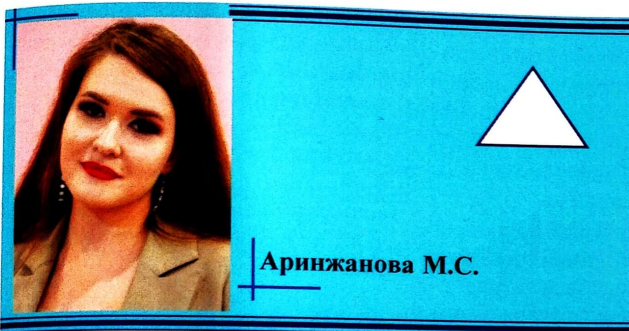


Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.
DOI CrossRef: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-1-3
УДК 59:615.9

Влияние ультрадисперсных частиц цинка и фитобиотической добавки на основе эфирных масел на рост и элементный состав мышечной ткани карпа



Аринжанова М.С.

¹Аринжанова М.С., аспирант, младший научный сотрудник, marymiroshnikova@mail.ru

²Мирошникова Е.П., доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры, elenaakva@rambler.ru

³Аринжанов А.Е., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, arin.azamat@mail.ru

⁴Киякова Ю.В., кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, fish-ka06@mail.ru

⁵Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург.

⁶Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Ключевые слова: ультрадисперсные частицы, цинк, фитобиотики, эфирные масла, кормление, микроэлементы

Резюме. Микроэлементы в ультрадисперсной форме и фитобиотики представляют большой научный интерес для развития животноводства и аквакультуры в качестве биокатализаторов обменных процессов, способные повышать показатели роста, репродуктивные показатели, иммунный ответ, здоровье кишечника и питательную ценность продуктов животного происхождения (рыба, икра, мясо, молоко). В работе представлены результаты исследований по изучению использования в кормлении карпа ультрадисперсных частиц цинка (УДЧ Zn) и фитобиотической добавки на основе эфирных масел: "лемонграсс" и "орегано" (Пробиоцид-Фито). Было установлено, что добавление УДЧ

The influence of ultrafine zinc particles and phytobiotic supplement based on essential oils on the growth and elemental composition of carp muscle tissue

¹Arinzhanova M.S., ²Miroshnikova E.P.,

³Arinzhanov A.E., ⁴Kilyakova J.V.

⁵Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg

⁶Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State University", Orenburg

Keywords: ultrafine particles, zinc, phytobiotics, essential oils, feeding, microelements

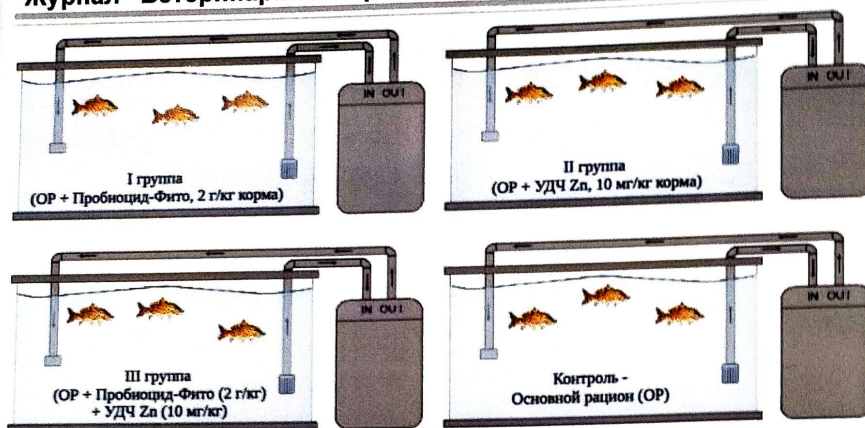
Abstract. Microelements in ultrafine form and phytobiotics are of great scientific interest for the development of livestock and aquaculture as biocatalysts of metabolic processes, capable of improving growth indicators, reproductive parameters, immune response, gut health, and nutritional value of animal-derived products (fish, caviar, meat, milk). The article presents the results of studies on the use of ultrafine zinc particles (UZP Zn) and a phytobiotic supplement based on essential oils, namely "lemongrass" and "oregano" (Probiocid-Phyto), in the carp diet. It was found that the addition of UZP Zn and Probiocid-Phyto to the experimental fish diet, both individually and in combination, leads to an increase in their growth intensity by up to 18.4% compared to the control group. Analysis of the chemical element content in fish muscle tissue using atomic emission and mass spectrometry showed that the addition of the tested supplements to the diet leads to changes in the concentration of certain chemical elements. In the muscle tissue of fish in the experimental group (Probiocid-Phyto), a significant increase in the concentration of calcium (58%), manganese (46%), copper (54.4%), vanadium (166%), and nickel (200%) was observed, as well as a decrease in the level of boron (94%), silicon (71%), and lithium (80%). In the muscle tissue of fish in the second group (UZP Zn), an increase in the concentration of calcium (25%), vanadium (33%), copper (48%), and nickel (200%) was noted. In the third group (Probiocid-Phyto + UZP Zn), an increase in the level of calcium (48%), vanadium (66%), and nickel (100%) was observed, relative to the respective control values. The absence of a cumulative effect on the zinc content in fish muscle tissue was established in the groups with UZP Zn. Thus, the inclusion of UZP Zn and Probiocid-Phyto in the fish diet is associated with selective changes in mineral metabolism in the body, accompanied by improved carp productivity.

