

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-976

УДК 636.5.033:636.084.4



Научная статья

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КОРМА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЕЙ НА ФОНЕ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

*Г.К. Дускаев, Б.С. Нуржанов,
Ш.Г. Рахматуллин, К.Н. Атландерова*

Обоснование. В последние годы растительные кормовые добавки привлекают все большее внимание как естественная альтернатива антибиотикам-стимуляторам роста в птицеводстве, которые могут быть включены в корма в сушеном, твердом и измельченном виде или в виде экстрактов. Среди растительных добавок растет интерес к эфирным маслам для использования в кормлении, поскольку было показано, что они обладают гораздо более высокой биологической активностью по сравнению с сырьем, из которого они были извлечены. Коричный альдегид — основной компонент эфирных масел (до 90 %) и кассии (до 75 %), обуславливающий их запах.

Материалы и методы. Объекты исследования: цыплята-бройлеры кросса Arbor Acres, коричный альдегид. Для эксперимента было отобрано 180 голов 7-дневных цыплят-бройлеров, которых методом аналогов разделили на 4 группы ($n = 45$). Контрольная группа (С) получала основной рацион (ОР), I опытная группа (СА-I) (ОР + коричный альдегид 15 мг/кг корма /сут), II опытная группа (СА-II) (ОР + коричный альдегид 30 мг/кг корма /сут), III опытная группа (СА-III) (ОР + коричный альдегид 55 мг/кг корма /сут). Кормление опытной птицы проводилось 2 раза в сутки, учет поедаемости — ежесуточно. Декапитации птицы под нембуталовым эфиром производили на 42-е сут. Послеубойную анатомическую разделку тушек осуществляли по методике ВНИТИП. Гематологические показатели (число и вид лейкоцитов) учитывали на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай). Биохимический анализ сыворотки крови проводили на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 (“Dirui Industrial Co., Ltd”, Китай).

Результаты. Цыплята-бройлеры из СА-III группы на 4,66%, 6,91 и 3,47% больше поедали комбикорма относительно контрольной, СА-I и СА-II групп. В среднем за период эксперимента бройлеры СА-II и СА-III групп имели превосходство над птицей из контрольной группы по среднесуточному приросту живой массы на 4,94 и 8,47%, по абсолютному – на 4,93 и 7,98%. Высокой предубойной живой массой характеризовались бройлеры из опытных групп СА-II и СА-III, так по данному показателю они превосходили группу С на 4,50 и 7,27%.

Заключение. Включение в рацион цыплят-бройлеров коричневого альдегида в количестве 15-55 мг способствовало увеличению поедаемости корма, живой массы, на фоне более низкого расхода корма на прирост 1 кг живой массы и усилению антиоксидантного статуса организма.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры; коричневый альдегид; живая масса; биохимия крови; антиоксидантные показатели; белые клетки крови

Для цитирования. Дускаев Г.К., Нуржанов Б.С., Рахматуллин Ш.Г., Атландерова К.Н. Результаты оценки эффективности потребления корма сельскохозяйственной птицей на фоне природных растительных веществ // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, №5. С. 80-94. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-976

Original article

RESULTS OF ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF FEED CONSUMPTION BY FARM POULTRY AGAINST THE BACKGROUND OF NATURAL PLANT SUBSTANCES

**G.K. Duskaev, B.S. Nurzhanov,
S.G. Rakhmatullin, K.N. Atlanderova**

Background. In recent years, plant feed additives have received increasing attention as a natural alternative to antibiotic growth promoters in poultry production, which can be included in feed in dried, solid and ground form or as extracts. Among herbal supplements, there is growing interest in essential oils for use in nutrition as they have been shown to have much higher biological activity compared to the raw materials from which they were extracted. Cinnamaldehyde is the main component of essential oils (up to 90%) and cassia (up to 75%), which determines their smell.

