

УДК 637.054:639.122:549.64

DOI 10.30914/2411-9687-2024-10-3-282-289

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЯСА ПЕРЕПЕЛОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В ИХ РАЦИОН ЦЕОЛИТА И ОТРУБЕЙ ИЗ ЗЕРНА, ПОРАЖЕННОГО МИКОТОКСИНАМИ И ОБРАБОТАННОГО СВЧ**Л. Ф. Якупова¹, Э. К. Папуниди¹, С. Ю. Смоленцев²**¹Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана,
г. Казань, Российская Федерация²Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Среди множества видов птицеводческой продукции в мире продукция перепелиной отрасли пользуется особым спросом. Разведение перепелов требует особого подхода, связанного с уровнем загрязнения кормов микотоксинами. Существует широкий спектр способов понижения содержания микотоксинов в кормах. В последнее время широкое применение находят комбинированные способы детоксикации кормов. Одним из таких способов является комплексное применение сверхвысокочастотной обработки кормов, позволяющей избавиться от нежелательной микрофлоры и повысить питательную ценность кормов, а также применение цеолитов, обладающих высокой каталитической, ионообменной и сорбционной способностями. **Целью** исследований стало изучение влияния скармливания корма, включающего отруби зерна, содержащего микотоксины и подвергнутого СВЧ-обработке, в сочетании с цеолитом и отдельно, на химический состав мышечной ткани перепелок. **Материалы и методы.** Исследования проводились на перепелах 30-дневного возраста, разделенных на 5 групп, две из которых две были контрольные (биологический контроль и отрицательный контроль) и три опытные. **Результаты и обсуждение.** СВЧ-обработка зерна, содержащего микотоксины, и его скармливание перепелам способствует повышению содержания белка и кальция в мышечной ткани на 8 и 47 %. Использование цеолита в рационе перепелов отдельно и в сочетании с СВЧ-обработкой зерна, содержащего микотоксины, способствует повышению содержания жира в мышечной ткани, что повышает энергетическую ценность мяса на 4–23,4 %. **Заключение.** Применение СВЧ-обработки кормов и цеолита понижают токсическое действие микотоксинов на организм птиц, что способствует повышению усвояемости питательных веществ, поступающих с кормом, и это оказывает положительное влияние на мясную продуктивность подопытных птиц, повышая питательную и энергетическую ценность мяса.

Ключевые слова: микотоксины, корма, СВЧ-обработка, цеолит, перепела, химический состав, мышечная ткань

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Якупова Л. Ф., Папуниди Э. К., Смоленцев С. Ю. Химический состав мяса перепелов при включении в их рацион цеолита и отрубей из зерна, пораженного микотоксинами и обработанного СВЧ // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2024. Т. 10. № 3. С. 282–289. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2024-10-3-282-289>

CHEMICAL COMPOSITION OF QUAIL MEAT WITH THE INCLUSION OF ZEOLITE AND BRAN FROM GRAIN CONTAMINATED BY MYCOTOXINS AND TREATED BY MICROWAVE IN THEIR DIETS**L. F. Yakupova¹, E. K. Papunidi¹, S. Yu. Smolentsev²**¹Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, Kazan, Russian Federation²Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. Among the many types of poultry products in the world, quail industry products are in particular demand. Quail breeding requires a special approach related to the level of feed contamination with mycotoxins. There is a wide range of methods for reducing the content of mycotoxins in feed. Recently, combined methods of feed detoxification have been widely used. One of these methods is the comprehensive use of ultra-high-frequency feed processing, which allows getting rid of unwanted microflora and increasing

the nutritional value of feed, as well as the use of zeolites with high catalytic, ion-exchange and sorption capabilities. **The purpose** of the research is to study the effect of feeding feed including grain bran containing mycotoxins and subjected to microwave processing, in combination with zeolite and separately, on the chemical composition of quail muscle tissue. **Materials and methods.** The studies were conducted on quails 30 days old, divided into 5 groups, two of which were control (biological control and negative control) and three experimental. **Results and discussion.** Microwave treatment of grain containing mycotoxins and its feeding to quails contributes to an increase in the protein and calcium content in muscle tissue by 8 and 47 %. The use of zeolite in the quail diet separately and in combination with microwave treatment of grain containing mycotoxins contributes to an increase in the fat content in muscle tissue, which increases the energy value of meat by 4–23.4 %. **Conclusion.** The use of microwave treatment of feed and zeolite reduces the toxic effect of mycotoxins on the body of birds, which contributes to an increase in the digestibility of nutrients supplied with feed, and this has a positive effect on the meat productivity of experimental birds, increasing the nutritional and energy value of meat.