Zn и Пробиоцид-Фито в рацион подопытных рыб, как отдельно, так и совместно приводит к увеличению их интенсивности роста до 18,4 %, относительно интактной группы. Анализ содержания химических элементов мышечной ткани рыб с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии показал, что добавление исследуемых добавок в рацион приводит к изменению концентрации некоторых химических элементов. В мышечной ткани рыб I опытной группы (Пробиоцид-Фито) наблюдалось достоверное повышение концентрации кальция (58 %), марганца (46 %), меди (54,4 %), ванадия (166 %) и никеля (200 %), а также снижение уровня бора (94 %), кремния (71 %) и лития (80 %). В мышечной ткани рыб II группы (УДЧ Zn) было отмечено повышение концентрации кальция (25 %), ванадия (33 %), меди (48 %) и никеля (200 %). В III группе (Пробиоцид-Фито + УДЧ Zn) наблюдалось повышение уровня кальция (48 %), ванадия (66 %) и никеля (100 %).

Для цитирования / For citation

Влияние ультрадисперсных частиц цинка и фитобиотической добавки на основе эфирных масел на рост и элементный состав мышечной ткани карпа / Аринжанова М.С. [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2024. – №1. – С.21–23.

The influence of ultrafine zinc particles and phytobiotic supplement based on essential oils on the growth and elemental composition of carp muscle tissue / Arinzhanova M.S. [et al.] // Veterinaria i kormlenie. – 2024. – #1. – P.21–23.



%), относительно контрольных значений соответственно. Установлено отсутствие кумулятивного эффекта в мышечной ткани рыб по содержанию цинка в группах с УДЧ Zn. Таким образом, включение в рацион рыб УДЧ Zn и Пробиоцид-Фито сопряжено с селективными изменениями обмена минеральных веществ в организме, сопровождающиеся повышением продуктивности карпа.

Введение

Одним из основных факторов успешного развития аквакультуры и полноценной реализации генетического потенциала рыб является эффективное кормление [1]. В настоящее время, особый интерес представляет использование ультрадисперсных частиц (УДЧ) в кормлении рыб и животных, которые благодаря своим уникальным свойствам могут применяться в качестве заменителей антибиотиков. УДЧ способствуют повышению антиоксидантной активности и улучшают показатели роста, репродуктивные показатели, иммунный ответ, здоровье ки-

шечника и питательную ценность продуктов животного происхождения [2].

Кроме того, существует перспективность использования УДЧ для производства функциональных продуктов путем увеличения концентрации эссенциальных микроэлементов в продуктах питания животного происхождения (рыба, икра, мясо, молоко), необходимых для улучшения здоровья человека [3, 4]. Одним из важных элементов в питании рыб и животных является цинк (Zn), являющийся компонентом всех органов, тканей и жидкостей организма. Цинк влияет на рост и развитие рыб, улучшая переваривание белка за счет высвобождения стимуляции цинкосодержащей эндопептидазы [5]. Ряд исследований показали потенциал включения УДЧ цинка в рацион животных, однако большинство из этих исследований были проведены на сельскохозяйственных животных или птице [6].

В последние десятилетия в мировой практике большую популярность в аквакультуре приобрели фитобиотики на основе эфирных масел, способные повышать продуктивность, иммунитет и устойчивость к различным заболеваниям [7]. Кроме того, они обладают инсектицидными, антигрибковыми и антимикробными свойствами [8] и могут влиять на накопление микроэлементов в органах и тканях рыб [9].

Таким образом, целью данного исследования является изучение влияния УДЧ цинка и фитобиотической добавки на основе эфирных масел (Пробиоцид-Фито) на рост и элементный состав мышечной ткани карпа.

