

Г.К. Дускаев,
О.В. Кван ✉,
Е.В. Шейда,
Ш.Г. Рахматуллин,
Г.И. Левахин

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

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию:
10.04.2023

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Galimzhan K. Duskaev,
Olga V. Kvan ✉,
Elena V. Sheida,
Shamil G. Rakhmatullin,
Georgiy I. Levakhin

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

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office:
10.04.2023

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Влияние веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба, на концентрацию химических элементов в организме цыплят-бройлеров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Всестороннее изучение свойств растений, содержащих фитобиотические компоненты, позволит широко применять растительные экстракты в кормлении животных в качестве биологически активных добавок последнего поколения на основе сырья естественного происхождения. Цель работы — изучение влияния веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба (ВВВЭКД), на минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.

Методика. Объектом исследования являются цыплята-бройлеры кросса «Смена-8». Для эксперимента были отобраны 120 голов цыплят-бройлеров, которых методом аналогов разделили на четыре группы ($n = 30$). Контрольная группа получала основной рацион (ОР), I опытная — ОР + ВВВЭКД (1 мл/кг живой массы.), II опытная — ОР + ВВВЭКД (2 мл/кг живой массы.), III опытная — ОР + ВВВЭКД (3 мл/кг живой массы). Анализ химических элементов в полученной золе исследуемых образцов осуществлялся с использованием масс-спектрометра Elan 9000 и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 V.

Результаты. Полученные результаты в разрезе влияния ВВВЭКД на обмен минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров стоит обсуждать в контексте уже имеющихся данных о том, что ряд соединений, обнаруженных в экстрактах растений, могут обладать способностью хелатировать ионы переходных металлов, особенно $Fe(II)$ и $Cu(II)$, что имеет важное значение. В ходе эксперимента было показано, что введение в рацион цыплят-бройлеров экстракта коры дуба преимущественно вело к накоплению макроэлементов (калия — с 0,8 до 6,24%, магния — с 1,02 до 7,14%, фосфора — с 5,31 до 7,9%) и эссенциальных микроэлементов в мышцах (кобальта — в 1,5 раза, хрома — в 3,67 раза, лития — в 1,67 раза, никеля — в 4 раза, кремния — в 1,34 раза), а также к снижению содержания в них токсичных и условно токсичных элементов: алюминия — в 1,62 раза, свинца — в 2 раза. При этом наиболее целесообразным является применение экстракта коры дуба в дозе 1 мл/кг живого веса птицы.

Ключевые слова: минеральный обмен, химические элементы, экстракт коры дуба, цыплята-бройлеры, мышечная ткань, печень

Для цитирования: Дускаев Г.К., Кван О.В., Шейда Е.В., Рахматуллин Ш.Г., Левахин Г.И.

Влияние веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба, на концентрацию химических элементов в организме цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 72–79.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-72-79>

© Дускаев Г.К., Кван О.В., Шейда Е.В., Рахматуллин Ш.Г., Левахин Г.И.

The effect of substances isolated from an aqueous extract of oak bark on the concentration of chemical elements in the body of broiler chickens

ABSTRACT

Relevance. A comprehensive study of the properties of plants containing phytochemical components will make it possible to widely use plant extracts in animal feeding as biologically active additives of the latest generation based on raw materials of natural origin. The aim of the work is to study the effect of substances isolated from an aqueous extract of oak bark (BBVECD) on mineral metabolism in the body of broiler chickens.

Methodology. The object of the study are broiler chickens of the Smena-8 cross. 120 heads of broiler chickens were selected for the experiment, which were divided into 4 groups by the method of analogues ($n = 30$). The control group received the basic ration (RR), I experimental — RR + BBVECD (1 ml/kg of live weight.), II experimental — RR + BBVECD (2 ml/kg of live weight.), III experimental — RR + BBVECD (3 ml/kg of live weight). The analysis of chemical elements in the obtained ash of the studied samples was carried out using the «Elan 9000» mass spectrometer and the «Optima 2000 V» atomic emission spectrometer.

Results. The results obtained in the context of the effect of BBVECD on mineral metabolism in broiler chickens should be discussed in the context of already available data that a number of compounds found in plant extracts may have the ability to chelate transition metal ions, especially $Fe(II)$ and $Cu(II)$, which is important. During the experiment, it was shown that the introduction of oak bark extract into the diet of broiler chickens mainly led to the accumulation of macronutrients (potassium — from 0.8 to 6.24%, magnesium — from 1.02 to 7.14%, phosphorus — from 5.31 to 7.9%) and essential trace elements in muscles (cobalt — 1.5 times, chromium — 3.67 times, lithium — 1.67 times, nickel — 4 times, silicon — 1.34 times), as well as to reduce the content of toxic and conditionally toxic elements in them: aluminum — 1.62 times, lead — 2 times. In this case, the most appropriate is the use of oak bark extract in a dose of 1 ml/kg of live weight of poultry.

Key words: mineral metabolism, chemical elements, oak bark extract, broiler chickens, muscle tissue, liver

For citation: Duskaev G.K., Kvan O.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Levakhin G.I. The effect of substances isolated from an aqueous extract of oak bark on the concentration of chemical elements in the body of broiler chickens. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 72–79 (In Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-72-79>

© Duskaev G.K., Kvan O.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Levakhin G.I.

Введение/Introduction

Растительные экстракты в качестве кормовых добавок представляют собой перспективную область исследований, так как предполагается, что эти соединения могут быть использованы в качестве заменителей обычных противомикробных препаратов. Как известно, данные экстракты обнаруживают противомикробную и противовоспалительную активность [1, 2]. Несколько растительных экстрактов и их влияние на микрофлору кишечника были тщательно изучены, в том числе ментол [3], эвгенол [4], циннамальдегид [5], лимонен [6] и др. [7]. Из-за сходства в химической структуре эти соединения частично схожи с действием традиционных антибиотиков. При этом существуют сообщения, показывающие, что тяжелые металлы например, микроэлементы меди и цинка, использовались для антибиотикоподобных эффектов [8], особенно при использовании у свиней или домашней птицы, а также у крупного рогатого скота.

