

Научная статья

УДК 636.5:636.085:577.17

doi:10.33284/2658-3135-106-4-121

Влияние фитобиотического экстракта в сочетании с ферментной добавкой и ультрадисперсными частицами цинка на морфобиохимические показатели крови цыплят-бройлеров

Ксения Сергеевна Нечитайло^{1,6}, Елена Анатольевна Сизова^{2,7}, Валентина Сергеевна Полякова^{3,8}, Александра Сергеевна Мустафина⁴, Ирина Викторовна Маркова⁵

^{1,2,3,4,5}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург, Россия

^{6,7,8}Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

^{1,6}k.nechit@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8755-414X>

^{2,7}Sizova.L78@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

^{3,8}valyapolyakova2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2739-0208>

⁴vshivkovaas@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9525-2822>

⁵irinazz88@yandex.ru

Аннотация. В эксперименте изучено влияние поликомпонентной кормовой добавки, включающей, ультрадисперсные частицы цинка (Zn), фитобиотический экстракт *Quercus cortex* (QC) и ферментную добавку (Ф). В результате установлено, что используемая кормовая добавка оказала положительное влияние на морфологические и биохимические показатели крови цыплят. На 21 сутки содержание лейкоцитов в группе «ОР+Ф+QC+Zn» было выше на 10,34 %, эритроцитов – 19,62 %, концентрация гемоглобина – 13,68 % ($P \leq 0,05$), гематокрита – 17,06 % ($P \leq 0,05$). Лейкоцитарные индексы: кровно-клеточный показатель (ККП), индекс соотношения псевдоэозинофилов лимфоцитов (ИСНЛ), индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ) были повышены, что свидетельствует об увеличении концентрации нейтрофилов (псевдоэозинофилов) и эозинофилов в крови. В возрасте 42 суток у цыплят в группе «ОР+Ф+QC+Zn» уровень общего белка был выше на 8,39 %, альбумина – на 10,62 %, АСТ – на 16,64 % ($P \leq 0,05$). К концу эксперимента наблюдалось снижение уровня глюкозы у цыплят группы «ОР+Ф+QC+Zn» на 15,93 % ($P \leq 0,05$) и АЛТ – на 30,25 % ($P \leq 0,05$). Содержание триглицеридов в группе «ОР+Ф+QC+Zn» было повышено на 22,61 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с группой «ОР». Концентрация липазы была снижена на 13,88 % ($P \leq 0,05$). Таким образом, сочетание фитобиотического экстракта *Quercus cortex*, ферментной добавки и ультрадисперсных частиц цинка может служить эффективной альтернативой кормовым антибиотикам.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, гематологические показатели, фитобиотический экстракт, *Quercus cortex*, ферментная добавка, цинк, ультрадисперсные частицы

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-26-00253.

Для цитирования. Влияние фитобиотического экстракта в сочетании с ферментной добавкой и ультрадисперсными частицами цинка на морфо-биохимические показатели крови цыплят-бройлеров / К.С. Нечитайло, Е.А. Сизова, В.С. Полякова, А.С. Мустафина, И.В. Маркова // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 4. С. 121-134. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-4-121>

Original article

The influence of a phytobiotic extract in combination with an enzyme additive and ultrafine zinc particles on the morphobiochemical parameters of the blood of broiler chickens

Ksenia S Nechitailo^{1,6}, Elena A Sizova^{2,7}, Valentina S Polyakova^{3,7}, Aleksandra S Mustafina⁴, Irina V Markova⁵

^{1,2,3,4,5}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

^{6,7,8}Orenburg State University, Orenburg, Russia

^{1,6}valyapolyakova2001@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-2739-0208>

^{2,7}k.nechit@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8755-414X>

^{3,8}sizova.L78@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

⁴vshivkovaas@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9525-2822>

⁵irinazzz88@yandex.ru

Abstract. The experiment studied the effect of a multicomponent feed additive, including ultrafine zinc particles (Zn), phytobiotic extract *Quercus cortex* (QC) and an enzyme additive (F). As a result, it was established that the feed additive used had a positive effect on the morphological and biochemical parameters of the blood of chickens. On day 21, the content of leukocytes in the “OR+F+QC+Zn” group was higher by 10.34%, erythrocytes – 19.62%, hemoglobin concentration – 13.68% ($P \leq 0.05$), hematocrit – 17.06% ($P \leq 0.05$). Leukocyte indices: blood cell index (BCI), pseudoeosinophil-lymphocyte ratio index (PSLI), leukocyte shift index (LSI) were increased, indicating an increase in the concentration of neutrophils (pseudoeosinophils) and eosinophils in blood. At the age of 42 days, in chickens in the group “OR+F+QC+Zn” the level of total protein was higher by 8.39%, albumin – by 10.62%, AST – by 16.64% ($P \leq 0.05$). By the end of the experiment, there was a decrease in glucose levels in chickens of the “OR+F+QC+Zn” group by 15.93% ($P \leq 0.05$) and ALT by 30.25% ($P \leq 0.05$). The triglyceride content in the “OR+F+QC+Zn” group was increased by 22.61% ($P \leq 0.05$) compared to the “OR” group. Lipase concentration was reduced by 13.88% ($P \leq 0.05$). Thus, the combination of the phytobiotic extract *Quercuscortex*, an enzyme additive and ultrafine zinc particles can serve as an effective alternative to feed antibiotics.

Keywords: broiler chickens, feeding, hematological parameters, phytobiotic extract, *Quercus cortex*, enzyme additive, zinc, ultrafine particles

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 22-26-00253.

For citation: Nechitailo KS, Sizova EA, Polyakova VS, Mustafina AS, Markova IV. The influence of a phytobiotic extract in combination with an enzyme additive and ultrafine zinc particles on the morphobiochemical parameters of the blood of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):121-134. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-4-121>

Введение.

Актуальность применения натуральных кормовых добавок как альтернативы веществам с антибиотическими свойствами в последнее время не вызывает сомнений в связи с обнаружением побочных эффектов антибиотиков, в том числе, накоплением их токсичных метаболитов и ростом антибиотикорезистентности микроорганизмов (AbdEl-Hack ME et al., 2021). Фитогенные кормовые добавки содержат биологически активные соединения, такие как эфирные масла, дубильные вещества, сапонины, флавоноиды, алкалоиды и смоляные кислоты, проявляющие противомикробное, противовирусное, антиоксидантное, противовоспалительное действие (Granstad S et al., 2020). Не менее перспективным является использование продуктов, полученных с применением нанотехнологических решений, так как ультрадисперсные частицы по сравнению с более объемными объектами демонстрируют высокие показатели биодоступности и абсорбции. Благодаря небольшому размеру они быстро проходят через стенки желудочно-кишечного тракта и оказывают разнообразное существенное воздействие на различные системы организма (AbdEl-Ghany WA et al., 2021:).

