

Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 193-204.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2021. Vol. 104, no 4. P. 193-204.

Научная статья
УДК 636.5:636.085.57
doi:10.33284/2658-3135-104-4-193

Изменение показателей крови цыплят-бройлеров при различной нутриентной обеспеченности рациона

Елена Владимировна Шейда^{1,7}, Шамиль Гафиуллинович Рахматуллин², Святослав Валерьевич Лебедев³,
Виктория Владимировна Гречкина^{1,4}, Олег Александрович Завьялов⁵, Алексей Николаевич Фролов⁶

^{1,2,3,5,6}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

⁷Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

⁴Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

^{1,7}elena-snejda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

²shahm2005@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>

³lsv74@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9485-7010>

^{1,4}viktoria1985too@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

⁵oleg-zavyalov83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>

⁶forleh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

Аннотация. При производстве мяса птицы формирование рационов проводят с включение различных кормовых ингредиентов, которые обеспечивают энергией и питательными веществами, такими как сырой протеин, жир, клетчатка, минералы или витамины. Использование различных кормовых ингредиентов не лишено проблем, которые оказывают влияние на течение метаболических процессов в организме. Поэтому цель нашего исследования: оценить влияние дополнительных добавок (при введении их сверх нормы на 10 %) – протеинов, углеводов и жиров в основной рацион цыплят-бройлеров на изменение морфологических и биохимических параметров крови. Исследования были проведены на цыплятах-бройлерах, кросса Арбор Айкросс (ОАО «Птицефабрика Оренбургская», www.pfo56.ru). Птицы 7-дневного возраста были разделены на четыре группы по 30 голов в каждой. Длительность эксперимента составила 28 дней. Контрольная группа содержалась на основном рационе; в рацион I группы дополнительно вводили 10 % казеина от сухого вещества (СВ) рациона, во II опытную – 10 % сахара от СВ рациона, III опытную группу – 10 % подсолнечного масла. Введение в рацион сверх нормы (10 %) белков, жиров и углеводов способствовало интенсивности углеводного обмена в организме цыплят и увеличению активности пищеварительных ферментов. Включение в рацион птицы казеина и растительного жира повышало расщепление липидов и тем самым снижало уровень холестерина в крови на 2,9-14 % относительно контрольной диеты, что свидетельствует об усилении метаболических процессов в организме.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, белки, жиры, углеводы, казеин, сахароза, морфологический анализ, биохимический анализ

Acknowledgments: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 21-16-00009.

Для цитирования: Шейда Е.В., Рахматуллин Ш.Г., Лебедев С.В., Гречкина В.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н. Изменение показателей крови цыплят-бройлеров при различной нутриентной обеспеченности рациона // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 193-204. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-193>

Original article

Changes in blood parameters of broiler chickens with different nutritional security of the diet

Elena V Sheyda^{1,7}, Shamil G Rakhmatullin², Svyatoslav V Lebedev³, Victoria V Grechkina⁴,
Oleg A Zavyalov⁵, Alexey N Frolov⁶

^{1,2,3,5,6}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

⁷Orenburg State University, Orenburg, Russia

^{1,4}Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

^{1,7}elena-snejda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

²shahm2005@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>

³lsv74@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9485-7010>

⁴viktoria1985too@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

⁵oleg-zavyalov83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>

⁶forleh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

Abstract. In the production of poultry meat, diets are formed with the inclusion of various feed ingredients that provide energy and nutrients, such as raw protein, fat, fiber, minerals or vitamins. The use

of various feed ingredients also has some problems, since some of them contain anti-nutritional factors or toxins that affect the course of metabolic processes in the body. Therefore, the purpose of our study is to evaluate the effect of additional additives – proteins, carbohydrates and fats in the main diet of broiler chickens on changes in morphological and biochemical parameters of blood. The studies were carried out on broiler chickens, Arbor Acres (JSC "Poultry Farm Orenburg, www.pfo56.ru), age is 35 days. The 7-day birds were divided into four groups with 30 heads in each. The duration of the experiment was 28 days. The control group was kept on the main diet; 10% of casein of dry matter (DM) of the diet was additionally introduced into the diet of group I, 10% of sugar of DM was added to the experimental group II, and 10% of sunflower oil was added to the experimental group III. The introduction of proteins, fats and carbohydrates contributed to the intensity of carbohydrate metabolism in the body of chickens and increased the activity of digestive enzymes. The inclusion of casein and vegetable fat in poultry diet increased the breakdown of lipids and thereby reduced the level of cholesterol in the blood by 2.9 – 14% relative to the control diet, which indicates an increase in metabolic processes in the body.

Keywords: broiler chickens, feeding, proteins, fats, carbohydrates, casein, sucrose, morphological analysis, biochemical analysis

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project № 20-16-00009.