Materials and methods. *Objects of study: Arbor Acres cross broiler chickens, cinnamaldehyde. For the experiment, 180 heads of 7-day-old broiler chickens were selected, which were divided into 4 groups using the analogue method (n = 45). Control group (C) received the basic diet (BR), experimental group I (CA-I) (RR + cinnamaldehyde 15 mg/kg feed/day), experimental group II (CA-II) (RR + cinnamaldehyde 30 mg/day kg of feed/day), III experimental group (CA-III) (OR + cinnamaldehyde 55 mg/kg of feed/day). Feeding of the experimental birds was carried out 2 times a day, and food intake was recorded daily. Birds were decapitated under nembutal ether on the 42nd day. Post-mortem anatomical cutting of carcasses 7 was carried out according to the VNITIP method. Hematological parameters (number and type of leukocytes) were taken into account using an automatic hematological analyzer URIT-2900 Vet Plus (URIT Medical Electronic Group Co., Ltd, China). Biochemical analysis of blood serum was performed on an automatic biochemical analyzer CS-T240 (Dirui Industrial Co., Ltd, China).*

Results. *Broiler chickens from the CA-III group ate feed by 4.66%, 6.91 and 3.47% more relative to the control, CA-I and CA-II groups. On average, during the experimental period, broilers of the CA-II and CA-III groups had superiority over birds from the control group in terms of average daily live weight gain by 4.94 and 8.47%, and in absolute terms - by 4.93 and 7.98%. Broilers from experimental groups CA-II and CA-III were characterized by high pre-slaughter live weight, so in this indicator they exceeded group C by 4.50 and 7.27%.*

Conclusion. *Inclusion of cinnamaldehyde in the diet of broiler chickens in an amount of 15-55 mg contributed to an increase in feed palatability and live weight, against the background of lower feed consumption per 1 kg of live weight gain and an increase in the antioxidant status of the body.*

Keywords: *broiler chickens; cinnamaldehyde; live weight; blood biochemistry; antioxidant indicators; white blood cells*

For citation. *Duskaev G.K., Nurzhanov B.S., Rakhmatullin S.G., Atlanderova K.N. Results of Assessment of the Efficiency of Feed Consumption by Farm Poultry Against the Background of Natural Plant Substances. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 5, pp. 80-94. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-5-976*

Введение

Птицеводство постоянно сталкивается с необходимостью разработки стратегий управления, позволяющих оптимизировать продуктивность цыплят при одновременном соблюдении требований безопасности пищевых продуктов. Традиционно противомикробные препараты широко исполь-

зовались для улучшения здоровья и показателей роста домашней птицы, однако повышенная осведомленность общественности о риске развития перекрестной устойчивости патогенов к антибиотикам привела к постепенному отказу от антибиотиков для терапевтического и профилактического применения у животных и птиц [19, с. 2-3]. В связи с чем растительные кормовые добавки, также известные в народе как фитобиотики или растительные компоненты, вызывают все больший интерес как экономически эффективные органические соединения с доказанным положительным воздействием на здоровье кишечника цыплят-бройлеров [24, с. 180-181; 22, с. 4169]. В последние годы растительные кормовые добавки привлекают все большее внимание как естественная альтернатива антибиотикам-стимуляторам роста в птицеводстве, которые могут быть включены в корма в сухом, твердом и измельченном виде или в виде экстрактов [11, с. 31]. Среди растительных добавок растет интерес к эфирным маслам для использования в кормлении, поскольку было показано, что они обладают гораздо более высокой биологической активностью по сравнению с сырьем, из которого они были извлечены [21, с. 3]. Эфирные масла рассматриваются в качестве стимуляторов роста в рационах домашней птицы с сильной антимикробной и антикокцидиальной активностью [23, с. 53; 24, с. 179; 7, с. 540].

Хотя положительный эффект многих разработанных растительных кормовых добавок был хорошо продемонстрирован в разных исследованиях [14, с. 68-69; 9, с. 2486-2487], общее мнение таково, что их дозы внесения сильно колеблются, и результаты сильно различаются. Кроме того, необходимо более четко определить механизм их действия, оптимальные комбинации соединений, что приведет к максимизации показателей и поддержанию продуктивности животных, при сокращении использования антибиотиков в животноводстве.