В исследованиях оценивались как монокомпонентные, так и поликомпонентные кормовые добавки, ингредиенты которых проявляют синергетическое действие. Так, в эксперименте

Buryakov NP с коллегами (2023) введение кормовой добавки, содержащей экстракт *Castaneasativa* в сочетании с бутиратом кальция, цинк-метионином и эфирными маслами, оказало положительное влияние на живую массу бройлеров и привело к снижению уровня холестерина. Негативного воздействия на морфологический и биохимический профили крови цыплят-бройлеров не наблюдалось.

Были доказаны положительные свойства пробиотиков (Тузиков Р.А. и др., 2022), фитобиотиков (Петруша Ю.К. и др., 2022), ферментных препаратов и ультрадисперсных частиц, используемых в качестве ингредиентов кормовой добавки (AbdEl-Hack ME et al., 2022; Лебедев С.В. и др., 2022; Шейда Е.В. и Лебедев С.В., 2023; Chodkowska KA et al., 2022). Однако знаний в области изучения совместного влияния кормовых компонентов недостаточно. В связи с этим оценка безопасности и эффективности применения поликомпонентной кормовой добавки, включающей ультрадисперсные частицы цинка, фитобиотический экстракт *Quercus cortex* и ферментный компонент, обладает теоретической и практической значимостью.

При этом морфобиохимические показатели крови являются одним из важнейших критериев оценки физиологического мониторинга состояния здоровья и питания сельскохозяйственной птицы (Вертипрахов В.Г. и Кошчева М.В., 2020). Биохимические показатели сыворотки выступают индикаторами физиологического, пищевого и патологического статуса птиц и используются для выявления эффектов действия пищевых факторов и добавок, входящих в рацион (Dinani OP et al., 2020; Abang FBP et al., 2023). Морфологические показатели крови играют ведущую роль в оценке физиологии роста (Михалева М.С. и Вертипрахов В.Г., 2018). Оценка красной крови включает анализ эритроцитов и их характеристик, гематокрит (количество, уровень гемоглобина, средний размер эритроцитов). Функционал лейкоцитов является частью иммунного ответа. В ходе дифференциации их подразделяют на 5 типов: нейтрофилы, лимфоциты, моноциты, эозинофилы и базофилы (Dean L, 2005). У птиц нейтрофилы в силу высокой оксифильности и палочковидной зернистости ряд авторов относят к псевдоэозинофилам (Садовников Н.В. и др., 2009). Расчёт лейкоцитарных индексов проводят в ветеринарной практике для идентификации иммунного ответа животных (Краснолобова Е.П. и др., 2018).

Цель исследования.

Оценить влияние сочетанного эффекта влияния поликомпонентной кормовой добавки, включающей экстракт *Quercus cortex* и ультрадисперсные частицы цинка на фоне энзимсодержащего рациона на морфобиохимические показатели крови цыплят бройлеров.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкрес.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Эксперимент был проведён на базе вивария ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. Были сформированы две опытные группы по 10 голов суточных цыплят-бройлеров методом параналогов. Эксперимент, общей продолжительностью 42 суток включал в себя подготовительный период – 7 суток и учётный период – 35 суток. В ходе подготовительного периода цыплята обеих групп получали основной рацион. В учётном периоде цыплят контрольной группы кормили основным рационом (ОР), а цыплят опытной группы – основным рационом с фитобиотическим экстрактом в дозировке 2,5 мл на кг живой массы, частицами цинка в ультрадисперсной форме – 3 мг/кг корма и ферментной добавкой – 0,05 % (ОР+Ф+QC+Zn). Основным рационом служила унифицированная стандартная пшенично-кукурузная кормосмесь, содержащая ячмень стартовый – 5 % и ро-

стовой – 10 %. В качестве кормовой добавки использовались фитобиотический экстракт *Quercus cortex*, ферментная добавка, включающая эндо-1,4-бета-ксилазу – 4000 ед./г, α -амилазу – 400 ед./г, субтилизин – 8000 ед./г (ООО «Данзим», Россия) и ультрадисперсные частицы цинка («Передовые порошковые технологии», Томск; гидродинамический радиус – $164 \pm 31,2$ нм; дзета потенциал – $25 \pm 0,5$).

На 21 и 42 сутки проводился забор крови в соответствии с общепринятыми методиками, исследование морфологии (количество лейкоцитов, эритроцитов, содержание гемоглобина, уровень гематокрита, скорость оседания и средний объём эритроцитов, лейкоцитарная формула) и биохимии крови (общий белок, альбумин, креатинин, мочевины, глюкоза, аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспартатаминотрансфераза (АСТ), холестерин, липаза, триглицериды, железо, магний, кальций, фосфор). На основании лейкоцитарной формулы были рассчитаны интегральные лейкоцитарные индексы: кровно-клеточный показатель (ККП), лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ИЛГ), индекс соотношения нейтрофилов и лимфоцитов (ИСНЛ), индекс соотношения лимфоцитов и эозинофилов (ИСЛЭ), индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ) (Moiseeva AA et al., 2022).

Оборудование и технические средства. Исследования были проведены на базе центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ФНИЦ БСТ РАН с использованием материально-технических средств ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>. Анализ гематологических показателей проводился с использованием автоматического биохимического анализатора DIRUI CS-T240 (Китай) и автоматического гематологического анализатора DF50 Vet (Китай).

Статистическая обработка. Статистический анализ данных выполнен с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 12.0» («StatSoft Inc.», США). Для оценки статистической значимости использовали параметрический t- критерий Стьюдента при уровне значимости $P \leq 0,05$. Анализ лейкоцитарных индексов проводился непараметрическим критерием Краскела-Уоллиса (H).

Результаты исследований.

Морфологические и биохимические показатели крови были выбраны для исследования как наиболее чувствительные к экзогенным и эндогенным воздействиям и использовались для оценки безопасности изучаемой кормовой добавки. Стоит отметить, что отклонений от физиологических значений выявлено не было, что свидетельствует об отсутствии воспалительных процессов и различных патологий.