For citation: Sheyda EV, Rakhmatullin ShG, Lebedev SV, Grechkina VV, Zavyalov OA, Frolov AN. Changes in blood parameters of broiler chickens with different nutritional security of the diet. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):193-204. (In Russ). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-193>

Введение

Рацион питания является одним из важных факторов при производстве мяса птицы. Обычно рацион включает различные кормовые ингредиенты, которые обеспечивают энергией и питательными веществами, такими как сырой протеин, жир, клетчатка, минералы или витамины, необходимые для адекватного роста цыплят-бройлеров. Зерновые (пшеница, ячмень, кукуруза) и масляные корма составляют основную часть рациона животных, поскольку они обеспечивают организм энергией, белком и другими питательными веществами (Kiarie E and Nyachoti SM, 2009). Однако существует конкуренция за эти кормовые ингредиенты в пищевой и перерабатывающей промышленности, что приводит к увеличению затрат на их производство (Woyengo TA et al., 2014; Bogowski S et al., 2016). Кроме того, потребность в агрономической устойчивости способствовала посадке других культур, обладающих уникальными характеристиками, включая устойчивость к засухе или болезням, по сравнению с кукурузой или пшеницей (Classen H, 1996). Таким образом, в зависимости от географического положения, окружающих отраслей промышленности или преобладающей агрономической практики в рационы для цыплят-бройлеров могут быть добавлены определённые кормовые ингредиенты, которые обычно не используются, но обладают значительными питательными свойствами.

Белок необходим для снабжения организма аминокислотами, т. к. происходит наращивание и развитие мышечной массы. Источники белка для приготовления рациона могут быть как растительного, так и животного происхождения, однако кормовые ингредиенты растительного происхождения обычно скармливают цыплятам-бройлерам из-за относительно более низкой стоимости и доступности (Woyengo TA et al., 2014).

Жир является ещё одной важной составляющей рациона животных, поскольку он обеспечивает их энергией, необходимой для роста и развития. В зависимости от географического положения в рацион животных включается та или иная форма растительного или животного жира (Lauridsen C et al., 2007).

В работах учёных (Swennen Q et al., 2005; Swennen Q et al., 2004) показано, что при выращивании цыплят-бройлеров в возрасте до 35 дней на диетах с заменой жира и белка на аналогичное содержание углеводов был значительно повышен уровень триглицеридов в плазме крови. Уровни мочевой кислоты в плазме крови были ниже у цыплят по сравнению с контролем.

При проведении экспериментов по изучению взаимосвязи между содержанием пищевых жиров и белков в регуляции липидного обмена у цыплят-бройлеров было отмечено, что независимо от уровня жира, птицы, которых кормили диетами, содержащими меньше белка, весили меньше и давали меньше прирост, чем птицы, которых кормили диетами, содержащими больше белка. Увеличение диетического белка (по сравнению с увеличением диетического жира) увеличивает массу тела, инсулиноподобный фактор роста, уровень трийодтиронина и снижает липогенез, активность пищеварительных ферментов и тироксина. Обе эти диеты предполагают снижение потребления углеводов в рационе, но результаты различались. Хотя замена диетических углеводов жиром или белком уменьшает количество предшественников для синтеза жира, оба источника энергии оказывали дополнительное влияние на метаболизм (Rosebrough RW et al., 1999).

Цель исследования.

Оценить влияние дополнительных добавок – протеинов, углеводов и жиров в основной рацион цыплят-бройлеров на изменение морфологических и биохимических параметров крови.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкросс (ОАО «Птицефабрика Оренбургская, www.pfo56.ru).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08 1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных»), протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009) и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов. Все процедуры над животными были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных ФНЦ БСТ РАН.

Схема эксперимента. Комплексные исследования были проведены на базе отдела кормления сельскохозяйственных животных имени профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (аттестат аккредитации Госстандарта России – РА.RU21ПФ59 от 02.12.2015 г.). По окончании подготовительного периода (7 дней) птиц разделили на четыре группы по 30 голов в каждой. Контрольная группа содержалась на основном рационе, в рацион I группы дополнительно вводили 10 % казеина от сухого вещества (СВ) рациона, во II опытную – 10 % сахара от СВ рациона, III опытную группу – 10 % подсолнечного масла. Кормление бройлеров проводилось 1 раз в сутки, учёт поедаемости кормов – ежесуточно. Длительность эксперимента составила 28 дней.

Птица в процессе исследований содержалась в клетках КУН-05 площадью 4050 см² (90½45½45 см). Микроклимат в помещении соответствовал требованиям ОНТП-4-88. Динамика ростовых показателей оценивалась путём индивидуального взвешивания еженедельно до кормления (±1 г). На основании результатов взвешиваний рассчитан абсолютный и среднесуточный прирост.

Отбор крови у птиц осуществлялся утром в 35-суточном возрасте из подкрыльцовой вены. Морфологические показатели крови определяли на гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus, биохимический анализ – на анализаторе CS-T240 с использованием наборов ДиаВетТест (Россия). Определение перекисей липидов (малонового диальдегида (МДА)) проводили в тесте с тиобарбитуровой кислотой (Андреева Л.И. и др., 1988). Определение активности супероксиддисмутазы, каталазы и малонового диальдегида в плазме крови проводилось спектрофотометрическим методом на Stat fax 1904 Plus.

Для оценки влияния нутриентной обеспеченности рационов на метаболические процессы в организме телят были просчитаны некоторые коэффициенты и индексы: коэффициент Де Ритиса (отношение АСТ (аспартатаминотрансфераза) /АЛТ (аланинаминотрансфераза) расшифровка при

первом упоминании), билирубиновый индекс Мейленграхта: отношение прямого/непрямого билирубина в сыворотке крови (Медицинская энциклопедия, 1991-1996).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены на базе ЦКП БСТ РАН (цкп-бст.рф) <https://xn----btbumgw.xn--p1ai/>. Автоматический гематологический анализатор URIT-2900 VetPlus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай); автоматический анализатор CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай).

