

Курилкина М.Я., ✉
Рахматуллин Ш.Г.,
Дускаев Г.К.

Федеральный научный центр
биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук, Оренбург,
Российская Федерация

✉ K_marina4@mail.ru

Поступила в редакцию:
05.07.2022

Одобрена после рецензирования:
28.08.2022

Принята к публикации:
16.09.2022

Kurilkina M.Ya., ✉
Rakhmatullin Sh.G.,
Duskaev G.K.

Federal Research Centre of Biological
Systems and Agrotechnologies of the Russian
Academy of Sciences, Orenburg, Russian
Federation

✉ K_marina4@mail.ru

Received by the editorial office:
05.07.2022

Accepted in revised:
28.08.2022

Accepted for publication:
16.09.2022

Влияние добавок гамма-окталактона на содержание химических элементов в мышцах и печени цыплят-бройлеров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В последние годы на рынке появилось большое количество новых растительных препаратов, в числе которых гамма-окталактон. Это соединение естественного природного происхождения, выделенное из экстракта листьев эвкалипта (*Eucalyptus viminalis*). Данное соединение обладает широким спектром терапевтических свойств, что связано с его противовоспалительным, антисептическим действием; способствует стимулированию аппетита, повышению секреции пищеварительных ферментов и росту производственных показателей у животных.

Материалы и методы. В работе изучены особенности накопления химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров при включении в состав рациона соединения гамма-окталактона. Исследования были проведены на цыплятах-бройлерах кросса «Арбор-Айкрес» в возрасте 7–42 дней. Согласно схеме эксперимента, в рацион цыплят 1-й, 2-й и 3-й опытных групп дополнительно вводили гамма-окталактон в дозах 0,05; 0,1 и 0,2 мл/кг ж.м./сут. Элементный состав биосубстратов был изучен с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии.

Результаты. Установлено, что добавление гамма-окталактона способствовало перераспределению химических элементов в тканях тела подопытной птицы. В частности, бройлеры опытной группы, получавшие гамма-окталактон в дозе 0,05 мл/кг ж.м./сут. имели более высокие значения концентраций В, Со, Ni, Se, V, Zn в грудных мышцах. Анализ концентраций основных эссенциальных элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров показал, что скармливание гамма-окталактона в дозировке 0,05 мл/кг ж.м./сут. сопровождалось достоверным увеличением содержания Ca, Na, Fe, Si и Zn и снижением уровней Cr, Cu и Ni относительно особой контрольной группы. Также было отмечено достоверное увеличение концентраций Cu, Fe, Se, Zn, Mg, P в печени цыплят опытной группы, получавших в составе рациона гамма-окталактон в дозировке 0,1 мл/кг ж.м./сут., на фоне снижения концентраций Si и Na.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, экстракт листьев *Eucalyptus viminalis*, гамма-окталактон, химические элементы, печень, грудные мышцы, бедренные мышцы

Для цитирования: Курилкина М.Я., Рахматуллин Ш.Г., Дускаев Г.К. Влияние добавок гамма-окталактона на содержание химических элементов в мышцах и печени цыплят-бройлеров. Аграрная наука. 2022; 362 (9): 42–46. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-42-46>
© Курилкина М.Я., Рахматуллин Ш.Г., Дускаев Г.К.

The effect of gamma-octalactone supplementation on the content of chemical elements in the muscles and liver of broiler chickens

ABSTRACT

Relevance. In recent years, a large number of new herbal preparations have appeared on the market, including gamma-octalactone. It is a naturally occurring compound isolated from *Eucalyptus viminalis* leaf extract. This compound has a wide range of therapeutic properties, which is associated with its anti-inflammatory, antiseptic effect, stimulates appetite, increases the secretion of digestive enzymes and increases performance in animals.

Materials and methods. The paper studied the features of the accumulation of chemical elements in the body tissues of broiler chickens when the compound gamma-octalactone was included in the diet. The studies were carried out on broiler chickens of the Arbor Acres cross at the age of 7–42 days. According to the scheme of the experiment, in the diet of chickens of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups was added gamma-octalactone at a dosages of 0.05, 0.1 and 0.2 ml/kg of b.w./day. The elemental composition of biosubstrates was studied using atomic emission and mass spectrometry.