Применение фитобиотического экстракта совместно с ультрадисперсными частицами цинка и энзимсодержащим рационом привело к повышению содержания лейкоцитов на 21 сутки на 10,34 %, эритроцитов – 19,62 %, концентрации гемоглобина – 13,68 % ($P \leq 0,01$), гематокрита – 3,79 % ($P \leq 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 21 суток
Table 1. Morphological blood parameters of broiler chickens at the age of 21 days

Показатели крови / <i>Blood parameters</i>	Единицы измерения / <i>Units</i>	Группы / <i>Groups</i>	
		OP / <i>BD</i>	OP+Ф+QC+Zn / <i>BD+E+QC+Zn</i>
Лейкоциты/ <i>Leukocytes</i>	$10^9/L$	$36,88 \pm 1,095$	$40,70 \pm 1,330$
Эритроциты/ <i>Erythrocytes</i>	$10^{12}/L$	$1,81 \pm 0,097$	$2,17 \pm 0,119$
Гемоглобин/ <i>Hemoglobin</i>	g/L	$102,94 \pm 1,813$	$117,03 \pm 2,123^{**}$
Гематокрит/ <i>Hematocrit</i>	%	$22,24 \pm 0,942$	$26,03 \pm 0,236^*$

Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении групп между собой в одном периоде

** – $P \leq 0,01$ при сравнении групп между собой в одном периоде

Note: * – $P \leq 0.05$ comparing groups with each other in the same period

** – $P \leq 0.01$ comparing groups with each other in the same period

На 42 сутки в группе «ОР+Ф+QC+Zn» в сравнении с группой «ОР» уровень лейкоцитов был выше на 3,39 %, число эритроцитов – на 4,45 %, концентрация гемоглобина – на 7,06 % ($P \leq 0,05$), гематокрита – 1,21 % (табл. 2).

Таблица 2. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток
Table 2. Morphological blood parameters of broiler chickens at the age of 42 days

Показатели крови / <i>Blood parameters</i>	Единицы измерения / <i>Units</i>	Группы / <i>Groups</i>	
		ОР / <i>BD</i>	ОР+Ф+QC+Zn / <i>BD+E+QC+Zn</i>
Лейкоциты/ <i>Leukocytes</i>	$10^9/L$	37,56±0,768	38,83±1,775
Эритроциты/ <i>Erythrocytes</i>	$10^{12}/L$	1,86±0,115	1,94±0,150
Гемоглобин/ <i>Hemoglobin</i>	g/L	104,52±0,929	111,89±1,861*
Гематокрит/ <i>Hematocrit</i>	%	24,05±0,267	25,26±1,263

Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении групп между собой в одном периоде

Note: * – $P \leq 0.05$ comparing groups with each other in the same period

Изучение интегральных лейкоцитарных индексов является важным инструментом для оценки иммунного статуса и общего состояния птицы, а также позволяет оценить иммунологический ответ организма на воздействие исследуемой добавки. Показатели интегральных лейкоцитарных индексов представлены в таблице 3. Применение кормовой добавки привело к повышению кровно-клеточного показателя (ККП) в группе «ОР+Ф+QC+Zn» на 16,99 % ($H=3,857$; $P \leq 0,05$) на 21 сутки, индекс соотношения псевдоэозинофилов лимфоцитов (ИСНЛ) – 13,21 % ($H=3,857$; $P \leq 0,05$). Лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ИЛГ) и индекс соотношения лимфоцитов и эозинофилов (ИСЛЭ) были понижены в группе «ОР+Ф+QC+Zn» на 16,94 % и 33,12 % ($H=3,857$; $P \leq 0,05$) соответственно.

Таблица 3. Интегральные лейкоцитарные индексы цыплят-бройлеров в возрасте 21 и 42 суток
Table 3. Integral leukocyte indices of broiler chickens aged 21 and 42 days

Индекс / <i>Index</i>	21 сутки / <i>21 days</i>		42 сутки / <i>42 days</i>	
	ОР / <i>BD</i>	ОР+Ф+QC+Zn / <i>BD+E+QC+Zn</i>	ОР / <i>BD</i>	ОР+Ф+QC+Zn / <i>BD+E+QC+Zn</i>
Кровно-клеточный показатель (ККП) / <i>Blood cell indicator (BCI)</i>	0,60±0,013	0,70±0,036*	0,71±0,018	0,89±0,026*
Лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ИЛГ) / <i>Lymphocytic granulocyte index(LGI)</i>	17,17±0,193	14,26±0,771*	13,97±0,335	11,19±0,296*
Индекс соотношения псевдоэозинофилов лимфоцитов (ИСНЛ) / <i>Index of the ratio of neutrophils and lymphocytes (IRNL)</i>	0,54±0,014	0,61±0,030	0,59±0,018	0,76±0,026*
Индекс соотношения лимфоцитов и эозинофилов (ИСЛЭ) / <i>Index of the ratio of lymphocytes and eosinophils (IRLE)</i>	15,76±0,370	10,54±0,894*	7,99±0,095	7,68±0,224
Индекс соотношения псевдоэозинофилов эозинофилов (ИСНЭ) / <i>Index of the ratio of neutrophils and eosinophils (IRNE)</i>	8,50±0,403	6,38±0,321*	4,73±0,198	5,88±0,341*
Индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ) / <i>Leukocyte shift index (LSI)</i>	0,61±0,014	0,71±0,035	0,72±0,018	0,91±0,025*

Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении групп между собой в одном периоде

Note: * – $P \leq 0.05$ comparing groups with each other in the same period

У цыплят группы «ОР+Ф+QC+Zn» к концу эксперимента наблюдалось снижение показателей ИЛГ, ИСЛЭ, ИСНЭ, однако по сравнению с группой «ОР» ККП был выше на 24,93 % (H=3,857; P≤0,05), ИСНЛ – 29,26 %, ИСЛ – 26,45 % (H=3,857; P≤0,05). Показатели ИЛГ и ИСЛЭ были снижены на 19,9 % и 3,86 % соответственно (H=3,857; P≤0,05). На основе этих данных можно сделать вывод о благоприятном влиянии исследуемой добавки на систему иммунологической защиты цыплят-бройлеров.

Биохимические показатели крови являются важнейшими индикаторами здоровья организма. Анализ значения метаболитов белкового и углеводного обменов показал, что на 21 сутки уровень общего белка в группе «ОР+Ф+QC+Zn» был увеличен на 11,46 % (P≤0,05) по сравнению с «ОР», альбумина – на 15,94 %, мочевины – 29,73 % (P≤0,05), АСТ – на 18,71 %. АЛТ в свою очередь был снижен на 23,33 % (P≤0,05) (табл. 4).

Таблица 4. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 21 суток
Table 4. Biochemical blood parameters of broiler chickens at the age of 21 days

Показатели крови / Blood parameters	Группы / Groups	
	ОР / BD	ОР+Ф+QC+Zn / BD+E+QC+Zn
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	14,30±1,337	16,34±0,173
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	27,85±5,524	31,04±2,245
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	11,73±2,061	13,60±0,900
АЛТ, Ед/л / ALT, U/l	18,36±0,236	14,08±1,246*
АСТ, Ед/л / AST, U/l	208,54±28,591	247,55±7,997
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	0,37±0,031	0,48±0,035*

Примечание: * – P≤0,05 при сравнении групп между собой в одном периоде

Note: * – P≤0.05 comparing groups with each other in the same period

В возрасте 42 суток у цыплят в группе «ОР+Ф+QC» уровень общего белка был выше на 8,39 % по сравнению с «ОР», альбумина – на 10,62 %, АСТ – на 16,64 % (P≤0,05). К концу эксперимента наблюдалось снижение уровня глюкозы у цыплят группы «ОР+Ф+QC+Zn» на 15,93 % (P≤0,05), АЛТ – на 30,25 % (P≤0,05) (табл. 5).

