

УДК: 636.5:547.992

DOI:10.52419/issn2072-2419.2023.4.197

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНОЙ ДОБАВКИ В СОЧЕТАНИИ С ЦИНКОМ В УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ФОРМЕ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Нечитайло К.С. ^{1,2*} – канд. биол. наук, науч. сотр. (0000-0002-8755-414X);
Сизова Е.А. ^{1,2} – д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-5125-5981);
Рязанцева К.В. ¹ – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5134-0396); **Кван О.В.** ¹ – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-0561-7002).

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

²ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

*k.nechit@mail.ru

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, продуктивность, ферменты, цинк, амилаза, протеаза, липаза, ультрадисперсные частицы.

Key words: broiler chickens, feeding, productivity, enzymes, zinc, amylase, protease, lipase, ultrafine particles.

Благодарности: Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ (проект № 22-26-00253).

Поступила: 06.10.2023

Принята к публикации: 17.11.2023

Опубликована онлайн: 08.12.2023



РЕФЕРАТ

Птицеводство является одной из важнейших и перспективных отраслей животноводства. С учётом наращивания темпов промышленного птицеводства, для стабильного развития отрасли и улучшения конкурентоспособности на мировом рынке, все больше внимания уделяется поиску безопасных альтернативных агентов для увеличения продуктивности. В исследовании изучена стратегия скармливания в виде кормовой добавки веществ различной природы, в частности ферментативного комплекса (I группа (0,05 %; эндо-1,4-бета-ксилаза – 4000 ед./г, альфа-амилаза – 400 ед./г и субтилизин – 8000 ед./г)), и цинка в ультрадисперсной форме (II группа (3 мг/кг; 164±31,2 нм)). Установлено, в I группе коэффициенты переваримости сырого протеина были выше на 6,03 % (P≤0,05), сырой клетчатки на 3,68 % (P≤0,05), безазотистых экстрактивных веществ на 2,39 % (P≤0,05) в сравнении с контролем. При этом, во II группе изменения зафиксированы в отношении сырого протеина и сырой клетчатки – увеличение на 6,51% (P≤0,01) и 7,59 % (P≤0,05), соответственно. В 42-суточном возрасте живая масса цыплят-бройлеров I была выше контроля на 10,1 % (P≤0,05), во II группе на 11,32 % (P≤0,01). При этом затраты корма на 1 кг прироста были минимальными во II группе, на 16,79 % ниже контрольных значений. Таким образом, максимальный продуктивный эффект был отмечен при введении комплекса ферментной добавки в сочетании с цинком в ультрадисперсной форме.

ВВЕДЕНИЕ/ INTRODUCTION

Птицеводство является одной из важнейших и перспективных отраслей животноводства [1]. Однако, как и любая отрасль, птицеводство, имеет проблемы, негативно сказывающиеся на производительности и доходности предприятия. Применение принципов ресурсосберегающих технологий с учётом последних тенденций позволит обеспечить высокую рентабельность, стабильное развитие и улучшить конкурентоспособность на мировом рынке [2].

Одним из таких принципов является применение эффективных и безопасных стимуляторов роста [3]. При этом, учитывая высокий глобальный рост множественной лекарственной устойчивости, они не должны содержать в своем составе антибиотиков [4]. При этом, учитывая тот факт, что высокопродуктивная птица подвержена частым инфекционным заболеваниям, полный отказ от антибиотических агентов невозможен [1]. Существует множество доступных альтернативных стимуляторов роста цыплят-бройлеров, имеющих различные механизмы действия на организм. Имеется ряд исследований, свидетельствующих о том, что стратегия объединения отдельных веществ различной природы является более эффективной, чем применение моно-добавок [3]. Однако, механизмы сочетанного действия, а также долгосрочные эффекты все еще нуждаются в детальном рассмотрении.

Помимо этого, при выращивании цыплят-бройлеров, производители вынуждены использовать дешёвые ингредиенты, что значительно снижает затраты на содержание птицы [5, 6]. Однако, такие компоненты содержат высокое количество антипитательных факторов, в частности некрахмалистые полисахариды. Для нивелирования действия подобных веществ, в рацион цыплят-бройлеров вводят ферменты [5, 7].