Цель исследования – изучить влияние различных доз коричного альдегида на эффективность потребления корма сельскохозяйственной птицей и основные производственные показатели.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в виварии центра коллективного пользования (ЦКП) с использованием научного оборудования ФНЦ БСТ РАН, период проведения февраль – август 2022 года. Объекты исследования: цыплята-бройлеры кросса Arbor Acres, коричный альдегид. В предыдущих исследованиях [8, с. 3] нами было установлено, что это вещество, вторичный метаболит растений, обладает антибактериальными и анти-QS качествами.

Для эксперимента было отобрано 180 голов 7-дневных цыплят-бройлеров, которых методом аналогов разделили на 4 группы ($n = 45$). Контрольная группа (С) получала основной рацион (ОР), I опытная группа (СА-I) (ОР + коричневый альдегид 15 мг/кг корма /сут), II опытная группа (СА-II) (ОР + коричневый альдегид 30 мг/кг корма /сут), III опытная группа (СА-III) (ОР + коричневый альдегид 55 мг/кг корма /сут). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания. Формирование общих рационов (ОР) для подопытной птицы в ходе исследований проводилось с учетом рекомендаций ВНИТИП [10, с.14]. Кормление опытной птицы проводилось 2 раза в сутки, учет поедаемости – ежесуточно. Декапитации птицы под нембуталовым эфиром производили на 42-е сут. Послеубойную анатомическую разделку тушек осуществляли по методике ВНИТИП [10, с. 25].

Образы крови для гематологических исследований отбирали в вакуумные пробирки с антикоагулянтом (EDTA-K3), для биохимических исследований – в вакуумные пробирки с активатором свертывания (тромбин). Гематологические показатели (число и вид лейкоцитов) учитывали на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай). Биохимический анализ сыворотки крови проводили на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 (“Dirui Industrial Co., Ltd”, Китай).

Статистическую обработку проводили с помощью программы IBM «SPSS Statistics Version 20», рассчитывая среднюю величину (M), среднеквадратичное отклонение (σ), ошибку стандартного отклонения (m). Уровень значимости считали достоверным при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования

Цыплята-бройлеры сравниваемых групп существенно отличались по живой массе за период выращивания (таблица 1).

Таблица 1.

Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г

Период эксперимента	Группа			
	С	СА-I	СА-II	СА-III
Начало эксперимента	261,60±7,9	261,60±13,1	261,60±13,4	261,60±10,7
1 нед	580,40±17,8	592,80±24,0	602,00±27,3	605,60±17,4
2 нед	1135,60±15,8	1175,20±67,7	1186,80±74,7	1125,60±35,5
3 нед	1902,40±18,9	1950,60±125,9	1938,00±122,0	1867,20±76,3
4 нед	2519,60±101,8	2384,80±190,1	2631,60±129,2	2590,40±142,7
5 нед	2974,80±122,8	2928,00±170,1	3108,80±154,1	3191,33±53,1*

В начале опыта живая масса птиц изучаемых групп была равная, но уже в первую неделю исследования птица, поедающая с основным рационом коричневый альдегид, превосходила контрольный молодняк по живой массе на 2,13-4,34%. На четвертую неделю эксперимента наименьшую живую массу имели бройлеры из группы СА-I, так по данному показателю они уступали контролю на 5,65%, группе СА-II на 10,34% и группе СА-III на 8,62%.

В конце эксперимента молодняк группы СА-III, получавший с основным рационом коричневый альдегид в количестве 55 мг по живой массе, достоверно превосходил аналогов из контроля, I и II групп на 6,78% ($p \leq 0,05$), 8,25 и 2,58%.

В среднем за период эксперимента бройлеры СА-II и СА-III групп имели превосходство над птицей из контрольной группы по среднесуточному приросту живой массы на 4,94 и 8,47%, по абсолютному – на 4,93 и 7,98% (таблица 2).

Таблица 2.

Продуктивность и расход корма цыплят-бройлеров за период опыта

Группа	Среднесуточный прирост за 5 недель, г	Абсолютный прирост, г	Расход корма на прирост 1 кг живой массы, кг
С	77,52±6,3	2713,20±222,8	1,82
СА-I	75,78±4,4	2666,40±170,1	1,81
СА-II	81,35±4,2	2847,20±147,9	1,75
СА-III	84,09±1,3	2929,73±53,1	1,77

Меньше всего расходовали комбикорма на 1 кг прироста живой массы птица из групп СА-II и СА-III на 3,84 и 2,74% по сравнению с группой С.