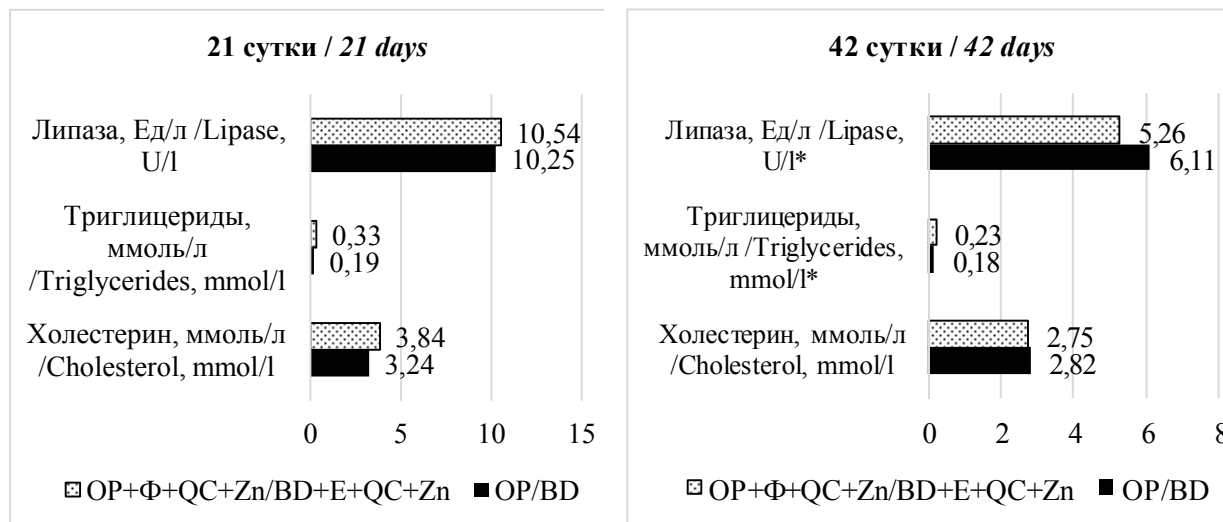
Таблица 5. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток
Table 5. Biochemical blood parameters of broiler chickens at the age of 42 days

Показатели крови / Blood parametres	Группы / Groups	
	ОР / BD	ОР+Ф+QC+Zn / BD+E+QC+Zn
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	14,89±0,568	12,52±0,675*
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	30,64±3,286	33,21±1,240
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	16,29±1,178	18,02±0,900
АЛТ, Ед/л / ALT, U/l	17,60±1,564	12,27±1,074*
АСТ, Ед/л / AST, U/l	216,78±4,518	252,85±4,705*
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	0,14±0,031	0,37±0,123

Примечание: * – P≤0,05 при сравнении групп между собой в одном периоде

Note: * – P≤0.05 comparing groups with each other in the same period

В ходе эксперимента в группе «ОР+Ф+QC+Zn» наблюдалось повышение содержания триглицеридов в сравнении с «ОР» на 22,61 % ($P \leq 0,05$). Концентрация холестерина была снижена на 2,37 %, липазы – на 13,88 % ($P \leq 0,05$) (рис. 1).

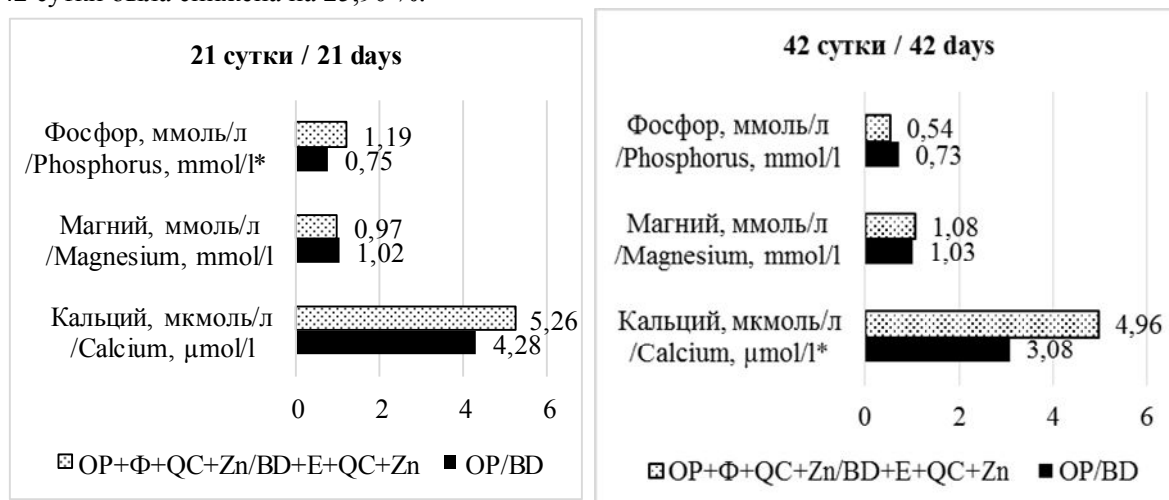


Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении групп между собой в одном периоде

Note: * – $P \leq 0.05$ comparing groups with each other in the same period

Рис. 1 – Показатели липидного обмена крови цыплят-бройлеров в возрасте 21 и 42 суток
 Figure 1 – Indicators of blood lipid metabolism in broiler chickens aged 21 and 42 days

Показатели минерального обмена представлены на рис. 2. В ходе исследования на 21 сутки наблюдалось снижение концентрации фосфора в группе «ОР+Ф+QC+Zn» на 59,18 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с «ОР». К концу исследования содержание кальция увеличилось с 3,08 мкмоль/л до 4,96 мкмоль/л ($P \leq 0,05$), магния – на 5,15 %. Концентрация фосфора в крови цыплят «ОР+Ф+QC+Zn» на 42 сутки была снижена на 25,90 %.



Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении групп между собой в одном периоде

Note: * – $P \leq 0.05$ comparing groups with each other in the same period

Рис. 2 – Показатели минерального обмена крови цыплят-бройлеров в возрасте 21 и 42 суток
 Figure 2 – Indicators of mineral metabolism in the blood of broiler chickens aged 21 and 42 days

Обсуждение полученных результатов.