Keywords: mycotoxins, feed, microwave treatment, zeolite, quail, chemical composition, muscle tissue

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Yakupova L. F., Papunidi E. K., Smolentsev S. Yu. Chemical composition of quail meat with the inclusion of zeolite and bran from grain contaminated by mycotoxins and treated by microwave in their diets. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2024, vol. 10, no. 3, pp. 282–289. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2024-10-3-282-289>

Введение

Среди отраслей сельскохозяйственного производства в большинстве стран мира птицеводство занимает лидирующее положение. Одним из важных факторов, формирующих себестоимость яиц и мяса птицы, являются корма, поэтому повышение эффективности использования кормов является одной из главных задач при выращивании птицы с целью получить от нее максимальное количество мяса и яиц [1].

Среди множества видов птицеводческой продукции в мире продукция перепелиной отрасли пользуется особым спросом благодаря высоким вкусовым качествам яиц и мяса, быстрой воспроизводимости продукции и окупаемости затрат в сжатые сроки.

Содержание перепелов требует особого подхода, связанного с большим вниманием, уделяемым кормлению этой птицы. Состав комбикормов для перепелов обладает специфичностью, обусловленной интенсивным обменом веществ и другими физиологическими особенностями птицы. Корма для перепелов должны соответствовать трем основным критериям: сбалансированность, высокая калорийность и необходимая степень дробления [1; 10; 13; 16].

Помимо вышеперечисленных требований к кормам, одним из важных является их безопасность, которая определяется уровнем загрязне-

ния микотоксинами. Корма, содержащие микотоксины, не только не дают раскрыть генетический потенциал продуктивности животных, но и влияют на безопасность получаемой от них продукции [3].

Микотоксины представляют серьезную угрозу промышленному птицеводству поскольку оказывают существенное негативное влияние на здоровье, продуктивность и качество мяса и яиц птиц, несмотря на сбалансированность кормов [9].

Следует отметить, что в промышленном птицеводстве существует значительный риск контаминации кормов токсином Т-2, который оказывает негативное влияние на ряд физиологических функций вследствие его способности ингибировать синтез белка и изменять экспрессию генов воспаления [4; 15]. Все это приводит потом к некрозу и десквамации эпителиальных клеток слизистой оболочки железистого желудка [18].

По данным мониторинга исследования кормов Т-2 токсин распространен во всех регионах Российской Федерации. 79,1 % исследованных кормов, предназначенных для птиц и свиней, содержат Т-2 токсин [6]. При этом из числа исследованных проб Т-2 токсин был обнаружен в 32 % проб пшеницы, 70,9 % – ячменя, 94 % – кукурузы [7]. Анализ загрязнения кормов птицы микотоксинами показал, что они содержат все основные группы микотоксинов, при этом Т-2

токсин был обнаружен в 88,2 % проанализированных проб [5].

Существует широкий спектр способов понижения содержания микотоксинов в зерне [2; 17; 19]. В последнее время широкое применение нашел комбинированный способ детоксикации кормов, заключающийся в сочетании нескольких методов уничтожения микотоксинов и/или нейтрализации их негативного воздействия на организм птицы и, следовательно, на получаемую из них продукцию. [14; 20]. Одним из таких способов детоксикации кормов является комплексное использование электрофизического метода разрушения токсинов в кормах как сверхвысокочастотная обработка (СВЧ), которая позволяет устранить нежелательную микрофлору [8; 11] и повысить питательную ценность обработанного сырья или готового корма [12], а также использование цеолитов, обладающих высокой каталитической, ионообменной и сорбционными способностями.

В связи с этим целью исследований стало изучение влияния скармливания корма, включающего отруби из зерна, содержащего микотоксины и подвергнутого СВЧ-обработке, в сочетании с цеолитом и отдельно, на химический состав мышечной ткани перепелок.

