

Научная статья
УДК 619:615.9:636.087.7
doi: 10.48612/vch/3rr9-xrkg-udmn

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ХИТИН-ГЛЮКАНОВОГО КОМПЛЕКСА С КУРКУМОЙ НА МИКРОБИОЦЕНОЗ БЕЛЫХ КРЫС ПРИ МИКОТОКСИКОЗЕ

Наиля Наримановна Мишина, Марина Александровна Ерохондина,
Анастасия Владимировна Софронова, Элина Илгизовна Идрисова, Лилия Евгеньевна Матросова,
Зухра Халимовна Сагдеева, Алмаз Рафаильевич Валиев
Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности
420075, г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. Исследования были проведены в условиях лаборатории микотоксинов отделения токсикологии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ». Опыты проводили на 56 белых крысах, которые были распределены на 7 групп. Первая группа служила биологическим контролем и получала полнорационный корм без микотоксинов. Во второй группе животные подвергались воздействию микотоксинов: Т-2 токсина, зеараленона, дезоксиниваленола, афлатоксина В1 и фумонизина В1. Третьей и четвертой группам скармливался корм, загрязненный микотоксинами, на фоне применения смеси хитин-глюканового комплекса (ХГК) с куркумой в дозировках 0,05 % и 0,2 % от рациона. Пятая группа получала корм, содержащий смесь микотоксинов и глюкан. Шестая группа получала корм, содержащий смесь микотоксинов с добавлением куркумы в количестве 0,5 %. Седьмая группа получала корм, не содержащий микотоксины, но с добавлением ХГК в количестве 0,2 %. Согласно исследованиям, микотоксины оказывали отрицательное воздействие на кишечник, что проявлялось в снижении численности полезной микрофлоры. Использование глюкана и куркумина на фоне микотоксикоза приводило к снижению количества лактобактерий, бифидобактерий, эшерихий с нормальной ферментативной активностью на 22,1 % ($p < 0,01$), 19,89 % ($p < 0,05$), 27,58 % ($p < 0,001$) и 34,16 % ($p < 0,001$), 39,12 % ($p < 0,001$), 56,22 % ($p < 0,001$). В то же время введение в рацион белых крыс комплекса ХГК способствовало улучшению состояния кишечной микрофлоры.

Ключевые слова: куркумин, глюкан, микробиота, кишечник, микотоксины, белые крысы.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, проект № 90-2025-013038 «Разработка средства профилактики и лечения животных при потреблении кормов, загрязненных микотоксинами» (2025–2026 гг.)

Для цитирования: Мишина Н. Н., Ерохондина М. А., Софронова А. В., Идрисова Э. И., Матросова Л. Е., Сагдеева З. Х., Валиев А. Р. Оценка влияния хитин-глюканового комплекса с куркумой на микробиоценоз белых крыс при микотоксикозе // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2026 № 2026 №3(38). С. 106-110.

doi: 10.48612/vch/3rr9-xrkg-udmn

Original article

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF A FEED ADDITIVE BASED ON A CHITIN-GLUCAN COMPLEX WITH TURMERIC ON THE MICROBIOCENOSIS OF WHITE RATS UNDER MYCOTOXICOSIS

Nailya N. Mishina, Marina Al. Erokhondina, Anastasia V. Sofronova, Elina I. Idrisova, Liliya E. Matrosova,
Zukhra Kh. Sagdeeva, Almaz R. Valiev
Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety
420075, Kazan, Russian Federation

Abstract. The studies were conducted in the mycotoxin laboratory of the toxicology department of the FSBSI «FCTRBS-ARRVI». The experiments were carried out on 63 white rats, which were divided into 7 groups. The first group served as a biological control and received a complete feed without mycotoxins. In the second group, the animals were exposed to mycotoxins: T-2 toxin, zearalenone, deoxynivalenol, aflatoxin B1 and fumonisin B1. The third and fourth groups were fed feed contaminated with mycotoxins, against the background of using a mixture of chitin-glucan complex (CGC) with turmeric at dosages of 0.05 % and 0.2 % of the diet. The fifth group received feed containing a mixture of mycotoxins and glucan. The sixth group received feed containing a mixture of mycotoxins with the addition of turmeric at a concentration of 0.5 %. The seventh group received feed that did not contain mycotoxins, but with the addition of CGC at a concentration of 0.2 %. According to the studies, mycotoxins had a negative effect on the intestines, which manifested itself in a decrease in the number of beneficial microflora. The use of glucan and curcumin against the background of mycotoxicosis led to a decrease in the number of lactobacilli, bifidobacteria, Escherichia coli with normal enzymatic activity by 22.1 % ($p < 0,01$), 19.89 % ($p < 0,05$), 27.58 % ($p < 0,001$) and 34.16 % ($p < 0,001$), 39.12 % ($p < 0,001$), 56.22 % ($p < 0,001$). At the same time, the introduction of CGC complex into the diet of white rats contributed to the improvement of the intestinal microflora.