Анализ морфологических и биохимических показателей крови цыплят-бройлеров позволил оценить аспекты влияния энзимсодержащего рациона с добавлением экстракта *Quercus cortex* и ультрадисперсных частиц цинка на функциональное состояние организма. Если рассматривать совокупное влияние исследуемых компонентов на показатели крови, то физико-химическая природа агентов обуславливает их действие. Так, компоненты ферментной добавки предотвращают инкапсуляцию нутриентов зерновой составляющей рациона, повышая тем самым усвояемость питательных веществ (Javaid A et al., 2022). Ультрадисперсные частицы цинка обладают выраженным ростостимулирующим эффектом на организм цыплят-бройлеров (Sizova E et al., 2020), в свою очередь фитобиотический экстракт *Quercus cortex* проявляет высокую противомикробную активность, положительно воздействуя на иммунитет цыплят (Ștefănescu R et al., 2022). Таким образом, каждый из вводимых агентов оказывает влияние на метаболический статус организма цыплят-бройлеров. В первую очередь, сдвиги метаболизма отражаются на морфологических и биохимических показателях крови цыплят-бройлеров (Вертипрахов В.Г. и Кошечева М.В., 2020).

Так, экспериментально установлено благоприятное влияние исследуемой добавки на морфологические показатели крови. В исследовании выявлено стимулирующее действие на эритропоэз и лейкопоэз, что подтверждается увеличением количества гемоглобина в сочетании с выраженной тенденцией увеличения эритроцитов и гематокрита в возрасте 21 и 42 сутки.

Оценивая результаты расчётов лейкоцитарных индексов, установлено влияние комплексной добавки на защитные функции организма (Краснолобова Е.П. и др., 2018). В частности, показатель ИЛГ, характеризующий отношение концентрации лимфоцитов к общему количеству гранулоцитов (Moiseeva AA et al., 2022) и ИСЛЭ в ходе эксперимента снижались, что связано со снижением доли лимфоцитов в крови цыплят-бройлеров. Моноциты, компенсируя недостаток лимфоцитов (Рябцев П.С. и др., 2021), повышаются в крови опытных групп. ИСЛ – соотношение гранулоцитарных и агранулоцитарных лейкоцитов (Моисеева А.А. и др., 2021), а также ККП были повышены наряду с ИСНЛ, что сопряжено с увеличением концентрации нейтрофилов и эозинофилов в крови. Вероятно, этот эффект обусловлен иммуномодулирующим воздействием ультрадисперсных частиц цинка, в частности стимулированием псевдоэозинофилов и эозинофилов (Hidayat C et al., 2020; Krauze M et al., 2021).

При рассмотрении биохимических показателей крови цыплят-бройлеров отмечено увеличение содержания общего белка и альбумина. Возможно, подобный результат обеспечен усилением белоксинтезирующей функции печени (Basit MA et al., 2020) и, как следствие, изменением активности трансаминаз. Под действием сапонинов, дубильных веществ и цинка в крови наблюдалось снижение АЛТ, мочевины, и повышение содержания АСТ (Chodkowska KA et al., 2022; Rahimi G et al., 2022). Наблюдаемые изменения активности АСТ в сыворотке крови цыплят-бройлеров при скармливании экстракта могут свидетельствовать об изменении процессов трансаминирования и перестройке метаболического статуса (Ryazanov V et al., 2022). Учитывая тот факт, что АСТ является маркером активности митохондрий в клетках организма (Sookoian S and Pirola CJ, 2015), можно предположить, что ультрадисперсные частицы увеличивают скорость использования свободных аминокислот в синтезе энергии посредством цикла Кребса. Что свидетельствует об изменении степени участия аминокислотных остатков в биохимических процессах животных организмов за счёт реакций трансаминирования, а с другой стороны, об изменении проницаемости внутренних клеточных мембран органов (Sizova E et al., 2020).

Вводимая добавка приводила к изменению углеводного обмена, в частности к снижению глюкозы. Противоположный результат получен рядом учёных (Bagno O et al., 2021; Jaber SA, 2023), которые утверждают, что входящие в состав экстракта *Quercus cortex* алкалоиды, дубильные вещества, гликозиды и терпеноиды проявляют антидиабетические свойства и ингибируют ферменты α -амилазы и α -глюкозидазы, что приводит к увеличению содержания глюкозы в крови. Вероятно, снижение глюкозы обусловлено интенсификацией обмена веществ, что сопровождается использованием важнейшего энергетического метаболита на нужды организма.

Помимо углеводного обмена установлено влияние исследуемой добавки на липидный профиль, в частности увеличение липазы, триглицеридов и холестерина, что говорит о возможном положительном влиянии энзиматических компонентов на функционирование желчных солей и эмульгирующие свойства химуса (Javaid A et al., 2022). Помимо этого, флавоноиды проявляя антиоксидантную активность, приводят к снижению перекисного окисления липидов, а также цинк в свою очередь оказывает влияние на уровень холестерина и липидов (Chodkowska KA et al., 2022; Ryazanov V et al., 2022).

В эксперименте установлено снижение фосфора, что вероятно обусловлено воздействием цинка и накоплением элемента в мясе и костях голени (Hidayat S et al., 2020).

Заключение.

Применение рациона, содержащего поликомпонентную кормовую добавку, включающую экстракт *Quercus cortex*, ферменты и ультрадисперсные частицы цинка, показало возникновение синергетического эффекта, положительно влияющего на морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров, как метаболиты основных видов обмена. В эксперименте отмечено повышение лейкоцитарных индексов ККП, ИСНЛ и ИСЛ вследствие увеличения доли псевдоэозинофилов, эозинофилов и моноцитов в крови цыплят-бройлеров. Повышение уровня гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов свидетельствует об улучшении общего состояния цыплят-бройлеров и иммунной системы. Биохимические показатели отреагировали увеличением общего белка, альбумина, снижением холестерина и липазы. Таким образом, сочетание фитобиотического экстракта и ультрадисперсных частиц микроэлементов на фоне энзимосодержащего рациона может служить эффективной альтернативой кормовым антибиотикам.

Список источников

1. Вертипрахов В.Г., Кошеева М.В. Биохимия крови птицы как основа изучения метаболизма // Птица и птицепродукты. 2020. № 2. С. 54-56. [Vertiprahov VG, Kosthcheyeva MV. Hen blood biochemistry as the base of metabolism. Poultry & Chicken Product. 2020;2:54-56. (In Russ.)]. doi: 10.30975/2073-4999-2020-22-2-54-56
2. Динамика лейкоцитарных индексов в крови цыплят кросса «Хайсекс браун» после применения разных доз энрофлоксацина в условиях экспериментального сальмонеллеза / А.А. Моисеева, А.А. Присный, В.Н. Скворцов, Ю.В. Тарасова // Международный вестник ветеринарии. 2021. №2. С. 66-70. [Moiseeva AA, Prisnyi AA, Skvortsov VN, Tarasova YuV. Dynamics of leukocyte indexes in the blood of chicken cross "Haysex brown" after application of different doses of enrofloxacin in conditions of experimental salmonellosis. International Bulletin of Veterinary Medicine. 2021;2:66-70. (In Russ.)]. doi: 10.17238/issn2072-2419.2021.2.66
3. Изучение влияния пробиотиков на продуктивные и гематологические показатели крови цыплят-бройлеров / Р.А. Тузиков, С.В. Лебедев, А.Е. Аринжанов, М.С. Аринжанова // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 195-207. [Tuzikov RA, Lebedev SV, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Study of the effect of probiotics on productive and hematological parameters of broiler blood. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):195-207. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-195
4. Краснолобова Е.П., Череменина Н.А., Ковалев С.П. Диагностическое значение лейкоцитарных индексов у животных // Международный вестник ветеринарии. 2018. № 4. С. 140-143. [Krasnolobova EP, Cheremenina NA, Kovalev SP. Diagnostic value of leukocyte indices in animals. International bulletin of Veterinary Medicine. 2018;4:140-143. (In Russ.)].
5. Михалева М.С., Вертипрахов В.Г. Содержание эритроцитов и лейкоцитов в крови мясных кур // Птица и птицепродукты. 2018. № 6. С. 54-56. [Mihaleva MS, Vertiprahov VG. Soderzhanie eritrocitov i lejkocitov v krovi myasnyh kur. Poultry & Chicken Product. 2018;6:54-56 (In Russ.)]. doi: 10.30975/2073-4999-2018-20-6-54-56