Материалы и методы

Исследования проведены на базе ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет на карпах ропшинской породы, которых распределили на 4 группы (n=30) согласно схеме эксперимента (рис. 1). Эксперимент осуществлялся в течение 56 суток.

Введение УДЧ Zn (d=90 нм) в рацион рыб осуществлялось после диспергирования их в течение 30 минут при частоте 35 кГц с помощью УЗДН-2Т. УДЧ Zn получены методом электрического взрыва проводника в атмосфере аргона (ООО "Передовые порошковые технологии", г. Томск). Пробиоцид-Фито содержит эфирное масло растительного сырья в виде смеси двух натуральных эфирных масел: "лемонграсс" и "орегано" (ООО "БИОТРОФ", Россия). Элементный состав мышечной ткани рыб исследован в испытательной лаборатории АНО "Центр биотической медицины", г. Москва (Registration Certificate of ISO 9001:2000, Number 4017 - 5.04.06) с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии. Статистическую

Таблица 1. Показатели роста подопытной рыбы

Table 1. Growth indicators of the experimental fish

Показатель	Группа			
	Контроль	I	II	III
Живая масса в начале опыта, г	15,0 ± 1,2	15,1 ± 1,2	15,1 ± 1,0	15,0 ± 1,3
Живая масса в конце опыта, г	47,7 ± 4,7	52,4 ± 4,7*	52,5 ± 4,6*	56,5 ± 4,9*
Абсолютный прирост, г	32,7	37,3	37,4	41,5
Среднесуточный прирост, г	0,58	0,67	0,67	0,74
Относительный прирост, %	218,0	247,0	247,6	276,7

*Разница достоверна по отношению к контрольной группе P≤0,05

Таблица 2. Концентрация элементов в мышечной ткани рыб, мкг/г

Table 2. Element concentration in fish muscle tissue, µg/g

Элемент	Группа			
	Контроль	I	II	III
Макроэлементы				
Ca	251 ± 25	398 ± 40**	314 ± 31	372 ± 37*
P	2147 ± 215	2367 ± 237	2250 ± 225	2484 ± 248
K	3859 ± 386	3709 ± 371	4002 ± 400	4073 ± 407
Mg	278 ± 28	277 ± 28	288 ± 29	287 ± 29
Na	687 ± 69	536 ± 54	664 ± 66	583 ± 58
Эссенциальные микроэлементы				
Zn	9,07 ± 0,91	11,39 ± 1,14	10,75 ± 1,07	11,25 ± 1,12
Fe	9,79 ± 0,98	11,02 ± 1,1	8,91 ± 0,89	11,18 ± 1,12
Cu	0,79 ± 0,095	1,22 ± 0,12*	1,17 ± 0,13*	1,09 ± 0,11*
Mn	0,24 ± 0,029	0,35 ± 0,041*	0,23 ± 0,027	0,27 ± 0,032
Cr	0,08 ± 0,011	0,09 ± 0,014	0,07 ± 0,011	0,08 ± 0,006
I	0,21 ± 0,026	0,15 ± 0,018	0,19 ± 0,023	0,17 ± 0,013
Se	0,17 ± 0,02	0,18 ± 0,021	0,16 ± 0,019	0,17 ± 0,02
As	0,01 ± 0,0019	0,01 ± 0,0012	0,01 ± 0,002	0,01 ± 0,0013
Co	0,002 ± 0,0004	0,002 ± 0,0003	0,002 ± 0,0004	0,002 ± 0,0004
Условно-эссенциальные микроэлементы				
Si	3,65 ± 0,36	1,05 ± 0,1***	3,17 ± 0,32	3,61 ± 0,11
B	1,01 ± 0,1	0,06 ± 0,009***	0,99 ± 0,119	0,96 ± 0,009
Li	0,01 ± 0,002	0,002 ± 0,0004**	0,01 ± 0,002	0,01 ± 0,0004
Ni	0,01 ± 0,002	0,03 ± 0,004**	0,03 ± 0,07**	0,02 ± 0,003*
V	0,003 ± 0,0006	0,02 ± 0,003**	0,004 ± 0,0008	0,005 ± 0,001*

Разница достоверна по отношению к контрольной группе: *P≤0,05, **P≤0,01, ***P≤0,001

обработку данных проводили с помощью "Statistica 10.0" ("Stat Soft Inc.", США). Определение достоверности различий определяли по t-критерию Стьюдента.