Keywords: curcumin, glucan, microbiota, intestine, mycotoxins, white rats.

Funding: This study was conducted with the financial support of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tatarstan, project № 90-2025-013038 «Development of an agent for the prevention and treatment of animals consuming mycotoxin-contaminated feed» (2025–2026).

For citation: Mishina N. N., Erokhondina M. A., Sofronova A. V., Idrisova E. I., Matrosova L. E., Sagdeeva Z. Kh., Valiev A. R. Assessment of the effect of a feed additive based on a chitin-glucan complex with turmeric on the microbiocenosis of white rats under mycotoxicosis // Vestnik Chuvash State Agrarian University. 2026 No. 2026 No. 3(38). Pp. 106-110.

doi: 10.48612/vch/3tr9-xrkg-udmn

Введение.

Кишечник служит первым защитным барьером, предотвращая проникновение ксенобиотиков в организм. Он играет ключевую роль в фильтрации и нейтрализации загрязнителей природного и техногенного происхождения, обеспечивая гомеостаз и поддерживая метаболические процессы. Микробиом кишечника, представляющий собой сложную экосистему бактерий, вирусов, грибов, простейших, оказывает значительное влияние на физиологические функции, в том числе состояние слизистой оболочки, иммунную реактивность и метаболизм. Микрофлора толстой кишки является ключевым фактором, обеспечивающим нормальное функционирование слизистого барьера кишечника. Нарушение баланса кишечной микробиоты может привести к снижению метаболической и секреторной активности клеток кишечного эпителия. Это, в свою очередь, ослабляет резистентность слизистых барьеров, изменяет метаболизм колоноцитов и негативно сказывается на местном иммунном ответе [6].

Научные исследования выявили тесную взаимосвязь между заболеваниями печени и состоянием кишечной микробиоты. В частности, воздействие афлатоксина В1 приводит к воспалительным процессам в печени вследствие изменений в микробиоте кишечника.

Поступление с кормом афлатоксина В1 изменяло состав микробиоты кишечника, увеличив относительное содержание *Bacteroides*, *Parabacteroides* и *Lactobacillus*, что привело к дисфункции кишечного барьера и способствовало развитию пироптоза в печени.

Воздействие Т-2 токсина ухудшает морфологию подвздошной кишки, повреждает кишечный эпителий и вызывает дисбактериоз микробиоты у мышей. Токсин Т-2 нарушал состав кишечной микробиоты, особенно *Faecalibaculum* и *Allobaculum* [8].

Исследованиями К. Ан et al. (2025) обнаружено, что под действием Т-2 токсина повышается численность бактерий типа *Firmicutes*, снижается численность бактерий типа *Actinobacteriota* на уровне типа; на уровне рода повышается численность *Candidatus*, *Arthromitus* и *Lactococcus*, снижается численность *Corynebacterium*, *Gallicola*, *Leucobacter*, *Aerosphaera*, *Atopostipes*, *Jeotgalibaca*, *Actinomyces* и *Turicibacter* [4].

В качестве средств профилактики микотоксикозов испытано множество соединений [2, 3]. В ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» на основе глюканов дрожжевого происхождения был разработан и испытан при микотоксикозах хитин-глюкановый комплекс с куркумой.

Куркумин – природное полифенольное соединение, получаемое из корневищ растений семейства имбирных, таких как куркума (*Curcuma longa*), цедоария (*C. zedoaria*) и калган (*Alpinia officinarum*) [7]. Ему

приписывают множество полезных свойств. В частности доказано, что куркумин способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных животных. Куркумин улучшает рост, качество мяса бройлеров и яйценоскость кур-несушек [9].