Материалы и методы

Научно-производственный эксперимент проводился в течение 50 дней на перепелах породы Фараон, 30-дневного возраста в условиях КФХ Алимчуевой З. И., расположенной в д. Среднее Азяково Медведского района Республики Марий Эл. Условия содержания и кормления перепелов были одинаковыми. Ежедневно контролировалось общее клиническое состояние птиц, поедаемость кормов и реакция на внешние раздражители. Для проведения научно-производственного опыта были сформированы 5 групп. Птицы первой группы (биологический контроль-100 голов) получали основной рацион (ОР), состоящий из специального комбикорма согласно суточной норме потребления и отруби ячменя в количестве 20 % от суточной нормы комбикорма. Птицы второй группы (отрицательный контроль – 40 голов) получали основной рацион (ОР) и отруби ячменя в количестве 20 % от суточной нормы комбикорма, контаминированный микотоксинами Т-2 и охратоксина А, таким образом, чтобы концентрация

последних в суточной норме ОР не превышала предельно допустимой концентрации (0,1 и 0,053 мг/кг соответственно). Птицы третьей группы (100 голов) получали ОР и 20 % отрубей ячменя, контаминированных микотоксинами Т-2 и охратоксина А в той же концентрации, и подвергнутого СВЧ обработке. Четвертая группа (100 голов) птиц получала ОР и 20 % отрубей ячменя, контаминированных микотоксинами Т-2 и охратоксина А в той же концентрации и 3 % цеолита к ОР. Пятая группа (100 голов) птиц получала корм аналогичный рациону птиц 3-й группы и 3 % цеолита к ОР.

Для изучения качественных показателей мясной продуктивности подопытных птиц был исследован химический состав мышечной ткани и определена ее энергетическая ценность расчетным методом. При этом руководствовались ГОСТ 25011-2017, ГОСТ 23042-2015, ГОСТ 31727-2012, ГОСТ 9793-2016.

Результаты исследования, обсуждения

Анализ химического состава мышечной ткани перепелок показал, что сухого вещества в меньшем количестве содержалось в мышечной ткани птиц 2-й группы опыта (отрицательный контроль). Содержание сухого вещества в мышечной ткани птиц опытных групп было выше, чем во 2-й, на 8,5; 13,4 и 15,4 %, при этом в 3-й группе его содержание оказалось ниже, чем в мышечной ткани птиц 1-й группы, на 2,2 %. Однако стоит отметить, что содержание сухого вещества в мышечной ткани 4-й и 5-й групп было выше, чем в 1-й (биологический контроль), на 2,2 и 4 % (рис. 1).

Исследования мышечной ткани опытных птиц на содержание массовой доли белка показали, что его максимальное количество было в опытных группах и превышало аналогичный показатель в контрольных группах на 7,3 и 8,5 %, 2,6 и 3,7 %, 9 и 10 % (рис. 2).

Минимальное содержание жира в мышечной ткани, так же как и белка, было во 2-й группе отрицательного контроля. В 4-й и 5-й опытных группах содержание жира было выше, чем в контрольных группах – на 11,1 и 68,3 %, 22,5 и 85,6 %. Стоит отметить, что в мышечной ткани 3-й группы птиц содержание жира было ниже, чем в 1-й группе (биологический контроль), на 23,5 %, но выше, чем во 2-й группе отрицательного контроля, на 16 %.



Рис. 1. Содержание влаги и сухого вещества в мышечной ткани перепелов /
Fig. 1. Moisture and dry matter content in quail muscle tissue

Содержание безазотистых экстрактивных веществ в мышечной ткани птиц опытных групп было выше, чем во 2-й группе, на 7,5; 50,6 и 10,4 %. Однако стоит отметить, что максимальное содержание безазотистых экстрактивных веществ было в мышечной ткани птиц 1-й контрольной группы и превосходило ана-

логичный показатель в других группах на 55; 44,4; 3 и 40 %. Более низкое содержание безазотистых экстрактивных веществ в мышечной ткани птиц опытных групп, возможно, связано с более высокой яйценоскостью в этих группах, которая требует больших ресурсов организма (рис. 2).