Так, в исследовании был выбран энзимный стимулятор роста и цинк в ультрадисперсной форме. Существует повышенный интерес исследователей к ис-

пользованию ультрадисперсных частиц в качестве эффективной и безопасной альтернативной терапии против патогенных микроорганизмов, не вызывающей резистентности [8]. Выбор цинка определен, в первую очередь, его высокой антибактериальной активностью. Ультрадисперсная форма имеет большую удельную поверхность, что обуславливает высокую каталитическую активность, биодоступность и соответственно усиленное взаимодействие с бактериальной мембраной [9]. Помимо этого, цинк обладает противогрибковой, противопаразитарной, антидиабетической, иммуномодулирующей активностью и используются в качестве стимулятора роста [10].

Таким образом, цель исследования состояла в оценке как отдельного, так и сочетанного влияния ферментной добавки и цинка в ультрадисперсной форме на продуктивные показатели цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Эксперимент был проведен на базе вивария ФГБНУ ФНЦ БСТРАН. Исследования выполнены на цыплятах-бройлерах кросса Арбор-Айкрес. В соответствии с целью исследования, формирование групп проводилось методом параналогов, основанным на принципе аналогичных групп. Каждая из групп включала по 35 голов. В течение всего опыта все условия содержания и кормления были идентичными [5]. Основным рационом служила унифицированная стандартная пшенично-кукурузная кормосмесь, сформированная в соответствии с нормами ФНЦ «ВНИТИП» РАН [5]. Рацион в составе содержал ячмень, стартовый – 5 %, ростовой – 10%. Состав премикса был лишён кормовых антибиотиков.

Цыплятам контрольной группы вводили исключительно основной рацион. Цыплятам I опытной группы к основному рациону добавляли ферментную добавку - 0,05 %, содержащую в составе эндо-1,4-бета-ксилазу – 4000 ед./г, альфа-амилазу – 400 ед./г и субтилизина – 8000 ед./г (ООО «Данзим», Россия). Цыплятам

II опытной группе вводили аналогичную ферментную добавку 0,05 % (ООО «Данзим», Россия) и цинк в ультрадисперсной форме 3 мг/кг корма («Передовые порошковые технологии», Томск; гидродинамический радиус – $164 \pm 31,2$ нм; дзета потенциал – $25 \pm 0,5$).

Продолжительность эксперимента составила 42 суток, из них подготовительный – 7 суток и учётный период – 35.

На основании балансового опыта проводили расчёт коэффициентов переваримости кормовых компонентов [5].

Лабораторные исследования выполнены в центре «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» с использованием приборной базы ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При рассмотрении экспериментальных результатов, установлено, что начи-

ная с семисуточного возраста, набор живой массы цыплят-бройлеров как контрольной, так и опытных групп имел схожий характер (рис. 1), с незначительной тенденцией к снижению массы тела цыплят опытной группы в возрасте от 21 до 28 суток во II группе. Статистически значимые изменения массы тела цыплят-бройлеров II опытной группы были отмечены на 35 и 42 сутки, в частности увеличение на 9,86 % ($P \leq 0,05$) и 11,32 % ($P \leq 0,01$) соответственно, в сравнении с контролем. Характер динамики массы тела I опытной группы был схожим с II группой, за исключением скачков роста на 21 и 28 сутки. В конце экспериментального периода на 42 сутки масса тела цыплят-бройлеров I группы была выше контроля на 10,1 % ($P \leq 0,05$).