D.M.R. Brogna *et al.* сообщили о биологической активности растительных экстрактов как кормовых добавок для улучшения процессов ферментации в рубце, модулирования микробиоты, улучшения переваривания и усвоения минеральных веществ за счет повышения активности пищеварительных ферментов, снижения окислительных процессов и роста патогенных бактерий [9].

S.K. Dev *et al.* (2019) описан способ экстракции из растительного сырья, позволяющий получать нетоксичную композицию биологически активных веществ из ядовитых растений, содержащих флавоноиды, на примере ядовитого растения авран лекарственный (*Gratiola officinalis* L.). С увеличением процентного содержания этилового спирта (от 15 к 96%), используемого в качестве экстрагента, изменяется выход алкалоидов так, что экстракт, полученный 96%-ным этиловым спиртом, не дает положительной качественной реакции на содержание алкалоидов [10].

Немаловажно, что всестороннее изучение свойств растений, содержащих фитобиотические компоненты, позволит широко применять растительные экстракты в кормлении животных в качестве биологически активных добавок последнего поколения на основе сырья естественного происхождения [11]. В условиях интенсивных технологий животноводства фитобиотики будут способны нивелировать такие явления, как улучшение иммунного и антиоксидантного статуса животных, обеспечивают повышение всех видов продуктивности за счет улучшения потребления, перевариваемости, усвояемости кормов, нормализации кишечной микрофлоры и гомеостаза в целом (*European Medicines Agency*, 2010)¹.

Обратим внимание, что многочисленные исследования показывают, что существует возможность совместного использования веществ, когда бактерии подвержены воздействию растительных экстрактов [12] или высоких концентраций тяжелых металлов [13] даже без воздействия самих противомикробных препаратов.

Цель работы — изучение влияния веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба (ВВВЭКД), на концентрацию химических элементов в организме цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Экспериментальные исследования были проведены на базе отдела кормления сельскохозяйствен-

ных животных им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (<https://цкп-бст.рф/>).

Объект исследований — цыплята-бройлеры кросса «Смена-8» (ЗАО «Птицефабрика «Оренбургская»», <https://pfo56.ru>).

Работа была выполнена в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (ГОСТ 33044-2014², утвержденный Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.11.2014 № 1700-ст) и The experimental research on animals was conducted according to instructions, recommended by the Russian Regulations, 1987 (Order on 12.08.1977 No.755 the USSR Ministry of Health) and The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996). Все процедуры над животными были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

Схема эксперимента. Для эксперимента были отобраны 120 голов цыплят-бройлеров, которых методом пар-аналогов разделили на четыре группы ($n = 30$). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания. Формирование основных рационов (ОР) для подопытной птицы проводилось с учетом рекомендаций ВНИТИП (14). Контрольная группа — основной рацион (ОР), I опытная — ОР + ВВВЭКД 1 (1 мл / кг ж. м.), II опытная — ОР + ВВВЭКД 2 (2 мл / кг ж. м.), III опытная — ОР + ВВВЭКД 3 (3 мл / кг ж. м.). ВВВЭКД задавался индивидуально с питьевой водой.

Птица в процессе исследований содержалась в клетках КУН-05 площадью 4050 см² (90 x 45 x 45 см). Кормление бройлеров проводилось один раз в сутки, учет поедаемости кормов — ежесуточно, нормирование — согласно потребности организма в различные возрастные периоды, цыплята-бройлеры всех групп в период эксперимента получали рацион: в 7–10 дней — ПК-0, 11–24 дня — ПК-5, от 25 дней и старше — ПК-6. В рационах использовался промышленный комбикорм ЗАО «Птицефабрика «Оренбургская»», который включал 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). Микроклимат в помещении соответствовал требованиям ОНТП-4-88. После убоя в пробах тканей (печень, мышечная ткань) определяли массовую долю сухого вещества, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, массовую долю сырой золы, аминокислотный состав тканей по стандартизированным методикам в Центре коллективного пользования биологических систем и агротехнологий г. Оренбурга. Отбор 10 проб печени, грудной и бедренной мышечной ткани осуществляли на 35-е сутки эксперимента согласно ГОСТ 31467-2012³ и методическим рекомендациям. **Элементный статус.** Элементный состав (Ca, K, Mg, Na, P, Zn, V, Si, Se, Ni, Mn, Li, I, Fe, Cu, Cr, Co, As, Al, Cd, Pb, Sn, Sr) проб мышечной, бедренной ткани и печени был изучен с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» г. Москвы. Методика основана

¹ Assessment report on *Salvia Officinalis* L., Folium and *Salvia Officinalis* L., Aetheroleum. *European Medicines Agency*. 2010; 39. Available at: https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/superseded-assessment-report-salvia-officinalis-l-folium-salvia-officinalis-l-aetheroleum_en.pdf

² ГОСТ 33044-2014 Принципы надлежащей лабораторной практики.

³ ГОСТ 31467-2012 Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы отбора проб и подготовка их к испытаниям.

на окислительно-кислотной «мокрой» минерализации проб и последующем анализе на требуемые химические элементы методом атомно-эмиссионной спектроскопии с использованием в качестве источника возбуждения высокочастотной индуктивно связанной аргонной плазмы. При выполнении исследований методами АЭС-ИСП и МС-ИСП озонирование проводилось с использованием микроволновой системы разложения MD-2000 (США). Оценка содержания химических элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 V (Perkin Elmer, США).