Результаты исследований и обсуждение

Нами установлено, что включение в рацион рыб УДЧ Zn и Пробиоцид-Фито сопряжено с повышением интенсивности роста. Так, в I и II опытных группах нами зафиксировано достоверное повышение массы рыбы относительно контрольной группы начиная с 4 недели эксперимента на 11 % ($P \leq 0,05$) и 10,3 % ($P \leq 0,05$), соответственно. В III группе повышение массы рыбы зарегистрировано начиная с 3 недели – на 12 % ($P \leq 0,05$). Подобная динамика роста карпа зафиксирована до конца эксперимента, при этом лучшие показатели роста отмечены в III опытной группе (табл. 1) – масса рыб превышала контроль на 18,4 % ($P \leq 0,05$).

Установленный нами ростостимулирующий эффект при включении в рацион карпа УДЧ Zn и Пробиоцид-Фито согласуется с ранее проведенными исследованиями [10, 11]. Структура цинка в ультрадисперсной форме более эффективна с точки зрения биодоступности и кишечной абсорбции. УДЧ Zn стимулируют синтез пищеварительных ферментов, что в итоге приводит к лучшему перевариванию и усвоению питательных веществ, и как следствие улучшает показатели роста [12]. Продуктивное действие Пробиоцид-Фито можно объяснить активизацией полезной микрофлоры кишечника рыб, и как следствие приводит к повышению усвоения питательных веществ корма [13]. Помимо этого, механизмы действия фитосоединений включают индукцию и ингибирование метаболических ферментов, способствующие увеличению усвояемости минеральных веществ корма [14]. Анализ химического состава мышечной ткани рыб по содержанию макро- и микроэлементов показал, что введение в рацион исследуемых добавок сопряжено с изменением концентрации ряда химических элементов (табл. 2). При этом сразу стоит отметить отсутствие кумулятивного эффекта в мышечной ткани по уровню концентрации цинка в группах с УДЧ Zn, что говорит о безопасности их использования [15].

В I опытной группе в мышечной ткани рыб зафиксировано достоверное повышение кальция на 58 % ($P \leq 0,01$), марганца на 46 % ($P \leq 0,05$), меди на 54,4 % ($P \leq 0,05$), ванадия на 166 % ($P \leq 0,001$) и никеля на 200 % ($P \leq 0,01$), на фоне снижения бора на 94 % ($P \leq 0,001$), кремния на 71 % ($P \leq 0,001$) и лития на 80 % ($P \leq 0,01$), относительно контрольных значений.

Во II группе (УДЧ Zn) отмечено повышение концентрации кальция на 25 %, ванадия на 33 %, меди на 48 % ($P \leq 0,05$) и никеля – на 200 % ($P \leq 0,01$), относительно контрольных значений.

В III группе зафиксировано в мышечной ткани рыб повышение магния на 3,2 %, калия на 5,5 %, марганца на 12,5 %, железа на 14 %, фосфора на 15,7, цинка на 24 %, меди на 38 %, кальция на 48 % ($P \leq 0,05$), ванадия на 66 % ($P \leq 0,05$) и никеля на 100 % ($P \leq 0,05$), относительно контрольных значений.

Установленная разница в I и III группе относительно контроля количества марганца, никеля и меди в первую очередь связано со способностью фитосоединений (лемонграсс и орегано) влиять на биодоступность за счёт увеличения абсорбции данных элементов из корма и повышения конверсии минеральных веществ корма в мышечную ткань за счёт селективного действия на микробиоценоз кишечника [16]. Повышение уровня кальция в мышечной ткани карпа, связано с содержанием данного элемента в добавке Пробиоцид-Фито в форме формиата кальция.

Обнаруженное снижение содержания B, Si и Li может быть связано с антагонизмом между ионами металлов, которые конкурируют за комплексообразование и могут

Кроме того, эфирные масла могут менять проницаемость бактериальных мембран и высвобождать ионы металлов, и влиять на межэлементные взаимодействия в органах и тканях. Отсутствие достоверных снижений уровня элементов во II и III группах обусловлено действием цинка в ультрадисперсной форме, УДЧ Zn обладая высокой биодоступностью, снижает антагонистические эффекты в организме, в первую очередь двухвалентных катионов [17, 18].