Статистическая обработка. Статистический анализ выполняли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Статистическая обработка включала расчёт среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего (\pm SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Цыплята-бройлеры всех групп в период эксперимента получали рацион в период от 7-10 дней ПК-0, 11-24 дней – ПК-5, 25 дней и старше – ПК-6. Рационы включали пшеницу, кукурузу, шрот соевый, шрот подсолнечный, витаминно-минеральный премикс (микроэлементы – Ca, P, Na, K, Cl, макроэлементы – Fe, Cu, Zn, Mn, J, Se, витамины A, D3, E, K3, B1-B6, B12, Bc, H).

Разница по содержанию сырого жира и сырого протеина в рационе была не значительной (табл. 1).

Таблица 1. Питательность рациона, %
Table 1. Nutritional value of the diet, %

Показатели / Indicators	Группа / Groups		
	ПК-0/ full-fledged compound feed-0	ПК-5/ full-fledged compound feed-5	ПК-6/ full-fledged compound feed-6
Сухое вещество (СВ), %/ Dry matter (DM), %	89,29	89,29	91,57
Сырая клетчатка (СК), %/ Crude fiber (CF), %	1,1	1,8	2,3
Сырой жир (СЖ), %/ Crude fat (CF), %	3,85	4,76	4,78
Сырой протеин (СП), %/ Crude protein (CP), %	23,38	23,00	21,69
Содержание золы (СЗ), %/ Ash content (CA), %	6,1	5,7	6,1
Обменная энергия, МДж/ Exchange energy, MJ	11,61	11,92	12,24

Рационы для животных были сформированы по потребности в питательных веществах и энергии. Цыплятам опытных групп дополнительно сверх нормы вводили 10 % протеинов, углеводов и жиров для выявления метаболических нарушений организма с последующей их коррекцией с целью повышения качества и количества продукции.

При анализе биохимических параметров крови отмечено повышение уровня глюкозы при введении в рацион сахарозы на 6,4 %, в группе, потребляющей подсолнечный жир на 4,3 % (табл. 2).

У цыплят, получавших плюс к основному рациону 10 % протеина, отмечено снижение интенсивности липидного обмена в организме. Так, показано снижение уровня триглицеридов на 28,6 %, холестерина – на 14 %. Уровень прямого билирубина в сыворотке крови снижался на 40,6 % относительно контроля, что свидетельствует о нормальном билирубиновом обмене и отсутствии токсического влияния.

Анализ содержания мочевой кислоты в сыворотке крови экспериментальной птицы I группы показал, что уровень данного критерия был выше на 15,4 % относительно контроля.

При введении в рацион казеина зафиксировано снижение уровня общего белка на 1,7 %, при этом уровень альбумина относительно контроля оставался стабильным. Повышенной активностью относительно контрольных показателей характеризовались ферменты АСТ, а также пищеварительные ферменты – а-амилаза и липаза. Значения АСТ составили разницу с контрольными показателями на 15 % ($P \leq 0,05$). АЛТ относительно контроля была достоверно ниже на 42,1 % ($P \leq 0,05$). Активность фермента а-амилазы в I опытной группе была выше, чем в контроле в 1,4 раза, уровень липазы – на 9,9 %. Основные минеральные компоненты сыворотки крови опытных цыплят имели тенденцию к снижению по сравнению с контрольными показателями. Уровень Fe был ниже на 16,5 %, Mg – на 16,7 %, P – на 27,3 %, Ca – на 5,3 %.

Таблица 2. Биохимические показатели крови цыплят бройлеров, кросса Арбор Айкросс (35 сут) при различной нутриентной обеспеченности рациона (n=30, M±SEM)
Table 2. Biochemical blood parameters of broiler chickens, Arbor Acres (35 days) with different nutritional security of the diet (n=30, M±SEM)

Показатели / Indicators	Контроль/ Control	I	II	III
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	11,57±1,16	11,96±1,32	12,36±0,39	12,09±0,54
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	30,40±2,16	29,89±1,09	29,08±1,98	27,06±1,57
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	16,00±0,58	16,00±0,58	14,33±0,67	13,33±1,20
АЛТ, Ед/л / ALT, U/l	10,70±2,63	6,20±0,47*	7,21±1,52*	8,40±0,92
АСТ, Ед/л / AST, U/l	279,80±6,30	329,17±26,59*	226,47±12,05	275,13±23,43
Коэффициент де Ритиса (отношение АСТ:АЛТ) / De Ritis coefficient (AST:ALT ratio)	30,81±9,48	53,39±4,40	34,47±7,25	34,20±6,92
Билирубин общий, мкмоль/л / Total bilirubin, μmol/l	0,31±0,12	0,22±0,04	0,25±0,09	0,22±0,09
Билирубин прямой, мкмоль/л / Bilirubin Direct, μmol/l	0,69±0,12	0,41±0,05*	0,40±0,05*	0,41±0,02*
Билирубиновый индекс / Bilirubin index	3,34±1,76	2,05±0,48	1,99±0,6	2,43±0,71
Холестерин, моль/л / Cholesterol, mmol/l	3,36±0,42	2,89±0,14	3,36±0,27	3,46±0,23
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	0,35±0,02	0,25±0,01	0,31±0,08	0,16±0,04*
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	0,63±0,03	0,63±0,07	0,43±0,07*	0,47±0,03
α-Амилаза, Ед/л / α-Amylase, U/l	296,67±36,61	406,33±45,17*	699,33±25,34*	453,00±35,94*
Мочевая кислота, мкмоль/л / Uric acid, μmol/l	219,63±40,91	259,70±89,12	64,53±8,07	111,90±42,48
Железо, мкмоль/л / Fe, μmmol/l	24,60±4,81	20,53±2,03	19,93±2,66	14,03±1,07
Магний, ммоль/л / Mg, mmol/l	1,14±0,11	0,95±0,03	1,01±0,04	1,01±0,04
Кальций, ммоль/л / Ca, mmol/l	2,63±0,13	2,49±0,21	2,28±0,10	2,88±0,07
Фосфор, ммоль/л / P, mmol/l	2,09±0,34	1,52±0,09	1,90±0,11	2,16±0,08
Липаза, Ед/л / Lipase, U/l	13,17±0,94	15,20±2,20	19,36±11,90*	22,47±6,97*

