



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-3-4>

УДК: 636.5.033

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА КРОВИ КАК КРИТЕРИИ ПОЛНОЦЕННОСТИ КОРМЛЕНИЯ БРОЙЛЕРОВ

(✉) Кузьмина И.В., Овчинникова Н.В.

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства»

Московская область, г. Сергиев Посад, Россия

(✉) e-mail: irina.kislova1606198@yandex.ru

Опыты проведены на цыплятах-бройлерах кросса «Смена-9» в условиях вивария Селекционно-генетического центра «Загорское экспериментальное племенное хозяйство», г. Сергиев Посад. Результаты биохимических исследований плазмы крови показали волнообразные изменения активности трипсина во всех исследуемых возрастных периодах. Повышение концентрации общего белка в 7-суточном возрасте во всех группах по сравнению с суточным могло быть спровоцировано переходом с эндогенной формы кормления при поступлении экзогенного корма, содержащего большее количество протеина по сравнению с желточным мешком. Возрастная динамика активности щелочной фосфатазы имела резкие колебания на протяжении всего периода выращивания. В возрастной период с 1–7 сут наблюдалось повышение фосфатазной активности с последующим снижением до 35-суточного возраста относительно контроля во всех группах. Пик высокой активности данного фермента приходился на 7-е сутки (31 030 ед./л) в контрольной группе и на 14-е сутки – во 2-й опытной группе. Далее происходило постепенное снижение активности данного фермента. Резкое увеличение уровня щелочной фосфатазы в крови цыплят-бройлеров в 7–21-суточном возрасте свидетельствует об интенсивном росте и становлении организма, однако резкий скачок активности в 7-суточном возрасте также мог быть вызван переходом на новый рацион, что является фактором стресса. Понижение активности данного энзима в 28–35-суточном возрасте свидетельствует о замедлении процесса роста. Следовательно, целью данного исследования являлось изучение биохимического состава крови в разных периодах постэмбриогенеза цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при изменении уровня протеина в рационе, что в данном случае остается актуальным и информативным источником информации о влиянии изменения ингредиентного состава корма на организм птицы в целом.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, сырой протеин, трипсин, щелочная фосфатаза, общий белок, мочевиная кислота

BIOCHEMICAL INDICES OF BLOOD PROTEIN METABOLISM AS CRITERIA OF BROILER NUTRITION ADEQUACY

(✉) Kuzmina I.V., Ovchinnikova N.V.

Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Breeding"
Sergiev Posad, Moscow Region, Russia

(✉) e-mail: irina.kislova1606198@yandex.ru

The experiments were conducted on the broiler chickens of the cross "Smena-9" in the vivarium of the Selective Genetic Centre "Zagorskoe Experimental Breeding Farm" in Sergiev Posad. The results of the blood plasma biochemical tests showed wavelike changes in the trypsin activity at all ages studied. The increased concentration of total protein at 7 days of age in all groups could have been induced by switching from endogenous feed when receiving exogenous feed containing more pro-

tein than the yolk sac. The age dynamics of the alkaline phosphatase activity had sharp fluctuations throughout the whole rearing period. At 1–7 days of age, there was an increase in the phosphatase activity with a subsequent decrease until 35 days of age relative to the control in all groups. The peak of high activity of this enzyme occurs on the 7th day – 31030 units/l in the control group and on the 14th day in the experimental group 2. Thereafter, there is a gradual decrease in the activity of this enzyme. A sharp increase in the level of alkaline phosphatase in the blood of broiler chickens at 7–21 days of age indicates intensive growth and formation of the organism, but a sharp surge in activity at 7 days of age could also be caused by the transition to a new diet, which in itself is a stress factor. A decrease in the activity of this enzyme at 28–35 days of age indicates a slowdown in the growth process. Consequently, the purpose of this study was to investigate the biochemical composition of blood in different periods of post-embryogenesis of broiler chickens of the cross "Smena-9" at changing the level of protein in the diet, which in this case remains a relevant and informative source of information on the effect of changes in the ingredient composition of feed on the bird organism as a whole.