Results. It was found that the addition of gamma-octalactone contributed to the redistribution of chemical elements in the body tissues of the experimental poultry. In particular, the broilers of the experimental group that received gamma-octalactone at a dosage of 0.05 ml/kg of b.w./day had higher concentrations of B, Co, Ni, Se, V, Zn in the pectoral muscles. An analysis of the concentrations of the main essential elements in the thigh muscles of broiler chickens showed that feeding gamma-octalactone at a dosage of 0.05 ml/kg of b.w./day was accompanied by a significant increase in the content of Ca, Na, Fe, Si and Zn and a decrease in the levels of Cr, Cu and Ni relative to poultry of the control group. There was also a significant increase in the concentrations of Cu, Fe, Se, Zn, Mg, P in the liver of chickens of the experimental group, who received gamma-octalactone in the diet at a dosage of 0.1 ml/kg of l.w./day, against the background of a decrease in the concentrations of Si and Na.

Key words: broiler chickens, feeding, extract *Eucalyptus viminalis*, gamma-octalactone, chemical elements, liver, pectoral muscles, femoral muscles

For citation: Kurilkina M.Ya., Rakhmatullin Sh.G., Duskaev G.K. The effect of gamma-octalactone supplementation on the content of chemical elements in the muscles and liver of broiler chickens. Agrarian science. 2022; 362 (9): 42–46. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-42-46> (In Russian).

© Kurilkina M.Ya., Rakhmatullin Sh.G., Duskaev G.K.

Введение / Introduction

Важной группой веществ, относящихся к незаменимым факторам питания и оказывающих влияние на качество и пищевую ценность мяса и изделий из него, являются минеральные вещества, которые обязательно должны поступать в организм с пищей. В связи с этим приобретают актуальность исследования, направленные на оптимизацию минерального состава мяса за счет введения в рацион сельскохозяйственных животных и птицы различных кормовых добавок, в том числе растительных экстрактов. Растительные экстракты применяются в качестве альтернативы химически синтезированным бактерицидам прямого действия и содержат набор фитохимических веществ, обладающих потенциалом для борьбы с микробными заболеваниями. В основном это связано со спектром вторичных метаболитов, присутствующих в экстрактах, которые включают фенольные соединения, хиноны, флавоноиды, алкалоиды, терпеноиды и полиацетилены [1–3].

Интересным в данном направлении является изучение лекарственного растения эвкалипт, которое является одним из наиболее широко выращиваемых растений в мире, и в том числе на территории Российской Федерации, что позволяет рассматривать его в качестве потенциального источника получения природных соединений. Однако биологическое действие активных соединений из различных вегетативных частей данного растения пока мало изучена. Одним из таких соединений является гамма-окталактон — это биологически активное вещество, выделенное из экстракта листьев эвкалипта *Eucalyptus viminalis*. Данное соединение обладает противовоспалительным, антисептическим действием, способствует стимулированию аппетита, повышению секреции пищеварительных ферментов и производственных показателей у животных. В соответствии с заключением Европейского агентства по безопасности продуктов питания, данное соединение признано нетоксичным, не имеет выраженных побочных эффектов, способных осложнить его практическое применение. Возможно также использование данного соединения в составе композиций с другими веществами, в том числе позитивно модифицирующими (повышающими биодоступность, увеличивающими сроки действия и т.д.) проявления его биологической активности [4].

Вместе с тем, несмотря на очевидную перспективность применения растительных экстрактов в мероприятиях по повышению продуктивности и качественных характеристик мяса сельскохозяйственной птицы, данный вопрос практически не изучен. Лишь в отдельных исследованиях были получены результаты, демонстрирующие положительное влияние дополнительного включения экстрактов растений на минеральный состав мяса птицы. Так, было установлено, что добавление эфирного экстракта *Boswellia serrata* в рацион цыплят-бройлеров способствовало увеличению содержания Ca и снижению уровней Cu и Zn в мышцах голени и печени [5]. В более ранних публикациях приводятся данные о значительном влиянии растительных экстрактов на иммунный статус, продуктивные качества сельскохозяйственной птицы [6–12].

В связи с этим целью настоящего исследования являлась оценка влияния скармливания фитохимического вещества гамма-окталактона, выделенного из растительного экстракта *Eucalyptus viminalis*, на минеральный состав съедобных частей тела цыплят-бройлеров.