Примечание: * – P≤0,05 при сравнении с контрольной группой

Note: * – P≤0.05 when compared with the control group

Увеличение в рационе углеводов способствовало снижению белкового и жирового обмена. Относительно контроля уровень общего белка снизился на 4,3 %, альбумина – на 10,4 %, триглицериды в сыворотке крови снизились на 11,4 %, при этом уровень холестерина не изменился.

Во II группе отмечено снижение уровня прямого билирубина на 42 % и повышение общего билирубина – на 19,1 % относительно контрольных показателей.

Концентрация минеральных элементов в сыворотке крови при включении сахарозы имели тенденцию к снижению. Так, уровень Ca снизился на 13,3 %, P – на 9,1 %, Fe – на 19 %, Mg – на 11,4 %. При данном рационе достоверно повышалась активность пищеварительных ферментов: α-амилазы – на 57,6 %, липазы – на 31,9 % относительно контроля.

Повышенной активностью, относительно контрольных показателей, характеризовались ферменты АЛТ, значения составили разницу с контрольными показателями на 64,4 %. Активность АСТ при этом была ниже на 19,1 %. Изменение данных показателей способствовало снижению коэффициента де Ритиса во II группе, коэффициент составил в группе 7,5, для сравнения в контроле он был равен 26.

Добавление кормовых липидов в рацион птицы способствовало увеличению относительно контрольной группы активности пищеварительных ферментов α -амилазы на 34,5 %, липазы – на 41,4 %. В III группе снижалась интенсивность белкового и жирового метаболизма на фоне снижения активности трансаминаз: АСТ – на 1,7 %, АЛТ – на 21,5 %, при этом коэффициент де Ритиса составил 32,75, что выше на 51,2 %, чем в контроле.

Для изучения возможного токсического влияния дополнительных компонентов и повышения их доли в рационах на организм цыплят-бройлеров был рассчитан билирубиновый индекс (БИ) крови, который характеризовал выделительную функцию печени и показывал уровень токсичности (рис. 1). Установлено снижение БИ во всех опытных группах относительно контроля. Максимальное достоверное снижение БИ на 28,3 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля было зафиксировано в группе, получавшей углеводы. В группах, получавших 10 % от СВ рациона белки и жиры, БИ составил 1,86.

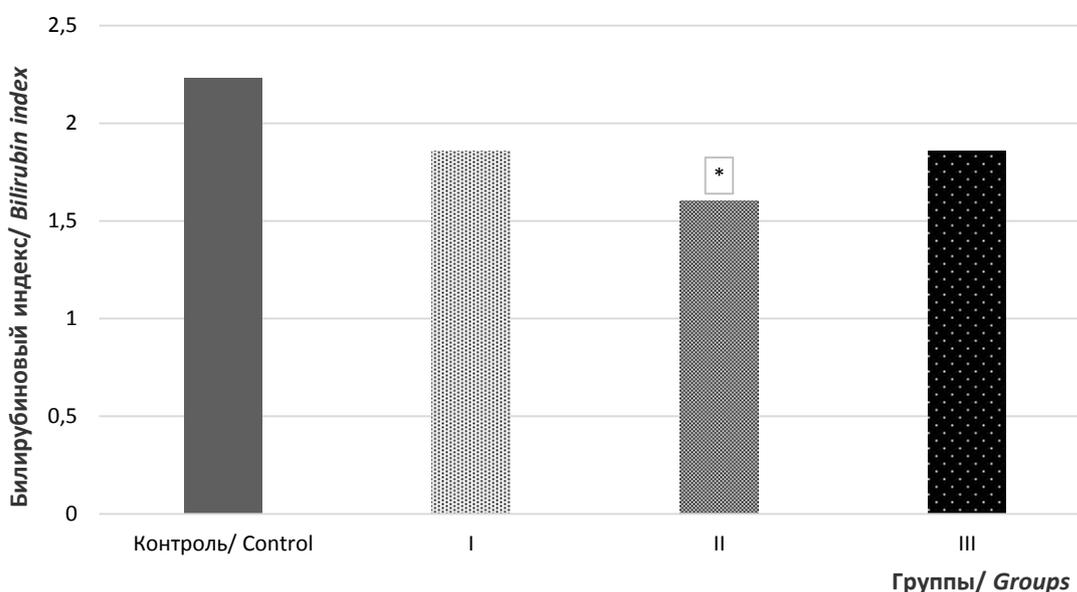


Рис. 1 – Билирубиновый индекс в сыворотке крови цыплят-бройлеров при различной нутриентной обеспеченности