Кора дуба Quercus cortex (производитель АО «Красногорсклексредства», Россия, Р N001007/01 от 20.04.2007). Кора дуба измельченная, содержит 8% дубильных веществ, галловую и эллаговую кислоты, кверцетин и другие биологически активные вещества. Кусочки коры дуба разнообразной формы имеют светло-коричневый, светло-серый, серебристый или желтовато-коричневый цвет, со слабым и своеобразным запахом, усиливающимся при смачивании водой. Для приготовления экстракта кору дуба помещали в эмалированную посуду, заливали водой (из расчета: компонент лекарственного растения — 20 г, вода — 200 мл), закрывали крышкой и нагревали в течение 10 минут, далее процеживали, не охлаждали, добавляли воду до расчетного объема и опять кипятили. Далее проводили экстракцию в аппарате Сокслета с подключением обратного холодильника. На водяной бане доводили до кипения. Пары попадали в обратный холодильник, охлаждались и стекали в гильзу. Дополнительно сырье, находясь в гильзе над колбой, нагревалось парами. По мере наполнения гильзы происходила экстракция, после достижения экстрактом уровня слива гильза освобождалась, раствор сливался обратно в колбу и цикл повторялся. И так до полного истощения сырья. Экстрагирование в аппарате Сокслета осуществляли при температуре 100 °С в течение 5 часов. При получении экстракта аппаратом Сокслета восьмикратно экстрагировали сырье, при этом готовый экстракт накапливался в основной колбе. Затем полученные экстракты коры дуба были помещены в холодильник для очищения (при температуре 8 градусов С) на двое суток, после чего их профильтровали.

Идентификация химических веществ экстракта коры дуба выполнялась на газовом хроматографе с масс-селективным детектором GCMS 2010 Plus (Shimadzu, Япония), на колонке HP-5MS. При интерпретации результатов исследований использовались программное обеспечение GCMS Solutions, GCMS PostRun Analysis, для идентификации соединений использовался набор библиотек спектров CAS, NIST08, Mainlib, Wiley9 и DD2012 Lib. Количественное присутствие отдельных идентифицированных компонентов оценивалось относительной величиной (%), соотносящей площадь пика к общей площади экстракта.

Была использована смесь веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба и синтезированных химическим путем (Acros): 2-н-пропилрезорцинол 98%, AVH27024), 4-гидрокси-3-метоксибензальдегид 99%, AC14082-1000), 7-гидроксикумарин 99%, AC12111-0250), 3,4,5-триметоксифенол 98,5%, AC18914-0050), скополетин 95%, AC30290-0010), кониферилловый спирт (98%, AL22373-5). Анти-QS-эффект данной композиции веществ (QC) подтвержден с использованием штамма *S. violaceum* CV026 методами диффузии в агар (качественно) и методом серийных разведений в жидкой питательной среде (количественно).

Статистическую обработку проводили с помощью программы SPSS Statistics Version 20 (IBM, США), рассчитывая коэффициент корреляции Пирсон, оценка критерий проводилась по шкале Чеддока.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Дополнительное включение ВВЭКД в рацион цыплят-бройлеров привело к незначительным изменениям уровня макроэлементов в теле тушки исследуемой птицы. Так, уровень кальция достоверно снизился в группах, получавших ВВЭКД, на 17,2% ($p = 0,031$) по отношению к контрольной группе. В I опытной группе отмечено достоверное снижение последнего на 24,1% ($p \leq 0,05$), во II опытной группе — на 31,0% ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Схожая картина в целом по группам наблюдалась по уровню фосфора, а именно достоверное снижение на 19,1% ($p = 0,022$), также обнаружена слабая корреляционная зависимость по шкале Чеддока между содержанием фосфора в печени исследуемой птицы и уровнем экстракта коры дуба в рационе II и III опытных групп ($R_2 = 0,435$ и $R_3 = 0,412$ соответственно). Содержание калия, магния и натрия в печени цыплят-бройлеров оставалось на одинаковом уровне независимо от применения и количества вводимого ВВЭКД (табл. 1).

По концентрации микроэлементов в исследуемом органе на конец эксперимента выявлено достоверное накопление Fe, а именно отмечалась средняя положительная корреляционная зависимость в III опытной группе ($R_3 = 0,532$) по отношению к контролю. Схожая картина накопительного эффекта наблюдается и по Li, а именно увеличение на 20,0% ($p = 0,033$) по отношению к контрольной группе. В свою очередь, концентрация марганца и цинка снижалась в печени цыплят-бройлеров по мере увеличения концентрации экстракта QC. Так, по Mn — на 20,5% ($p = 0,031$ и средняя отрицательная корреляционная зависимость $R_1 = -0,532$, $R_2 = -0,584$, $R_3 = -0,546$), по Zn — на 18,2% ($p = 0,004$ и слабая отрицательная корреляционная зависимость $R_1 = -0,411$; $R_2 = -0,432$, $R_3 = -0,342$). Дополнительное включение различных доз ВВЭКД не оказало существенного влияния на накопление или выведение других эссенциальных и условно-эссенциальных элементов, таких как As, Co, Cr, Cu, I, Ni, Se, Si, V, и достоверных изменений по отношению к контрольной группе выявлено не было (рис. 1).

Дополнительное включение в рацион исследуемой птицы ВВЭКД в различных дозировках (I — 1 мл / кг ж. м., II — 2 мл / кг ж. м., III — 3 мл / кг ж. м.) привело к достоверному снижению: Al — в 1,5 раза ($p = 0,002$), Cd — в 4,4 раза ($p = 0,001$), Pb — в 1,4 раза ($p = 0,023$) по отношению к контрольной группе. Причем по Cd была определена высокая отрицательная корреляционная зависимость во всех опытных группах ($R_1 = -0,865$, $R_2 = -0,754$, $R_3 = -0,841$), что указывало на достоверное его снижение. Противоположная картина наблюдалась по содержанию Sn в печени цыплят-бройлеров, а именно достоверное накопление последнего в 1,5 раза ($p = 0,031$) относительно контроля (рис. 2).