Материал и методы исследования / Materials and method

Объектом исследования служили 7-суточные цыплята-бройлеры кросса Арбор Айрекс ($n = 120$). В качестве исследуемого соединения использовался гамма-окталактон, выделенный из экстракта листьев *Eucalyptus viminalis*, в дозировке 0,05–0,2 мл/кг ж.м./сут. (97%, «Sigma-Aldrich», США). Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были приняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов.

Продолжительность эксперимента составила 42 дня: подготовительный период — 7 суток и учётный — 35. Во время эксперимента птица находилась в идентичных условиях содержания. Кормление и поение бройлеров осуществлялось групповым методом в соответствии с рекомендациями ВНИТИП. Контрольная группа получала основной рацион (ОР); 1-я, 2-я и 3-я группы получали ОР + гамма-окталактон в дозировке 0,05; 0,1 и 0,2 мл/кг ж.м./сут. соответственно. Убой подопытных бройлеров осуществлялся на 42-е сутки эксперимента. Для лабораторных исследований отбирались образцы печени и мышечной ткани птицы (грудная мышца, бедренная мышца). Элементный состав отобранного материала был изучен с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии. Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью офисного программного комплекса «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализ полученных данных показал, что подопытные цыплята-бройлеры, получавшие в составе рациона гамма-окталактон в различных дозировках, характеризовались различным уровнем концентрации отдельных химических элементов в грудных мышцах (табл. 1).

В частности, бройлеры 1-й опытной группы имели более высокие значения концентраций В, Со, Ni, Se, V, Zn. Также отмечено увеличение концентрации Ca в грудных мышцах 1-й опытной группы на 91% по отношению к контролю, которое фиксировалось на фоне снижения (от 17,9 до 24,2%) концентраций К, Mg, P, однако указанные изменения носили недостоверный характер из-за высокой средней арифметической ошибки. При этом наиболее значимые достоверные отличия были установлены по содержанию I ($P \leq 0,05$), Mn ($P \leq 0,05$) и Si ($P \leq 0,05$) в грудных мышцах цыплят 1-й опытной группы по отношению к контрольной.

В результате сравнительного анализа концентраций основных эссенциальных элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров установлено, что скармливание гамма-окталактона в дозировке 0,05 мл/кг ж.м./сут. сопровождалось достоверным увеличением содержания Ca ($P \leq 0,05$), Na ($P \leq 0,001$), Fe ($P \leq 0,01$), Si ($P \leq 0,05$) и Zn ($P \leq 0,05$) и снижением уровней Cr ($P \leq 0,05$), Cu ($P \leq 0,001$) и Ni ($P \leq 0,05$) относительно собой контрольной группы (табл. 2).

Установлено, что использование гамма-окталактона также оказало значительное влияние на содержание химических элементов в печени подопытных цыплят-бройлеров (табл. 3).

Таблица 1. Содержание химических элементов в сухом веществе грудных мышц цыплят-бройлеров на фоне скармливания разных доз гамма-окталактона

Table 1. The content of chemical elements in the dry matter of the pectoral muscles of broiler chickens against the background of feeding different dosages of gamma-octalactone

Элемент	Контрольная группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг				
B	0,130±0,0301	0,175±0,0352	0,100±0,0203	0,145±0,0050
Co	0,0031±0,0012	0,0043±0,0011	0,0021±0,0012	0,0011±0,0007
Cr	0,315±0,0053	0,300±0,0301	0,260±0,0100***	0,190±0,0000***
Cu	0,460±0,0404	0,435±0,0351	0,290±0,0602*	0,350±0,0000**
Fe	38,47±0,125	34,98±5,36	18,75±4,01***	12,75±3,76***
I	0,0091±0,0022	0,0150±0,0153*	0,0102±0,000	0,0100±0,0100
Li	0,0092±0,000	0,0151±0,0052	0,0102±0,000	0,0100±0,0005*
Mn	0,200±0,000	0,225±0,0152*	0,150±0,0100	0,140±0,0000
Ni	0,0451±0,0052	0,0603±0,0302	0,0251±0,0053**	0,0152±0,0050***
Se	0,140±0,0302	0,155±0,0051	0,105±0,0252	0,155±0,0250
Si	22,63±0,805	24,60±0,505*	21,70±0,0603	15,92±0,6000***
V	0,0081±0,0022	0,0100±0,000	0,0100±0,000	0,0091±0,0010
Zn	20,54±0,660	20,94±0,355	11,20±1,80***	8,53±1,43***
Макроэлементы, г/кг				
Ca	0,0671±0,0172	0,128±0,0521	0,0400±0,0150	0,0421±0,0047
K	4,40±0,433	3,73±0,548	3,84±0,793	4,10±0,166
Mg	0,339±0,0293	0,273±0,0341	0,298±0,0723	0,339±0,0285
Na	0,482±0,0151	0,502±0,104	0,474±0,0800	0,490±0,0165
P	2,35±0,253	1,98±0,215	2,03±0,443	2,46±0,176