Keywords: broiler chickens, crude protein, trypsin, alkaline phosphatase, total protein, uric acid

Для цитирования: Кузьмина И.В., Овчинникова Н.В. Биохимические показатели белкового обмена крови как критерии полноценности кормления бройлеров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 3. С. 37–45. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-3-4>

For citation: Kuzmina I.V., Ovchinnikova N.V. Biochemical indices of blood protein metabolism as criteria of broiler nutrition adequacy. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 3, pp. 37–45. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-3-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках программы исследований Рег. № НИОКТР АААА-А17-117062660105-5, запланированных в ФНЦ «ВНИТИП».

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the research program Reg. No. NIOCTR АААА-А17-117062660105-5 planned in the FSC "VNITIP".

ВВЕДЕНИЕ

Птицеводство является самой передовой отраслью животноводства в мире. Благодаря усовершенствованным методам ведения хозяйства, автоматизированному оборудованию, комплексному и сбалансированному кормлению и другим новым технологиям куриное мясо – одно из самых популярных вариантов в мясной продукции [1, 2]. Также данный вид мяса содержит большое количество усваиваемого белка, низкое содержание холестерина, жира и высокую долю ненасыщенных жирных кислот, что повышает его уровень качества и общедоступности [3]. Решающее значение для качества мяса имеет вкус, на который могут влиять множество составляющих рациона [4]. Хорошо извест-

но, что, изменяя состав корма для животных, можно модифицировать жирно-кислотный и белковый профиль продуктов [4, 5].

Современные комбикорма, которые изготавливают для интенсивного откорма птицы, по правилам гарантируют максимальное использование их питательных веществ. При этом особого внимания требует уделять особенностям пищеварения, всасывания и обмена веществ [6] в связи с тем, что концентрация глюкозы, аминокислот, жирных кислот и других веществ в жидкостях организма является фактором гомеостаза¹. Ряд авторов свидетельствует о том, что под влиянием различных условий питания у цыплят-бройлеров наблюдаются определенные и существенные сдвиги показателей крови, так как кровь служит своеобразным эффективным

¹Gietzen D.W. Neural mechanisms in the responses to amino acid deficiency // The Journal of nutrition. 1993. N 123 (4). P. 610–625.

индикатором, который отражает различные стороны обмена веществ в организме [7]. В данном случае показатели крови у птиц могут быть использованы в качестве биохимического критерия полноценности их кормления, которые по определению являются надежными показателями благополучия птиц и отражают процессы питания, физиологического и патологического состояния организма в целом [8].

Из литературы² известно, что при недостаточном уровне содержания протеина снижаются скорость роста и обмен веществ, замедляется развитие, ухудшаются качество и пищевая ценность тушек, что в дальнейшем не позволяет реализовать высокий генетический потенциал мясной продуктивности организма откармливаемого молодняка. В то же время как избыток, так и недостаток протеина в рационах птиц способствует отложению жира во внутренних органах и подкожной клетчатке, приводит к расстройству органов пищеварения, снижает продуктивность³. Поскольку современное птицеводство всецело базируется на промышленной технологии, нормы кормления птицы с учетом количества и качества используемых кормов следует постоянно совершенствовать.

Цель исследования – изучение некоторых основных биохимических показателей белкового обмена крови цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» в постэмбриональный период онтогенеза при разном уровне протеина в рационе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыты по изучению биохимических показателей проведены на 105 цыплятах-бройлерах кросса «Смена-9». Птицу выращивали с суточного до 35-суточного возраста в ус-

ловиях вивария Селекционно-генетического центра «Загорское экспериментальное племенное хозяйство» (СПЦ «Загорское ЭПХ» – филиал ФНЦ «ВНИТИП») при условии кормления и содержания в соответствии с требованиями для данных возрастных групп и кросса птицы [9].

Эксперименты выполняли в соответствии с требованиями Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях⁴. В суточном возрасте были сформированы три группы по 35 гол. в каждой. Схема опыта представлена в табл. 1.

В кормлении цыплят было три периода выращивания: стартовый период (0–14 сут), ростовой (15–21 сут) и финишный – с 22-суточного возраста до убоя. Изменение сырого протеина в рационе происходило за счет изменения доли ввода соевого шрота и синтетических аминокислот.