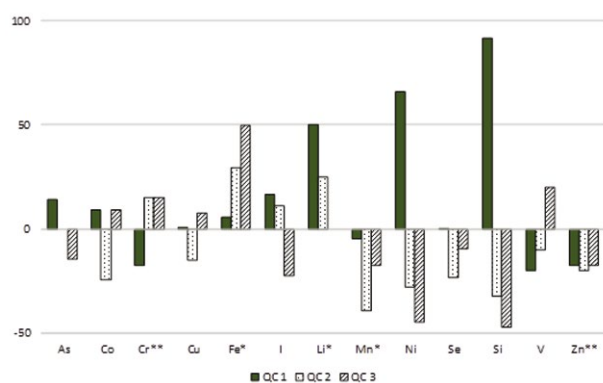
Включение в рацион цыплятам-бройлерам ВВЭКД способствовало тому, что уровень таких макроэлементов, как K, Mg, Na и P, в грудных мышцах исследуемой птицы оставался на одинаковом уровне, за исключением Ca. Концентрация Ca в опытных группах достоверно превысила контрольную группу на 40,7% ($p = 0,041$), отмечена средняя положительная корреляционная за-

Таблица 1. Концентрация химических элементов в печени цыплят-бройлеров ($M \pm m$)
Table 1. Concentration of chemical elements in the liver of broiler chickens ($M \pm m$)

Элемент	Группа				P
	контроль	I	II	III	
Макроэлементы, г/кг					
Ca	0,29 ± 0,04	0,22 ± 0,03	0,20 ± 0,05	0,31 ± 0,04	0,031
K	7,17 ± 0,35	6,52 ± 0,52	7,49 ± 0,29	8,53 ± 0,42	0,652
Mg	0,75 ± 0,02	0,76 ± 0,03	0,58 ± 0,02	0,72 ± 0,04	0,123
Na	3,81 ± 0,16	2,73 ± 0,22	3,61 ± 0,19	5,54 ± 0,30	0,311
P	11,7 ± 0,40	11,9 ± 0,39	7,59 ± 0,41	8,89 ± 0,43	0,022
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы, мг/кг					
As	0,007 ± 0,0005	0,008 ± 0,0006	0,007 ± 0,0008	0,006 ± 0,0007	0,151
Co	0,053 ± 0,008	0,058 ± 0,010	0,04 ± 0,012	0,058 ± 0,013	0,243
Cr	0,087 ± 0,018	0,072 ± 0,025	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,04	0,121
Cu	12,9 ± 0,86	13,0 ± 0,95	11,0 ± 0,82	13,9 ± 1,16	0,332
Fe	393 ± 12	416 ± 11	508 ± 14	589 ± 11	0,033
I	0,18 ± 0,007	0,21 ± 0,006	0,20 ± 0,008	0,14 ± 0,009	0,132
Li	0,004 ± 0,00016	0,006 ± 0,00020	0,005 ± 0,00017	0,004 ± 0,00017	0,033
Mn	13,2 ± 0,44	12,6 ± 0,40	8,07 ± 0,32	10,9 ± 0,37	0,031
Ni	0,47 ± 0,08	0,78 ± 0,11	0,34 ± 0,07	0,26 ± 0,06	0,321
Se	2,47 ± 0,3	2,48 ± 0,3	1,9 ± 0,4	2,24 ± 0,5	0,144
Si	6,52 ± 0,31	12,5 ± 0,44	4,42 ± 0,12	3,47 ± 0,15	0,321
V	0,010 ± 0,002	0,008 ± 0,003	0,009 ± 0,003	0,012 ± 0,004	0,124
Zn	114 ± 4	94,2 ± 3,2	91,6 ± 3,4	94 ± 3,6	0,004

Рис. 1. Концентрация эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в печени цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 1. Concentration of essential and conditionally essential elements in the liver of broiler chickens, mg/kg

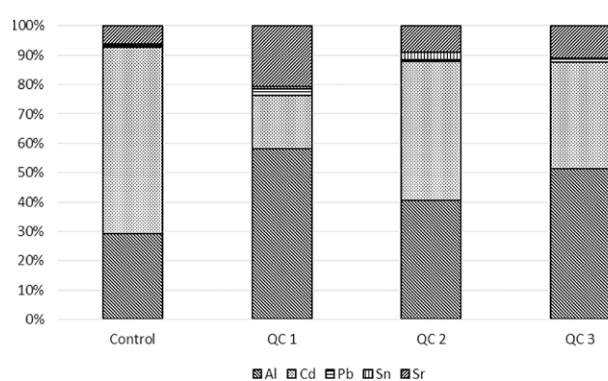


висимость во II опытной группе в зависимости от уровня введенного экстракта ($R_2 = 0,554$).

В анализируемых грудных мышцах цыплят-бройлеров дополнительное включение ВВВЭКД достоверно привело к максимальному снижению йода в 9,85 раза ($p = 0,001$), отмечена высокая отрицательная корреляционная зависимость во всех опытных группах ($R_1 = -0,723$, $R_2 = -0,832$, $R_3 = -0,845$) по отношению к уровню введенного экстракта. Уровень эссенциальных микроэлементов за счет введения экстракта привел к достоверному их увеличению. Так, *Co* — в 1,5 раза ($p = 0,033$), *Cr* — в 3,67 раза ($p = 0,001$), *Li* — в 1,67 раза ($p = 0,031$), *Ni* — в 4 раза ($p = 0,005$), *Si* — в 1,34 раза ($p = 0,031$) относительно контрольной группы. Следует

Рис. 2. Концентрация токсичных элементов в печени цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 2. Concentration of toxic elements in the liver of broiler chickens, mg/kg



отметить, что количество микроэлементов *Cr* и *Ni* в грудных мышцах исследуемой птицы накапливалось прямо пропорционально уровню ВВВЭКД в рационе цыплят. Так, по *Cr* отмечена средняя положительная корреляционная зависимость ($R_1 = 0,512$, $R_2 = 0,516$, $R_3 = 0,623$ соответственно), по *Ni* — средняя положительная корреляционная зависимость ($R_1 = 0,501$, $R_2 = 0,562$, $R_3 = 0,631$ соответственно).

ВВВЭКД в опытных группах привел к достоверному снижению *Cd* в 1,75 раза ($p = 0,033$) по отношению к контрольной группе. Однако следует отметить, что при дозировке 1 мл экстракта на 1 кг живой массы наблюдалось максимальное выведение всех токсичных элементов по отношению к опытным группам (рис. 4).

