элементов в мышечной ткани карпа (см. таблицу).

Концентрации химических элементов влияют на организм рыб и могут оказать на него негативное действие, привести к ухудшению прироста, снижению иммунитета и увеличению роста заболеваемости [5]. Нами было выявлено, что использование комплекса биологически активных веществ ванилин + УДЧ SiO_2 как отдельно, так и совместно с ферментными препаратами Амило-субтилин и Глюкаваморин не привело к статистически значимым отличиям по макроэлементам по сравнению с контрольными значениями. Данный факт может быть обусловлен отсутствием окислительного стресса [3].

Наиболее отличительные результаты были получены для эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в I группе. Так, нами зафиксировано снижение хрома на 33,3 % ($P \leq 0,01$),





Динамика живой массы карпа относительно контрольной группы, %
Dynamics of the live weight of carp relative to the control group, %

Концентрация химических элементов в мышечной ткани карпа, мкг/г

Concentration of chemical elements in carp muscle tissue, mcg/g

Элемент	Группа		
	контроль	I	II
Макроэлементы			
K	4053,8±405	3857,2±386	4104,4±410
P	2229±223	2135,4±214	2133,5±213
Na	505,4±45,1	485,6±46,6	534,4±53,5
Ca	426±40,0	406,8±31,86	460,4±46,04
Mg	332,9±33,3	310,2±31,02	333±33,1
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы			
Fe	7,86±0,78	5,56±0,55*	7,92±0,79
Zn	19,16±1,9	11,87±1,2**	14,99±1,5*
Si	2,61±0,26	2,02±0,21*	2,59±0,26
B	1,27±0,127	1,15±0,115	1,21±0,12
I	1,11±0,11	0,91±0,089	1,06±0,11
Cr	0,75±0,065	0,50±0,049**	0,83±0,082
Cu	0,70±0,07	0,59±0,058	0,63±0,065
Se	0,27±0,026	0,25±0,024	0,26±0,025
Mn	0,24±0,023	0,23±0,024	0,29±0,029
Ni	0,082±0,0082	0,055±0,0045**	0,044±0,0045***
Li	0,0081±0,0008	0,0048±0,0005**	0,0046±0,0005**
V	0,0055±0,0006	0,0056±0,0006	0,0093±0,0009*
Co	0,0035±0,0003	0,0027±0,0003	0,0029±0,0003



Элемент	Группа		
	контроль	I	II
Токсические элементы			
Al	4,19±0,42	1,66±0,17***	3,67±0,45
Hg	0,074±0,0073	0,095±0,0097	0,087±0,009
Pb	0,0095±0,001	0,0053±0,0005**	0,0052±0,0001**
As	0,0073±0,0007	0,0051±0,0005*	0,0056±0,0006*
Sn	0,0056±0,0006	0,0036±0,0004*	0,0038±0,0008*
Cd	0,0027±0,0003	0,0032±0,0003	0,0023±0,0002
Be	0,0009±0,0001	0,00046±0,00001*	0,00097±0,0001

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ – в сравнении с контролем

железа – на 29,3 % ($P \leq 0,05$), лития – на 40,7 % ($P \leq 0,01$), никеля – на 36,9 % ($P \leq 0,01$), кремния – на 22,6 % ($P \leq 0,05$) и цинка – на 38,0 % ($P \leq 0,01$) по сравнению с контрольной группы. При этом во II группе, где кроме ванилина и УДЧ SiO₂ использовали ферментные препараты Амилосубтилин и Глюкаваморин, отмечали снижение лития на 43,2 % ($P \leq 0,01$), никеля – на 46,3 % ($P \leq 0,001$) и цинка – на 21,8 % ($P \leq 0,05$), при повышении концентрации ванадия на 69,1 % ($P \leq 0,05$).

Снижение показателей эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов связывают с воздействием препаратов на организм рыб, среди которых – повышение активности антиоксидантных ферментов, что приводит к вымыванию микроэлементов из тканей карпа. Применение комплекса биологически активных веществ ванилин + УДЧ SiO₂ вместе с ферментными препаратами Амилосубтилин и Глюкаваморин лучше отразилось на содержании кремния в организме рыб II группы, что говорит о комплексном взаимодействии препаратов между собой и лучшим усвоении кремния за счет ферментов.

Большое значение имеет содержание токсических элементов в тканях рыбы. Мы установили общее снижение мышьяка, ртути и олова при использовании комплекса биологически активных веществ, как с ферментами, так и без них. В I группе показатели были ниже контроля на 30,1 % ($P \leq 0,05$), 23,3 % ($P \leq 0,05$) и на 44,2 % ($P \leq 0,01$) соответственно. Во II группе – на 45,3 % ($P \leq 0,01$), 35,7 % ($P \leq 0,05$) и 32,1 % ($P \leq 0,05$) соответственно. Кроме того, в I группе отмечали снижение алюминия на 60,4 % ($P \leq 0,001$) и бериллия на 48,9 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с контролем. Таким образом, биологически активные вещества способны снижать уровень токсических металлов в мышечной ткани рыб, улучшая физиологическое состояние организма [7].