Кровь для исследования получали еженедельно от 5 гол. с каждой группы. В суточном и 7-суточном возрасте – при убое. В остальные возрастные периоды – из подкрыльцовой вены. Для исследований плазмы крови ис-

Табл. 1. Схема опыта
Table 1. Experiment scheme

Группа	Количество голов	Особенность кормления
Контрольная	35	Основной рацион (ОР) с содержанием сырого протеина в старт 23,0%
Опытная:		
1-я	35	ОР с содержанием сырого протеина в старт 21,5%
2-я	35	ОР с содержанием сырого протеина в старт 24,5%

²Коноблея Т.В. Показатели морфологического и биохимического состава крови цыплят-бройлеров, выращенных на комбикормах с разным соотношением протеина растительного и животного происхождения / Т.В. Коноблея, М.В. Толстопятков // Интеграционные процессы в науке, образовании и аграрном производстве – залог успешного развития АПК: материалы Международной научно-практической конференции: в 4-х томах, Волгоград, 25–27 января 2011 г. Т. 2. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2011. С. 146–149.

³Погосян Д.Г., Рыбалко М.Н. Влияние разного уровня протеина в рационах на обмен веществ в организме утят бройлеров / Д.Г. Погосян // Теоретические и практические аспекты инновационных достижений в зоотехнии и ветеринарной медицине: сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 30 ноября 2022 года / Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. С. 180–183.

⁴Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123) (Страсбург 18.03.1986). URL: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=19432.

пользовали стерильные вакуумные пробирки с антикоагулянтом литий-гепарин. Для отделения плазмы от форменных элементов крови, пробы центрифугировали при 5000 об/мин в течение 5 мин с помощью центрифуги ЕВА-200 (КНР).

Биохимические исследования крови выполняли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе SINNOWA BS-3000P (КНР) с соответствующими наборами реагентов для определения общего белка, щелочной фосфатазы, мочевой кислоты. Активность трипсина определяли с использованием нитроанилид бензоил DL-аргинина (BAPNA, «ACROS ORGANICS», Швейцария) в качестве субстрата.

Для статистической обработки результатов использовали программу Microsoft Office Excel, с помощью которой выполняли расчет среднего значения (M) и среднеквадратичного отклонения ($\pm m$). Достоверность различий устанавливали по t -критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя данные табл. 2, можно наблюдать волнообразные изменения активности трипсина в течение всех периодов выращи-

Табл. 2. Активность трипсина в плазме крови цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при разном уровне протеина в рационе, ед./л

Table 2. Trypsin activity, units/l in blood plasma of broiler chickens of the cross «Smena-9» at different levels of protein in the diet

Возраст, сут	Группа		
	контрольная	опытная	
		1-я	2-я
1		1253 $\pm$ 109,1	
7	289 $\pm$ 34,4*	304 $\pm$ 26,2*	259 $\pm$ 24,4*
14	557 $\pm$ 47,2*	650 $\pm$ 39,0*	547 $\pm$ 40,8*
21	360 $\pm$ 33,4*	455 $\pm$ 37,1*	404 $\pm$ 55,3*
28	490 $\pm$ 56,6*	684 $\pm$ 46,1*	489 $\pm$ 57,9*
35	352 $\pm$ 31,6*	289 $\pm$ 28,7*	266 $\pm$ 16,3*

* $p \geq 0,05$ по сравнению с суточным возрастом.

вания. При этом происходит то спад, то повышение активности фермента.

Активность трипсина в суточном возрасте во всех группах была на одном уровне и составила 1253 $\pm$ 109,1 ед./л. К 7-суточному возрасту активность данного фермента достоверно снизилась на 76,9% ($p \geq 0,05$) в контрольной группе, на 75,7% – в 1-й опытной ($p \geq 0,05$) и на 79,3% – во 2-й опытной группе ($p \geq 0,05$) по сравнению с активностью в суточном возрасте. К 14-суточному возрасту активность энзима достоверно увеличилась в 1,9 раза в контрольной группе, в 2,1 раза в 1-й и 2-й опытных группах по сравнению с 7-суточным возрастом. В 21-суточном возрасте наблюдалось снижение активности фермента по сравнению с 14-суточным возрастом, что в контрольной группе составило 360,0 $\pm$ 33,4 ед./л, в 1-й опытной группе – 455,0 $\pm$ 37,1 ед./л и во 2-й опытной – 404,0 $\pm$ 55,3 ед./л. К 35-суточному возрасту активность трипсина практически приблизилась к активности фермента 7-суточного возраста. По всей видимости, изменения активности фермента связаны с физиологическим созреванием поджелудочной железы.

