

Евгения Юрьевна Тарасова^{1✉}, Светлана Анатольевна Танасева²,
Лилия Евгеньевна Матросова³, Ольга Константиновна Ермолаева⁴

^{1,2,3,4}Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия

¹evgenechka1885@gmail.com

²s-tanaseva@mail.ru

³M.Lilia.Evg@yandex.ru

⁴ermolao@list.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ МЯСА КРОЛИКОВ ПРИ МИКОТОКСИКОЗЕ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Цель исследований – определение эффективности профилактических комплексов в снижении вредного воздействия микотоксинов в смеси (афлатоксин В1, зеараленон и Т-2 токсин) на организм животных и в обеспечении безопасности мясной продукции для потребителей. Объекты исследований – микотоксины, 80 кроликов породы шиншилла и профилактические комплексы (ПК). Для воспроизведения микотоксикоза был выбран трихотеценовый токсин Т-2 (1,2 мг/кг), гепатокарцероген афлатоксин В1 (0,3 мг/кг) и эстрогенный микотоксин – зеараленон (1,7 мг/кг). Оценку органолептических, физико-химических и микробиологических показателей мяса кроликов проводили согласно требованиям действующей нормативной документации. Остаточные количества микотоксинов в образцах мяса и печени определяли хроматографически. При органолептической оценке мяса группы токсического контроля обнаружены отклонения от нормативных показателей, указывающие на сомнительную свежесть. Мясо кроликов, получавших профилактические комплексы (на фоне и без введения микотоксинов), соответствовало установленным стандартам качества и свежести. В образцах мяса токсического контроля регистрировали повышение содержания летучих жирных кислот до 3,12 мг КОН (мясо сомнительной свежести). Предубойная живая масса и масса парной тушки кроликов группы токсического контроля была ниже, чем у биологического на 10,26 ($p < 0,001$) и 18,03 % ($p < 0,001$). Убойный выход в сопоставлении с группой биологического контроля в группе токсического контроля был ниже на 8,68 % ($P < 0,01$). В сопоставлении между комплексами комплекс ПКЗ имел более высокие значения убойного выхода. Афлатоксин В1, зеараленон и Т-2 токсин были обнаружены только в мясе и печени кроликов группы токсического контроля. Исследуемые профилактические комплексы положительно влияли на показатели качества и безопасности мяса кроликов, что свидетельствует об эффективности применения исследуемых рецептур.

Ключевые слова: микотоксины, кролики, профилактика безопасности мясных продуктов, мясо кроликов, качество мяса кроликов, безопасность мяса

Для цитирования: Тарасова Е.Ю., Танасева С.А., Матросова Л.Е., и др. Оценка качества и безопасности мяса кроликов при микотоксикозе на фоне применения профилактических комплексов // Вестник КрасГАУ. 2026. № 3. С. 165–174. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-165-174.

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта, предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ (Соглашение от 22.12.2025 № 4/2025-ПД-ВНИВИ).

Evgeniya Yurievna Tarasova^{1✉}, Svetlana Anatolievna Tanaseva², Lilia Evgenievna Matrosova³, Olga Konstantinovna Ermolaeva⁴