Заключение

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что включение в рацион рыб ультрадисперсных частиц цинка и фитобиотической добавки на основе эфирных масел сопряжено с селективными изменениями обмена минеральных веществ в организме, сопровождающиеся повышением продуктивности карпа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-76-10054)

Литература/References

1. Complex Bioactive Supplements for Aquaculture-Evolutionary Development of Probiotic Concepts / Ushakova N.A. [et. al.] // Probiotics Antimicrob Proteins. - 2021. - Vol.13(6). - P.1696-1708. doi: 10.1007/s12602-021-09835-y.
2. The impact of nanoparticle protein corona on cytotoxicity, immunotoxicity and target drug delivery / Corbo C. [et. al.] // Nanomedicine. - 2016. - №11. - P.81-100. doi: 10.2217/nnm.15.188.
3. Fesseha, H. Nanotechnology and its application in animal production: A review / H. Fesseha, T. Degu, Y. Getachew // Open Journal of Veterinary Medicine. - 2020. - №52. - P.43-50. doi: 10.17140/VMOJ-5-148.
4. Korish, M.A. Evaluation of Heavy Metal Content in Feed, Litter, Meat, Meat Products, Liver, and Table Eggs of Chickens / M.A. Korish, Y.A. Attia // Animals. - 2020. - №10. - P.727. doi: 10.3390/ani10040727.
5. Does a selenium and zinc nanoparticles support mitigation of multiple-stress in aquaculture? / Kumar N. [et. al.] // Aquaculture. - 2023. - №563(2). - P.739004. doi: 10.1016/j.aquaculture.2022.739004.
6. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health - A comprehensive review / Alagawany M. [et. al.] // The Veterinary Quarterly. - 2021. - №41. - P.1-29. doi: 10.1080/01652176.2020.1857887.
7. Cymbopogon flexuosus essential oil as an additive improves growth, biochemical and physiological responses and survival against Aeromonas hydrophila infection in Nile tilapia / Souza E.M. [et. al.] // Anais da Academia Brasileira de Ciências. - 2020. - №92(1). - e20190140. doi: 10.1590/0001-37652020190140.
8. Shkabrou, A.U. The effect of essential oils on quality and safety parameters of meat during its storage. / A.U. Shkabrou, V.D. Raznichenka, L.Y. Kharkevich // Theory and Practice of Meat Processing. - 2021. - №6(1). - P.97-104. doi: 10.21323/2414-438X-2021-6-1-97-104.
9. Islam, Md. S. Assessment of trace elements in canned fish and health risk appraisal / Md. S. Islam, R.A. Mustafa // Foods and Raw Materials. - 2023. - №11(1). - P.43-56. doi: 10.21603/2308-4057-2023-1-554.
10. Nano Zinc Versus Bulk Zinc Form as Dietary Supplied: Effects on Growth, Intestinal Enzymes and Topography, and Hemato-biochemical and Oxidative Stress Biomarker in Nile Tilapia (Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758) / Ibrahim M.S. [et. al.] // Biological Trace Element Research. - 2022. - Vol. 200(3). - P.1347-1360. doi: 10.1007/s12011-021-02724-z.
11. Nano-zinc enhances gene regulation of non specific immunity and antioxidative status to mitigate multiple stresses in fish / Kumar N. [et. al.] // Scientific Reports. - 2023. - Vol.13(1):5015. doi: 10.1038/s41598-023-32296-y.
12. Shahpar, Z. Effects of Dietary Organic, Inorganic, and Nanoparticulate Zinc on Rainbow Trout, Oncorhynchus mykiss Larvae / Z. Shahpar, S.A. Johari // Biological Trace Element Research. - 2019. - Vol.190(2). - P.535-540. doi: 10.1007/s12011-018-1563-z.
13. Clavijo, V. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review / V. Clavijo, M.J.V. Florez // Poultry Science. - 2018. - Vol.97(3). - P.1006-1021. doi: 10.3382/ps/pex359.
14. Modulation of Growth Performance and Intestinal Microbiota in Chickens Fed Plant Extracts or Virginiamycin / Zhu N. [et. al.] // Frontiers in Microbiology. - 2019. - №10:1333 doi: 10.3389/fmicb.2019.01333.
15. Dekani, L. Comparative toxicity of organic, inorganic and nanoparticulate zinc following dietary exposure to common carp (Cyprinus carpio) / L. Dekani, S.A. Johari, H.S. Joo // Sci Total Environ. - 2019. - №656. - P.1191-1198. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.474.
16. Use of phytochemicals in farm animal feeding / Bagno O.A. [et. al.] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. - 2018. - Vol.53(4). - P.687-697. doi: 10.15389/agrobiol.2018.4.687eng.
17. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production of livestock animals and poultry / Michalak I. [et. al.] // Vet Q. - 2022. - Vol.42(1). - P.68-94. doi: 10.1080/01652176.2022.2073399.
18. Metal particles as trace-element sources: current state and future prospects / Fisinin V.I. [et. al.] // World's Poultry Science Journal. - 2018. - Vol.74(3). - P.523-540. doi: 10.1017/S0043933918000491.