Следует также отметить, что имеются экспериментальные данные о том, что пищеварительные ферменты могут всасываться в кровоток, затем поступать с кровью в поджелудочную железу и секретироваться в кишечник повторно [10]. По-видимому, повышение данного фермента при уменьшении протеина в рационе на всех периодах выращивания по сравнению с контрольной группой свидетельствует о подтверждении данной гипотезы. Это также видно при уменьшении активности фермента в крови во 2-й опытной группе по сравнению с 1-й опытной группой, где, скорее всего, происходит возврат данного фермента в поджелудочную железу для ее активации для дальнейшего расщепления белка корма.

Полученные данные биохимического анализа уровня общего белка представлены в табл. 3. Содержание общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров во всех группах в течение всего периода наблюдения находилось в пределах физиологической нор-

Табл. 3. Содержание общего белка в плазме крови цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при разном уровне протеина в рационе, г/л

Table 3. Total protein content in the blood plasma of broiler chickens of the Smena-9 cross at different levels of protein in the diet, g/l

Возраст, сут	Группа		
	контрольная	опытная	
		1-я	2-я
1		28,3 ± 0,54	
7	35,9 ± 1,27*	34,8 ± 1,68*	35,0 ± 1,79*
14	33,7 ± 0,98*	37,1 ± 1,28*	31,5 ± 1,02
21	32,5 ± 1,03	35,2 ± 0,99*	37,8 ± 0,73*
28	33,4 ± 0,95*	33,1 ± 0,60*	35,4 ± 0,72*
35	33,8 ± 1,37*	37,4 ± 0,70*	37,8 ± 1,11*

* $p \geq 0,05$ по сравнению с суточным возрастом.

мы. Однако анализируя данные возрастной динамики содержания общего белка, можно отметить достоверное ($p \geq 0,05$) увеличение его уровня с 7-суточного возраста по сравнению с суточным возрастом во всех группах на всех периодах выращивания.

Учитывая то, что интенсивность белкового обмена у птицы и уровень мясной продуктивности тесно взаимосвязаны и то, что уровень белка в организме птицы регулируется центральной нервной системой и гормонами, можно предположить, что увеличение содержания общего белка во всех группах начиная с 7-суточного возраста связано с усилением синтеза белков под влиянием нервного центра белкового обмена, расположенного в гипоталамусе промежуточного мозга⁵.

Белковый минимум (количество белка, которое необходимо для поддержания азотистого равновесия) зависит от вида птицы, ее физиологического состояния и уровня продуктивности (интенсивности роста или яйценоскости). Например, потребности цыплят-бройлеров и индюшат⁶ в аминокислотах отмечены более высокими по сравнению со взрослой птицей. При дисбалансе аминокис-

лот нарушается нормальный рост и развитие, снижается устойчивость птиц к заболеваниям. Избыток белковых соединений в рационе вызывает перегрузку организма продуктами распада белков. В этом случае в процессе деаминации в качестве конечных продуктов в повышенном количестве образуются мочевая, серная и другие кислоты⁷.

Мочевая кислота – основной продукт метаболизма азотосодержащих соединений у птиц.

Количество мочевой кислоты в крови зависит не только от многих факторов, но и в большей степени от количества потребляемого белка или скорости расщепления его в организме [11].

Из рис. 1 видно, что в суточном и 7-суточном возрасте уровень мочевой кислоты во всех исследуемых группах находится примерно на одном уровне. Начиная с 14-суточного возраста и до убоя недостаток белка в рационе приводит к снижению концентрации мочевой кислоты в сыворотке крови. Увеличение концентрации данного показателя в плазме крови цыплят-бройлеров во 2-й опытной группе по сравнению с 1-й опытной группой, вероятно, может быть связано с избытком азота, который бройлеры пытались удалить с помощью мочевой кислоты, повышая ее содержание [12].

Щелочная фосфатаза является клеточным ферментом, а биохимический состав плазмы крови отражает метаболическую ситуацию в тканях, позволяя оценить изменения в функциях органов и адаптацию животного к пищевым и физиологическим проблемам [13]. Повышенная активность данного фермента в крови повсеместно признана маркером скелетных или гепатобилиарных заболеваний [14].