^{1,2,3,4}Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia

¹evgenechka1885@gmail.com

²s-tanaseva@mail.ru

³M.Lilia.Evg@yandex.ru

⁴ermolao@list.ru

ASSESSMENT OF RABBIT MEAT QUALITY AND SAFETY IN CASE OF MYCOTOXICOSIS WHILE USING PREVENTIVE COMPLEXES

The objective of the study is to determine the effectiveness of preventive complexes in reducing the harmful effects of mycotoxins in a mixture (aflatoxin B1, zearalenone, and T-2 toxin) on the animal body and in ensuring the safety of meat products for consumers. The objects of the study were mycotoxins, 80 chinchilla rabbits, and preventive complexes (PC). To reproduce mycotoxicosis, the trichothecene toxin T-2 (1.2 mg/kg), the hepatocarcinogen aflatoxin B1 (0.3 mg/kg), and the estrogenic mycotoxin zearalenone (1.7 mg/kg) were selected. The organoleptic, physicochemical, and microbiological parameters of rabbit meat were assessed in accordance with the requirements of the current regulatory documentation. Residual amounts of mycotoxins in meat and liver samples were determined chromatographically. Organoleptic assessment of meat from the toxic control group revealed deviations from the standard parameters, indicating questionable freshness. Meat from rabbits treated with prophylactic complexes (with and without mycotoxin administration) met established quality and freshness standards. In toxicology control meat samples, an increase in volatile fatty acid content to 3.12 mg KOH (meat of questionable freshness) was recorded. Pre-slaughter live weight and fresh carcass weight of rabbits in the toxic control group were lower than those in the biological control group by 10.26 % ($p < 0.001$) and 18.03 % ($p < 0.001$). Slaughter yield was 8.68 % lower in the toxic control group than in the biological control group ($p < 0.01$). In a comparison between the complexes, complex PK3 had higher slaughter yield values. Aflatoxin B1, zearalenone, and T-2 toxin were detected only in the meat and liver of rabbits in the toxic control group. The studied prophylactic complexes had a positive effect on the quality and safety of rabbit meat, indicating the effectiveness of the studied formulations.

Keywords: mycotoxins, rabbits, meat safety prevention, rabbit meat, rabbit meat quality, meat safety

For citation: Tarasova EYu, Tanaseva SA, Matrosova LE, et al. Assessment of rabbit meat quality and safety in case of mycotoxicosis while using preventive complexes. *Bulletin of KSAU*. 2026;(3):165-174. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-165-174.

Funding: this study was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education institutions, research, and other organizations to support human resource development plans in terms of encouraging their research and teaching staff to defend doctoral dissertations and conduct research (Agreement No. 4/2025-PD-VNIVI dated December 22, 2025).

Введение. Микотоксины – одни из самых токсичных химических веществ, обнаруживаемые в продуктах питания и кормах и представляющие большую угрозу для здоровья человека и животных. Токсичные метаболиты микроскопических грибов интегрируются в пищевой цепочке из-за использования в кормлении животных контаминированного кормового сырья [1].

Значимыми микотоксинами с точки зрения их токсичности и распространенности являются афлатоксин В1 (AFB1), охратоксин А (ОТА), фумонизин В1 (FB1), дезоксиниваленол (DON), токсины Т-2 и НТ-2 и зearаленон (ZEA). Среди них афлатоксины классифицируются как наиболее

токсичный класс и продуцируются в основном видами *Aspergillus flavus* и *A. parasiticus*. Среди 20 обнаруженных афлатоксинов В1, В2, G1 и G2 являются наиболее значимыми, вызывая у животных заболевания печени (гепатотоксичность), канцерогенные и тератогенные эффекты [2].

Трихотецены продуцируются широким спектром видов *Fusarium*, такими как *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. Crockwellense* и *F. semitectum*, и продуцируют большой класс метаболитов грибов, которые химически подразделяются на четыре типа (от А до D). Типы А и В являются наиболее важными с токсикологи-

ческой точки зрения. Тип А включает в себя в основном Т-2 и НТ-2 токсин. Эти токсины известны своим мощным иммунодепрессивным и патологическим действием на желудочно-кишечный тракт, в т. ч. приводя к кровотечениям [3].

Зеараленон продуцируется несколькими видами *Fusarium*, в частности *F. graminearum*, а также *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti* и т. д., являясь эстрогенным микотоксином (отек вульвы, увеличение матки, атрофия яичников и семенников, аборт). Согласно исследованиям на животных, ZEA обладает гепатотоксическим, иммунотоксическим, канцерогенным действием, вызывает гормональный дисбаланс и другие негативные последствия [4]. Он также вызывает серьезную почечную недостаточность при длительном употреблении зараженной пищи [5].