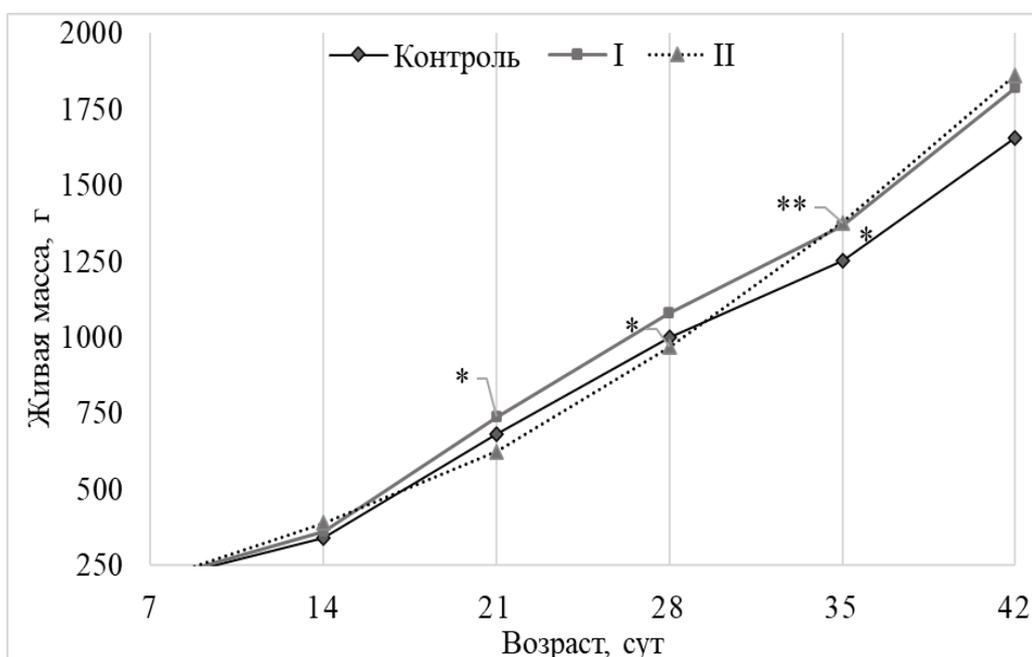


Рисунок 1 – Диаграмма живой массы цыплят бройлеров на протяжении всего эксперимента. Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытной групп.

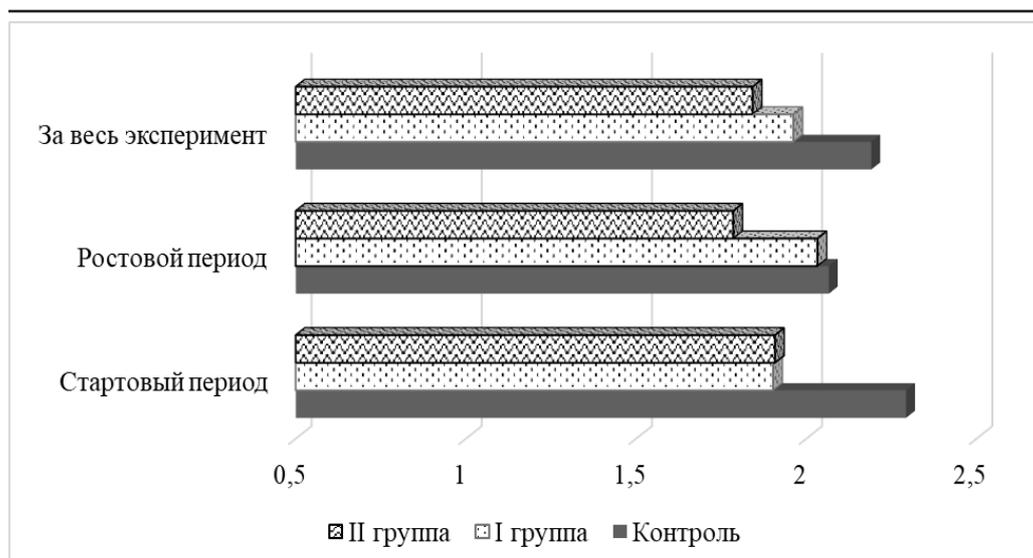


Рисунок 2 – Затраты корма на 1 кг прироста по периодам эксперимента, кг

Стратегия скормливания как мультиэнзимного комплекса отдельно, так и в сочетании с ультрадисперсным цинком обладали выраженным продуктивным эффектом. Однако, при рассмотрении затрат корма на 1 кг прироста (рис. 2), установлено в I опытной группе этот показатель был ниже в стартовом периоде на 17%, во II на 16,79% в сравнении с контролем. В ростовом периоде, разница между I группой и контролем была незначительной – 1,62 %, между II и контролем – 13,58%. За весь период эксперимента, затраты корма на 1 кг прироста в I опытной группе были ниже 10,45 % в сравнении с контролем, во II на 15,92 %.