Согласно результатам наших исследований, пик высокой активности щелочной фосфатазы в контрольной группе (см. рис. 2) приходится на 7-е сутки, но при этом далее

⁵Цюрик А.В., Безбородов Н.В. Влияние витаминно-минерального комплекса Миксодил на гормональный фон и содержание белка в крови кур-несушек // Вестник ОГУ. 2015. № 6 (181).

⁶Тарасов Н.В. Лизин и метионин в комбикормах для бройлеров // Птицеводство. 2009. № 5. С. 12–15.

⁷Крюков В., Бевзюк В., Полунина С. Выбор кормов с высоким содержанием протеина // Птицеводство. 1997. № 6. С. 14–16.

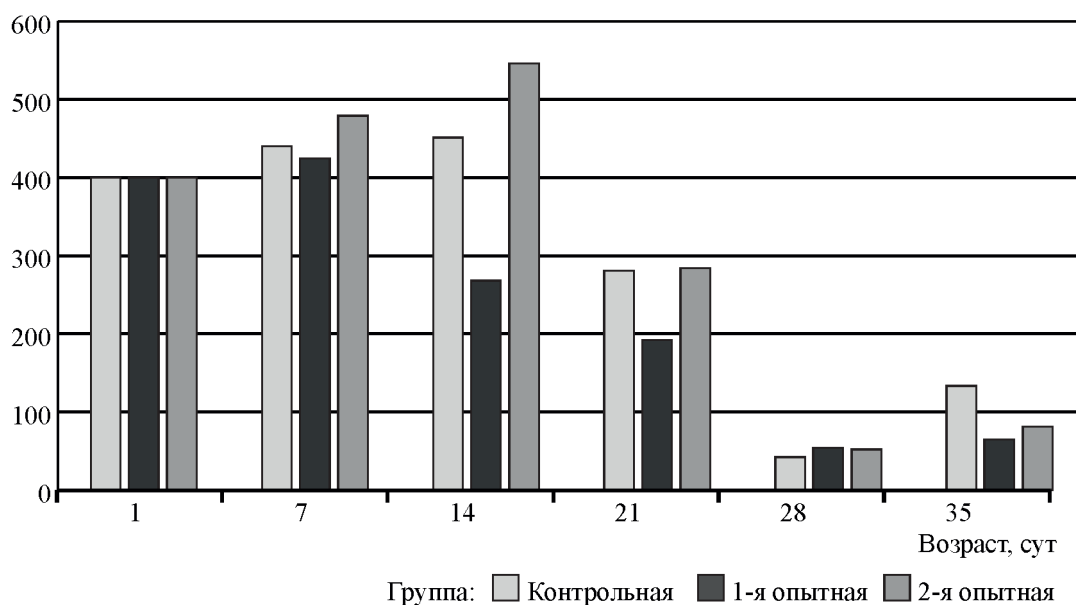


Рис. 1. Содержание мочевой кислоты в плазме крови цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при разном уровне протеина в рационе, мкмоль/л

Fig. 1. Uric acid content in the blood plasma of broiler chickens of the Smena-9 cross at different levels of protein in the diet, μmol/l