В медицине куркумин привлекает внимание благодаря своим противовоспалительным и антиоксидантным свойствам. Он помогает при язвенном колите, снижая окислительный стресс [10], подавляя воспалительные процессы и восстанавливая баланс микрофлоры кишечника. Также куркумин укрепляет кишечный барьер, что способствует улучшению общего состояния пищеварительной системы.

β-глюканы – широко известные как пребиотики, которые избирательно метаболизируются микробиотой кишечника [1].

β-глюканы с разной молекулярной массой могут оказывать различное влияние на метаболизм кишечной микробиоты, влияя на активность и численность определенных микроорганизмов, а также на процессы ферментации и всасывания питательных веществ [5].

Целью исследования являлась оценка влияния композиции «глюкан + куркумин» на микробиоценоз белых крыс при микотоксикозе.

Материалы и методы.

Опыты проводили на 56 белых крысах, которые были распределены на 7 групп. Первая группа служила биологическим контролем и получала полнорационный корм без микотоксинов. Во второй группе животные подвергались воздействию микотоксинов: Т-2 токсина, зеараленона, дезоксиниваленола, афлатоксина В1 и фумонизина В1. Третьей и четвертой группам скормливался корм, контаминированный микотоксинами, на фоне применения смеси хитин-глюканового комплекса (ХКГ) с куркумой в дозировках 0,05 % и 0,2 % от рациона. Пятая группа получала корм, содержащий смесь микотоксинов и ХКГ. Шестая группа получала корм, содержащий смесь микотоксинов с добавлением куркумы в количестве 0,5 %. Седьмая группа получала корм, не содержащий микотоксины, но с добавлением ХКГ с куркумой в количестве 0,2 %.

Наблюдение хода эксперимента продолжалось 30 сут.

По завершении опыта животных умерщвляли посредством декапитации. Из толстого отдела кишечника отбирали содержимое для проведения микробиологического анализа.

Затем эти образцы тщательно перемешивали и инкубировали при комнатной температуре в течение 10–15 мин.

Посев суспензии фекалий проводили по стандартным микробиологическим методикам: разведение и высев на агаризованные питательные среды (МПА,

ВСА, агар Эндо, МРС, среда Блаурокка, Сабуро, сусло-агар, кровяной агар), после чего – инкубация при температуре 37 °С в течение 24–48 ч. Идентификацию выросших колоний проводили классическими микробиологическими методами, учитывая культуральные и морфологические свойства.

Далее производили подсчет количества выросших колоний. Результат переводили в десятичные логарифмы.

Анализ и обработку полученных числовых данных проводили методом вариационной статистики с применением критерия достоверности по Стьюденту на персональном компьютере с использованием программ Excel.

Таблица 1. Содержание микроорганизмов в толстом отделе кишечника белых крыс при воздействии Т-2 токсина, зеараленона, дезоксиниваленола, афлатоксина В1 и фумонизина В1

Table 1. Microorganism content in the large intestine of white rats exposed to T-2 toxin, zearalenone, deoxynivalenol, aflatoxin B1 and fumonisin B1

Показатель, lg КОЕ/г	Группы						
	1	2	3	4	5	6	7
Лактобактерии	5,24±0,02	3,20±0,11***	4,31±0,02*	4,56±0,03	4,08±0,01**	3,45±0,07***	6,20±0,07**
Бифидобактерии	7,49±0,05	4,34±0,18***	6,39±0,04	6,81±0,07	6,00±0,02*	4,56±0,09***	8,53±0,09*
Дрожжевые грибы	не обн.	3,15±0,03	не обн.	не обн.	не обн.	2,78±0,02	не обн.
Сальмонеллы, протей	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>E. coli</i> с нормальной ферментативной активностью	5,62±0,07	2,05±0,05***	4,74±0,06*	5,15±0,07	4,07±0,05***	2,46±0,04***	6,01±0,02*
Гемолитические эшерихии	не обн.	3,11±0,06	не обн.	не обн.	не обн.	2,80±0,04	не обн.
Стафилококк золотистый	не обн.	4,12±0,02	не обн.	не обн.	не обн.	3,50±0,07	не обн.