Примечания: * — P ≤ 0,05; ** — P ≤ 0,01; *** — P ≤ 0,001 при сравнении с контрольной группой.

Таблица 2. Содержание химических элементов в сухом веществе бедренных мышц цыплят-бройлеров на фоне скармливания разных доз гамма-окталактона

Table 2. The content of chemical elements in the dry matter of the femoral muscles of broiler chickens on the background of feeding different dosages of gamma-octalactone

Элемент	Контрольная группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг				
B	0,115±0,0451	0,120±0,0403	0,105±0,0051	0,110±0,0300
Co	0,0020±0,0010	0,0030±0,0011	0,0020±0,0012	0,0040±0,0020
Cr	0,375±0,0153	0,310±0,0300*	0,260±0,0100***	0,270±0,0600*
Cu	0,595±0,0251	0,485±0,0153***	0,405±0,0051***	0,565±0,0550
Fe	12,77±1,320	17,14±1,01**	10,18±3,24	13,06±0,445
I	0,0151±0,0062	0,0151±0,0053	0,0100±0,000	0,0200±0,0000
Li	0,0070±0,0011	0,0090±0,0011	0,0070±0,0011	0,0090±0,0010
Mn	0,200±0,0100	0,220±0,0100	0,155±0,0152**	0,175±0,0250
Ni	0,0500±0,0060	0,0350±0,0040*	0,0200±0,0100**	0,0300±0,0100*
Se	0,165±0,0250	0,185±0,0050	0,150±0,0100	0,195±0,0150
Si	25,53±1,02	28,52±1,03*	18,72±3,86*	24,67±4,12
V	0,0100±0,0010	0,0150±0,0051	0,0100±0,000	0,0200±0,0000***
Zn	18,31±2,62	28,62±5,55*	11,97±1,06*	17,58±1,41
Макроэлементы, г/кг				
Ca	0,0490±0,0030	0,0580±0,0030*	0,0410±0,0020*	0,0460±0,0038
K	4,37±0,172	4,09±0,124	4,28±0,0790	3,65±0,0550***
Mg	0,295±0,0200	0,286±0,0060	0,314±0,0110	0,261±0,0095
Na	0,651±0,0210	0,786±0,0020***	0,698±0,0190*	0,786±0,0390**
P	2,17±0,0800	2,09±0,0040	2,14±0,0350	2,01±0,0655

Примечания: * — P ≤ 0,05; ** — P ≤ 0,01; *** — P ≤ 0,001 при сравнении с контрольной группой

Так, было отмечено достоверное увеличение концентрации Cu (P ≤ 0,01); Fe (P ≤ 0,001); Se (P ≤ 0,001); Zn (P ≤ 0,01), Mg (P ≤ 0,05), P (P ≤ 0,05) в печени цыплят 2-й группы на фоне снижения концентрации Si (P ≤ 0,001) и Na (P ≤ 0,001) по сравнению с цыплятами, содержащимися на рационе без включения гамма-окталактона (контрольная группа).