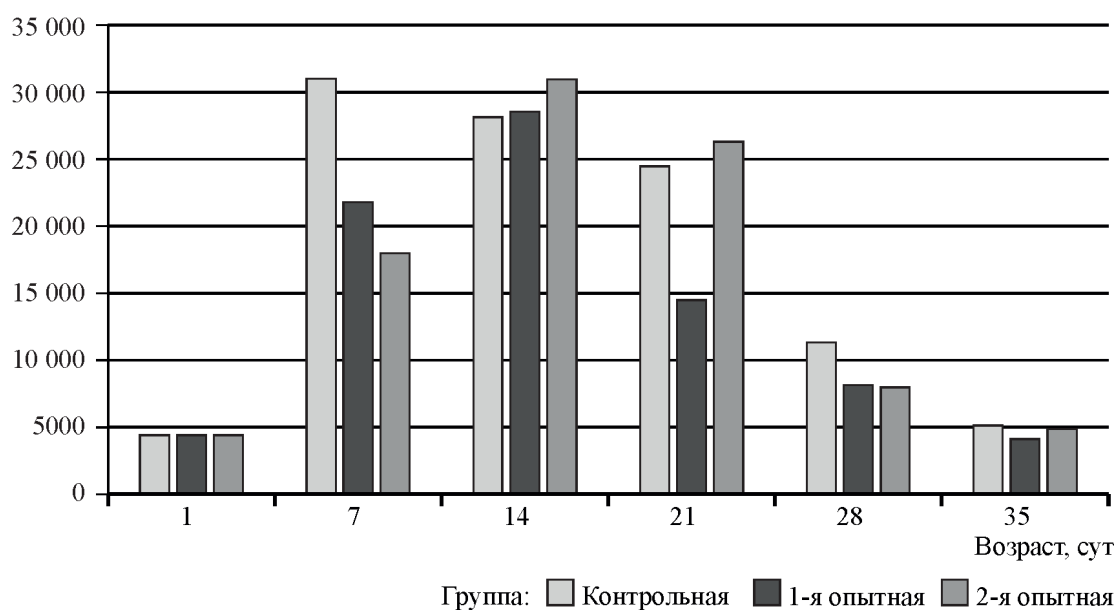


Рис. 2. Активность щелочной фосфатазы в плазме крови цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при разном уровне протеина в рационе, ед./л

Fig. 2. Alkaline phosphatase activity in the blood plasma of broiler chickens of the Smena-9 cross at different levels of protein in the diet, units/l

происходит ее постепенное снижение. Резкое увеличение фосфатазной активности в крови цыплят-бройлеров в 14-суточном возрасте во всех группах говорит об интенсивном росте и становлении организма. К 21-суточному возрасту в 1-й опытной группе проис-

ходит снижение на 40,7%, а во 2-й опытной группе – повышение на 7,4% по сравнению с контрольной группой. Видимо, снижение активности данного фермента в 28–35-суточном возрасте свидетельствует о замедлении процессов роста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В крови цыплят-бройлеров в постэмбриональный период была прослежена определенная динамика биохимических показателей. Изменение всех исследуемых показателей крови свидетельствует об интенсивности роста цыплят-бройлеров в постэмбриональный период онтогенеза и о становлении их пищеварительной системы, которая является основой роста и развития птицы.

Уменьшение уровня протеина в рационе приводит к увеличению активности трипсина, снижению активности щелочной фосфатазы и уменьшению содержания мочевины по сравнению с контрольной группой на всех периодах выращивания.

Увеличение уровня протеина в рационе приводит к увеличению активности щелочной фосфатазы в 14- и 21-суточном возрасте, к волнообразному изменению активности трипсина на всех периодах, а также к увеличению содержания мочевины по сравнению с контрольной группой.