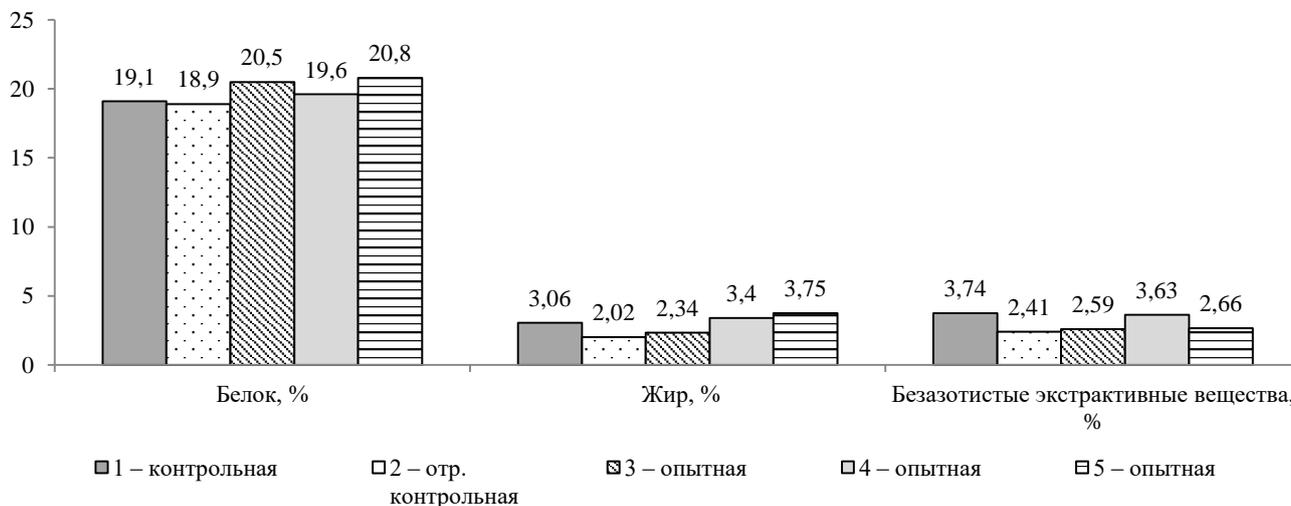


Рис. 2. Содержание белка, жира и безазотистых экстрактивных веществ в мышечной ткани перепелов /
Fig. 2. Content of protein, fat and nitrogen-free extractives in quail muscle tissue

По этой же причине наблюдалось более низкое содержание в мышечной ткани птиц опытных групп массовой доли золы (рис. 3). Так, содержание золы в мышечной ткани 1-й группы было выше, чем в остальных на 13; 15; 16 и 20 %. Однако содержание кальция в мышечной ткани птиц опытных групп было больше, чем в кон-

трольных группах – 47,4 и 40 %; 37 и 30 %; 42,1 и 35 %. Содержание фосфора в мышечной ткани птиц всех групп опыта не имело существенных различий и находилось на уровне 0,03–0,04 %.

Расчет показателя энергетической ценности мышечной ткани позволяет судить о питательной ценности мяса.

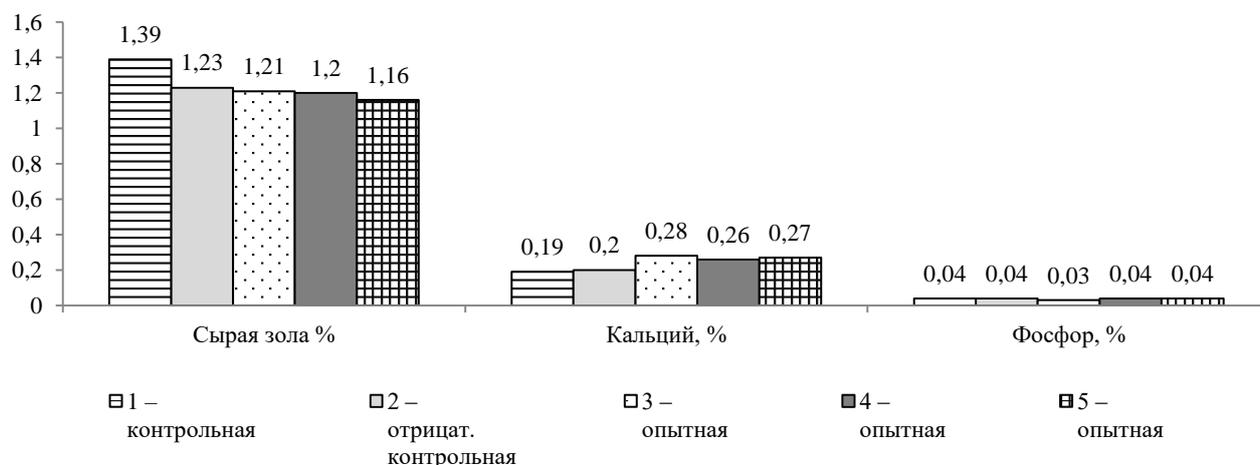


Рис. 3. Содержание минеральных веществ в мышечной ткани перепелов /
Fig. 3. Mineral content in quail muscle tissue