6. Общие и специальные методы исследования крови птиц промышленных кроссов / Н.В. Садовников, Н.Д. Придыбайло, Н.А. Верещак, А.С. Заслонов. Екатеринбург-СПб.: УрГСХА-АВИВАК, 2009. 85 с. [Sadovnikov NV, Pridybajlo ND, Vereshchak NA, Zaslouov AS. Obshchie i special'nye metody issledovaniya krovi ptic promyshlennyh krossov. Ekaterinburg-Sankt-Peterburg: UrGSHA-AVIVAK; 2009:85p. (In Russ.)].

7. Оценка влияния пиколината хрома в рационе на биоморфологические показатели и элементный состав крови бычков / С.В. Лебедев, О.В. Шошина, В.В. Гречкина и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 181-194. [Lebedev SV, Shoshina OV, Grechkina VV et al. Evaluation of the effect of chromium picolinate from the diet on biomorphological parameters and elemental composition of blood of bulls. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):181-194. (In Russ.)]. <https://doi.org/doi: 10.33284/2658-3135-105-4-181>

8. Петруша Ю.К., Лебедев С.В., Гречкина В.В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственной птицы (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 103-118. [Petrusha YuK, Lebedev SV, Grechkina VV. Phytobiotics in poultry feeding (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2022.105(1):103-118. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-103>

9. Рябцев П.С. Влияние митофена на гематологические лейкоцитарные индексы цыплят-бройлеров // Международный вестник ветеринарии. 2021. № 4. С. 60-63. [Ryabcev PS. Effect of mitophen on hematological leukocyte indices of broiler chickens. International Journal of Veterinary Medicine. 2021;4:60-63. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2021.4.60>

10. Шейда Е.В., Лебедев С.В. Влияние УДЧ Cr_2O_3 на процессы ферментации в рубце жвачных животных в опытах *in vitro* // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 3. С. 8-20. [Sheida EV, Lebedev SV. Influence of Cr_2O_3 UFP on fermentation processes in rumen of ruminants in *in vitro* experiments. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(3):8-20. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-8>

11. Abang FBP, Anoh KU, Izuki ED, Nsa EE and Ijoko N. Productive performance and hematological indices of broiler chicks fed biodegraded cassava root. Online J Anim Feed Res. 2023;13(4):274-278. doi: <https://dx.doi.org/10.51227/ojaf.2023.41>

12. Abd El-Ghany WA, Shaalan M, Salem MH. Nanoparticles applications in poultry production: an updated review. World's Poultry Science Journal. 2021;77(4):1001-1025. doi: 10.1080/00439339.2021.1960235

13. Abd El-Hack ME, Alaidaroos BA, Farsi RM, Abou-Kassem DE, El-Saadony MT, Saad AM, Shafi ME, Albaqami NM, Taha AE, Ashour EA. Impacts of supplementing broiler diets with biological curcumin, zinc nanoparticles and *Bacillus licheniformis* on growth, carcass traits, blood indices, meat quality and cecal microbial load. Animals. 2021;11(7):1878. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11071878>

14. Abd El-Hack ME, El-Saadony MT, Salem HM, El-Tahan AM, Soliman MM, Youssef GBA, Taha AE, Soliman SM, Ahmed AE, El-Kott AF, Al Syaad KM, Swelum AA. Alternatives to antibiotics for organic poultry production: types, modes of action and impacts on bird's health and production. Poultry Science. 2022;101(4):101696. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101696>

15. Bagno O, Shevchenko S, Shevchenko A et al. Physiological status of broiler chickens with diets supplemented with milk thistle extract. Veterinary World. 2021;14(5):1319-1323. doi: 10.14202/vetworld.2021.1319-1323

16. Basit MA, Kadir AA, Loh TC, Aziz SA, Salleh A, Kaka U, Idris SB. Effect of inclusion of different doses of *Persicariaodorata* leaf meal (POLM) in broiler chicken feed on biochemical and haematological blood indicators and liver histomorphological changes. Animals. 2020;10(7):1209. doi: <https://doi.org/10.3390/ani10071209>

17. Buryakov NP, ZagarinAYu, 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. Veterinary Sciences. 2023;10(3):212. doi: <https://doi.org/10.3390/vetsci10030212>

18. Chodkowska KA, Abramowicz-Pindor PA, Tuśnio A, Gawin K, Taciak M, Barszcz M. Effect of phytobiotic composition on production parameters, oxidative stress markers and my-

okine levels in blood and pectoral muscle of broiler chickens. *Animals*. 2022;12(19):2625. doi: <https://doi.org/10.3390/ani12192625>

19. Dean L. Blood Groups and Red Cell Antigens. In: 1. Blood and the cells it contains. National Center for Biotechnology Information (US), Bethesda (MD); 2005: 1-10.