Таблица 2. Концентрация химических элементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров ($M \pm m$)
Table 2. Concentration of chemical elements in the pectoral muscles of broiler chickens ($M \pm m$)

Элемент	Группа				P
	контроль	I	II	III	
Макроэлементы, г/кг					
Ca	0,16 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,37 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,041
K	7,37 ± 0,41	7,83 ± 0,46	7,43 ± 0,50	7,49 ± 0,40	0,121
Mg	0,98 ± 0,04	1,05 ± 0,05	0,99 ± 0,05	1,05 ± 0,06	0,214
Na	1,58 ± 0,12	1,55 ± 0,09	1,31 ± 0,14	1,38 ± 0,11	0,135
P	7,72 ± 0,39	8,24 ± 0,48	8,13 ± 0,51	8,33 ± 0,49	0,124
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы, мг/кг					
As	0,008 ± 0,0005	0,008 ± 0,0006	0,008 ± 0,0006	0,012 ± 0,0010	0,124
Co	0,006 ± 0,0004	0,01 ± 0,002	0,001 ± 0,0003	0,016 ± 0,005	0,033
Cr	0,09 ± 0,002	0,11 ± 0,004	0,11 ± 0,003	0,78 ± 0,03	0,001
Cu	1,05 ± 0,11	1,25 ± 0,12	1,08 ± 0,18	1,47 ± 0,24	0,231
Fe	27,3 ± 1,33	23,9 ± 1,51	28,3 ± 1,46	31,6 ± 1,77	0,333
I	7,29 ± 0,41	1,22 ± 0,10	0,56 ± 0,06	0,43 ± 0,07	0,001
Li	0,003 ± 0,0005	0,008 ± 0,0009	0,003 ± 0,0006	0,004 ± 0,0005	0,031
Mn	0,55 ± 0,09	0,66 ± 0,12	0,58 ± 0,11	0,64 ± 0,15	0,125
Ni	0,06 ± 0,008	0,09 ± 0,010	0,13 ± 0,009	0,51 ± 0,035	0,005
Se	0,4 ± 0,07	0,41 ± 0,072	0,38 ± 0,069	0,45 ± 0,075	0,264
Si	10,4 ± 0,79	9,64 ± 0,85	12,5 ± 0,96	19,5 ± 1,44	0,031
V	0,004 ± 0,0002	0,005 ± 0,0003	0,006 ± 0,0004	0,007 ± 0,0004	0,033
Zn	26,9 ± 1,24	29,8 ± 1,28	24,5 ± 1,31	30,6 ± 1,52	0,123

В исследуемых мышцах голени цыплят-бройлеров уровень концентрации макроэлементов в сравнении с контрольной группой достоверно не изменялся, как и в случае с грудными мышцами исследуемой птицы, также отмечалось достоверное накопление кремния в 1,34 раза ($p = 0,045$) по отношению к контролю, причем максимальное накопление в группе, получавшей ВВВЭКД в дозе 3 мл/кг живой массы, с высокой положительной корреляционной связью ($R_3 = 0,753$) в сравнении с уровнем введенного экстракта. По кобальту, хрому и цинку наблюдается противоположная картина, а именно достоверное их снижение, соответственно, в 1,29 раза ($p = 0,031$), в 1,46 раза ($p = 0,033$), в 1,14 раза ($p = 0,033$) относительно контрольной группы (табл. 3, рис. 5).

По уровню токсичных элементов в бедренных мышцах исследуемой птицы наблюдалась противоположная картина в сравнении с уровнем последних в грудных мышцах. Концентрация *Al* и *Pb* достоверно снижалась в 1,62 раза ($p = 0,001$, отрицательная высокая корреляционная связь $R_1 = -0,723$, $R_2 = -7,653$, $R_3 = -7,452$) и в 2 раза ($p = 0,001$, отрицательная высокая корреляционная связь $R_1 = -0,712$, $R_2 = -0,762$, $R_3 = -0,764$), соответственно, относительно контроля.

Считается, что натуральные кормовые добавки растительного происхождения являются более безопасными, чем применяемые химические вещества (в частности, для антибиотикотерапии). Травы и их экстракты, включенные в корм для сельскохозяйственных животных вместо химических продуктов, способны стимули-

Рис. 3. Концентрация эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг
Fig. 3. Concentration of essential and conditionally essential elements in the pectoral muscles of broiler chickens, mg/kg

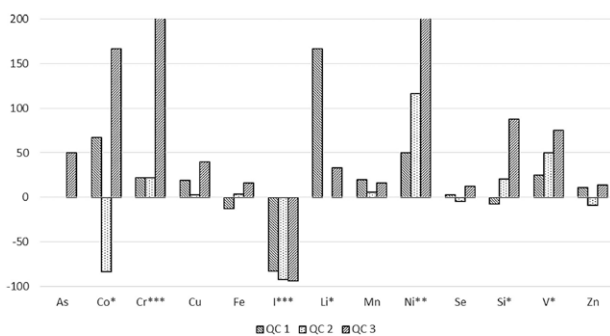


Рис. 4. Концентрация токсичных элементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг
Fig. 4. Concentration of toxic elements in the pectoral muscles of broiler chickens, mg/kg

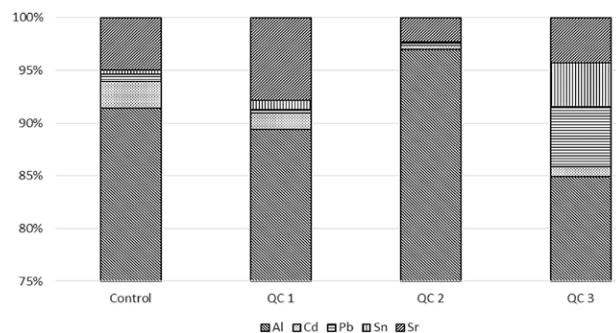


Таблица 3. Концентрация химических элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров ($M \pm m$)
Table 3. Concentration of chemical elements in the femoral muscles of broiler chickens ($M \pm m$)