В зависимости от применения различных стратегий кормления менялось процентное отношение перевариваемых питательных веществ к потребленному (таблица 1, 2). Так, коэффициенты переваримости питательных веществ стартового рациона в I опытной группе были выше в отношении сырого протеина на 6,13 % ($P \leq 0,05$), сырой клетчатки на 4,5 % ($P \leq 0,01$) и безазотистых экстрактивных веществ на 2,33 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с контрольными значениями. Во II опытной группе отметим более высокие значения

коэффициентов переваримости сырого жира, сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ, на 7,36 % ($P \leq 0,05$), 4,24 % ($P \leq 0,05$) и 4,59 % ($P \leq 0,05$) соответственно, в сравнении с контролем.

В ходе анализа коэффициентов переваримости питательных веществ ростового рациона, ситуация сложилась иным образом. Так, наблюдалось увеличение в I группе сырого протеина на 6,03 % ($P \leq 0,05$), сырой клетчатки на 3,68 % ($P \leq 0,05$), безазотистых экстрактивных веществ на 2,39 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с контролем. При этом, во II группе изменения коэффициентов переваримости в сравнении с контролем, зафиксированы в отношении сырого протеина и сырой клетчатки – увеличение на 6,51% ($P \leq 0,01$) и 7,59 % ($P \leq 0,05$), соответственно.

Коэффициент переваримости показывает, насколько эффективно птица усваивает питательные вещества корма. Поступившие с кормом нутриенты трансформируются путём ферментативного гидролиза до промежуточных продуктов, далее в мономеры с последующим всасыванием в кровь и использованием в процессе синтеза сложных органических соединений

тела. Ферментная добавка оказывает прямое действие на степень использования нутриентов, улучшая всасывание в кишечнике.

Ячмень является одним из лидеров по содержанию некрахмальных полисахаридов, в частности арабиноксиланов, β -глюканов. Действуя как физический барьер, данные полисахариды инкапсулируют питательные вещества эндосперма и повышают вязкость кишечного содержимого, тем самым ограничивая контакт с эндогенными ферментами. В результате происходит снижение пищевой ценности злака в рационе птице [6].

В исследовании введение ферментной добавки приводило к повышению коэффициентов переваримости питательных веществ как стартового, так и ростового рациона. При этом в группе сочетанного введения ультрадисперсного цинка, ситуация складывалась аналогичным образом. Вероятно, входящая в состав ксиланаза расщепляла арабиноксиланы, высвобождая инкапсулированный крахмал и другие питательные вещества, локализованные клеточной стенкой, одновременно с этим снижала вязкость кишечного содержимого, в связи с высокой долей растворимых некрахмальных полисахаридов [7]. Амилаза обеспечивала высокий уровень де-

градации крахмала [11], а протеаза улучшала усвояемость белка и снижала выделение азота [12]. Таким образом, все это в совокупности увеличивало энергетическую ценность рациона, что в последующем отражалось на улучшении прироста массы тела цыплят-бройлеров.

Однако, наиболее эффективной стратегией стало скормливание ферментной добавки с ультрадисперсным цинком. С учётом выраженного продуктивного эффекта на организм цыплят-бройлеров, стоит отметить в данной группе минимальные затраты корма на 1 кг прироста в сравнении с контролем. Вероятно, такой эффект был достигнут благодаря синергетическому действию ферментов и микроэлемента. Как уже было сказано выше, цинк обладая выраженным антибактериальным эффектом, возможно, способствовал модулированию микробиома кишечника [9]. Известно, что цинк в ультрадисперсной форме увеличивает количество бактерий, продуцирующих короткоцепочечные жирные кислоты, снижая долю патогенных бактерий [13]. Помимо этого, являясь ключевым микроэлементом множества метаболических путей, цинк оказывает прямое иммуномодулирующее действие на организм цыплят-бройлеров [14, 15, 16].

Таблица 1 – Коэффициенты переваримости питательных веществ стартового рациона

Показатель (%)	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	68,12±2,59	68,79 ± 1,75	74,40 ± 0,87
Сырой протеин	76,03±1,89	82,16 ± 2,23 *	79,46 ± 0,70
Сырой жир	75,91±2,14	76,27 ± 3,04	83,27 ± 0,57 *
Сырая клетчатка	16,72±0,44	21,22 ± 0,75 **	20,96 ± 0,69 *
Безазотистые экстрактивные вещества	76,24±1,96	78,57 ± 0,85 *	80,83 ± 0,65 *

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытной групп.