20. Dinani OP, Tyagi PK, Tyagi JS, Bhanja SK, Rokade JJ. Effect of feeding rice gluten meal with and without enzymes on hematobiochemical profile of broiler chickens. *Veterinary World*. 2020;13(10):2062-2069. doi: [10.14202/vetworld.2020.2062-2069](https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2062-2069)

21. Granstad S, Kristoffersen AB, Benestad SL, Sjurseth SK, David B, Sørensen L, Fjermedal A, Edvardsen DH, Sanson G, Løvland A, Kaldhusdal M. Effect of feed additives as alternatives to in-feed antimicrobials on production performance and intestinal *Clostridium perfringens* counts in broiler chickens. *Animals*. 2020;10(2):240. doi: <https://doi.org/10.3390/ani10020240>

22. Hidayat C, Sumiati, Jayanegara A, Wina E. Effect of zinc addition on the immune response and production performance of broilers: a meta-analysis. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2020;33(3):465-479. doi: [10.5713/ajas.19.0146](https://doi.org/10.5713/ajas.19.0146)

23. Jaber SA. *In vitro* alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibitory activity and *in vivo* antidiabetic activity of *Quercuscoccifera* (Oak tree) leaves extracts. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2023;30(7):103688. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103688>

24. Javaid A, Younas F, Ullah I, Yasinza M. Impact of an indigenously produced multi-enzyme complex from *Bacillus subtilis* KT004404 on growth and blood parameters in broiler chicken. *PLoS One*. 2022;17(7):e0271445. doi: [10.1371/journal.pone.0271445](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271445)

25. Krauze M, Cendrowska-Pinkosz M, Matusevičius P, Stępniewska A, Jurczak P, Ognik K. The effect of administration of a phytobiotic-containing cinnamon oil and citric acid on the metabolism, immunity, and growth performance of broiler chickens. *Animals*. 2021;11(2):399. doi: [10.3390/ani11020399](https://doi.org/10.3390/ani11020399)

26. Moiseeva AA, Prisnyi AA, Skvortsov VN. Dynamics of WBC indices in poultry following enrofloxacin administration: comparative analysis. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(5):63-76. doi: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-63-76>

27. Rahimi G, Mohammad KS, Zarei M, Shokoohi M, Oskoueian E, Moghaddam-Poorbagher MR, Karimi E. Zinc oxide nanoparticles synthesized using *Hyssopus Officinalis* L. extract induced oxidative stress and changes the expression of key genes involved in inflammatory and antioxidant systems. *Biological Research*. 2022;55:24. doi: <https://doi.org/10.1186/s40659-022-00392-4>

28. Ryazanov V, Duskaev G, Sheida E, Nurzhanov B, Kurilkina M. Rumen fermentation, methane concentration, and blood metabolites of cattle receiving dietetical phytobiotic and cobalt (II) chloride. *Veterinary World*. 2022;15(11):2551-2557. doi: [10.14202/vetworld.2022.2551-2557](https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2551-2557)

29. Sizova E, Miroshnikov S, Lebedev S, Usha B, Shabunin S. Use of nanoscale metals in poultry diet as a mineral feed additive. *Animal Nutr*. 2020;6(2):185-191. doi: [10.1016/j.aninu.2019.11.007](https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.11.007)

30. Sookoian S, Pirola CJ. Liver enzymes, metabolomics and genome-wide association studies: from systems biology to the personalized medicine. *World J Gastroenterol*. 2015;21(3):711-725. doi: [10.3748/wjg.v21.i3.711](https://doi.org/10.3748/wjg.v21.i3.711)

31. Ștefănescu R, Ciurea CN, Mare AD, Man A, Nisca A, Nicolescu A, Mocan A, Babotă M, Coșman NA, Tanase C. *Quercus robur* older bark—a source of polyphenolic extracts with biological activities. *Applied Sciences*. 2022;12(22):11738. doi: <https://doi.org/10.3390/app122211738>

References

1. Vertiprahov VG, Kosthcheyeva MV. Hen blood biochemistry as the base of metabolism. *Poultry & Chicken Product*. 2020;2:54-56. doi: [10.30975/2073-4999-2020-22-2-54-56](https://doi.org/10.30975/2073-4999-2020-22-2-54-56)

2. Moiseeva AA, Prisnyi AA, Skvortsov VN, Tarasova YuV. Dynamics of leukocyte indexes in the blood of chicken cross “Haysex brown” after application of different doses of enrofloxacin in conditions of experimental salmonellosis. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2021;2:66-70. doi: [10.17238/issn2072-2419.2021.2.66](https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.2.66)

3. Tuzikov RA, Lebedev SV, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Study of the effect of probiotics on productive and hematological parameters of broiler blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):195-207. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-195
4. Krasnolobova EP, Cheremenina NA, Kovalev SP. Diagnostic value of leukocyte indices in animals. *International bulletin of Veterinary Medicine*. 2018;4:140-143.
5. Mikhaleva MS, Vertiprakhov VG. The content of erythrocytes and leukocytes in the blood of meat chickens. *Poultry & Chicken Product*. 2018;6:54-56. doi: 10.30975/2073-4999-2018-20-6-54-56
6. Sadovnikov NV, Pridybaylo ND, Vereshchak NA, Zaslono AS. General and special methods for studying the blood of industrial cross birds. Ekaterinburg-SPb.: UrGSHA-AVIVAC; 2009;85 p.
7. Lebedev SV, Shoshina OV, Grechkina VV et al. Evaluation of the effect of chromium picolinate from the diet on biomorphological parameters and elemental composition of blood of bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):181-194. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-181
8. Petrusha YuK, Lebedev SV, Grechkina VV. Phytobiotics in poultry feeding (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022.105(1):103-118. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-103
9. Ryabcev PS. Effect of mitophen on hematological leukocyte indices of broiler chickens. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2021;4:60-63. doi: <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2021.4.60>
10. Sheida EV, Lebedev SV. Influence of Cr₂O₃ UFP on fermentation processes in rumen of ruminants in in vitro experiments. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(3):8-20. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-8>
11. Abang FBP, Anoh KU, Izuki ED, Nsa EE and Ijoko N. Productive performance and hematological indices of broiler chicks fed biodegraded cassava root. *Online J Anim Feed Res*. 2023;13(4):274-278. doi: <https://dx.doi.org/10.51227/ojaf.2023.41>
12. Abd El-Ghany WA, Shaalan M, Salem MH. Nanoparticles applications in poultry production: an updated review. *World's Poultry Science Journal*. 2021;77(4):1001-1025. doi: 10.1080/00439339.2021.1960235
13. Abd El-Hack ME, Alaidaroos BA, Farsi RM, Abou-Kassem DE, El-Saadony MT, Saad AM, Shafi ME, Albaqami NM, Taha AE, Ashour EA. Impacts of supplementing broiler diets with biological curcumin, zinc nanoparticles and *Bacillus licheniformis* on growth, carcass traits, blood indices, meat quality and cecal microbial load. *Animals*. 2021;11(7):1878. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11071878>
14. Abd El-Hack ME, El-Saadony MT, Salem HM, El-Tahan AM, Soliman MM, Youssef GBA, Taha AE, Soliman SM, Ahmed AE, El-Kott AF, Al Syaad KM, Swelum AA. Alternatives to antibiotics for organic poultry production: types, modes of action and impacts on bird's health and production. *Poultry Science*. 2022;101(4):101696. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101696>
15. Bagno O, Shevchenko S, Shevchenko A et al. Physiological status of broiler chickens with diets supplemented with milk thistle extract. *Veterinary World*. 2021;14(5):1319-1323. doi: 10.14202/vetworld.2021.1319-1323
16. Basit MA, Kadir AA, Loh TC, Aziz SA, Salleh A, Kaka U, Idris SB. Effect of inclusion of different doses of *Persicariaodorata* leaf meal (POLM) in broiler chicken feed on biochemical and haematological blood indicators and liver histomorphological changes. *Animals*. 2020;10(7):1209. doi: <https://doi.org/10.3390/ani10071209>
17. Buryakov NP, ZagarinAYu, 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. *Veterinary Sciences*. 2023;10(3):212. doi: <https://doi.org/10.3390/vetsci10030212>
18. Chodkowska KA, Abramowicz-Pindor PA, Tuśnio A, Gawin K, Taciak M, Barszcz M. Effect of phytobiotic composition on production parameters, oxidative stress markers and myokine levels in blood and pectoral muscle of broiler chickens. *Animals*. 2022;12(19):2625. doi: <https://doi.org/10.3390/ani12192625>
19. Dean L. Blood Groups and Red Cell Antigens. In: 1. Blood and the cells it contains. National Center for Biotechnology Information (US), Bethesda (MD); 2005: 1-10.