Элемент	Группа				P
	контроль	I	II	III	
Макроэлементы, г/кг					
Ca	0,26 ± 0,07	0,19 ± 0,06	0,21 ± 0,08	0,20 ± 0,10	0,212
K	9,42 ± 0,51	9,69 ± 0,50	10,1 ± 0,60	9,59 ± 0,68	0,133
Mg	1,11 ± 0,05	1,09 ± 0,08	1,19 ± 0,07	1,06 ± 0,07	0,324
Na	4,04 ± 0,22	3,56 ± 0,20	4,06 ± 0,24	4,04 ± 0,25	0,236
P	6,48 ± 0,38	6,56 ± 0,36	7,20 ± 0,49	6,38 ± 0,41	0,321
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы, мг/кг					
As	0,006 ± 0,0004	0,006 ± 0,0005	0,006 ± 0,0004	0,005 ± 0,0006	0,241
Co	0,009 ± 0,0005	0,007 ± 0,0006	0,007 ± 0,0004	0,008 ± 0,0005	0,031
Cr	0,16 ± 0,03	0,12 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,10 ± 0,02	0,033
Cu	3,87 ± 0,15	2,18 ± 0,13	5,48 ± 0,20	2,52 ± 0,18	0,264
Fe	56,7 ± 2,13	33,9 ± 2,09	42,8 ± 2,11	37,7 ± 2,44	0,034
I	0,13 ± 0,004	0,16 ± 0,005	0,12 ± 0,004	0,12 ± 0,006	0,236
Li	0,001 ± 0,0003	0,001 ± 0,0004	0,001 ± 0,0003	0,001 ± 0,0006	0,362
Mn	0,64 ± 0,015	0,52 ± 0,017	0,69 ± 0,020	0,57 ± 0,019	0,283
Ni	0,07 ± 0,003	0,06 ± 0,004	0,05 ± 0,003	0,07 ± 0,005	0,321
Se	0,51 ± 0,017	0,66 ± 0,022	0,52 ± 0,024	0,47 ± 0,029	0,126
Si	4,81 ± 0,21	4,37 ± 0,29	4,82 ± 0,20	10,2 ± 0,44	0,045
V	0,009 ± 0,0005	0,004 ± 0,0006	0,005 ± 0,0004	0,004 ± 0,0004	0,214
Zn	68,8 ± 3,51	55,4 ± 3,22	57,9 ± 3,41	67,3 ± 3,69	0,033

Рис. 5. Концентрация эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 5. Concentration of essential and conditionally essential elements in the femoral muscles of broiler chickens, mg/kg

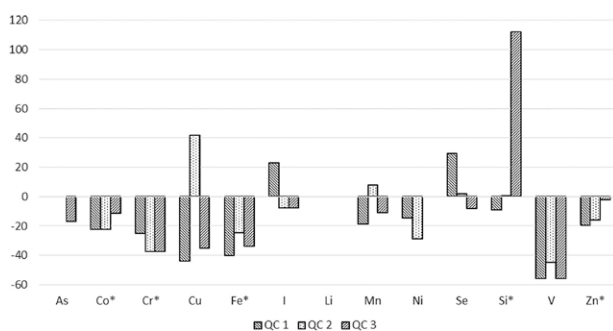
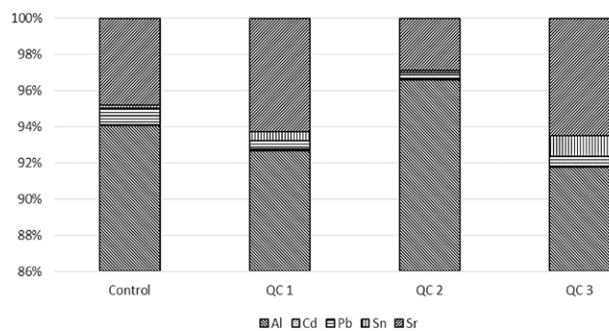


Рис. 6. Концентрация токсичных элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 6. Concentration of toxic elements in the femoral muscles of broiler chickens, mg/kg



ровать и способствовать эффективному использованию питательных веществ в кормах, что приводит к более быстрому росту животных, увеличению производительности и повышению эффективности кормов [14]. Кроме того, травы и их экстракты содержат активные вещества, которые могут улучшать обмен веществ, пищеварение и обладают бактериальным и иммуностимулирующим действием животных.

Экстракт коры дуба, использованный в исследовании, традиционно применяется в качестве антимикробного [15] и антиоксидантного вещества [16], а также широко изучается как перспективная кормовая добавка для кормления сельскохозяйственных животных [17].

Полученные результаты в разрезе влияния ВВВЭКД на обмен минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров стоит обсуждать в контексте уже имеющихся

данных о том, что ряд соединений, обнаруженных в экстрактах растений, могут обладать способностью хелатировать ионы переходных металлов, особенно Fe (II) и Cu (II), что имеет важное значение [18]. Хелатирующая способность полифенола связана с присутствием в составе растительных экстрактов молекул, несущих катехиновые или галлоильные группы и конденсированные танины [19].

Кроме того, существуют данные, показывающие, что экстракты лекарственных растений, богатые полифенолами, имеют неодинаковые тенденции накопления металлов в мясе цыплят-бройлеров [20]. Так, в эксперименте с экстрактом шалфея было показано, что он обладал влиянием на все факторы накопления металлов, это оказывало значительный положительный эффект на все виды куриного мяса [21].

В эксперименте, как и в исследовании, растительные экстракты из лекарственных трав имели специфическое влияние на накопление металлов. В целом наблюдалась умеренная корреляция между общим количеством фенолов и накоплением металлов. Вышеуказанное может быть связано с антагонизмом между ионами металлов и присутствием других хелатирующих агентов (аминокислот и белков) в рационах питания, которые могут выступать в качестве конкурента для комплексообразования металлов и влиять на накопление металлов в мясе цыплят-бройлеров.