Таблица 1 / Table 1

Результаты определения энергетической ценности мяса перепелов /
Results of determining the energy value of quail meat

Группы опыта / Experimental groups	Единицы измерения / Unit	
	ккал / kcal	кДж / kJ
1 – контрольная / 1 – Control group	122,14±3,9	511,39±3,1
2 – отрицательная контрольная / 2 – negative control group	106,32±3,0	445,14±3,6
3 – опытная / 3 – Experimental group	116,67±3,2	488,50±4,4
4 – опытная / 4 – Experimental group	127,15±2,5	532,35±3,2
5 – опытная / 5 – Experimental group	131,18±4,2	549,24±3,8

В образцах мышечной ткани 4-й и 5-й опытных групп отмечается повышение энергетической ценности на 4 и 7,4 % по сравнению с 1-й группой и на 19,6 и 23,4 % по сравнению со 2-й. Это связано с более высоким содержанием в мышечной ткани птиц анализируемых групп опыта белка и жира. Энергетическая ценность мышечной ткани птиц 3-й опытной группе оказалась ниже, чем в 1-й контрольной группе, на 13 %, что, безусловно, связано с более низким содержанием жира. Однако стоит отметить, что по сравнению с энергетической ценностью 2-й группы опыта (отрицательный контроль) она превосходила ее на 10 %. Таким образом, можно сказать, что мясо птиц 3-й опытной группы более диетическое из-за более высокого содержания белка и меньшего содержания жира.

Заключение

На основании полученных данных можно сделать заключение, что СВЧ-обработка кормов

и применение цеолита понижают токсическое действие микотоксинов на организм птиц, из-за чего усвояемость питательных веществ, поступающих с кормом, повышается, и это положительно сказывается на мясной продуктивности подопытных птиц, повышая ее качественные характеристики, а именно – питательную и энергетическую ценность мяса. Следует отметить, что при совместном использовании СВЧ-обработки зерна, пораженного микотоксинами, и использования сорбента достигается наилучший эффект.

Выводы

1. СВЧ-обработка зерна, содержащего микотоксины, и его скармливание перепелам способствует повышению содержания белка и кальция в мышечной ткани, что позволяет получить диетический продукт с более высокой питательной и биологической ценностью.

2. Использование цеолита в рационе перепелов отдельно и в сочетании с СВЧ-обработкой

зерна, содержащего микотоксины, способствует повышению содержания жира в мышечной ткани, что повышает питательную и энергетическую ценность мяса.

1. Яичная продуктивность перепелок при введении в рацион биологически активного вещества / П. И. Барышников, Л. В. Растопшина [и др.] // Вестник АГАУ. 2021. № 9 (203). С. 60–65. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/yaichnaya-produktivnost-perepelok-pri-vvedenii-v-ratsion-biologicheskii-aktivnogo-veschestva> (дата обращения: 09.08.2024).

2. Брагинец С. В., Бахчевников О. Н. Физические методы снижения содержания микотоксинов в кормах и их применение в комбикормовой промышленности (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (1). С. 32–46. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.32-464>

3. Вертипрахов В. Г., Гогина Н. Н. Содержание Т-2 и НТ-2 микотоксинов в кормах и их влияние на переваримость питательных веществ у бройлеров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 6 (191). С. 39–56. DOI: <https://doi.org/10.33920/sel-05-2106-04>

4. Содержание Т-2 и НТ-2 токсинов, активность ферментов в кишечнике и гематологический статус цыплят-бройлеров (*Gallus Gallus L.*) при экспериментальном Т-2 токсикозе / В. Г. Вертипрахов, А. А. Грозина [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2021. № 4. С. 682–694. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-t-2-i-nt-2-toksinov-aktivnost-fermentov-v-kishechnike-i-gematologicheskii-status-tsyplat-broylerov-gallus-gallus-l-pri> (дата обращения: 05.05.2024).

5. Грозина А. А., Гогина Н. Н., Круглова Л. М. Данные мониторинга содержания микотоксинов в кормах, полученные в период с 2010 по 2018 год при помощи метода иммуноферментного анализа // Мировое и российское птицеводство: состояние, динамика развития, инновационные перспективы : матер. XX Международной конференции. Сергиев Посад : Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 2020. С. 211–213. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44058170&ysclid=m230x03io5468655250> (дата обращения: 05.05.2024).