20. Dinani OP, Tyagi PK, Tyagi JS, Bhanja SK, Rokade JJ. Effect of feeding rice gluten meal with and without enzymes on hematobiochemical profile of broiler chickens. *Veterinary World*. 2020;13(10):2062-2069. doi: 10.14202/vetworld.2020.2062-2069
21. Granstad S, Kristoffersen AB, Benestad SL, Sjurseth SK, David B, Sørensen L, Fjermedal A, Edvardsen DH, Sanson G, Løvland A, Kaldhusdal M. Effect of feed additives as alternatives to in-feed antimicrobials on production performance and intestinal *Clostridium perfringens* counts in broiler chickens. *Animals*. 2020;10(2):240. doi: <https://doi.org/10.3390/ani10020240>
22. Hidayat C, Sumiati, Jayanegara A, Wina E. Effect of zinc addition on the immune response and production performance of broilers: a meta-analysis. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2020;33(3):465-479. doi: 10.5713/ajas.19.0146
23. Jaber SA. *In vitro* alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibitory activity and *in vivo* antidiabetic activity of *Quercuscoccifera* (Oak tree) leaves extracts. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2023;30(7):103688. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103688>
24. Javaid A, Younas F, Ullah I, Yasinzaï M. Impact of an indigenously produced multi-enzyme complex from *Bacillus subtilis* KT004404 on growth and blood parameters in broiler chicken. *PLoS One*. 2022;17(7):e0271445. doi: 10.1371/journal.pone.0271445
25. Krauze M, Cendrowska-Pinkosz M, Matusevičius P, Stępniewska A, Jurczak P, Ognik K. The effect of administration of a phytobiotic-containing cinnamon oil and citric acid on the metabolism, immunity, and growth performance of broiler chickens. *Animals*. 2021;11(2):399. doi: 10.3390/ani11020399
26. Moiseeva AA, Prisnyi AA, Skvortsov VN. Dynamics of WBC indices in poultry following enrofloxacin administration: comparative analysis. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(5):63-76. doi: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-63-76>
27. Rahimi G, Mohammad KS, Zarei M, Shokoohi M, Oskoueian E, Moghaddam-Poorbagher MR, Karimi E. Zinc oxide nanoparticles synthesized using *Hyssopus Officinalis* L. extract induced oxidative stress and changes the expression of key genes involved in inflammatory and antioxidant systems. *Biological Research*. 2022;55:24. doi: <https://doi.org/10.1186/s40659-022-00392-4>
28. Ryazanov V, Duskaev G, Sheida E, Nurzhanov B, Kurilkina M. Rumen fermentation, methane concentration, and blood metabolites of cattle receiving dietetical phytobiotic and cobalt (II) chloride. *Veterinary World*. 2022;15(11):2551-2557. doi: 10.14202/vetworld.2022.2551-2557
29. Sizova E, Miroshnikov S, Lebedev S, Usha B, Shabunin S. Use of nanoscale metals in poultry diet as a mineral feed additive. *Animal Nutr*. 2020;6(2):185-191. doi: 10.1016/j.aninu.2019.11.007
30. Sookoian S, Pirola CJ. Liver enzymes, metabolomics and genome-wide association studies: from systems biology to the personalized medicine. *World J Gastroenterol*. 2015;21(3):711-725. doi: 10.3748/wjg.v21.i3.711
31. Ștefănescu R, Ciurea CN, Mare AD, Man A, Nisca A, Nicolescu A, Mocan A, Babotă M, Coșman NA, Tanase C. *Quercus robur* older bark—a source of polyphenolic extracts with biological activities. *Applied Sciences*. 2022;12(22):11738. doi: <https://doi.org/10.3390/app122211738>

Информация об авторах:

Ксения Сергеевна Нечитайло, кандидат биологических наук, научный сотрудник центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29; преподаватель научно-образовательного центра "Биологические системы и нанотехнологии", Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13, тел.: 8-905-893-55-99.

Елена Анатольевна Сизова, доктор биологических наук, руководитель центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; профессор научно-образовательного центра "Биологические системы и нанотехнологии", Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13, тел.: 8-912-344-99-07.

Валентина Сергеевна Полякова, лаборант-исследователь центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29; магистрант химико-биологического факультета, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13, тел.: 8-987-891-73-65.

Александра Сергеевна Мустафина, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 8-912-340-21-10.

Ирина Викторовна Маркова, кандидат биологических наук, руководитель научно-образовательного центра, научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-961-047-40-26.

Information about the authors:

Ksenia S Nechitailo, Cand. Sci. (Biology), Researcher of the Centre «Nanotechnologies in Agriculture», Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 January St., Orenburg, 460000; Teacher at the Scientific and Educational Center «Biological systems and nanotechnologies», Orenburg State University, 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, cell.: 8-905-893-55-99.

Elena A Sizova, Dr. Sci. (Biology), Head of the Centre «Nanotechnologies in Agriculture», Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 January St., Orenburg, 460000; Professor of the Scientific and Educational center "Biological systems and nanotechnologies, Orenburg State University, 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, cell.: 8-912-344-99-07.

Valentina S Polyakova, Research Assistant at the Centre «Nanotechnologies in Agriculture», Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 January St., Orenburg, 460000; master's student, Faculty of Chemistry and Biology, Orenburg State University, 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, cell.: 8-987-891-73-65.

Aleksandra S Mustafina, Cand. Sci (Agriculture), Junior Researcher of the Testing Center of the Central Collective Use Center, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, cell.: 8-912-340-21-10.

Irina V Markova, Cand. Sci (Biology), Head of Scientific and Educational Center, Researcher, Department of Technology for Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, cell.: 8-961-047-40-26.

Статья поступила в редакцию 20.11.2023; одобрена после рецензирования 04.12.2023; принята к публикации 11.12.2023.

The article was submitted 20.11.2023; approved after reviewing 04.12.2023; accepted for publication 11.12.2023.