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 при финансовой поддержке проекта НИР № 0761-2019-0005.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abuga I., Sulaiman S.F., Wahab R.A., Ooi K.L., Rasad M.S.B.A. In vitro antibacterial effect of the leaf extract of *Murraya koenigii* on cell membrane destruction against pathogenic bacteria and phenolic compounds identification. *European Journal of Integrative Medicine*. 2020; 33: 101010. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2019.101010>
2. Alagawany M., El-Hack M.E.A., El-Kholy M.S. Productive performance, egg quality, blood constituents, immune functions, and antioxidant parameters in laying hens fed diets with different levels of *Yucca schidigera* extract. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016; 23(7): 6774–6782. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5919-z>
3. Al-Yasiry A.R.M., Kiczorowska B., Samolińska W. The *Boswellia serrata* resin in broiler chicken diets and mineral elements content and meat nutritional value. *Biological Trace Element Research*. 2017; 179(2): 294–303. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0966-6>
4. Amachawadi R.G., Scott H.M., Aperce C., Vinasco J., Drouillard J.S., Nagaraja T.G. Effects of in-feed copper and tylosin supplementations on copper and antimicrobial resistance in fecal enterococci of feedlot cattle. *Journal of Applied Microbiology*. 2015; 118(6): 1287–1297. <https://doi.org/10.1111/jam.12790>
5. Vasilchenko A.S. et al. Antimicrobial activity of the indolicidin-derived novel synthetic peptide In-58. *Journal of Peptide Science*. 2017; 23(12): 855–863. <https://doi.org/10.1002/psc.3049>
6. Andjelković M. et al. Iron-chelation 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>
7. Attia G., El-Eraky W., Hassanein E., El-Gamal M., Farahat M., Hernandez-Santana A. Effect of dietary inclusion of a plant extract blend on broiler growth performance, nutrient digestibility, caecal microflora and intestinal histomorphology. *International Journal of Poultry Science*. 2017; 16(9): 344–353. <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.344.353>
8. Beghelli D., et al. *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. aqueous extracts in growing-finishing pig nutrition: effects on antioxidant status, immune responses, polyphenolic content and sensorial properties. *Journal of Food Research*. 2019; 8(2): 90–99. <https://doi.org/10.5539/jfr.v8n2p90>
9. Brogna D.M.R. et al. The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control. *Meat Science*. 2014; 96(2-A): 744–749. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.019>
10. Dev S.K., Choudhury P.K., Srivastava R., Sharma M. Antimicrobial, anti-inflammatory and wound healing activity of polyherbal formulation. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019; 111: 555–567. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.12.075>
11. Duskaev G.K., Kazachkova N.M., Ushakov A.S., Nurzhanov B.S., Rysaev A.F. The effect of purified Quercus cortex extract on biochemical parameters of organism and productivity of healthy broiler chickens. *Veterinary world*. 2018; 11(2): 235–239. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.235-239>
12. Fasinu P.S., Bouic P.J., Rosenkranz B. An overview of the evidence and mechanisms of herb–drug interactions. *Frontiers in Pharmacology*. 2012; 3: 69. <https://doi.org/10.3389/fphar.2012.00069>
13. 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; 9(4): 4168–4171. <https://doi.org/10.33263/BRIAC94.168171>

Выводы/Conclusion

Таким образом, введение в рацион цыплят-бройлеров ВВВЭКД преимущественно привело к накоплению макроэлементов (калия — с 0,8 до 6,24%, магния — с 1,02 до 7,14%, фосфора — с 5,31 до 7,9%) и эссенциальных микроэлементов в мышцах (кобальта — в 1,5 раза, хрома — в 3,67 раза, лития — в 1,67 раза, никеля — в 4 раза, кремния — в 1,34 раза), а также к снижению содержания в них токсичных и условно токсичных элементов, таких как алюминий (в 1,62 раза) и свинец (в 2 раза). При этом наиболее целесообразным является применение экстракта коры дуба в дозе 1 мл/кг живого веса птицы.

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 work was carried out within the framework NIR No. 0761-2019-0005.

REFERENCES

1. Abuga I., Sulaiman S.F., Wahab R.A., Ooi K.L., Rasad M.S.B.A. In vitro antibacterial effect of the leaf extract of *Murraya koenigii* on cell membrane destruction against pathogenic bacteria and phenolic compounds identification. *European Journal of Integrative Medicine*. 2020; 33: 101010. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2019.101010>
2. Alagawany M., El-Hack M.E.A., El-Kholy M.S. Productive performance, egg quality, blood constituents, immune functions, and antioxidant parameters in laying hens fed diets with different levels of *Yucca schidigera* extract. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016; 23(7): 6774–6782. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5919-z>
3. Al-Yasiry A.R.M., Kiczorowska B., Samolińska W. The *Boswellia serrata* resin in broiler chicken diets and mineral elements content and meat nutritional value. *Biological Trace Element Research*. 2017; 179(2): 294–303. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0966-6>
4. Amachawadi R.G., Scott H.M., Aperce C., Vinasco J., Drouillard J.S., Nagaraja T.G. Effects of in-feed copper and tylosin supplementations on copper and antimicrobial resistance in fecal enterococci of feedlot cattle. *Journal of Applied Microbiology*. 2015; 118(6): 1287–1297. <https://doi.org/10.1111/jam.12790>
5. Vasilchenko A.S. et al. Antimicrobial activity of the indolicidin-derived novel synthetic peptide In-58. *Journal of Peptide Science*. 2017; 23(12): 855–863. <https://doi.org/10.1002/psc.3049>
6. Andjelković M. et al. Iron-chelation 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>
7. Attia G., El-Eraky W., Hassanein E., El-Gamal M., Farahat M., Hernandez-Santana A. Effect of dietary inclusion of a plant extract blend on broiler growth performance, nutrient digestibility, caecal microflora and intestinal histomorphology. *International Journal of Poultry Science*. 2017; 16(9): 344–353. <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.344.353>
8. Beghelli D., et al. *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. aqueous extracts in growing-finishing pig nutrition: effects on antioxidant status, immune responses, polyphenolic content and sensorial properties. *Journal of Food Research*. 2019; 8(2): 90–99. <https://doi.org/10.5539/jfr.v8n2p90>
9. Brogna D.M.R. et al. The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control. *Meat Science*. 2014; 96(2-A): 744–749. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.019>
10. Dev S.K., Choudhury P.K., Srivastava R., Sharma M. Antimicrobial, anti-inflammatory and wound healing activity of polyherbal formulation. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019; 111: 555–567. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.12.075>
11. Duskaev G.K., Kazachkova N.M., Ushakov A.S., Nurzhanov B.S., Rysaev A.F. The effect of purified Quercus cortex extract on biochemical parameters of organism and productivity of healthy broiler chickens. *Veterinary world*. 2018; 11(2): 235–239. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.235-239>
12. Fasinu P.S., Bouic P.J., Rosenkranz B. An overview of the evidence and mechanisms of herb–drug interactions. *Frontiers in Pharmacology*. 2012; 3: 69. <https://doi.org/10.3389/fphar.2012.00069>
13. 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; 9(4): 4168–4171. <https://doi.org/10.33263/BRIAC94.168171>