Figure 1 – Bilirubin index in blood serum of broiler chickens with different nutrient availability

Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Note: * – $P \leq 0.05$ compared with the control group

В ходе анализа морфологических показателей крови цыплят-бройлеров на 35 сутки экспериментального исследования, не зависимо от энергетической ценности рационов, отмечено снижение количества эритроцитов и лейкоцитов во всех опытных группах относительно контроля. Так, зафиксировано максимальное снижение количества лейкоцитов на 15,1 % во II и на 12,3 % – в I группах относительно контроля. С содержанием эритроцитов положительно коррелирует содержание гемоглобина. Снижение гемоглобина на 10,2 % ($P \leq 0,05$) отмечено во II и III группах, добавление казеина привели к снижению гемоглобина на 6,3 % (табл. 3).

Анализ количества тромбоцитов в крови цыплят I опытной группы показал резкое снижение их количества на 63,8 % относительно контроля. Аналогичное действие на содержание тромбоцитов оказывает включение сахарозы в рацион на 9,3 %. Дополнительное включение в рацион растительного жира способствовало достоверному увеличению количества тромбоцитов 31,1 % относительно контроля.

Таблица 3. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров, кросса Арбор Айкросс (35 сут) при различной нутриентной обеспеченности рациона (n=30, M±SEM)

Table 3. Morphological blood parameters of Arbor Acres broiler chickens (35 days) with different nutritional security of the diet (n=30, M±SEM)

Показатели/ Indicators	Контроль/ Control	I.	II	III
Количество лейкоцитов, 10 ⁹ /л/ WBC, 10 ⁹ /л	49,74±0,73	43,60±0,41	42,22±2,23	46,63±6,73
Доля нейтрофилов, % / NEUT, %	34,17±2,23	34,10±3,20	22,87±3,12*	28,50±6,75
Доля лимфоцитов, % / LYM, %	57,67±1,99	61,17±3,81	72,97±4,65	65,87±8,87
Доля моноцитов, % / MON, %	0,23±0,03	0,13±0,03	0,07±0,03	0,13±0,03
Количество нейтрофилов, 10 ⁹ /л / NEUT, 10 ⁹ /л	16,93±0,86	14,83±1,45	9,71±1,66	14,17±4,60
Количество лимфоцитов, 10 ⁹ /л / LYM, 10 ⁹ /л	28,67±1,42	26,63±1,62	30,70±1,93	29,47±1,16
Количество моноцитов, 10 ⁹ /л / MON, 10 ⁹ /л	0,10±0,00	0,04±0,00	0,03±0,01	0,06±0,02
Число эритроцитов, 10 ¹² /л/ RBC, 10 ¹² /л	2,32±0,06	2,25±0,08	2,15±0,11	2,17±0,14
Количество гемоглобина, г/л / HGB, g/l	131,33±1,76	123,00±5,00	118,00±4,73	118,33±8,69
Гематокрит, % / HCT, %	28,97±0,43	26,53±0,88	25,93±0,77	26,23±1,98
Средний объем эритроцита, фл / MCV, fl	124,97±1,18	84,53±33,33	120,57±2,37	121,00±2,14
Среднее содержание гемо- глобина в эритроците, пг / MCH, pg	56,77±0,73	54,57±0,68	54,70±0,59	54,63±0,81
Средняя концентрация гемо- глобина в эритроците, г/л / MCHC, g/l	454,00±1,53	463,00±3,21	454,00±4,16	451,33±1,20
Ширина распределения красных кровяных тел- коэффициент вариации, % / RDW_CV, %	10,17±0,12	9,53±0,07	9,57±0,13	10,20±0,31
Ширина распределения красных кровяных тел- стандартное отклонение, фл / RDW_SD, fl	50,83±1,18	45,00±0,31	46,23±1,63	49,33±2,01
Количество тромбоцитов, 10 ⁹ /л / PLT, 10 ⁹ /л	3,67±0,67	1,33±0,33*	3,33±0,33	5,33±1,76*

Примечание: * – P≤0,05 при сравнении с контрольной группой

Note: * – P≤0.05 compared with the control group

Процентное соотношение лейкоцитов различных типов: нейтрофилов, эозинофилов, базофилов, лимфоцитов и моноцитов при определенных заболеваниях или состояниях организма может возрастать, а других – пропорционально снижаться. Установлено, что процент лимфоцитов относительно контрольной группы был выше на 3,5 % в I группе, на 15,3 % – во II и 8,2 % – в III. При этом процент других лейкоцитов снижался относительно контроля во всех опытных группах.

На отсутствие окислительного стресса указывала и динамика активности каталазы (КАТ) и общей супероксиддисмутазы (СОД). Результаты проведённого эксперимента показали, что при включении различных ингредиентов в корма наблюдалась низкая активность ферментов антиоксидантной защиты СОД, за исключением КАТ в I и III группах (табл. 4), уровень которой увеличился на 2,6 % и 15,3 % соответственно. При включении сахарозы уровень активности КАТ относительно контроля снизился на 56,9 %.

Уровень малонового альдегида (маркер перекисного окисления жиров и окислительного стресса) как показателя липопероксидации в организме птицы увеличивался на фоне повышения на 10 % в рационе углеводов на 77,8 %, а при повышении в рационе липидов на 22,9 % относительно контрольных показателей, что указывает на наличие окислительного стресса, связанного с высокой степенью окисления металла в присутствии жиров и активной деградации полиненасыщенных жиров активными формами кислорода.