6. Кононенко Г. П., Буркин А. А., Зотова Е. В. Микотоксикологический мониторинг. Сообщение 1. Полнорационные корма для свиней и птицы (2009–2018 гг.) // Ветеринария сегодня. 2020. Т. 1. № 32. С. 60–65. DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65>

7. Кононенко Г. П., Буркин А. А., Зотова Е. В. Микотоксикологический мониторинг. Сообщение 2. Зерно пшеницы, ячменя, овса и кукурузы // Ветеринария сегодня. 2020. Т. 1. № 33. С. 139–145. DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65>

8. Королев А. А., Тюрина С. С., Тришканева М. В. Анализ применения микроволнового излучения в технологиях стерилизации растительного сырья // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2019. № 3. С. 81–91. DOI: <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2019-12-3-81-91>

9. Лютых О. Микотоксины в птицеводстве – угроза здоровью человека // Эффективное животноводство. 2020. № 2 (159). С. 32–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikotoksiny-v-ptitsevodstve-ugroza-zdorovyu-cheloveka> (дата обращения: 24.02.2024).

10. Растопшина Л. В., Шмелева М. В. Использование йодкрахмала в рационе перепелов // Вестник алтайской науки. 2006. Вып. 2. С. 135–137. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25928849&ysclid=m2348biew300466097> (дата обращения: 24.02.2024).

11. Соболева О. М., Колосова М. М., Филипович Л. А. Электрофизический способ снижения количества микотоксинов в концентрированных кормах // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 64–66. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10416>

12. Собченко Ю. А., Омаров А. Н., Белов А. А. Проведение трехфакторного эксперимента по сверхвысокочастотной микронизации зерновых кормов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. № 3 (44). С. 116–123. DOI: <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2021-68-3-116-123>

13. Яичная продуктивность сельскохозяйственной птицы при скармливании различных доз органической формы селена и йода / О. А. Багно, Ю. Н. Федоров [и др.] // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 3 (24). С. 70–76. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35780384&ysclid=m2390znxca590845547> (дата обращения: 24.02.2024).

14. Effect Of Bee Brood And Zeolite On Broiler Chickens Exposed By Mycotoxin T-2 / Semenov E. I., Mishina N. N. [et al.] // Natural Volatiles and Essential Oils. 2021. Vol. 8. No. 4. Pp. 3520–3531. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48382254&ysclid=m239aet94s930677549> (дата обращения: 24.02.2024).

15. Jing J. L., Zhang Y. [et al.] The response of glandular gastric transcriptome to T-2 toxin in chicks // Food Chem. Toxicol. 2019. Vol. 132. Article 110658. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110658>

16. Oliva T. V., Gorshkov G. I. Enrichment by iodine and increase of the nutrition value of poultryfarming production: meat and eggs // Modern problems of science and education. 2014. № 5. URL: <https://scienceeducation.ru/en/issue/view?id=119> (дата обращения: 24.02.2024).

17. Protective effect of adsorbent complex on morphofunctional state of liver during chicken polymycotoxicosis / E. Y. Tarasova, L. E. Matrosova [et al.] // Systematic Reviews in Pharmacy. 2020. Vol. 11. Pp. 264–268. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45238709&ysclid=m239qcmvmv322793630> (дата обращения: 24.02.2024).

18. Toxicokinetics of T-2 toxin and its major metabolites in broiler chickens after intravenous and oral administration / Y. X. Sun, Yao X. [et al.] // J. Vet. Pharmacol. Ther. 2015. Vol. 38. No. 1. Pp. 80–85. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvp.12142>

19. Controlling reactions of biological objects of agricultural production with the use of electrotechnology / A. A. Vasilyev, A. V. Ospanov [et al.] // International Journal of Pharmacy & Technology. Dec. 2016. Vol. 8. No. 4. С. 26855–26869.

20. Zeolite, hepatoprotector and probiotic for aflatoxicosis in pigs / L. Matrosova, S. Tanaseva [et al.] // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD). 2020. Vol. 10. Pp. 7053–7060. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=52293155&ysclid=m23a43k67z760424400> (дата обращения: 24.02.2024).

Статья поступила в редакцию 12.08.2024 г.; одобрена после рецензирования 10.09.2024 г.; принята к публикации 24.09.2024 г.