Заключение. Использование комплекса биологически активных веществ (ванилин + УДЧ SiO₂) как отдельно, так и совместно с ферментными препаратами Амилосубтилин и Глюкаваморин в кормлении карпа оказывало ростостимулирующее действие. Концентрация химических элементов при использовании комплекса биологически активных веществ в основном снижалась. Добавка ванилин + УДЧ SiO₂ способствовала заметному снижению эссенциальных и условно-эссенциальных элементов, при этом включение в рацион ферментных препаратов оказало противоположный эффект. Кроме того, снижение уровня токсических элементов свидетельствовало о положительном воздействии веществ на организм. Полученные результаты говорят о синергии комплекса биологически активных веществ, действие которых способно дополнять друг друга.

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту № 23-76-10054.



1. Биологическое действие кормовых добавок на организм карпа / М. С. Мингазова [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 3. С. 121–137.
2. Биологическое действие ультрадисперсных частиц диоксида кремния и комплекса аминокислот на организм карпа / М. С. Аринжанова [и др.] // Ветеринария и кормление. 2022. № 5. С. 4–7.
3. Влияние окислительного стресса на элементный статус тканевых компартментов органов регуляции минерального гомеостаза / С. Н. Луканина [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 241. № 1. С. 130–137.
4. Новые ферментные препараты в комбикормах для карпа / Ж. В. Кошак [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2022. № 37. С. 325–340.
5. A critical review about neurotoxic effects in marine mammals of mercury and other trace elements / G. López-Berenguer et al. // Chemosphere. 2020. Vol. 246. P. 125688.
6. Alamer F. A., Beyari R. F. Overview of the Influence of Silver, Gold, and Titanium Nanoparticles on the Physical Properties of PEDOT:PSS-Coated Cotton Fabrics // Nanomaterials (Basel). 2022. Vol. 12(9). P. 1609.
7. Effects of heavy metals on fish physiology – A review / M. Shahjahan et al. // Chemosphere. 2022. Vol. 300. P. 134519.
8. Takahashi Y., Komeyama K. Development of a feeding simulation to evaluate how feeding distribution in aquaculture affects individual differences in growth based on the fish schooling behavioral model // PLoS One. 2023. Vol. 18(2). P. e0280017.
9. The Application of Synthetic Flavors in Zebrafish (*Danio rerio*) Rearing with Emphasis on Attractive Ones: Effects on Fish Development, Welfare and Appetite / F. Conti et al. // Animals (Basel). 2023. Vol. 13(21). P. 3368.
10. Yousuf S., Tyagi A., Singh R. Probiotic Supplementation as an Emerging Alternative to Chemical Therapeutics in Finfish Aquaculture: a Review // Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2023. Vol. 15(5). P. 1151–1168.

REFERENCES

1. Biological effect of feed additives on carp / M. S. Mingazova et al. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(3):121–137. (In Russ.).
2. Biological effect of ultrafine particles of silicon dioxide and amino acid complex on the body of carp / M. S. Arinzhanova et al. *Veterinary and Nutrition*. 2024;(5):4–7. (In Russ.).
3. Influence of oxidative stress on the element status of tissue of organs regulations of mineral homeostasis / S. N. Lukanina et al. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2020;241(1):130–137. (In Russ.).
4. New enzyme preparations in mixed fodders for carp / J. V. Koshak et al. *Issues of fisheries in Belarus*. 2022;(37):325–340. (In Russ.).
5. A critical review about neurotoxic effects in marine mammals of mercury and other trace elements / G. López-Berenguer et al. *Chemosphere*. 2020;246:125688.
6. Alamer F. A., Beyari R. F. Overview of the Influence of Silver, Gold, and Titanium Nanoparticles on the Physical Properties of PEDOT:PSS-Coated Cotton Fabrics. *Nanomaterials (Basel)*. 2022;12(9):1609.
7. Effects of heavy metals on fish physiology – A review / M. Shahjahan et al. *Chemosphere*. 2022;300:134519.
8. Takahashi Y., Komeyama K. Development of a feeding simulation to evaluate how feeding distribution in aquaculture affects individual differences in growth based on the fish schooling behavioral model. *PLoS One*. 2023;18(2):e0280017.
9. The Application of Synthetic Flavors in Zebrafish (*Danio rerio*) Rearing with Emphasis on Attractive Ones: Effects on Fish Development, Welfare and Appetite / F. Conti et al. *Animals (Basel)*. 2023;13(21):3368.
10. Yousuf S., Tyagi A., Singh R. Probiotic Supplementation as an Emerging Alternative to Chemical Therapeutics in Finfish Aquaculture: a Review. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2023;15(5):1151–1168.

Статья поступила в редакцию 11.12.2023; одобрена после рецензирования 22.01.2024; принята к публикации 29.01.2024.

The article was submitted 11.12.2023; approved after reviewing 22.01.2024; accepted for publication 29.01.2024.