Следовательно, наши экспериментальные данные показывают, что изменения сырого протеина в комбикормах для цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» влияют на биохимический состав крови. Данные указывают на то, что уменьшение сырого протеина в кормах за счет соевого шрота более благотворно влияет на состояние птицы в целом, чем его увеличение. При этом обязательно нужно учитывать, чтобы в рационе не происходило изменения обменной энергии и питательности рациона за счет других компонентов комбикорма. Можно предположить, что в дальнейшем показатели крови у птиц могут быть использованы в качестве биохимического критерия полноценности кормления и как маркеры физиологического состояния высокопродуктивной птицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lee C.Y., Song A.A., Loh T.C., Abdul Rahim R. Effects of lysine and methionine in a low crude protein diet on the growth performance and gene expression of immunity genes in broilers // *Poultry Science*. 2020. N 99 (6). P. 2916–2925. DOI: 10.1016/j.psj.2020.03.013.
2. Massuquetto A., Panisson J.C., Schramm V.G., Surek D., Krabbe E.L., Maiorka A. Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. *Animal*. 2020. N 14 (6). P. 1139–1146. DOI: 10.1017/S1751731119003331.
3. Kwiecień M., Winiarska-Mieczan A., Danek-Majewska A., Kwiatkowska K., Krusiński R. Effects of dietary alfalfa protein concentrate on lipid metabolism and antioxidative status of serum and composition and fatty acid profile and antioxidative status and dietetic value of muscles in broilers // *Poultry Science*. 2021. N 100 (4). P. 100974. DOI: 10.1016/j.psj.2020.12.071.
4. Watanabe G., Kobayashi H., Shibata M., Kubota M., Kadowaki M., Fujimura S. Reduction in dietary lysine increases muscle free amino acids through changes in protein metabolism in chickens // *Poultry Science*. 2020. N 99 (6). P. 3102–3110. DOI: 10.1016/j.psj.2019.11.025.
5. Cartoni Mancinelli A., Mattioli S., Twining C., Dal Bosco A., Donoghue A.M., Arsi K., Angelucci E., Chiattelli D., Castellini C. Poultry Meat and Eggs as an Alternative Source of n-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids for Human Nutrition // *Nutrients*. 2022. N 14 (9). P. 1969. DOI: 10.3390/nu14091969.
6. Коцаев И.А., Рядинская А.А., Татьяначева О.Е. Использование в птицеводстве сухого свекловичного жома: монография. Екатеринбург: Издательские решения, 2019. 110 с.
7. Темираев Р.Б., Каиров А.В., Цогоева Ф.Н. Морфологический и биохимический состав крови мясной птицы при применении в рационах биологически активных препаратов // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 56. № 1. С. 91–97.
8. Mirsaiidi Farahani M., Hosseinian S.A. Effects of dietary stinging nettle (*Urtica dioica*) on hormone stress and selected serum biochemical parameters of broilers subjected to chronic heat stress // *Vet Med Sci*. 2022. N 8 (2). P. 660–667. DOI: 10.1002/vms3.721.
9. Ефимов Д.Н. Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена-9» с аутосексной материнской родительской формой /Д.Н. Ефимов, А.В. Егорова, Ж.В. Емануйлова и др.; под редакцией академика РАН Фисина В.И.: монография. Сергиев Посад, 2021. 95 с.
10. Кузьмина И.В., Овчинникова Н.В., Толтыго С.М. Активность протеолитического фермента трипсина в сыворотке крови у крыс в