Таблица 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ
ростового рациона

Показатель (%)	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	72,54 ± 1,78	73,25 ± 0,92	74,31 ± 1,07
Сырой протеин	74,78 ± 1,63	80,81 ± 1,25 *	81,29 ± 0,78 **
Сырой жир	84,2 ± 1,03	84,61 ± 2,11 *	81,72 ± 0,76
Сырая клетчатка	17,94 ± 4,81	21,62 ± 1,62	25,53 ± 2,73 *
Безазотистые экстрактивные вещества	78,05 ± 1,38	80,44 ± 1,15 *	78,37 ± 0,91

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$ при сравнении контрольной и опытной групп.

ВЫВОДЫ/ CONCLUSIONS

Как следствие, совокупное действие ферментной добавки и ультрадисперсного цинка приводит к увеличению переваримости и степени усвоения питательных веществ рациона.

Таким образом, учитывая, тот факт, что доступная энергия зерновых злаков имеет сильную отрицательную корреляцию с концентрацией некрахмальных полисахаридов, является целесообразным скормливание добавок на основе ферментов. При этом, добавление в рацион цыплят-бройлеров помимо ферментов, антибактериальных агентов, таких как ультрадисперсный цинк в дозе 3 мг/кг, приводит к максимальному продуктивному эффекту. В промышленном масштабе данная стратегия позволит снизить итоговую стоимость кормовых ресурсов, что в целом благоприятно отразится на экономических условиях интенсивного выращивания цыплят-бройлеров, без потери эффективности.

INFLUENCE OF ENZYME ADDITIVE IN COMBINATION WITH ZINC IN ULTRA-FINE FORM ON PRODUCTIVE INDICATORS OF BROILER CHICKENS

Nechitailo K. S. ^{1,2} * – PhD of Biological Sciences, researcher (0000-0002-8755-414X); **Sizova E. A.** ^{1,2} – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-5125-5981); **Ryazantseva K. V.** ¹ – research assistant (ORCID 0000-0001-5134-0396); **Kvan O.V.** ¹ – PhD of Biologi-

cal Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0003-0561-7002).

¹ Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, st. 9 January 29

² FGBOU HE "Orenburg State University"

*k.nechit@mail.ru

Acknowledgements: The research was carried out with the support of the RGNF grant (project No. 22-26-00253).

ABSTRACT

Poultry farming is one of the most important and promising branches of animal husbandry. Given the increasing rate of industrial poultry farming, for the stable development of the industry and improving competitiveness in world markets, more and more attention is paid to the search for safe alternative agents to increase productivity. The study examined the strategy of feeding substances of different nature as feed additives, in particular, enzyme complexes separately (group I (0,05%; endo-1,4-beta-xylanase - 4000 units/g, alpha-amylase - 400 units/g and subtilisin - 8000 units/g)) and in combination with ultra-dispersed zinc (group II (3 mg/kg; 164±31,2 nm)). It was found that in group I the digestibility ratios of crude protein were higher by 6.03 % ($P \leq 0.05$), crude fiber by 3.68 % ($P \leq 0.05$), nitrogen-free extractive substances by 2.39 % ($P \leq 0.05$) compared to control. At the same time, in group II, changes were recorded in crude protein and crude fiber - an in-