Об авторах

Якупова Лейсан Файзулловна

кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, ул. Сибирский Тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-0622>, ley.san.1975@mail.ru

Папуниди Эллада Константиновна

доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, ул. Сибирский Тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8030-7894>, parunidi_kki@mail.ru

Смоленцев Сергей Юрьевич

доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры технологии производства продукции животноводства, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6086-1369>, Smolentsev82@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Baryshnikov P. I., Rastopshina L. V. [et al.] Yaichnaya produktivnost' perepelok pri vvedenii v ratsion biologicheskii aktivnogo veshchestva [Quail egg production when supplementing the diet with bioactive substance] *Vestnik AGAU = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2021. № 9 (203). С. 60–65. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/yaichnaya-produktivnost-perepelok-pri-vvedenii-v-ratsion-biologicheskii-aktivnogo-veschestva> (accessed 09.08.2024). (In Russ.).

2. Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N. Fizicheskie metody snizheniya sodержaniya mikotoksinov v kormakh i ikh primeneniye v kombikormovoi promyshlennosti (obzor) [Physical methods of mycotoxin content reduction in feeds and application of them in the compound feed industry (review)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2021. № 22 (1). С. 32–46. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.32-46>

3. Vertiprahov V. G., Gogina N. N. Soderzhanie Soderzhanie T-2 i NT-2 mikotoksinov v kormakh i ikh vliyaniye na perevarimost' pitatel'nykh veshchestv u broileroev [The content of T-2 and NT-2 mycotoxins in feed and their effect on the digestibility of nutrients in broilers]. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo = Farm Animal Feeding and Feed Production*, 2021, no. 6 (191), pp. 39–56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33920/sel-05-2106-04>

4. Vertiprahov V. G., Grozina A. A. [et al.] Soderzhanie T-2 i NT-2 toksinov, aktivnost' fermentov v kishechnike i gematologicheskii status tsyplyat-broileroev (Gallus Gallus L.) pri eksperimental'nom T-2 toksikoze [The intestinal T-2 and Ht-2 toxins, intestinal and fecal digestive enzymes, morphological and biochemical blood indices in broilers (*Gallus gallus L.*) with experimentally induced T-2 toxicosis]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2021, no. 4, pp. 682–694. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-t-2-i-nt-2-toksinov-aktivnost-fermentov-v-kishechnike-i-gematologicheskiiy-status-tsyplyat-broileroev-gallus-gallus-l-pri> (accessed 05.05.2024). (In Russ.).

5. Grozina A. A., Gogina N. N., Kruglova L. M. Dannye monitoringa sodержaniya mikotoksinov v kormakh, poluchennye v period s 2010 po 2018 god pri pomoshchi metoda immunofermentnogo analiza [Monitoring data for mycotoxin content in feed obtained from 2010 to 2018 using the enzyme immunoassay method]. *Mirovoe i rossiiskoe pitsevodstvo: sostoyaniye, dinamika razvitiya, innovatsionnye perspektivy : mater. XX Mezhdunarodnoi konferentsii = World and Russian poultry farming: status, development dynamics, innovative prospects: material. XX International Conference, Sergiev Posad, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Farming*, 2020, pp. 211–213. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44058170&ysclid=m230x03io5468655250> (accessed 05.05.2024). (In Russ.).

6. Kononenko G. P., Burkin A. A., Zotova Ye. V. Mikotoksikologicheskii monitoring. Soobshcheniye 1. Polnoratsionnye korma dlya svinei i ptitsy (2009–2018 gg.) [Mycotoxicological monitoring. Part 1. Complete mixed feed for pigs and poultry (2009–2018)]. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2020, vol. 1, no. 32, pp. 60–65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65>

7. Kononenko G. P., Burkin A. A., Zotova Ye. V. Mikotoksikologicheskii monitoring. Soobshcheniye 2. Zerno pshenitsy, yachmenya, ovsy i kukuruzy [Mycotoxicological monitoring. Part 1. Complete mixed feed for pigs and poultry (2009–2018)]. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2020, vol. 1, no. 33, pp. 139–145. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65>