Микотоксикозы, вызываемые этими микотоксинами, весьма разнообразны, поражают широкий спектр восприимчивых видов животных и в зависимости от породы, вида, возраста, дозы, продолжительности воздействия могут проявляться остро или хронически.

Доказан переход микотоксинов из кормов в продукты животного происхождения. Остаточные количества обнаруживались в яйцах, мышцах и органах, с наиболее высокой концентрацией в печени, яйцах, почках и мышцах бедра. С точки зрения потенциального переноса микотоксинов из корма в продукты животного происхождения наиболее широко изученными и описанными микотоксинами являются AFB1, AFM1, OTA, ZEA, DON, Т-2, а также НТ-2 и FB1. Кроме того, за последнее десятилетие имеется очень мало данных о совместном обнаружении микотоксинов в пищевых продуктах животного происхождения [6].

Для ряда кормовых и пищевых продуктов установлены максимально допустимые уровни (МДУ). Однако в новых санитарных правилах нет прямого регламентирования содержания микотоксинов в мясе, субпродуктах и мясных продуктах и еще меньше данных о дальнейших действиях при их обнаружении. Что не исключает возможность попадания микотоксинов и их метаболитов в организм человека через контактированные продукты.

Для снижения негативного воздействия микотоксинов применяются три основных стратегии: изменение рациона кормления (исключение из рациона кормов с высоким содержанием ми-

котоксинов), методы детоксикации (добавление в корм энтеросорбентов и детоксикантов) и использование лекарственных средств, обладающих антиоксидантным действием и защищающих клетки от оксидативного стресса (витамины Е и С), пробиотическим и пребиотическим потенциалом, нормализующих кишечную микрофлору и улучшающих барьерную функцию кишечника, гепатопротекторов (препараты на основе силимарина), способствующих детоксикации и защите печени. Комбинация этих препаратов более эффективна для лучшего противодействия неблагоприятным эффектам, вызванным воздействием микотоксинов в корме.

Согласно вышесказанному, для снижения вредного воздействия микотоксинов на организм животных было предложено несколько добавок, характеризующихся выраженными сорбционными, антиоксидантными, иммуностимулирующими, гепатопротекторными свойствами [7].

Цель исследования – определение эффективности профилактических комплексов в снижении вредного воздействия микотоксинов в смеси (афлатоксин В1, зеараленон и Т-2 токсин) на организм животных и в обеспечении безопасности мясной продукции для потребителей.

Задачи: воспроизведение сочетанного микотоксикоза кроликов; анализ показателей качества и безопасности мяса кроликов при применении профилактических средств на фоне микотоксикоза.

Объекты и методы. Работа выполнялась в лаборатории микотоксинов отделения токсикологии ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» (далее ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»).

Объектами исследований служили микотоксины, 80 кроликов породы шиншилла (возраст на начало исследования 2 месяца) и профилактические комплексы (ПК), разработанные в лаборатории микотоксинов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» с учетом патогенеза наиболее опасных микотоксинов.

Для воспроизведения микотоксикоза был выбран трихотеценовый токсин Т-2 (1,2 мг/кг), гепатоканцероген афлатоксин В1 (0,3 мг/кг) и эстрогенный микотоксин – зеараленон (1,7 мг/кг).

Методом парных аналогов животные были распределены на 8 групп.

Схема эксперимента представлена в таблице 1.

**Схема эксперимента
The scheme of the experiment**

Группа	Схема
1	Биологический контроль (комбикорм ПЗК-93, не содержащий микотоксины)
2	Токсический контроль (смесь микотоксинов вносили в комбикорм)
3	Смесь микотоксинов вносили в комбикорм и добавляли в дозе 0,25 % от рациона ПК 1 на основе β -глюканов, шрота расторопши, витаминов Е и С, левамизола (ПК 1 + токсический корм (ТК))
4	Смесь микотоксинов вносили в комбикорм и добавляли в дозе 0,25 % от рациона ПК 2 на основе бентонита, янтарной кислоты, метилурацила, витамина А, бифидобактерий и лактобактерий (ПК 2 + ТК)
5	Смесь микотоксинов вносили в комбикорм и добавляли в дозе 0,25 % от рациона ПК 3 на основе галлуазита, метионина, β -глюканов, шрота расторопши (ПК 3 + ТК)
6	В комбикорм, не содержащий микотоксины, добавляли ПК 1 (0,25 % от рациона)
7	В комбикорм, не содержащий микотоксины, добавляли ПК 2 (0,25 % от рациона)
8	В комбикорм, не содержащий микотоксины, добавляли ПК 3 (0,25 % от рациона)