crease of 6.51% ($P \leq 0.01$) and 7.59% ($P \leq 0.05$), respectively. At 42 days of age, the live weight of broiler chickens I was 10.1% higher than control ($P \leq 0.05$), and in group II by 11.32% ($P \leq 0.01$). At the same time, the cost of feed per 1 kg of growth was minimal in group II, 16.79% lower than the control values. Thus, the maximum productive effect was observed with the introduction of a complex enzyme supplement in combination with zinc in ultradispersed form.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Phillips, C. J. C. Immunomodulatory Effects of Natural Feed Additives for Meat Chicken / C. J. C. Phillips, B. Hosseintabar-Ghasemabad, I. F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, A.A. Mosolov, A. Seidavi // *Life* (Basel). – 2023. – Vol. 13. – No. 6. – P.1287. DOI 10.3390/life13061287.
2. Li, Z. Effects of nonantibiotic growth promoter combinations on growth performance, nutrient utilization, digestive enzymes, intestinal morphology, and cecal microflora of broilers / Z. Li, B. Zhang, W. Zhu, Y. Lin, J. Chen, F. Zhu, Y. Guo // *PLoS One*. – 2023. – Vol. 18. – No 3. – P. e0279950. DOI 10.1371/journal.pone.0279950.
3. Buryakov, N.P. The Role of Supplementing a Complex Phytobiotic Feed Additive Containing (*Castanea sativa* mill) Extract in Combination with Calcium Butyrate, Zinc-Methionine and Essential Oils on Growth Indicators, Blood Profile and Carcass Quality of Broiler Chickens / N.P. Buryakov, A.Y. Zagarin, M.M. Fathala, D.E. Aleshin // *Vet Sci*. – 2023. – Vol. 10. – No. 3. – P. 212. DOI 10.3390/vetsci10030212.
4. Tabashsum, Z. Alternative approaches to therapeutics and subtherapeutics for sustainable poultry production / Z. Tabashsum, A. Scriba, D. Biswas // *Poult Sci*. – 2023. – Vol. 102. – No 7. – P. 102750. DOI 10.1016/j.psj.2023.102750.
5. Егоров И.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н., Егорова Т.А. и др. Методическое пособие по кормлению сельскохозяйственной птицы. Посад: ООО "Гран-При"; 2021 г. - 360 с.
6. Perera, W.N.U. Barley, an Undervalued Cereal for Poultry Diets: Limitations and Opportunities / W.N.U. Perera, M.R. Abdollahi, F. Zaefarian, T.J. Wester, V. Ravindran // *Animals* (Basel). – 2022. – Vol. 12. – No. 19. – P. 2525. DOI 10.3390/ani12192525.
7. Kim, M. Synergistic effect of exogenous multi-enzyme and phytase on growth performance, nutrients digestibility, blood metabolites, intestinal microflora and morphology in broilers fed corn-wheat-soybean meal diets / M. Kim, S.L. Ingale, A. Hosseindoust, Y. Choi, K. Kim, B. Chae // *Anim Biosci*. – 2021. – Vol. 34. – No. 8. – P.1365-1374. DOI 10.5713/ab.20.0663.
8. Awad, N.F.S. Therapeutic potentials of aivlosin and/or zinc oxide nanoparticles against *Mycoplasma gallisepticum* and/or *Ornithobacterium rhinotracheale* with a special reference to the effect of zinc oxide nanoparticles on aivlosin tissue residues: an in vivo approach / N.F.S. Awad, Y.M. Hashem, N.S. Elshater, E. Khalifa, R.I. Hamed, H.H. Nossieur, E.M. Abd-Allah, S.T. Elazab, M.A. Nassan, M.I.A. El-Hami // *Poult Sci*. – 2022. – Vol. 101. – No. 6. – P. 101884. DOI 10.1016/j.psj.2022.101884.
9. Qu, J. Effect of Two Particle Sizes of Nano Zinc Oxide on Growth Performance, Immune Function, Digestive Tract Morphology, and Intestinal Microbiota Composition in Broilers / J. Qu, X. Zuo, Q. Xu, M. Li, L. Zou, R. Tao, X. Liu, X. Wang, J. Wang, L. Wen, R. Li // *Animals* (Basel). – 2023. – Vol.13. – No. 9. – P. 1454. DOI 10.3390/ani13091454.
10. Lail, N.U. Biosynthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using *Nigella sativa* against coccidiosis in commercial poultry / N.U. Lail, A. Sattar, M.O. Omer, M.A. Hafeez, A.R. Khalid, S. Mahmood, M.A. Shabbir, W. Ahmed, M.T. Aleem, A. Alouffi, M.M. Almutairi // *Sci Rep*. – 2023. – Vol. 13. – No. 1. – P. 6568. DOI 10.1038/s41598-023-33416-4.
11. Stefanello, C. Utilization of corn-based diets supplemented with an exogenous α -amylase for broilers / C. Stefanello, S.L. Vieira, P. Soster, B.M.D. Santos, Y.K. Dalmore, A. Favero, A.J. Cowieson // *Poult Sci*. – 2019. – Vol. 98. – No.11. – P. 5862-5869.

DOI 10.3382/ps/pez290.