Таблица 4. Антиоксидантная активность при различной нутриентной обеспеченности рациона (n=30, M±m)

Table 4. Antioxidant activity with different nutritional content of the diet (n=30, M±m)

Показатели / <i>Indicators</i>	Контроль / <i>Control</i>	I	II	III
Малоновый альдегид, нмоль/мл/ <i>Malondialdehyde, nmmol/ml</i>	1,85±0,78	1,09±0,20	8,34±4,86*	2,40±1,72
Супероксиддисмутаза, %/ <i>Superoxide Dismutase, %</i>	1015,80±375,30	388,09±27,08*	725,65±28,06*	551,54±18,03*
Каталаза, нмоль/л/ <i>Catalase, nmmol/l</i>	225,33±28,14	231,23±52,53	97,10±42,08*	266,13±65,81

Примечание: * – P≤0,05 при сравнении с контрольной группой

Note: * – P≤0.05 compared with the control group

Обсуждение полученных результатов.

Ингредиенты, рассмотренные в этой статье, показали потенциал для обеспечения питательными веществами цыплят-бройлеров. Однако их использование может быть ограничено изменением метаболических процессов в организме (Babatunde OO et al., 2021).

Бройлеры, получавшие экспериментальную диету с добавлением сахарозы, имели более низкие уровни триглицеридов, чем бройлеры, получавшие стандартную диету. Недавнее исследование показало, что добавление 5 % сахарного сиропа в рацион домашней птицы значительно снижает уровень триглицеридов в крови по сравнению с теми, которые наблюдались после кормления контрольной диетой, содержащей масло. Кроме того, более высокий уровень триглицеридов у животных, получавших диету на основе жиров, можно объяснить более высоким потреблением корма и более высоким потреблением жирных кислот.

Установлено, что при кормлении цыплят-бройлеров рационами с высоким содержанием жира уровень глюкозы в плазме крови был на одном уровне с группой птиц, получавших белковые рационы. Концентрации триглицеридов в плазме крови цыплят были заметно повышены относительно базовой диеты. Потребление рациона с высоким содержанием жира увеличивало концентрацию триглицеридов после приёма пищи в плазме крови цыплят-бройлеров, но затем снижало её (Buysse J et al., 2002). В нашем исследовании отмечено, что увеличение в рационе жира повышает в большей степени уровень глюкозы в крови на 1,1 %, чем рацион с протеином. Максимально повышает уровень глюкозы дополнительное введение углеводов в корма цыплят-бройлеров.

Высокая липидная нагрузка влияет на эндокринную систему, обмен веществ и потребление корма, а также увеличивает риск метаболических нарушений (Kuhla B et al., 2016). В нашем исследовании

довании дополнительное включение жиров в рацион цыплят бройлеров привело к нарушению жирового и белкового обмена.

Нами установлено, что у цыплят-бройлеров, получавших низкобелковую диету, потребление корма было увеличено для удовлетворения потребностей в белке, что привело к непроизвольному перерасходу энергии по сравнению с белком. При повышении белка в рационе на 10 % отмечено снижение уровня триглицеридов, что связано с дополнительной нагрузкой на пищеварительную систему и функциональную активность печени. Считается, что концентрация мочевой кислоты в плазме указывает на эффективность использования белка (например, из-за меньшего окисления белка/аминокислот), и в исследованиях Swennen Q et al. показано увеличение плотности пищевой энергии привело к снижению концентрации мочевой кислоты в плазме крови, что свидетельствует о лучшем использовании белка у этих цыплят-бройлеров (Swennen Q et al., 2007; Swennen Q et al., 2010; Swennen Q et al., 2005).

Факторы питания влияют на промежуточный метаболизм, приводя к изменениям уровня метаболитов в сыворотке крови у домашней птицы (Swennen Q et al., 2005). Концентрация глюкозы в крови влияет на концентрацию общего холестерина и триглицеридов в сыворотке крови (Denardin CC et al., 2007), а уровень глюкозы в плазме отражает скорость переваривания углеводов (Englyst HN et al., 1996). Мы наблюдали, что добавление в рацион сахарозы увеличивало уровень глюкозы в сыворотке крови в большей степени, чем включение казеина и растительного жира.

Использование различных кормовых ингредиентов не лишено проблем, поскольку некоторые из них содержат антипитательные факторы или токсины, которые препятствуют их использованию в кормлении животных (Woyengo TA et al., 2014; Grosjean F et al., 2000). Снижение билирубинового индекса у цыплят-бройлеров при дополнительном введении белков, углеводов и липидов свидетельствует о отсутствии токсического влияния на организм данных компонентов.

Заключение.

Дополнительное включение питательных компонентов в рацион цыплят-бройлеров оказывало влияние на течение обменных процессов в организме, что вызывает изменение в морфологическом и биохимическом анализах крови. Введение белков, жиров и углеводов способствовало интенсивности углеводного обмена в организме цыплят и увеличению активности пищеварительных ферментов. Включение в рацион птицы казеина и растительного жира повышало расщепление липидов и тем самым снижало уровень холестерина в крови на 2,9-14 % относительно контрольной диеты, что свидетельствует об усилении метаболических процессов в организме.