Цыплята-бройлеры из СА-III группы на 4,66%, 6,91 и 3,47% больше поедали комбикорма относительно контрольной, СА-I и СА-II групп (таблица 3).

Таблица 3.

Основные производственные показатели

Показатель	Группа			
	С	СА-I	СА-II	СА-III
Поедаемость корма, г	4933,40±405,1	4816,60±307,3	4994,60±259,5	5174,60±93,8
Сохранность поголовья, %	96	98	98	97
ЕРЕФ (Европейский индекс продуктивности)	409,30±33,29	410,90±24,18	461,70±23,05*	460,15±7,02*

Лучшая сохранность поголовья была отмечена в опытных группах и варьировала в пределах 1-2% по сравнению с контролем. Наибольшее значение Европейского индекса продуктивности наблюдали у птицы из СА-II и СА-III по сравнению с группой С на 12,8 и 12,42%.

Анализ биохимического состава сыворотки крови цыплят-бройлеров, показал, что в группе СА-III были наиболее высокие значения общего белка на 31,70 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с группой контроля (таблица 4).

Таблица 4.

Биохимические показатели сыворотки крови цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	С	СА-I	СА-II	СА-III
Общий белок, г/л	31,64±1,65	29,24±1,78	33,52±2,18	41,67±1,79*
Альбумин, г/л	15,00±0,41	16,25±0,75	15,25±0,85	16,25±1,25
Глюкоза, ммоль/л	11,09±0,68	7,66±0,87*	10,52±0,37	9,93±0,67
АСТ, Ед/л	279,23±22,94	205,83±29,83	294,93±20,67	276,55±16,35
АЛТ, Ед/л	35,40±1,95	26,15±3,08*	43,05±1,02*	50,15±1,33*
Креатинин, мкмоль/л	20,80±1,12	25,28±2,16	22,93±1,78	27,65±2,42*
Билирубин общий, мкмоль/л	1,17±0,17	1,40±0,13	1,08±0,10	2,27±0,11**
Триглицериды, ммоль/л	0,14±0,01	0,22±0,02**	0,19±0,04	0,22±0,01**
Холестерин, ммоль/л	2,93±0,09	2,65±0,23	2,94±0,21	2,76±0,29
Мочевина, ммоль/л	0,38±0,13	1,90±0,29**	2,18±0,36**	3,33±0,41**
Мочевая кислота, мкмоль/л	112,60±16,75	191,60±11,92	191,35±10,50**	143,40±19,16
Кальций, мкмоль/л	2,62±0,11	3,12±0,10*	2,46±0,17	3,72±0,13*
Железо, мкмоль/л	19,00±1,38	26,55±2,72*	26,33±2,12*	17,55±0,82
Фосфор, ммоль/л	1,25±0,11	1,00±0,07	1,15±0,09	1,38±0,17
Магний, ммоль/л	0,79±0,04	0,95±0,06	0,95±0,15	0,83±0,04

Также у птицы из группы СА-I и СА-III наблюдалось повышение в крови альбумина на 8,33 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Содержание аланинаминотрансферазы увеличилось во СА-II и СА-III группах на 21,61% ($p \leq 0,05$) и 41,66 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с группой С. Наибольшая концентрация АСТ отмечена в группе СА-II, так по изучаемому параметру они преобладали над контролем на 5,62%.

Бройлеры группы С достоверно уступали аналогам из СА-I и СА-III групп по содержанию в крови общего билирубина на 19,6 и 94,01% ($p \leq 0,01$), триглицерида – на 57,14% ($p \leq 0,01$). По содержанию в крови мочевины контрольная группа уступала опытным бройлерами соответственно на 1,52 ммоль/л, 1,8 и 2,95 ммоль/л.

Содержание железа повышалось в группах с минимальной и средней дозой введения коричневого альдегида на 39,73 и 38,57 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с группой контроля. Птица из группы СА-I и СА-III по количеству кальция в крови превосходила контрольных цыплят на 19,08 и 41,98%.