12. Lee, J. Effects of exogenous protease on performance, economic evaluation, nutrient digestibility, fecal score, intestinal morphology, blood profile, carcass trait, and meat quality in broilers fed normal diets and diets considered with matrix value / J. Lee, H. Oh, Y. Kim, D. Song, J. An, S. Chang, Y. Go, H. Cho, B. Lee, W.K. Kim, J. Cho // *Poult Sci.* – 2023. – Vol. 102. – No. 5. – P. 102565. DOI 10.1016/j.psj.2023.102565.

13. Alian, H.A. Nano Zinc Oxide Improves Performance, IGF-I mRNA Expression, Meat Quality, and Humeral Immune Response and Alleviates Oxidative Stress and NF-κB Immunohistochemistry of Broiler Chickens. / H.A. Alian, H.M. Samy, M.T. Ibrahim, M.S. Yusuf, M.M.A. Mahmoud // *Nano Biol Trace Elem Res.* – 2023. – Vol. 201. – No. 8. – P. 4062-4078. DOI 10.1007/s12011-022-03494-y.

14. Zarghi, H. Effect of Supplemental Zinc on Performance, Nutrient Digestibility, Jejunum Architecture, and Immune Response in Broiler chickens Fed Wheat-Soy Diets / H. Zarghi, A. Golian, A. Hassanabadi, F. Khaligh // *An Acad Bras Cienc.* – 2022. – Vol. 94. – No. 2. – P. 20200266. DOI: 10.1590/0001-3765202220200266.

15. Сизова, Е.А. Эффективность различных форм цинка как иммуномодуляторов в рационах цыплят-бройлеров (*Gallus gallus L.*) / Е. А. Сизова, С.А. Мирошников, К.С. Нечитайло // *Сельскохозяйственная биология.* – 2023. – Т. 58, №2. – С. 373-385. – doi: 10.15389/agrobiol.2023.2.373rus.

16. Qu, J. Effect of Two Particle Sizes of Nano Zinc Oxide on Growth Performance, Immune Function, Digestive Tract Morphology, and Intestinal Microbiota Composition in Broilers / J. Qu, X. Zuo, Q. Xu, M. Li, L. Zou, R. Tao, X. Liu, X. Wang, J. Wang, L. Wen, R. Li // *Animals (Basel).* – 2023. – Vol. 13. – No. 9. – P.1454. DOI 10.3390/ani13091454.

REFERENCES

1. Phillips CJC, Hosseintabar-Ghasemabad B, Gorlov IF, Slozhenkina MI, Mosolov AA, Seidavi A. Immunomodulatory Effects of

Natural Feed Additives for Meat Chickens. *Life (Basel).* 2023, 13(6):1287. doi: 10.3390/life13061287.

2. Li Z, Zhang B, Zhu W, Lin Y, Chen J, Zhu F, Guo Y. Effects of nonantibiotic growth promoter combinations on growth performance, nutrient utilization, digestive enzymes, intestinal morphology, and cecal microflora of broilers. *PLoS One.* 2023 Mar 30;18(3):e0279950. doi: 10.1371/journal.pone.0279950.

3. Buryakov NP, Zagarin AY, Fathala MM, Aleshin DE. The Role of Supplementing a Complex Phytobiotic Feed Additive Containing (*Castanea sativa* mill) Extract in Combination with Calcium Butyrate, Zinc-Methionine and Essential Oils on Growth Indicators, Blood Profile and Carcass Quality of Broiler Chickens. *Vet Sci.* 2023 Mar 10;10(3):212. doi: 10.3390/vetsci10030212.

4. Tabashsum Z, Scriba A, Biswas D. Alternative approaches to therapeutics and sub-therapeutics for sustainable poultry production. *Poult Sci.* 2023 Jul;102(7):102750. doi: 10.1016/j.psj.2023.102750.

5. Egorov IA, Manukyan VA, Lenkova TN, Egorova TA et al. Guidelines for feeding agricultural poultry. *Sergievs Posad: LLC "Grand Prix".* 2021, 360 p. [in Russ.]

6. Perera WNU, Abdollahi MR, Zaefarian F, Wester TJ, Ravindran V. Barley, an Undervalued Cereal for Poultry Diets: Limitations and Opportunities. *Animals (Basel).* 2022 Sep 21;12(19):2525. doi: 10.3390/ani12192525.