Список источников

1. Андреева ЛИ, Кожемякин ЛА, Кишкун АА. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой / Лабораторное дело. 1988. № 11. С. 41-43. [Andreeva LI, Kozhemyakin LA, Kishkun AA. Modifikatsiya metoda opredeleniya perekisei lipidov v teste s tiobarbiturovoi kislotoi. Laboratornoe delo. 1988;11:41-43. (In Russ)]
2. Babatunde OO, Park CS, Adeola O. Nutritional potentials of atypical feed ingredients for broiler chickens and pigs. *Animals (Basel)*. 2021;11(5):1196. doi: 10.3390/ani11051196
3. Borowski S, Kucner M, Czyżowska A, Berłowska J. Co-digestion of poultry manure and residues from enzymatic saccharification and dewatering of sugar beet pulp. *Renew Energy*. 2016;99:492-500. doi: 10.1016/j.renene.2016.07.046
4. Buyse J, Janssens K, Van der Geyten S, Van As P, Decuypere E, Darras VM. Pre- and postprandial changes in plasma hormone and metabolite levels and hepatic deiodinase activities in meal-fed broiler chickens. *Br J Nutr*. 2002;88(6):641-653. doi: 10.1079/BJN2002741
5. Classen H. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. *Anim Feed Sci Technol*. 1996;62:21-27

6. Denardin CC, Walter M, da Silva LP, Souto GD, Fagundes CAA. Effect of amylose content of rice varieties on glycemic metabolism and biological responses in rats. *Food Chem.* 2007;105(4):1474-1479. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.05.028
7. Englyst HN, Veenstra J, Hudson GJ. Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential in vitro predictor of the glycaemic response. *Brit J Nutr.* 1996;75(3):327-337. doi: 10.1079/BJN19960137
8. Grosjean F, Bourdillon A, Rudeaux F, Bastianelli D, Peyronnet C, Duc G, Lacassagne L. Feeding value for poultry of isogenic fababeans (*Vicia faba* L.) involving zero-tannin and zero-vicine genes. *Sci Tech Avic.* 2000;32:17-23.
9. Kiarie E, Nyachoti CM. Bioavailability of calcium and phosphorous in feedstuffs for farm animals. In: Vitti DMSS and Kebreab, editors. *Phosphorous and Calcium Utilization and Requirements in Farm Animals.* Wallingford: CAB International; 2010. p. 76-93. doi: 10.1079/9781845936266.0076
10. Kuhla B, Metges CC, Hammon HM. Endogenous and dietary lipids influencing feed intake and energy metabolism of periparturient dairy cows. *Domest Anim Endocrinol.* 2016;56(Suppl):S2-S10. doi: 10.1016/j.domaniend.2015.12.002
11. Lauridsen C, Christensen TB, Halekoh U, Jensen SK. Alternative fat sources to animal fat for pigs. *Lipid Technol.* 2007;19:156-159. doi: 10.1002/lite.200700051
12. Rosebrough RW, McMurtry JP, Vasilatos-Younken R. Dietary fat and protein interactions in the broiler. *Poult Sci.* 1999;78(7):992-998. doi: 10.1093/ps/78.7.992
13. Swennen Q, Decuypere E, Buyse J. Implications of dietary macronutrients for growth and metabolism in broiler chickens. *World Poultry Sci J.* 2007;63(4):541-556. doi: 10.1017/s0043933907001602
14. Swennen Q, Everaert N, Debonne M, Verbaeys I, Careghi C, Tona K, et al. Effect of macronutrient ratio of the pre-starter diet on broiler performance and intermediary metabolism. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 2010;94(3):375-384. doi: 10.1111/j.1439-0396.2009.00918.x
15. Swennen Q, Janssens GP, Decuypere E, Buyse J. Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: energy and protein metabolism and diet-induced thermogenesis. *Poult Sci.* 2004;83(12):1997-2004. doi: 10.1093/ps/83.12.1997
16. Swennen Q, Janssens GP, Millet S, Vansant G, Decuypere E, Buyse J. Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: endocrine functioning and intermediary metabolism. *Poult Sci.* 2005;84(7):1051-1057. doi: 10.1093/ps/84.7.1051
17. Woyengo TA, Beltranena E, Zijlstra RT. Nonruminant Nutrition Symposium: Controlling feed cost by including alternative ingredients into pig diets: a review. *J Anim Sci.* 2014;92(4):1293-1305. doi: 10.2527/jas.2013-7169

References

1. Andreeva LI, Kozhemyakin LA, Kishkun AA. Modification of the method for determining lipid peroxides in the test with thiobarbituric acid. *Laboratory Work.* 1988;11:41-43.
2. Babatunde OO, Park CS, Adeola O. Nutritional potentials of atypical feed ingredients for broiler chickens and pigs. *Animals (Basel).* 2021;11(5):1196. doi: 10.3390/ani11051196
3. Borowski S, Kucner M, Czyżowska A, Berłowska J. Co-digestion of poultry manure and residues from enzymatic saccharification and dewatering of sugar beet pulp. *Renew Energy.* 2016;99:492-500. doi: 10.1016/j.renene.2016.07.046
4. Buyse J, Janssens K, Van der Geyten S, Van As P, Decuypere E, Darras VM. Pre- and post-prandial changes in plasma hormone and metabolite levels and hepatic deiodinase activities in meal-fed broiler chickens. *Br J Nutr.* 2002;88(6):641-653. doi: 10.1079/BJN2002741
5. Classen H. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. *Anim Feed Sci Technol.* 1996;62:21-27