На 21-е сут из каждой группы был произведен убой 3 животных с целью оценки качества и безопасности мяса.

Отбор проб мяса и оценку органолептических показателей проводили согласно требованиям ГОСТ 20235.0-74 «Мясо кроликов. Методы отбора образцов. Органолептические методы определения свежести».

Исследование органолептических свойств включало анализ следующих показателей: внешнего вида и цвета, состояния мышечной ткани на разрезе, консистенции, запаха, а также прозрачности и аромата бульона. Визуально определяли внешний вид и цвет тушки, оценивали цвет мышечной ткани (путем разреза бедренных мышц), подкожный и внутренний жир, состояние серозной оболочки. К поверхности разреза бедренных мышц прикладывали на несколько секунд фильтровальную бумагу для определения влажности; прикасаясь пальцем к поверхности мышечного среза, оценивали липкость. Для определения консистенции надавливали пальцем в области бедренных мышц и следили за временем выравнивания образовавшейся ямки.

Органолептически оценивали запах жира путем его измельчения и вытапливания на водяной бане. Для определения запаха глубинных слоев делали разрез мышц, обращая внимание на запах слоев мышечной ткани, прилегающих к костям.

Для оценки прозрачности бульона из области бедра, лопатки и спины тушки отбирали по 25 г мяса, образец тщательно перемешивали, из-

мельчали и добавляли дистиллированную воду. Аромат бульона анализировали в процессе нагревания. Степень прозрачности бульона оценивали визуально.

pH мяса измеряли через 24 ч после убоя с помощью цифрового pH-метра (pH-150МИ).

Определяли массовую долю белка по ГОСТ 25011-2017 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка», жира – ГОСТ 23042-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира», общего фосфора – ГОСТ 32009-2013 «Мясо и мясные продукты. Спектрофотометрический метод определения массовой доли общего фосфора», влаги – ГОСТ 9793-2016 «Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги». Химическое определение свежести мяса проводили в соответствии с ГОСТ 23392-2016 «Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести».

Остаточные количества микотоксинов в органах и тканях определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией на хроматографе Dionex UltiMate 3000, оснащенном квадрупольно времяпролетным тандемным масс-спектрометрическим детектором высокого разрешения Bruker Impact II.

Результаты и их обсуждение. Микотоксины вызывают изменения во внутренних органах и нарушают обмен веществ, что приводит к ухудшению внешнего вида тушки (изменению цвета, появлению пятен, ухудшению качества мяса) и, как следствие, к снижению ее привлекательности.

ти для потребителя. В литературе описаны случаи с токсическим действием афлатоксинов, которые негативно влияют на рост птицы и качество ее мяса, вызывая снижение продуктивности и ухудшение товарного вида продукции [8–9]. Т-2 токсин нарушает коагуляцию и приводит к образованию кровоподтеков. Влияние других микотоксинов на состав и вид туши менее значительно. Микотоксины, находящиеся в корме по отдельности и считающиеся неопасными, в комбинации могут быть крайне токсичными. Так, например, афлатоксин и охратоксин действуют синергетически в отношении образования кровоподтеков. Знания о влиянии микотоксинов в сочетании на качество туши также ограничены.

Нами оценены органолептические показатели, химические и микроскопические свойства мяса, а также убойная масса и убойный выход кроликов при наличии в рационе Т-2 токсина, афлатоксина В1 и зеараленона без и на фоне применения профилактических комплексов.