Бройлеры контрольной (С) группы по накоплению в крови нейтрофилов существенно уступали аналогам из опытных групп на 63,7%, 98,15 ($p \leq 0,01$) и 58,65% ($p \leq 0,05$) (таблица 5).

Таблица 5.

Изменения белых клеток крови цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	С	СА-I	СА-II	СА-III
Лейкоциты, 10^9 кл/л	45,62±2,05	42,36±5,72	50,17±5,87	44,58±4,12
Нейтрофилы NEU, 10^9 кл/л	12,48±1,36	20,43±5,65	24,73±2,98 **	19,80±2,06*
Лимфоциты, 10^9 кл/л	24,28±0,44	15,42±2,49*	20,13±3,70	22,10±5,88
Моноциты, 10^9 кл/л	0,42±0,03	0,50±0,18	0,56±0,15	0,41±0,17
Эозинофилы, 10^9 кл/л	2,88±0,09	5,62±2,34	4,47±1,11	2,07±0,63
Базофилы, 10^9 кл/л	0,23±0,04	0,31±0,15	0,21±0,04	0,10±0,02*

При этом наибольшее количество лейкоцитов было обнаружено в крови группы СА-II, что на 9,97% выше контрольных значений. Установлено снижение концентрации лимфоцитов в группе СА-I на 36,49% ($p \leq 0,05$) и увеличение базофилов на 34,78% относительно контроля.

При скармливании коричневого альдегида показатель малоновый диальдегид в крови птицы из опытных групп СА-I – СА-III был выше, чем в группе С на 35,52% ($p \leq 0,01$), 26,31 ($p \leq 0,05$) и 52,63% ($p \leq 0,01$) соответственно (таблица 6).

Таблица 6.

Антиоксидантные показатели крови цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	С	СА-I	СА-II	СА-III
Малоновый диальдегид, мкМоль/л	0,76±0,04	1,03±0,04**	0,96±0,04*	1,16±0,03**
Супероксиддисмутаза, %	54,58±3,62	50,43±3,72	55,05±3,60	50,98±1,93
Каталаза, мкМоль H ₂ O ₂ л/мин	51,20±3,67	71,95±3,37**	54,18±0,66*	52,35±3,03

Высокие показатели активности каталазы были отмечены в крови бройлеров из опытных групп, так по данному показателю они превосходили сверстников из группы С на 40,52% ($p \leq 0,01$), 5,82 ($p \leq 0,05$) и 2,24%.

Обсуждение

Коричный альдегид – основной компонент эфирных масел (до 90 %) и кассии (до 75 %), обуславливающий их запах. Он имеет слабую токсичность и подтвержденную эффективность в экспериментах на более чем 40 разнообразных видов зерновых культур, что позволяет использовать в агропромышленном комплексе [1, с. 26].

Зарубежными учеными было проведено несколько исследований с использованием трав, специй и эфирных масел (коричный альдегид), которые продемонстрировали противоречивые результаты в отношении продуктивности цыплят. Хотя в большинстве случаев исследования показали, что растительные кормовые добавки оказывают положительное влияние на прирост массы тела и коэффициент конверсии корма у цыплят [16, с. 132; 25, с. 2163]. В нашем опыте были получены схожие данные, так бройлеры СА-II и СА-III групп, получавшие с основным рационом коричный альдегид имели превосходство над птицей из С группы по приросту живой массы за сутки на 4,94 и 8,47%, по абсолютному – на 4,93 и 7,98%. Добавки с эфирными маслами значительно улучшали прибавку в весе в обеих рационах, но улучшения были больше в диете с дробленой пшеницей, на что указывает значительное взаимодействие формы пшеницы и эфирных масел [4, с. 130].

Возможным механизмом, стоящим за этими положительными эффектами, является способность растительных добавок, таких как коричный альдегид, увеличивать секрецию эндогенных пищеварительных ферментов, что приводит к улучшению переваривания питательных веществ и, следовательно, к повышению продуктивности [2, с. 2520]. В эксперименте было установлено, что введение максимального количества альдегида птице из СА-III группы способствовало повышению поедаемости комбикорма относительно контрольной, СА-I и СА-II групп соответственно на 4,66%, 6,91 и 3,47%. Аналогичные результаты были получены Amad A.A. et al., которые сообщали, что растительные кормовые добавки улучшают перевариваемость питательных веществ в подвздошной кишке в возрасте 21, 35 и 42 дней [18, с. 214; 3, с. 1228].