6. Denardin CC, Walter M, da Silva LP, Souto GD, Fagundes CAA. Effect of amylose content of rice varieties on glycemic metabolism and biological responses in rats. *Food Chem.* 2007;105(4):1474-1479. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.05.028
7. Englyst HN, Veenstra J, Hudson GJ. Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential in vitro predictor of the glycaemic response. *Brit J Nutr.* 1996;75(3):327-337. doi: 10.1079/BJN19960137
8. Grosjean F, Bourdillon A, Rudeaux F, Bastianelli D, Peyronnet C, Duc G, Lacassagne L. Feeding value for poultry of isogenic fababeans (*Vicia faba* L.) involving zero-tannin and zero-vicine genes. *Sci Tech Avic.* 2000;32:17-23.
9. Kiarie E, Nyachoti CM. Bioavailability of calcium and phosphorous in feedstuffs for farm animals. In: Vitti DMSS and Kebreab, editors. *Phosphorous and Calcium Utilization and Requirements in Farm Animals.* Wallingford: CAB International; 2010. p. 76-93. doi: 10.1079/9781845936266.0076
10. Kuhla B, Metges CC, Hammon HM. Endogenous and dietary lipids influencing feed intake and energy metabolism of periparturient dairy cows. *Domest Anim Endocrinol.* 2016;56(Suppl):S2-S10. doi: 10.1016/j.domaniend.2015.12.002
11. Lauridsen C, Christensen TB, Halekoh U, Jensen SK. Alternative fat sources to animal fat for pigs. *Lipid Technol.* 2007;19:156-159. doi: 10.1002/lite.200700051
12. Rosebrough RW, McMurtry JP, Vasilatos-Younken R. Dietary fat and protein interactions in the broiler. *Poult Sci.* 1999;78(7):992-998. doi: 10.1093/ps/78.7.992
13. Swennen Q, Decuypere E, Buyse J. Implications of dietary macronutrients for growth and metabolism in broiler chickens. *World Poultry Sci J.* 2007;63(4):541-556. doi: 10.1017/s0043933907001602
14. Swennen Q, Everaert N, Debonne M, Verbaeys I, Careghi C, Tona K, et al. Effect of macronutrient ratio of the pre-starter diet on broiler performance and intermediary metabolism. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 2010;94(3):375-384. doi: 10.1111/j.1439-0396.2009.00918.x
15. Swennen Q, Janssens GP, Decuypere E, Buyse J. Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: energy and protein metabolism and diet-induced thermogenesis. *Poult Sci.* 2004;83(12):1997-2004. doi: 10.1093/ps/83.12.1997
16. Swennen Q, Janssens GP, Millet S, Vansant G, Decuypere E, Buyse J. Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: endocrine functioning and intermediary metabolism. *Poult Sci.* 2005;84(7):1051-1057. doi: 10.1093/ps/84.7.1051
17. Woyengo TA, Beltranena E, Zijlstra RT. Nonruminant Nutrition Symposium: Controlling feed cost by including alternative ingredients into pig diets: a review. *J Anim Sci.* 2014;92(4):1293-1305. doi: 10.2527/jas.2013-7169

Информация об авторах:

Елена Владимировна Шейда, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-922-862-64-02; старший научный сотрудник экспериментально-биологической клиники, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, тел.: 8-922-862-64-02.

Шамиль Гафнуллович Рахматуллин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 89228157225.

Святослав Валерьевич Лебедев, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-912-345-87-38.

Виктория Владимировна Гречкина, кандидат биологических наук, и.о. заведующего лабораторией биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; доцент кафедры незаразных болезней животных, Оренбургский государственный аграрный университет, 460000, ул. Челюскинцев 18, тел. 8-922-877-14-97.

Олег Александрович Завьялов, доктор биологических наук, ведущий 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, тел.: 8(3532)30-81-78.

Алексей Николаевич Фролов, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. заведующего отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-78.

Information about the authors:

Elena V Sheyda, Cand. Sci (Biology), Researcher, Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, 29, 9 Yanvarya St.; Senior Researcher, Experimental Biological Clinic, 460018, Orenburg, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, 8-922-862-64-02.

Shamil G Rakhmatullin, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher Chief Researcher of the Department of Feeding for Farm Animals and Feed Technology named after Leushin SG, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, Russia, 29 9 Yanvarya St., tel.: 89228157225.

Svyatoslav V Lebedev, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, Laboratory Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, 29, 9 Yanvarya St., tel.: 8-912-345-87-38.

Victoria V Grechkina, Cand. Sci (Biology), Acting Head of Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, Russia, 29, 9 Yanvarya St., Associate Professor, Department of Noncommunicable Animal Diseases, Orenburg State Agrarian University, 460014, Orenburg, Russia, 18 Chelyuskintsev, St., tel.: 8-922-877-14-97.

Oleg A Zavyalov, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, Russia, 29, 9 Yanvarya St., tel.: 8(3532)30-81-78.

Alexey N Frolov, Cand. Sci. (Agriculture), Acting Head of Department of Technology for Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, Russia, 29, 9 Yanvarya St., tel.: 8(3532)30-81-78.

Статья поступила в редакцию 13.09.2021; одобрена после рецензирования 15.11.2021; принята к публикации 13.12.2021.

The article was submitted 13.09.2021; approved after reviewing 15.11.2021; accepted for publication 13.12.2021.