Следует отметить, что возможность объяснения механизмов влияния растительных экстрактов на элементный статус сельскохозяйственной птицы затруднена по причине ограниченного количества публикаций по данной тематике. В нашем эксперименте получены данные, свидетельствующие об увеличении ряда эссенциальных элементов в мясе и печени цыплят-бройлеров на фоне введения гамма-окталактона. В целом, полученные нами результаты согласуются с проведенными ранее экспериментами, в которых установлено, что растительные экстракты из лекарственных трав (мелисса, шалфей, зверобой и кипрей мелкоцветковый) имели специфическое влияние на накопление микроэлементов в тканях птицы, при этом наблюдалась умеренная корреляция между общим количеством полифенолов и накоплением металлов [13]. Описанное явление может быть связано с антагонизмом между ионами металлов и составляющих рацион компонентов. Компоненты могут выступать в качестве конкурента для комплекса образования металлов и влиять на накопление металлов в мясе бройлеров. Кроме того, ряд соединений, обнаруженных в экстрактах растений, могут обладать способностью хелатировать ионы переходных металлов [14–16]. Другой возможной причиной повышения содержания химических элементов в тканях цыплят-бройлеров опытных групп по отношению к контрольной может являться увеличение конверсии минеральных веществ корма в мясо за счет избирательного воздействия испытуемых добавок на микробиоту кишечника в процессе функционирования пищеварительной системы птицы [17–19]. Помимо этого, механизмы действия фитобиотиков включают изменение функций желудочно-кишечного тракта, индукцию и ингибирование метаболических ферментов (таких как липаза и амилаза), что способствует повышению усвояемости

минеральных веществ корма и стимулирует аппетит [20, 21].

Выводы / Conclusion

Установлено, что включение в рацион подопытных цыплят-бройлеров гамма-окталактона в дозировках 0,05–0,2 мл/кг ж.м./сут. оказывает положительное влияние на обмен макро- и эссенциальных элементов в теле подопытных цыплят-бройлеров. При этом наиболее выраженный эффект отмечался в группах бройлеров, получавших в составе рациона гамма-окталактон в дозировке 0,05–0,1 мл/кг ж.м./сут. Цыплята-бройлеры, получавшие гамма-окталактон в дозе 0,05 мл/кг ж.м./сут., характеризовались более высоким значением концентраций В, Со, Ni, Se, V, Zn в грудных мышцах, а также Са, Na, Fe, Si и Zn, на фоне снижения уровня Cr, Cu и Ni в бедренных мышцах. Было отмечено достоверное увеличение концентраций Cu, Fe, Se, Zn, Mg, P в печени цыплят, получавших в составе рациона гамма-окталактон в дозировке 0,1 мл/кг ж.м./сут., на фоне снижения концентраций Si и Na.

Полученные данные могут быть связаны с изменениями биохимических процессов, а также адаптацией организма птицы в ответ на введение исследуемой добавки.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках проекта № 0761-2019-0005 и гранта Российского научного фонда (проект №16-16-10048 П).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Kvan O., Duskaev G., Rakhmatullin S., Kosyan D. Changes in the content of chemical elements in the muscle tissue of broilers on the background of plant extract and tetracyclines. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2019; 10(12): 419-423. DOI 10.18178/ijesd.2019.10.12.1209
- Мирошников С.А., Харламов А.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н., Кудашева А.В., Зелепукхин А.Г., Заверюха А.Х., Литовченко В.Г. Особенности формирования элементного статуса крупного рогатого скота в связи с продуктивностью и принадлежностью к половозрастной группе. *Вестник мясного скотоводства*. 2015; 4(92): 94-99.
- Харламов А., Харламов В., Завьялов О., Ильин В., Соколов В. Кормовой концентрат улучшает продуктивные качества молодняка КРС. *Комбикорма*. 2011; 2: 77-78.
- Рахматуллин Ш.Г., Нуржанов Б.С., Инчагова К.С., Дускаев Г.К. Использование лактона в рационах изменяет биохимический состав сыворотки крови и мышечной ткани бройлеров. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2021;92:251-258. DOI 10.21515/1999-1703-92-251-258
- Al-Yasiry A.R.M., Kiczorowska B., Samolińska W. Effect of Boswellia serrata Resin Supplementation on Basic Chemical and Mineral Element Composition in the Muscles and Liver of Broiler Chickens. *Biol Trace Elem Res*. 2017;179(2): 294-303.
- Alipour F., Hassanabadi A., Golian A., Nassiri-Moghaddam H. Effect of plant extracts derived from thyme on male broiler performance. *Poultry Science*. 2015;94(11):2630-2634. <https://doi.org/10.3382/ps/pev220>

Таблица 3. Содержание химических элементов в сухом веществе печени цыплят-бройлеров на фоне разных доз гамма-окталактона