Результаты исследований подтверждают свежесть мяса кроликов группы биологического контроля. Поверхность мяса с бледно-розовой корочкой подсыхания, жировая ткань желтовато-белая. При разрезе мышц зафиксировано отсутствие избыточной влаги (бумага остается сухой), а также характерный бледно-розовый цвет с красноватым тоном. Мышечная ткань отличается упругостью (ямка от надавливания быстро выравнивается). Жир сохраняет плотную структуру. При термической обработке отмечены типичные органолептические свойства: специфический запах крольчатины и прозрачный ароматный бульон.

При органолептической оценке мяса группы токсического контроля обнаружены отклонения от нормативных показателей, указывающие на сомнительную свежесть.

Наблюдалась атипичная окраска поверхностных структур (бледная корочка подсыхания) и жировой ткани (желтый оттенок). Отмечали гипергидратацию мышечных волокон, подтверждаемую образованием влажного пятна на фильтровальной бумаге, а также липкость и темно-красную пигментацию на разрезе. Мышечная ткань отличалась пониженной плотностью и упругостью – образовавшаяся при надавливании ямка выравнивалась медленно. При варке регистрировали появление кислотного запаха, не свойственного свежему мясу. Бульон оставался прозрачным с легким неприятным запахом. Перечисленные признаки в совокуп-

ности свидетельствуют о начальной стадии порчи мяса.

Образцы мяса кроликов, которым задавали корм, загрязненный смесью микотоксинов с добавлением трех профилактических комплексов, имели бледно-розовый, равномерный цвет мяса, упругую и плотную консистенцию с тонкими волокнами, а также специфический, слегка кисловатый запах без посторонних оттенков.

Тушки кроликов из групп контроля безвредности профилактических комплексов (ПК1, ПК2 и ПК3) имели упругую консистенцию, которая восстанавливалась после нажатия; приятный запах, свойственный свежему мясу; блестящую, но не липкую поверхность с характерной бледно-розовой корочкой подсыхания; ясный, не мутный вид бульона при варке и однородный цвет мяса и жира.

Мясо кроликов (группы 6–8), получавших профилактические комплексы, соответствует установленным стандартам качества и свежести. Этот результат подтверждает, что используемые профилактические комплексы не оказывают отрицательного воздействия на органолептические свойства мяса кроликов. Мясо можно использовать для пищевых целей без ограничений.

Согласно стандарту, кроличье мясо, вызывающее сомнения в свежести на основании органолептических показателей, подлежит проведению химических и микроскопических исследований. Соответственно, физико-химические и микроскопические исследования мяса кроликов шестой, седьмой и восьмой групп не проводили. Основной акцент был сделан на анализе влияния микотоксинов при применении профилактических комплексов и в их отсутствие.

Через 24 ч после убоя показатель рН мяса обычно снижается до диапазона от 5,8 до 5,4, что является нормальным для формирования характерного вкуса и аромата. Однако в образцах мяса токсического контроля рН 5,2, по видимому, такое изменение и оказало большое влияние на сенсорные показатели качества, в частности на цвет и нежность, а также на вкус.

Содержание летучих жирных кислот в мясе кролика зависит от свежести (в свежем охлажденном мясе до 2,25 мг КОН), в нашем эксперименте в образцах мяса токсического контроля наблюдали повышение данного показателя до 3,12 мг КОН, такое мясо относят к сомнительной свежести (рис. 1).