Биохимические параметры крови находились в рамках ожидаемого диапазона, и признаков токсичности не наблюдалось. Case G.L. et al., Ronchi A. et al, было доказано, что у птиц, которых кормили эфирными маслами, снижалась концентрация холестерина в сыворотке крови и что гипохолестеринемический эффект был обусловлен содержащимися в маслах соединениями, которые обладают способностью ингибировать активность 3-гидрокси-3-метилглутарилкоэнзим-редуктазы печени, ключевого регу-

лирующего фермента в синтезе холестерина [20, с. 358; 21, с. 135-136]. В нашем исследовании также наблюдалось снижение количества холестерина на 5,80-9,55% относительно контрольной группы.

Антиоксидантную стабильность организма цыплят можно улучшить с помощью эфирных масел. Karadas F et al., Bravo D et al. скармливали бройлерам Ross 308 смесь карвакрола, коричневого альдегида и живицы из стручкового перца и обнаружили значительное увеличение концентрации в печени каротиноидов и коэнзима Q10 в возрасте 21 года. Они установили, что эфирные масла могут усиливать иммунные реакции [15, с. 133; 5, с. 1534]. Добавление эфирных масел улучшало уровень пролиферации лимфоцитов в сыворотке крови, уровень иммуноглобулинов (Ig) G, IgA, IgM, C3 и C4 у поросят. Halas V. et al. иностранные ученые пришли к выводу, что добавление эфирных масел поросётам-отъемышам и птице усиливает как неспецифический клеточный, так и гуморальный иммунный ответ [12, с. 280; 13, с. 183]. Общая антиоксидантная способность плазмы крови была значительно усилена при введении эфирных масел растений по линейной схеме. В частности, скармливание растительной добавкой в количестве 150 мг / кг корма показала повышение каталазы плазмы на 20% по сравнению с контролем [17, с. 118]. Улучшение антиоксидантного статуса также может быть результатом индукции активности антиоксидантных ферментов, однако это требует специального изучения.

Заключение

1. Введение в рацион цыплят-бройлеров коричневого альдегида в дозе 55 мг/кг корма /сут содействовало росту живой массы (на 6,78%, $p \leq 0,05$) цыплят-бройлеров, потреблению корма (на 4,66%), съедобной части туши (на 8,40 % ($p \leq 0,05$), на фоне небольшого расхода корма на прирост 1 кг живой массы (на 2,74%) в сравнении с контрольной группой.

2. Внесение изучаемой добавки в максимальной дозе в основной рацион бройлеров способствовало повышению в крови общего белка на 31,70 % ($p \leq 0,05$), аланинаминотрансферазы на 41,66 % ($p \leq 0,05$), триглицерида – на 57,14% ($p \leq 0,01$), на фоне снижения нейтрофилов на 58,65% ($p \leq 0,05$), лимфоцитов на 4,11% относительно контроля.

3. Уровень антиоксидантов в организме цыплят-бройлеров повысился, что привело к снижению активности супероксиддисмутазы и уровня малонового диальдегида в сыворотке крови у групп СА-I и СА-III. Одновременно с этим наблюдалось увеличение активности каталазы на 40,91 и 2,24%, по сравнению с контрольной группой.

Заключение комитета по этике. Содержание птицы и процедуры при выполнении экспериментов соответствовали требованиям инструкций и рекомендациям российского регламента (Приказ МЗ СССР № 755 от 12.08.1977) и The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). Были предприняты все усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить число используемых образцов.