Table 3. The content of chemical elements in the dry matter of the liver of broiler chickens against the background of different dosages of gamma-octalactone

Элемент	Контрольная группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг				
B	0,240±0,0700	0,195±0,0250	0,190±0,0100	0,235±0,0250
Co	0,0100±0,000	0,0200±0,000	0,0200±0,000	0,0100±0,0000
Cr	0,270±0,0500	0,295±0,0952	0,370±0,100	0,240±0,160
Cu	3,83±0,0500	3,44±0,420	4,19±0,125**	3,48±0,115**
Fe	234,5±13,50	205,5±5,50*	441,5±50,50***	303,0±17,00**
I	0,0350±0,0050	0,0550±0,0152	0,0500±0,0100	0,0400±0,0100
Li	0,0100±0,000	0,0070±0,0030	0,0070±0,0020	0,0090±0,0015
Mn	3,42±0,155	3,02±0,0750*	3,13±0,360	3,30±0,0650
Ni	0,0450±0,0250	0,0400±0,000	0,0250±0,000	0,0350±0,0150
Se	0,700±0,0300	0,655±0,0050	0,815±0,0150***	0,805±0,145
Si	33,97±0,355	17,53±11,65	20,03±2,83***	13,05±12,70
V	0,0800±0,0200	0,0450±0,0250	0,100±0,0200	0,0350±0,0150*
Zn	24,79±2,92	25,68±2,54	33,75±0,825**	25,44±4,15
Макроэлементы, г/кг				
Ca	0,0800±0,0180	0,0720±0,0080	0,0620±0,0020	0,0690±0,0083
K	2,67±0,266	2,44±0,0590	3,07±0,0350	3,01±0,0330
Mg	0,212±0,0150	0,203±0,0150	0,240±0,0070*	0,228±0,0005
Na	1,02±0,0220	0,762±0,0950**	0,875±0,0640*	0,868±0,0730*
P	3,24±0,0590	3,00±0,364	3,72±0,254*	3,33±0,0565

Примечания: * — $P \leq 0,05$; ** — $P \leq 0,01$; *** — $P \leq 0,001$ при сравнении с контрольной группой

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The study was carried out within the framework of project No. 0761-2019-0005 and grant from the Russian Science Foundation (project No. 16-16-10048 P).

REFERENCES

- Kvan O., Duskaev G., Rakhmatullin S., Kosyan D. Changes in the content of chemical elements in the muscle tissue of broilers on the background of plant extract and tetracyclines. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2019; 10(12):419-423. DOI 10.18178/ijesd.2019.10.12.1209
- Miroshnikov S.A., Kharlamov A.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Kudashева A.V., Zelepukhin A.G., Zaveryukha A.Kh., Litovchenko V.G. Features of the formation of the elemental status of cattle in connection with productivity and belonging to the sex and age group. *Bulletin of beef cattle breeding*. 2015;4(92):94-99. (In Russian)
- Kharlamov A., Kharlamov V., Zavyalov O., Ilyin V., Sokolov V. Feed concentrate improves the productive qualities of young cattle. *Compound feed*. 2011;2:77-78. (In Russian)
- Rakhmatullin Sh.G., Nurzhanov B.S., Inchagova K.S., Duskaev G.K. The use of lactone in diets changes the biochemical composition of the blood serum and muscle tissue of broilers. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021;92:251-258. DOI 10.21515/1999-1703-92-251-258 (In Russian)
- Al-Yasiry A.R.M., Kiczorowska B., Samolińska W. Effect of Boswellia serrata Resin Supplementation on Basic Chemical and Mineral Element Composition in the Muscles and Liver of Broiler Chickens. *Biol Trace Elem Res*. 2017;179(2): 294-303.
- Alipour F., Hassanabadi A., Golian A., Nassiri-Moghaddam H. Effect of plant extracts derived from thyme on male broiler performance. *Poultry Science*. 2015;94(11):2630-2634. <https://doi.org/10.3382/ps/pev220>