- условиях водной и пищевой депривации // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2023. Т. 175. № 5. С. 540–544. DOI: 10.47056/0365-9615-2023-175-5-540-544.
11. Abou-Elkhair R., Ahmed H., Ketkat S., Selim S. Supplementation of a low-protein diet with tryptophan, threonine, and valine and its impact on growth performance, blood biochemical constituents, immune parameters, and carcass traits in broiler chickens // *Vet World*. 2020. N 13 (6). P. 1234–1244. DOI: 10.14202/vet-world.2020.1234-1244.
12. Kriseldi R., Tillman P.B., Jiang Z., Dozier W.A. Effects of feeding reduced crude protein diets on growth performance, nitrogen excretion, and plasma uric acid concentration of broiler chicks during the starter period // *Poultry Science*. 2018. N 97 (5). P. 1614–1626. DOI: 10.3382/ps/pep395.
13. Viana E.F., Carvalho Mello H.H., Carvalho F.B., Café M.B., Leandro N.S.M., Arnhold E., Stringhini J.H. Blood biochemical parameters and organ development of brown layers fed reduced dietary protein levels in two rearing systems // *Animal Bioscience*. 2022. N 35 (3). P. 444–452. DOI: 10.5713/ab.21.0145.
14. Siller A.F., Whyte M.P. Alkaline Phosphatase: Discovery and Naming of Our Favorite Enzyme // *Journal Bone Miner Research*. 2018. N 33 (2). P. 362–364. DOI: 10.1002/jbmr.3225.
1. Lee C.Y., Song A.A., Loh T.C., Abdul Rahim R. Effects of lysine and methionine in a low crude protein diet on the growth performance and gene expression of immunity genes in broilers. *Poultry Science*, 2020, no. 99 (6), pp. 2916–2925. DOI: 10.1016/j.psj.2020.03.013.
2. Massuquetto A., Panisson J.C., Schramm V.G., Surek D., Krabbe E.L., Maiorka A. Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. *Animal*, 2020, no. 14 (6), pp. 1139–1146. DOI: 10.1017/S1751731119003331.
3. Kwiecień M., Winiarska-Mieczan A., Danek-Majewska A., Kwiatkowska K., Krusiński R. Effects of dietary alfalfa protein concentrate on lipid metabolism and antioxidative status of serum and composition and fatty acid profile and antioxidative status and dietetic value of muscles in broilers. *Poultry Science*, 2021, no. 100 (4), p. 100974. DOI: 10.1016/j.psj.2020.12.071.
4. Watanabe G., Kobayashi H., Shibata M., Kubota M., Kadowaki M., Fujimura S. Reduction in dietary lysine increases muscle free amino acids through changes in protein metabolism in chickens. *Poultry Science*, 2020, no. 99 (6), pp. 3102–3110. DOI: 10.1016/j.psj.2019.11.025.
5. Cartoni Mancinelli A., Mattioli S., Twining C., Dal Bosco A., Donoghue A.M., Arsi K., Angelucci E., Chiattelli D., Castellini C. Poultry Meat and Eggs as an Alternative Source of n-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids for Human Nutrition. *Nutrients*, 2022, no. 14 (9), p. 1969. DOI: 10.3390/nu14091969.
6. Koshchaev I.A., Ryadinskaya A.A., Tatyanchikova O.E. *Use of dry beet pulp in poultry farming*. Ekaterinburg, Publishing Solutions, 2019, 110 p. (In Russian).
7. Temiraev R.B., Kairov A.V., Tsogoeva F.N. Blood morphology and biochemistry of meat poultry when using biologically active preparations in their diets. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Gorsky State Agrarian University*, 2019, vol. 56, no. 1, pp. 91–97. (In Russian).
8. Mirsaidi Farahani M., Hosseini S.A. Effects of dietary stinging nettle (*Urtica dioica*) on hormone stress and selected serum biochemical parameters of broilers subjected to chronic heat stress. *Vet Med Sci*, 2022, no. 8 (2), pp. 660–667. DOI: 10.1002/vms3.721.
9. Efimov D.N. *Guide to work with poultry of meat cross "Smena 9" with autosex maternal parental form* / D.N. Efimov, A.V. Egorova, J.V. Emanuylova et al.; edited by Academician of the Russian Academy of Sciences Fisinin V.I. Sergiev Posad, 2021. 95 p. (In Russian).
10. Kuz'mina I.V., Ovchinnikova N.V., Tolpygo S.M. Activity of proteolytic enzyme trypsin in blood serum in rats under conditions of water and food deprivation. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2023, vol. 175, no. 5, pp. 540–544. (In Russian). DOI: 10.47056/0365-9615-2023-175-5-540-544.
11. Abou-Elkhair R., Ahmed H., Ketkat S., Selim S. Supplementation of a low-protein diet with tryptophan, threonine, and valine and its impact on growth performance, blood biochemical constituents, immune parameters, and carcass traits in broiler chickens. *Vet World*, 2020, no. 13 (6), pp. 1234–1244. DOI: 10.14202/vet-world.2020.1234-1244.

12. Kriseldi R., Tillman P.B., Jiang Z., Dozier W.A. Effects of feeding reduced crude protein diets on growth performance, nitrogen excretion, and plasma uric acid concentration of broiler chicks during the starter period. *Poultry Science*, 2018, no. 1, no. 97 (5), pp. 1614–1626. DOI: 10.3382/ps/pex395.
13. Viana E.F., Carvalho Mello H.H., Carvalho F.B., Café M.B., Leandro N.S.M., Arnhold E., Strin-ghini J.H. Blood biochemical parameters and organ development of brown layers fed reduced dietary protein levels in two rearing systems. *Animal Bioscience*, 2022, no. 35 (3), pp. 444–452. DOI: 10.5713/ab.21.0145.
14. Siller A.F., Whyte M.P. Alkaline Phosphatase: Discovery and Naming of Our Favorite Enzyme. *Journal Bone Miner Research*, 2018, no. 33(2), pp. 362–364. DOI: 10.1002/jbmr.3225.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Кузьмина И.В.**, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, 10; e-mail: irina.kislova1606198@yandex.ru

Овчинникова Н.В., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Irina V. Kuzmina**, Candidate of Science in Biology, Junior Researcher; **address:** 10, Ptitsegradskaya St., Sergiev Posad, Moscow region, 141311; e-mail: irina.kislova1606198@yandex.ru

Natalya V. Ovchinnikova, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 08.08.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.09.2023
Дата публикации / Published 22.04.2024