*p≤0,05, **p≤0,01, ***p≤0,001

Исследования показали, что воздействие микотоксинов приводило к существенному снижению количества полезной микрофлоры кишечника. Так, у белых крыс группы токсического контроля количество лактобактерий снизилось на 38,93 %, а бифидобактерий – на 42,05 %, по отношению к группе биологического контроля (p<0,001), что говорит о выраженном негативном воздействии токсиканта. Также наблюдалось резкое сокращение количества эшерихий с нормальной ферментативной активностью – более чем на 63,5 % (p<0,001). Кроме того, микробиологический анализ содержимого кишечника животных данной группы показал наличие дрожжевых грибов в количестве 3,15±0,03 lg КОЕ/г, *E. coli* с гемолитической активностью 3,11±0,06 lg КОЕ/г и золотистого стафилококка 4,12±0,02 lg КОЕ/г.

Использование глюкозы и куркумина на фоне микотоксикоза приводило к снижению количества лактобактерий, бифидобактерий, эшерихий с нормальной ферментативной активностью на 22,1 % (p<0,01), 19,89 % (p<0,05), 27,58 % (p<0,001) и 34,16 % (p<0,001), 39,12 % (p<0,001), 56,22 % (p<0,001).

В то же время введение в рацион белых крыс комплекса ХГК способствовало улучшению состояния кишечной микрофлоры.

Результаты исследований и их обсуждения.

Микробиота толстого отдела кишечника состоит из различных популяций микроорганизмов, среди которых преобладают бактерии, относящиеся к типам *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia* (около 90 % видов). Нарушение равновесия между кишечной средой и микробиомом приводит к развитию дисбактериоза, что в целом сказывается на здоровье организма. Таблица 1 иллюстрирует количество микроорганизмов в толстом кишечнике белых крыс, подвергшихся экспериментальному воздействию микотоксинов Т-2, зеараленона, дезоксиниваленола, афлатоксина В1 и фумонизина В1.

У животных третьей и четвертой групп количество лактобактерий, бифидобактерий и эшерихий с нормальной ферментативной активностью было ниже на 17,75 % (p<0,05), 14,69 % (p<0,001), 15,66 % (p<0,05) и 12,98 %, 9,08 % (p<0,05), 8,36 %.

По окончании эксперимента, у крыс седьмой группы количество лактобактерий, бифидобактерий и эшерихий с нормальной ферментативной активностью было выше, чем у биологического контроля на 18,32 % (p<0,01), 13,89 % (p<0,05) и 6,94 % (p<0,05).

Заключение.

Результаты исследований показали, что микотоксины оказывали отрицательное воздействие на кишечник, приводя к подавлению роста нормофлоры, что привело к снижению количества лакто-, бифидобактерий и эшерихий, а также способствовало размножению патогенов.

Использование глюкозы и куркумина на фоне микотоксикоза приводило к снижению количества лактобактерий, бифидобактерий, эшерихий с нормальной ферментативной активностью на 22,1 % (p<0,01), 19,89 % (p<0,05), 27,58 % (p<0,001) и 34,16 % (p<0,001), 39,12 % (p<0,001), 56,22 % (p<0,001). В то же время введение в рацион белых крыс комплекса ХГК способствовало улучшению состояния кишечной микрофлоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вафин, Ф. Р. Влияние хитинглюканового комплекса *Candida pseudotropicalis* на биохимический статус цыплят-бройлеров / Ф. Вафин, А. Ф. Хасиятуллин // Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК : материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и уча-