7. Zhang P.F., Shi B.L., Su J.L., Yue Y.X., Cao Z.X., Chu W.B., Li K., Yan S.M. Relieving effect of *Artemisia argyi* aqueous extract on immune stress in broilers. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2017;101(2):251-258. doi: 10.1111/jpn.12553
8. Morovat M., Chamani M., Zarei A., Sadeghi A.A. Dietary but not in ovo feeding of *Silybum marianum* extract resulted in an improvement in performance, immunity and carcass characteristics and decreased the adverse effects of high temperatures in broilers. *Br Poult Sci.* 2016;57(1):105-113. <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1121537>
9. Pirgozliev V., Mansbridge S.C., Rose S.P., Lillehoj H.S., Bravo D. Immune modulation, growth performance, and nutrient retention in broiler chickens fed a blend of phytogetic feed additives. *Poultry Science.* 2019;98(9):3443-3449. <https://doi.org/10.3382/ps/pey472>
10. Kurekci C., Al Jassim R., Hassan E., Bishop-Hurley S.L., Padmanabha J., McSweeney C.S. Effects of feeding plant-derived agents on the colonization of *Campylobacter jejuni* in broiler chickens. *Poult Science.* 2014;93(9):2337-2346. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03950>
11. Firas R.J. Investigation of biochemical blood parameters, characteristics for carcass, and mineral composition in chicken meat when feeding on coriander seed and rosemary leaves. *J. Adv Vet. Anim. Res.* 2019;6(1):33-43. doi: 10.5455/javar.2019.f309
12. Guo F.C., Williams B.A., Kwakkel R.P., Li H.S., Li X.P., Luo J.Y., Li W.K., Verstege M.W.A. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens. *Poultry Science.* 2004;83(2):175-182. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.175>
13. Stef D.S., Gergen I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken. *Chemistry Central Journal.* 2012; 6:19. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-19>
14. Karamac M. Chelation of Cu(II), Zn(II), and Fe(II) by tannin constituents of selected edible nuts. *Int J Mol Sci.* 2009;10(12):5485-5497. <https://doi.org/10.3390/ijms10125485>
15. Karimov I., Kondrashova K., Duskaev G., Kvan O. Evaluation of effects of rumen fluid in combination with probiotic preparations and vanillin on the luminescence of a recombinant strain *E. coli*. *E3S Web of Conferences.* 2020;143:02034. doi 10.1051/e3sconf/202014302034
16. Andjelković M., Van Camp J., De Meulenaer B., Depaemelaere G., Socaciu C., Verloo M., Verhe R. Ironchelation properties of phenolic acids bearing catechol and galloyl groups. *Food Chemistry.* 2006; 98(1):23-31. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.044>
17. Zhu N., Wang J., Yu L., Zhang Q., Chen K., Liu B. Modulation of Growth Performance and Intestinal Microbiota in Chickens Fed Plant Extracts or Virginiamycin. *Frontiers in Microbiology.* 2019;10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01333>
18. Damjanović-Vratnica B., Dakov T., Šuković D., Damjanović J. Antimicrobial effect of essential oil isolated from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. *Czech Journal of Food Sciences.* 2011;29(3):277-284.
19. Mashayekhi H, Mazhari M, Esmaeilpour O. *Eucalyptus* leaves powder, antibiotic and probiotic addition to broiler diets: effect on growth performance, immune response, blood components and carcass traits. *Animal.* 2018;12(10):2049-2055. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003731>
20. Guo F.C., Williams B.A., Kwakkel R.P., Li H.S., Li X.P., Luo J.Y., Li W.K., Verstege M.W.A. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens. *Poultry Science.* 2004;83(2):175-182. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.175>
21. Azadegan Mehr M., Hassanabadi A., Nassiri Moghaddam H., Kermanshahi H. Supplementation of clove essential oils and probiotic to the broiler's diet on performance, carcass traits and blood components. *Iranian Journal of Applied Animal Science.* 2014; 4(1):117-122.
7. Zhang P.F., Shi B.L., Su J.L., Yue Y.X., Cao Z.X., Chu W.B., Li K., Yan S.M. Relieving effect of *Artemisia argyi* aqueous extract on immune stress in broilers. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2017;101(2):251-258. doi: 10.1111/jpn.12553
8. Morovat M., Chamani M., Zarei A., Sadeghi A.A. Dietary but not in ovo feeding of *Silybum marianum* extract resulted in an improvement in performance, immunity and carcass characteristics and decreased the adverse effects of high temperatures in broilers. *Br Poult Sci.* 2016;57(1):105-113. <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1121537>
9. Pirgozliev V., Mansbridge S.C., Rose S.P., Lillehoj H.S., Bravo D. Immune modulation, growth performance, and nutrient retention in broiler chickens fed a blend of phytogetic feed additives. *Poultry Science.* 2019;98(9):3443-3449. <https://doi.org/10.3382/ps/pey472>