Информированное согласие. Не применимо

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-00036, <https://rscf.ru/project/22-16-00036/>

Список литературы / References

1. Восканян О.С. Использование эфирных масел для профилактики микозов / О.С. Восканян, А.В. Морозова, Т.В. Петришина // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 55(4). С. 25-27. <https://doi.org/10.18411/lj-10-2019-59> [Voskanyan O.S. Use of essential oils for the prevention of mycoses / O.S. Voskanyan, A.V. Morozova, T.V. Petrishina. *Trends in the development of science and education*, 2019, no. 55(4), pp. 25-27. <https://doi.org/10.18411/lj-10-2019-59>]
2. Abdel-Wareth A.A.A., Lohakare J.D. Productive performance, egg quality, nutrients digestibility, and physiological response of bovans brown hens fed various dietary inclusion levels of peppermint oil. *Anim. Feed Sci. Technol*, 2020, vol. 267, pp. 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114554>
3. Amad A.A., Manner K., Wendler K.R., Neumann K., Zentek J. Effects of a phytogetic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 2011, vol. 90, pp. 2811-2816. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01515>
4. Amerah A.M., Péron A., Zaefarian F., Ravindran V. Influence of whole wheat inclusion and a blend of essential oils on the performance, nutrient utilisation, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science*, 2011, vol. 52, pp. 124–132. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.548791>
5. Bravo D., Pirgozliev V., Rose S.P. A mixture of carvacrol, cinnamaldehyde, and capsicum oleoresin improves energy utilization and growth performance of broiler chickens fed maize-based diet. *Journal of Animal Science*, 2014, vol. 92, pp. 1531–1536. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6244>

6. Case G.L., He L., Mo H., Elson C.E. Induction of geranyl pyrophosphate pyrophosphatase activity by cholesterol-suppressive isoprenoids. *Lipids*, 1995, vol. 30, pp. 357-359. <https://doi.org/10.1007/BF02536045>
7. Chalghoumi R, Belgacem A, Trabelsi I, Bouatour Y and Bergaoui R. Effect of dietary supplementation with probiotic or essential oils on growth performance of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 2013, vol. 12, pp. 538–544. <https://doi.org/10.3923/ijps.2013.538.544>
8. Deryabin D., Inchagova K., Rusakova E., & Duskaev G. Coumarin's anti-quorum sensing activity can be enhanced when combined with other plant-derived small molecules. *Molecules*, 2021, vol. 26(1). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26010208>
9. Duskaev G., Rakhmatullin S., Kvan O. Effects of *Bacillus cereus* and coumarin on growth performance, blood biochemical parameters, and meat quality in broilers. *Veterinary World*, 2020, vol. 13(11), pp. 2484-2492. <https://doi.org/10.14202/VETWORLD.2020.2484-2492>
10. Fisinin V.I., Egorov I.A., Lenkova T.N., Okolelova T.M., Ignatova G.V., Shevyakov A.N. et al. Methodical instructions on optimization of recipes for mixed fodders for agricultural poultry. M., 2009, 45 p.
11. Gadde U., Kim W.H., Oh S.T., Lillehoj H.S. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: A review. *Anim. Health Res. Rev.*, 2017, vol. 18, pp. 26–45. <https://doi.org/10.1017/S1466252316000207>
12. Halas V., Nochtá I., Pásti Z., Szabó C., Tóthi R., Tossenberger J., et al. Cellular immune response of weaned pigs fed diet supplemented with an essential oil. *Agric Conspec Sci.*, 2011, vol. 76, pp. 279-282. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.005>
13. Hengxiao Zhai, Hong Liu, Shikui Wanga, Jinlong Wua, Anna-Maria Kluenterb Potential of essential oils for poultry and pigs. *Animal Nutrition*, 2018, vol. 4, issue 2, pp. 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.005>
14. Inchagova K.S., Duskaev G.K., Deryabin D.G. Quorum sensing inhibition in chromobacterium violaceum by amikacin combination with activated charcoal or small plant-derived molecules (pyrogallol and coumarin). *Microbiology*, 2019, vol. 88(1), pp. 63-71. <https://doi.org/10.1134/S0026261719010132>
15. Karadas F., Pirgozliev V., Rose S.P., Dimitrov D., Oduguwa O., Bravo D. Dietary essential oils improve the hepatic antioxidative status of broiler chickens. *British Poultry Science*, 2014, vol. 55, pp. 329–334. <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.891098>
16. Khattak F., Ronchi A., Castelli P., Sparks N. Effects of natural blend of essential oil on growth performance, blood biochemistry, cecal morphology, and carcass

- quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 2014, vol. 93, pp. 132–137. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03387>
17. Paraskeuas V., Fegeros K., Palamidi I., Hunger C., Mountzouris K.C. Growth performance, nutrient digestibility, antioxidant capacity, blood biochemical biomarkers and cytokines expression in broiler chickens fed different phytogetic levels. *Anim. Nutr.*, 2017, no. 3, pp. 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.01.005>
 18. Pirgozliev V., Bravo D., Mirza M.W., Rose S.P. Growth performance and endogenous losses of broilers fed wheat-based diets with and without essential oils and xylanase supplementation. *Poultry Science*, 2015, vol. 94, pp. 1227–1232. <https://doi.org/10.3382/ps/peu017>
 19. Ricke S.C., Dittoe D.K., Richardson K.E. Formic acid as an antimicrobial for poultry production: A review. *Front. Vet. Sci.*, 2020, no. 7, pp. 1–13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00563>
 20. Ronchi A., Castelli P., Sparks N. Effects of natural blend of essential oil on growth performance, blood biochemistry, cecal morphology, and carcass quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 2014, vol. 93, pp. 132–137. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03387>
 21. Van Der Klis, J. D., and E. Vinyeta-Punti. The potential of phytogetic feed additives in pigs and poultry. *Proceedings of 18th Congress of the European Society of Veterinary & Comparative Nutrition, At Utrecht, Netherlands, 2014*, vol. 18. <https://doi.org/10.13140/2.1.3111.3602>
 22. Yausheva E., Kosyan D., Duskaev G., Kvan O., Rakhmatullin S. Evaluation of the impact of plant extracts in different concentrations on the ecosystem of broilers' intestine. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 2019, vol. 9, pp. 4168–4171. <https://doi.org/10.33263/BRIAC94.168171>
 23. Yitbarek M.B. Phytogetics as feed additives in poultry production: A review. *Int. J. Extensive Res.*, 2015, no. 3, pp. 49–60.
 24. Zhai H., Liu H., Wang S., Wu J., Kluentner A.M. Potential of essential oils for poultry and pigs. *Anim. Nutr.*, 2018, no. 4, pp. 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.005>
 25. Zhang Y., Gong J., Yu H., Guo Q., Defelice C., Hernandez M., et al. Alginate-whey protein dry powder optimized for target delivery of essential oils to the intestine of chickens. *Poult Sci.*, 2014, vol. 93, pp. 2514–2525. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.311>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Дускаев Галимжан Калиханович, доктор биологических наук, профессор РАН, первый заместитель директора

*ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
gduskaev@mail.ru*

Нуржанов Баер Серекпаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
*ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
baer.nurzhanov@mail.ru*

Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
*ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
shahm2005@rambler.ru*

Атландерова Ксения Николаевна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, специалист Испытательного центра ЦКП
*ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
atlander-kn@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Galimzhan K. Duskaev, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, First Deputy Director
*Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
29, 9 January Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
gduskaev@mail.ru
SPIN-code: 7297-3319
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>
Researcher ID: N-4454-2014
Scopus Author ID: 56192764700*

Baer S. Nurzhanov, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher
*Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences*
29, 9 January Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
baer.nurzhanov@mail.ru
SPIN-code: 2532-5211
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3240-6112>
Researcher ID: ADY-8495-2022
Scopus Author ID: 57200915613

Shamil G. Rakhmatullin, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
*Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences*
29, 9 January Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
shahm2005@rambler.ru
SPIN-code: 9510-6646
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>
Researcher ID: I-9707-2014
Scopus Author ID: 57202292965

Ksenia N. Atlanderova, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher,
Specialist of the Testing Center of the Center for Shared Use
*Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences*
29, 9 January Str., Orenburg, 460000, Russian Federation
atlander-kn@mail.ru
SPIN-code: 9463-1130
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3977-4831>
Researcher ID: AAD-1680-2021
Scopus Author ID: 57212198216

Поступила 28.02.2024

После рецензирования 05.04.2024

Принята 12.04.2024

Received 28.02.2024

Revised 05.04.2024

Accepted 12.04.2024