7. Kim M, Ingale SL, Hosseindoust A, Choi Y, Kim K, Chae B. Synergistic effect of exogenous multi-enzyme and phytase on growth performance, nutrients digestibility, blood metabolites, intestinal microflora and morphology in broilers fed corn-wheat-soybean meal diets. *Anim Biosci.* 2021 Aug;34(8):1365-1374. doi: 10.5713/ab.20.0663.

8. Awad NFS, Hashem YM, Elshater NS, Khalifa E, Hamed RI, Nossieur HH, Abd-Allah EM, Elazab ST, Nassan MA, El-Hamid MIA. Therapeutic potentials of aivlosin and/or zinc oxide nanoparticles against *Mycoplasma gallisepticum* and/or *Ornithobacterium rhinotracheale* with a spe-

- cial reference to the effect of zinc oxide nanoparticles on aviloxin tissue residues: an in vivo approach. *Poult Sci.* 2022 Jun;101(6):101884. doi: 10.1016/j.psj.2022.101884.
9. Qu J, Zuo X, Xu Q, Li M, Zou L, Tao R, Liu X, Wang X, Wang J, Wen L, Li R. Effect of Two Particle Sizes of Nano Zinc Oxide on Growth Performance, Immune Function, Digestive Tract Morphology, and Intestinal Microbiota Composition in Broilers. *Animals (Basel)*. 2023 Apr 25;13(9):1454. doi: 10.3390/ani13091454.
10. Lail NU, Sattar A, Omer MO, Hafeez MA, Khalid AR, Mahmood S, Shabbir MA, Ahmed W, Aleem MT, Alouffi A, Almutairi MM. Biosynthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using *Nigella sativa* against coccidiosis in commercial poultry. *Sci Rep.* 2023 Apr 21;13(1):6568. doi: 10.1038/s41598-023-33416-4.
11. Stefanello C, Vieira SL, Soster P, Santos BMD, Dalmoro YK, Favero A, Cowieson AJ. Utilization of corn-based diets supplemented with an exogenous α -amylase for broilers. *Poult Sci.* 2019 Nov 1;98(11):5862-5869. doi: 10.3382/ps/pez290.
12. Lee J, Oh H, Kim Y, Song D, An J, Chang S, Go Y, Cho H, Lee B, Kim WK, Cho J. Effects of exogenous protease on performance, economic evaluation, nutrient digestibility, fecal score, intestinal morphology, blood profile, carcass trait, and meat quality in broilers fed normal diets and diets considered with matrix value. *Poult Sci.* 2023 May;102(5):102565. doi: 10.1016/j.psj.2023.102565.
13. Alian, H.A. Nano Zinc Oxide Improves Performance, IGF-I mRNA Expression, Meat Quality, and Humeral Immune Response and Alleviates Oxidative Stress and NF- κ B Immunohistochemistry of Broiler Chickens. / H.A. Alian, H.M. Samy, M.T. Ibrahim, M.S. Yusuf, M.M.A. Mahmoud // *Nano Biol Trace Elem Res.* – 2023. – Vol. 201. – No. 8. – P. 4062-4078. DOI 10.1007/s12011-022-03494-y.
14. Zarghi H, Golian A, Hassanabadi A, Khaligh F. Effect of Supplemental Zinc on Performance, Nutrient Digestibility, Jejunum Architecture, and Immune Response in Broiler chickens Fed Wheat-Soy Diets. *An Acad Bras Cienc.* 2022 Jun 13;94(2):e20200266. doi: 10.1590/0001-3765202220200266.
15. Sizova, E.A. The effectiveness of various forms of zn as stimulators of the immune response in broiler chickens (*Gallus gallus L.*) / E.A. Sizova, S.A. Miroshnikov, K.S. Nechitailo // *Agricultural biology.* - 2023. - T. 58, No. 2. - S. 373-385. – doi: 10.15389/agrobiology.2023.2.373rus. [in Russ.]
16. Qu J, Zuo X, Xu Q, Li M, Zou L, Tao R, Liu X, Wang X, Wang J, Wen L, Li R. Effect of Two Particle Sizes of Nano Zinc Oxide on Growth Performance, Immune Function, Digestive Tract Morphology, and Intestinal Microbiota Composition in Broilers. *Animals (Basel)*. 2023 Apr 25;13(9):1454. doi: 10.3390/ani13091454.