8. Korolev A. A., Tjurina S. S., Trishkaneva M. V. Analiz primeneniya mikrovolnovogo izlucheniya v tekhnologiyakh sterilizatsii rastitel'nogo syr'ya [The application of microwave radiation for sterilization of plant raw materials]. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya "Protessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* = Processes and Food Production Equipment, 2019, no 3, pp. 81–91. (In Russ.). DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-3-81-91
9. Ljutyh O. Mikotoksiny v ptitsevodstve – ugroza zdorov'yu cheloveka [Mycotoxins in poultry farming – a threat to human health]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo* = Efficient Animal Husbandry, 2020, no. 2 (159), pp. 32–38. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikotoksiny-v-ptitsevodstve-ugroza-zdorovyu-cheloveka> (accessed 24.02.2024). (In Russ.).
10. Rastopshina L. V., Shmeleva M. V. Ispol'zovanie iodkrakhmala v ratsione perepelov [The use of iodine starch in the diet of quails]. *Vestnik altaiskoi nauki* = Bulletin of Altai Science, 2006, no. 2, pp. 135–137. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25928849&ysclid=m2348biew300466097> (accessed 24.02.2024). (In Russ.).
11. Soboleva O. M., Kolosova M. M., Filipovich L. A. Elektrofizicheskiy sposob snizheniya kolichestva mikotoksinov v kontsentrirrovannykh kormakh [Electrophysical method of reducing the amount of mycotoxins in concentrated feed]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex, 2019, vol. 33, no. 4, pp. 64–66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10416>
12. Sobchenko Yu. A., Omarov A. N., Belov A. A. Provedenie trekhfaktornogo eksperimenta po sverkhvysokochastotnoi mikronizatsii zernovykh kormov [The three-factor experiment on microwave micronization of grain feed]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK* = Electrical Engineering and Electrical Equipment in Agriculture, 2021, vol. 68, no. 3 (44), pp. 116–123. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2021-68-3-116-123>
13. Bagno O. A., Fedorov Yu. N. [et al.] Yaichnaya produktivnost' sel'skokhozyaistvennoi ptitsy pri skarmlivanii razlichnykh doz organicheskoi formy selena i ioda [Poultry egg productivity under feeding with different doses of selenium and iodine organic forms] *Agrarnyi vestnik Verkhnevolszh'ya* = Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region, 2018, no. 3 (24), pp. 70–76. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35780384&ysclid=m2390znxca590845547> (accessed 24.02.2024). (In Russ.).
14. Semenov E. I., Mishina N. N. [et al.] Effect of Bee Brood and Zeolite on Broiler Chickens Exposed by Mycotoxin T-2. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 2021, vol. 8, no. 4, pp. 3520–3531. (In Eng.).
15. Jing J. L., Zhang Y. [et al.] The response of glandular gastric transcriptome to T-2 toxin in chicks. *Food Chem. Toxicol.*, 2019, vol. 132, article 110658. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110658>
16. Oliva T. V., Gorshkov G. I. Enrichment by iodine and increase of the nutrition value of poultryfarming production: meat and eggs. *Modern problems of science and education*, 2014, no. 5. Available at: <https://scienceeducation.ru/en/issue/view?id=119> (accessed 24.02.2024). (In Eng.).
17. Tarasova E. Y., Matrosova L. E. [et al.] Protective effect of adsorbent complex on morphofunctional state of liver during chicken polymycotoxicosis. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 2020, vol. 11, pp. 264–268. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45238709&ysclid=m239qcmymv322793630> (accessed 24.02.2024). (In Eng.).
18. Sun Y. X., Yao X. [et al.] Toxicokinetics of T-2 toxin and its major metabolites in broiler chickens after intravenous and oral administration. *J. Vet. Pharmacol. Ther.*, 2015, vol. 38, no. 1, pp. 80–85 (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1111/jvp.12142>
19. Vasilyev A. A., Ospanov A. B. [et al.] Controlling reactions of biological objects of agricultural production with the use of electrotechnology. *International Journal of Pharmacy & Technology, Dec*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 26855–26869. (In Eng.).
20. Matrosova L., Tanaseva S. [et al.] Zeolite, hepatoprotector and probiotic for aflatoxicosis in pigs. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 2020, vol. 10, pp. 7053–7060. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=52293155&ysclid=m23a43k67z760424400> (accessed 24.02.2024). (In Eng.).

The article was submitted 12.08.2024; approved after reviewing 10.09.2024; accepted for publication 24.09.2024.

About authors

Leysan F. Yakupova

Ph. D. (Biology), Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St, Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-0622>, ley.san.1975@mail.ru

Ellada K. Papunidi

Dr. Sci. (Biology), Professor, Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St, Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8030-7894>, papynidi_kki@mail.ru

Sergey Yu. Smolentsev

Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Livestock Production Technology, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6086-1369>, Smolentsev82@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.