- шейся молодежи, профессора И.Н. Никитина, Казань, 28–29 марта 2024 года. – Казань : Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2024. – С. 361-363.
2. Диагностика и ветеринарная помощь при отравлениях животных (Общие принципы) / А. М. Трemasова, И. И. Идиятов, Э. И. Семенов [и др.]. – Казань, 2022. – 236 с.
 3. Хасиятуллин, А. Ф. Изучение острой токсичности и кумулятивных свойств бета-глюканов растительного и дрожжевого происхождения / А. Ф. Хасиятуллин // Ветеринарный врач. – 2021. – № 3. – С. 71-76.
 4. An, K. T-2 toxin induces gut and liver injury through triggering gut microbiota dysbiosis. Poultry Science, 105577 / K. An, D. Yan, X. Lv [et al.]. - 2025.
 5. Aoe, S. Low molecular weight barley β -glucan affects glucose and lipid metabolism by prebiotic effects / S. Aoe, K. Mio, C. Yamanaka [et al.]. // Nutrients. – 2020. - 13(1). - 130. <https://doi.org/10.3390/nu13010130>
 6. Elmassry, M. Gut homeostasis and microbiota under attack: impact of the different types of food contaminants on gut health / M. Elmassry, A. Zayed, M. Farag // Crit Rev Food Sci Nutr. – 2022. - 62(3). - 738-763. doi: 10.1080/10408398.2020.1828263
 7. Hewlings, S.J., Kalman, D.S. Curcumin: a review of its effects on human health / S. Hewlings, D. Kalman // Foods. – 2017. - 6 (10). <https://doi.org/10.3390/foods6100092>
 8. Huang, T. The role of gut microbiota in anorexia induced by T-2 toxin / T. Huang, A. Li, S. Zhang [et al.]. // Ecotoxicology and environmental safety. - 2024. – 281. - 116612.
 9. Liu, M.J. Effect of curcumin on laying performance, egg quality, endocrine hormones, and immune activity in heat-stressed hens / M. Liu, Y. Lu, P. Gao [et al.]. // Poult. Sci. - 2020. - 99 (4). - 2196–2202. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.001>
 10. Ye, N. Folic acid-modified lactoferrin nanoparticles coated with a laminarin layer loaded curcumin with dual-targeting for ulcerative colitis treatment / N. Ye, P. Zhao, S. Ayue [et al.]. // Int. J. Biol. Macromol. – 2023. – 232.

REFERENCES

1. Vafin, F. R. Vliyanie xitinglyukanovogo kompleksa Candida pseudotropicalis na bioximicheskij status cyplyatbrojlerov / F. Vafin, A. F. Xasiyatullin // Molodezhny'e razrabotki i innovacii v reshenii prioritnyx zadach APK : materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i uchashhejsya molodezhi, professora I.N. Nikitina, Kazan', 28–29 marta 2024 goda. – Kazan' : Kazanskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny im. N.E. Bauman, 2024. – S. 361-363.
2. Diagnostika i veterinarnaya pomoshh' pri otravleniyax zhivotnyx (Obshhie principy) / A. M. Tremasova, I. I. Idiyatov, E. I. Semenov [i dr.]. – Kazan', 2022. – 236 s.
3. Xasiyatullin, A. F. Izuchenie ostroj toksichnosti i kumulyativnyx svojstv beta-glyukanov rastitel'nogo i drozhzhevogo proisxozhdeniya / A. F. Xasiyatullin // Veterinarnyj vrach. – 2021. – № 3. – S. 71-76.4. An, K. T-2 toxin induces gut and liver injury through triggering gut microbiota dysbiosis. Poultry Science, 105577 / K. An, D. Yan, X. Lv [et al.]. - 2025.
5. Aoe, S. Low molecular weight barley β -glucan affects glucose and lipid metabolism by prebiotic effects / S. Aoe, K. Mio, C. Yamanaka [et al.]. // Nutrients. – 2020. - 13(1). - 130. <https://doi.org/10.3390/nu13010130>
6. Elmassry, M. Gut homeostasis and microbiota under attack: impact of the different types of food contaminants on gut health / M. Elmassry, A. Zayed, M. Farag // Crit Rev Food Sci Nutr. – 2022. - 62(3). - 738-763. doi: 10.1080/10408398.2020.1828263
7. Hewlings, S.J., Kalman, D.S. Curcumin: a review of its effects on human health / S. Hewlings, D. Kalman // Foods. – 2017. - 6 (10). <https://doi.org/10.3390/foods6100092>
8. Huang, T. The role of gut microbiota in anorexia induced by T-2 toxin / T. Huang, A. Li, S. Zhang [et al.]. // Ecotoxicology and environmental safety. - 2024. – 281. - 116612.
9. Liu, M.J. Effect of curcumin on laying performance, egg quality, endocrine hormones, and immune activity in heat-stressed hens / M. Liu, Y. Lu, P. Gao [et al.]. // Poult. Sci. - 2020. - 99 (4). - 2196–2202. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.001>
10. Ye, N. Folic acid-modified lactoferrin nanoparticles coated with a laminarin layer loaded curcumin with dual-targeting for ulcerative colitis treatment / N. Ye, P. Zhao, S. Ayue [et al.]. // Int. J. Biol. Macromol. – 2023. – 232.

Информация об авторах

1. **Мишина Наиля Наримановна**, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией микотоксинов, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 420075, г. Казань, Научный городок-2, Республика Татарстан, Россия; e-mail: mishinanailyan@yandex.ru.