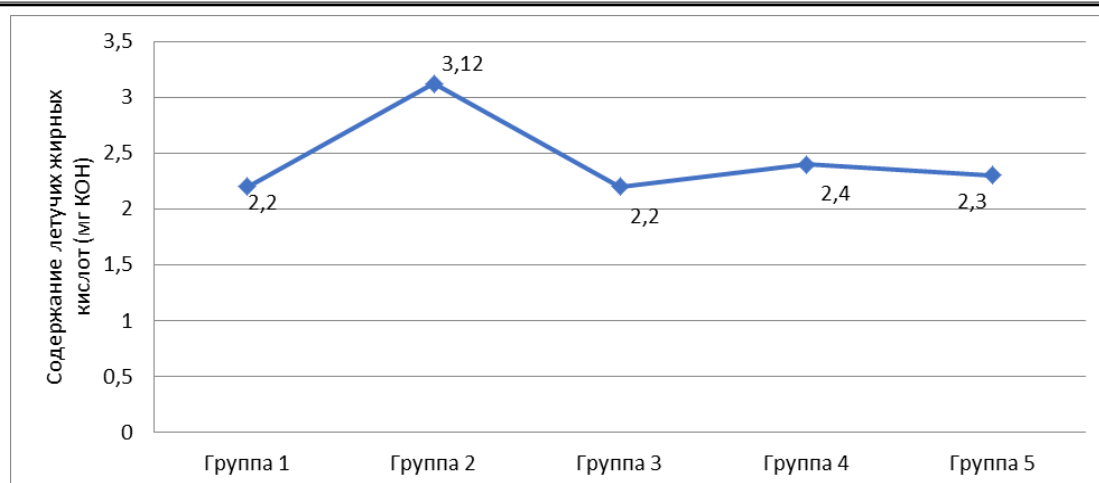


Рис. 1. Содержание летучих жирных кислот (мг КОН) в мясе кроликов
Content of volatile fatty acids (mg KOH) in rabbit meat

Проведенный микроскопический анализ по показателям – количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микробов, бактерий группы кишечной палочки – показал единичные кокки в мазках-отпечатках мяса кроликов, что позволяет отнести их к свежему мясу.

Исследования продолжились с целью определения химического состава мяса. Анализ физико-химических показателей мяса кроликов из контрольной и опытной групп не выявил существенных различий. Полученные данные свидетельствуют о высоком качестве мяса, которое соответствует требованиям ГОСТ 27747-2016, и характеризуют его как доброкачественный продукт.

Результаты нашего исследования демонстрируют явное улучшение химического состава мяса под воздействием профилактических комплексов. У животных 6–8-х групп по сравнению с биологическим контролем наблюдались следующие изменения: массовая доля жира снизилась на 0,8 %, белка увеличилась на 2,4 %, влаги и общего фосфора – на 3,1 и 1,1 % соответственно.

Масса парной тушки является одним из основных показателей, который наиболее точно характеризует уровень мясной продуктивности животного. Убойные качества кроликов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Убойные качества кроликов Killer qualities of rabbits

Группа	Исходная живая масса, г	Предубойная живая масса, г	Масса парной тушки, г	Убойный выход, %
1	1850,00±26,10	2135,00±26,26	954,00±13,43	44,68±0,06
2	1900,00±29,37	1916,00±26,75***	782,00±7,11***	40,80±0,02**
3	1830,00±31,20	2030,00±31,66*	847,00±9,24*	41,72±0,09*
4	1800,00±34,76	1990,00±33,60**	850,00±5,67*	42,70±0,03
5	1790,00±28,83	2030,00±29,57*	882,00±6,18	43,45±0,06
6	1870,00±28,93	2144,00±30,69	959,00±6,72	44,73±0,08
7	1780,00±23,14	2049,00±25,33	921,00±4,36	44,95±0,01
8	1825,00±30,14	2123,00±28,39	960,00±5,07	45,20±0,05

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ – в сравнении с группой биологического контроля.

Микотоксины отрицательно влияют на усвоение питательных веществ, замедляют набор живой массы и приводят к снижению общего веса. Предубойная живая масса и масса парной тушки кроликов группы токсического контроля

были ниже, чем у биологического, на 10,26 ($p < 0,001$) и 18,03 % ($p < 0,001$).

Наиболее важным показателем, который характеризует результат убоя, является убойный выход. Убойный выход в сопоставлении с груп-

пой биологического контроля в группе токсического контроля был ниже на 8,68 % ($p < 0,01$).

У кроликов, входивших в 3–5-е опытные группы, также отмечена более высокая масса тушки по сравнению с группой токсического контроля. По выходу парной тушки можно отметить, что кролики опытных групп также преобладали над токсическим контролем.