10. Kurekci C., Al Jassim R., Hassan E., Bishop-Hurley S.L., Padmanabha J., McSweeney C.S. Effects of feeding plant-derived agents on the colonization of *Campylobacter jejuni* in broiler chickens. *Poult Science.* 2014;93(9):2337-2346. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03950>
11. Firas R.J. Investigation of biochemical blood parameters, characteristics for carcass, and mineral composition in chicken meat when feeding on coriander seed and rosemary leaves. *J. Adv Vet. Anim. Res.* 2019;6(1):33-43. doi: 10.5455/javar.2019.f309
12. Guo F.C., Williams B.A., Kwakkel R.P., Li H.S., Li X.P., Luo J.Y., Li W.K., Verstege M.W.A. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens. *Poultry Science.* 2004;83(2):175-182. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.175>
13. Stef D.S., Gergen I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken. *Chemistry Central Journal.* 2012; 6:19. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-19>
14. Karamac M. Chelation of Cu(II), Zn(II), and Fe(II) by tannin constituents of selected edible nuts. *Int J Mol Sci.* 2009;10(12):5485-5497. <https://doi.org/10.3390/ijms10125485>
15. Karimov I., Kondrashova K., Duskaev G., Kvan O. Evaluation of effects of rumen fluid in combination with probiotic preparations and vanillin on the luminescence of a recombinant strain *E. coli*. *E3S Web of Conferences.* 2020;143:02034. doi 10.1051/e3sconf/202014302034
16. Andjelković M., Van Camp J., De Meulenaer B., Depaemelaere G., Socaciu C., Verloo M., Verhe R. Ironchelation properties of phenolic acids bearing catechol and galloyl groups. *Food Chemistry.* 2006; 98(1):23-31. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.044>
17. Zhu N., Wang J., Yu L., Zhang Q., Chen K., Liu B. Modulation of Growth Performance and Intestinal Microbiota in Chickens Fed Plant Extracts or Virginiamycin. *Frontiers in Microbiology.* 2019;10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01333>
18. Damjanović-Vratnica B., Dakov T., Šuković D., Damjanović J. Antimicrobial effect of essential oil isolated from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. *Czech Journal of Food Sciences.* 2011;29(3):277-284.
19. Mashayekhi H, Mazhari M, Esmaeilpour O. *Eucalyptus* leaves powder, antibiotic and probiotic addition to broiler diets: effect on growth performance, immune response, blood components and carcass traits. *Animal.* 2018;12(10):2049-2055. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003731>
20. Guo F.C., Williams B.A., Kwakkel R.P., Li H.S., Li X.P., Luo J.Y., Li W.K., Verstege M.W.A. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens. *Poultry Science.* 2004;83(2):175-182. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.175>
21. Azadegan Mehr M., Hassanabadi A., Nassiri Moghaddam H., Kermanshahi H. Supplementation of clove essential oils and probiotic to the broiler's diet on performance, carcass traits and blood components. *Iranian Journal of Applied Animal Science.* 2014;4(1):117-122.

ОБ АВТОРАХ:

Марина Яковлевна Курилкина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Испытательного центра, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
e-mail: K_marina4@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0253-7867>

Шамиль Гафиуллинич 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, 29, ул. 9 Января, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
e-mail: shahm2005@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>

Галимжан Калиханович Дускаев, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 29, ул. 9 Января, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация
e-mail: gduskaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

ABOUT THE AUTHORS:

Marina Yakovlevna Kurilkina, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Testing Center, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, st. Yanvarya 9, Orenburg, 460000, Russian Federation
e-mail: K_marina4@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0253-7867>

Shamil Gafullovich Rakhmatullin, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Farm Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushina, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, st. Yanvarya 9, Orenburg, 460000, Russian Federation
e-mail: shahm2005@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0143-9499>

Galimzhan Kalikhanovich Duskaev, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher Department of Farm Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushina, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, st. Yanvarya 9, Orenburg, 460000, Russian Federation
e-mail: gduskaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>