2. **Ерохондина Марина Александровна**, младший научный сотрудник лаборатории микотоксинов, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 420075, г. Казань, Научный городок-2, Республика Татарстан, Россия; e-mail: m.erohondina@gmail.com.

3. **Софронова Анастасия Владимировна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории микотоксинов, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 420075, г. Казань, Научный городок-2, Республика Татарстан, Россия; e-mail: anastaciaa349ot116@mail.ru.

4. **Идрисова Элина Илгизовна**, младший научный сотрудник лаборатории микотоксинов, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 420075, г. Казань, Научный городок-2, Республика Татарстан, Россия; e-mail: elina.idrisova82@mail.ru.

5. **Матросова Лилия Евгеньевна**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микотоксинов, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 420075, г. Казань, Научный городок-2, Республика Татарстан, Россия; e-mail: m.lilia.evg@yandex.ru.

6. **Сэгдеева Зухра Халимовна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник сектора по испытанию на микотоксины, ИЦ ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», 420075, г. Казань, Научный городок-2, Республика Татарстан, Россия; e-mail: szh196@mail.ru.

7. **Валиев Алмаз Рафаильевич**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник сектора по испытанию на микотоксины, ИЦ ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», 420075, г. Казань, Научный городок-2, Республика Татарстан, Россия; e-mail: varalmaz@yandex.ru.

Information about the authors

1. **Mishina Nailya Narimanovna**, Candidate of Biological Sciences, Head of the Mycotoxin Laboratory, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 420075, Kazan, Scientific Town-2, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: mishinanailyan@yandex.ru.

2. **Erokhondina Marina Aleksandrovna**, Junior Researcher of the Mycotoxin Laboratory, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 420075, Kazan, Scientific Town-2, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: m.eroxondina@gmail.com.

3. **Sofronova Anastasia Vladimirovna**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Mycotoxin Laboratory, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 420075, Kazan, Scientific Town-2, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: anastaciaa349ot116@mail.ru.

4. **Idrisova Elina Ilgizovna**, Junior Researcher of the Mycotoxin Laboratory, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 420075, Kazan, Scientific Town-2, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: elina.idrisova82@mail.ru.

5. **Matrosova Liliya Evgenievna**, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Mycotoxin Laboratory, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 420075, Kazan, Scientific Town-2, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: m.lilia.evg@yandex.ru.

6. **Sagdeeva Zuhra Khalimovna**, Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Sector for Mycotoxin Testing, Research Center of the FSBSI «FCTRBS-ARRVI», 420075, Kazan, Scientific Town-2, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: szh196@mail.ru.

7. **Valiev Almaz Rafailievich**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Sector for Mycotoxin Testing, Research Center of the FSBSI «FCTRBS-ARRVI», 420075, Kazan, Scientific Town-2, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: varalmaz@yandex.ru.

Вклад авторов

Мишина Н. Н. – определение цели исследования, научное руководство исследованием, анализ результатов исследования, написание статьи.

Ерохондина М. А. – проведение лабораторных исследований, сбор, анализ результатов работы.

Софронова А. В. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Идрисова Э. И. – разработка концепции статьи, консультативная помощь по выполнению экспериментальной части и подготовке рукописи.

Матросова Л. Е. – анализ результатов исследования, написание статьи.

Сэгдеева З. Х. – литературный обзор по теме статьи.

Валиев А. Р. – проведение лабораторных исследований, литературный обзор по теме статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Mishina N. N. – definition of the research objective, scientific supervision, analysis of research results, writing the article.

Erokhondina M. A. – conducting laboratory tests, data collection, analysis of results.

Sofronova A. V. – definition of the research objective, organization and conduct of the study, analysis of research results, writing the article.

Idrisova E. I. – development of the article concept, advisory support for the experimental work and manuscript preparation.

Matrosova L. E. – analysis of research results, writing the article.

Sagdeeva Z. Kh. – literature review on the article's topic.

Valiev A. R. – conducted laboratory research and a literature review on the article's topic.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 05.08.2026. Одобрена после рецензирования 17.08.2026. Дата опубликования 30.09.2026.

The article was received by the editorial office on 05.08.2026. Approved after review on 17.08.2026. Date of publication: 30.09.2026.