Предубойная живая масса и масса парной тушки кроликов 3-й и 4-й группы была ниже, чем у биологического контроля, на 4,9 % ($p < 0,05$); 11,2 ($p < 0,05$) и 6,79 ($p < 0,01$); 10,9 % ($p < 0,05$).

В сопоставлении между комплексами комплекс ПКЗ имел более высокие значения. Предубойная живая масса и масса парной тушки кроликов, получавших на фоне воздействия микотоксинов третий профилактический комплекс, были ниже, чем у биологического контроля, на 4,9 ($p < 0,05$) и 7,55 %. Убойный выход в сопоставлении с группой биологического контроля в 3-й, 4-й и 5-й был ниже на 6,62 %; 4,43 и 2,75 %.

На основе изучения убойных качеств показано, что добавление в рацион третьего комплекса (8-я группа) оказало наиболее выраженное положительное влияние как на живую массу, так и на массу туши. Кролики из 8-й группы показали убойный выход на 1,16 % выше, чем у кроликов из контрольной группы. Это может быть связано с улучшением усвоения питательных веществ из корма благодаря применению комплексных препаратов.

Результаты контрольного убоя демонстрируют высокие убойные качества кроликов из экспериментальных групп (6–8). Данный факт обусловлен интенсивным ростом и развитием животных. Особо следует отметить положительные результаты, достигнутые при применении профилактического комплекса ПКЗ.

В этом контексте наличие микотоксинов в мясе является одной из самых насущных проблем, требующих решения с точки зрения безопасности пищевых продуктов.

В печени и мышцах (бедренных и грудных) животных были проанализированы остаточные количества микотоксинов. Эта процедура является частью ветеринарно-санитарной экспертизы, которая используется для проверки безопасности пищевых продуктов и сырья животного происхождения.

Существуют значительные различия между исследованиями по изучению накопления микотоксинов и их метаболитов в тканях животных и

птиц. В некоторых исследованиях сообщалось о наличии афлатоксина в тканях и органах (в основном в печени или почках), при этом наиболее изученными видами являются свиньи и домашняя птица. Задokumentированы уровни афлатоксина В1, В2, G1 и G2, которые варьировались от 0,15 до 6,36 мкг/кг в образцах импортного и свежего мяса [10].

Что касается переноса микотоксинов *Fusarium* в мясо, были проведены различные исследования, главным образом на свиньях и птицах [11, 12]. При этом Т-2, Т-2 тетраол и α -ZEL были обнаружены в мышцах свиней и цыплят-бройлеров, а Т-2, НТ-2, Т-2 тетраол и α -ZEL – в печени свиней. Исследователи обнаружили, что Т-2 присутствует в высоких концентрациях в легких (до 3,82 мкг/кг) и тонком кишечнике (1,82 мкг/кг), тогда как концентрация НТ-2 была выше в печени и тонком кишечнике, достигая 2,71 и 1,60 мкг/кг соответственно.

Установлено, что ZEA отсутствовал или находился в низких концентрациях (< 2 мкг/кг), в то время как зеараланол (Zal) был обнаружен во всех тканях от < 2 до 11,77 мкг/кг. Однако некоторые конъюгированные метаболиты ZEA, такие как зеараленон-14-глюкуронид (ZEA-14GlcA) и β -зеараленон-глюкуронид (β -ZEL-14G), присутствовали в более высоких концентрациях в селезенке (6,46–47,81 и 1,30–40,92 мкг/кг соответственно), сердце (9,07–22,91 и 1,21–5,31 мкг/кг соответственно) и печени (1,60–17,77 и 1,12–4,20 мкг/кг соответственно). Были только единичные случаи обнаружения в мышцах в небольшом количестве зеараленона (следовые уровни).