14. Giannenas I. *et al.* Effects of dietary oregano essential oil, laurel essential oil and attapulgite on chemical composition, oxidative stability, fatty acid profile and mineral content of chicken breast and thigh meat. *European Poultry Science*. 2016; 80. <https://doi.org/10.1399/eps.2016.134>
15. Herkel' R. *et al.* The effect of a phytogetic additive on nutritional composition of turkey meat. *Journal of Central European Agriculture*. 2016; 17(1): 25–39. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/17.1.1664>
16. Hoseinifar S.H., Zou H.K., Miandare H.K., Van Doan H., Romano N., Dadar M. Enrichment of common carp (*Cyprinus carpio*) diet with medlar (*Mespilus germanica*) leaf extract: effects on skin mucosal immunity and growth performance. *Fish & Shellfish Immunology*. 2017; 67: 346–352. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.06.023>
17. Alagbe J.O. Effect of Feeding Different Levels of *Luffa aegyptiaca* Extracts on the Growth Performance of Broiler Chicken Fed Corn-Soya Meal Diet. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2019; 7(4): 287–297. <https://doi.org/10.33945/SAMI/IJABBR.2019.4.1>
18. Kamal S.A., Mohammed G.J., Hameed I.H. Antimicrobial, Anti-inflammatory, Analgesic Potential and Cytotoxic Activity of *Salvadora persica*: A review. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2018; 9(3): 393–398. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00242.5>
19. Karamać M. Chelation of Cu(II), Zn(II), and Fe(II) by Tannin Constituents of Selected Edible Nuts. *International Journal of Molecular Sciences*. 2009; 10(12): 5485–5497. <https://doi.org/10.3390/ijms10125485>
20. Khokhar S., Apenten R.K.O. Iron binding characteristics of phenolic compounds: some tentative structure–activity relations. *Food Chemistry*. 2003; 81(1): 133–140. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00394-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00394-1)
21. Koné A.P., Desjardins Y., Gosselin A., Cinq-Mars D., Guay F., Saucier L. Plant extracts and essential oil product as feed additives to control rabbit meat microbial quality. *Meat Science*. 2019; 150: 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.013>
14. Giannenas I. *et al.* Effects of dietary oregano essential oil, laurel essential oil and attapulgite on chemical composition, oxidative stability, fatty acid profile and mineral content of chicken breast and thigh meat. *European Poultry Science*. 2016; 80. <https://doi.org/10.1399/eps.2016.134>
15. Herkel' R. *et al.* The effect of a phytogetic additive on nutritional composition of turkey meat. *Journal of Central European Agriculture*. 2016; 17(1): 25–39. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/17.1.1664>
16. Hoseinifar S.H., Zou H.K., Miandare H.K., Van Doan H., Romano N., Dadar M. Enrichment of common carp (*Cyprinus carpio*) diet with medlar (*Mespilus germanica*) leaf extract: effects on skin mucosal immunity and growth performance. *Fish & Shellfish Immunology*. 2017; 67: 346–352. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.06.023>
17. Alagbe J.O. Effect of Feeding Different Levels of *Luffa aegyptiaca* Extracts on the Growth Performance of Broiler Chicken Fed Corn-Soya Meal Diet. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2019; 7(4): 287–297. <https://doi.org/10.33945/SAMI/IJABBR.2019.4.1>
18. Kamal S.A., Mohammed G.J., Hameed I.H. Antimicrobial, Anti-inflammatory, Analgesic Potential and Cytotoxic Activity of *Salvadora persica*: A review. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2018; 9(3): 393–398. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00242.5>
19. Karamać M. Chelation of Cu(II), Zn(II), and Fe(II) by Tannin Constituents of Selected Edible Nuts. *International Journal of Molecular Sciences*. 2009; 10(12): 5485–5497. <https://doi.org/10.3390/ijms10125485>
20. Khokhar S., Apenten R.K.O. Iron binding characteristics of phenolic compounds: some tentative structure–activity relations. *Food Chemistry*. 2003; 81(1): 133–140. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00394-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00394-1)
21. Koné A.P., Desjardins Y., Gosselin A., Cinq-Mars D., Guay F., Saucier L. Plant extracts and essential oil product as feed additives to control rabbit meat microbial quality. *Meat Science*. 2019; 150: 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.013>

ОБ АВТОРАХ

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, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия
Тел. +7 (3532) 30-81-70
gduskaev@mail.ru
<https://doi.org/0000-0002-9015-8367>

Ольга Вилориевна Кван,

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, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия
Тел. +7 (922) 548-56-57
kwan111@yandex.ru,
<https://doi.org/0000-0002-0561-7002>

Елена Владимировна Шейда,

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия
Тел. +7 (922) 862-64-02
elena-shejda@mail.ru <https://doi.org/0000-0002-2586-613X>

Шамиль Гафиуллинович 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, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия,
Тел. +7 (922) 815-72-25
shahm2005@rambler.ru <https://doi.org/0000-0003-0143-9499>

Георгий Иванович Левахин,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия
Тел. 8 (3532) 30-81-70
fncbst@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Galimzhan Kalikhanovich Duskaev,

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. +7 (3532) 30-81-70
gduskaev@mail.ru
<https://doi.org/0000-0002-9015-8367>

Olga Vilorievna Kvan,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the S.G. Leushin Department of Animal Feeding and Feed Technology, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. +7 (922) 548-56-57
kwan111@yandex.ru,
<https://doi.org/0000-0002-0561-7002>

Elena Vladimirovna Sheida,

Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. 8-922-862-64-02
elena-shejda@mail.ru <https://doi.org/0000-0002-2586-613X>

Shamil Gafullovich Rakhmatullin,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the S.G. Leushin Department of Animal Feeding and Feed Technology, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. 8 (922) 815-72-25
shahm2005@rambler.ru <https://doi.org/0000-0003-0143-9499>

Georgiy Ivanovich Levakhin,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. 8 (3532) 30-81-70
fncbst@mail.ru