В настоящий момент исследований о комбинации всех трех микотоксинов в кормах мало, однако известна синергия между зеараленонем и Т-2 токсином, а также афлатоксином В1 и ократоксином А. Это означает, что их одновременное присутствие может оказывать гораздо более серьезное токсическое воздействие, чем сумма эффектов каждого из них по отдельности, поэтому необходимо тщательно контролировать их содержание в кормах.

В нашем эксперименте микотоксины (афлатоксин В1, зеараленон и Т-2 токсин) в мясе и субпродуктах после скармливания токсического корма с профилактическими комплексами не обнаружены. Остаточные количества микотоксинов обнаружены в группе токсического контроля и представлены на рисунке 2.

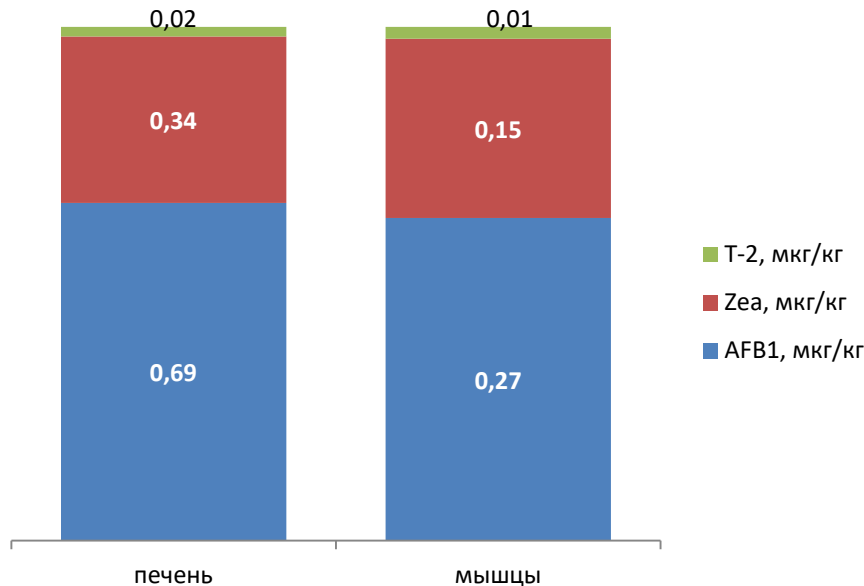


Рис. 2. Остаточные количества микотоксинов в печени и мышцах (грудных и бедренных) в группе токсического контроля (T-2 – T-2 токсин, ZEA – зеараленон, AFB1 – афлатоксин B1)
Residual amounts of mycotoxins in the liver and muscles (pectoral and femoral) in the toxic control group (T-2 – T-2 toxin, ZEA – zearalenone, AFB1 – aflatoxin B1)

На представленном графике наглядно продемонстрировано, что афлатоксин B1, зеараленон и T-2 токсин обнаруживаются в мясе и печени в незначительных концентрациях. Тем не менее при систематическом поступлении с кормом существует риск функциональной кумуляции, что может представлять угрозу для здоровья человека.

Заключение. В результате проведенных исследований подтверждено отрицательное влияние микотоксинов на качество и безопасность мяса кроликов.

Поступление с кормом микотоксинов сопровождалось достоверным снижением живой массы кроликов на 10,26 % ($p < 0,001$) и убойного выхода на 8,68 % ($p < 0,01$).

Органолептический анализ мяса кроликов, получавших микотоксины, свидетельствовал о сомнительной свежести. В образцах мяса кро-

ликов токсического контроля регистрировали повышение содержания летучих жирных кислот на 29,5 % ($p < 0,01$), снижение pH до 5,2. Исследуемые профилактические комплексы положительно влияли на показатели качества и безопасности мяса кроликов, что свидетельствует об эффективности применения исследуемых рецептур.

Показано, что разработанные профилактические комплексы при введении в дозе 0,25 % от рациона кроликов предотвращали накопление T-2 токсина, афлатоксина B1 и зеараленона в мясе и печени, тогда как в группе токсического контроля обнаруживались остаточные количества микотоксинов на уровне 0,01–0,27 и 0,02–0,69 мкг/кг соответственно. Однако для дальнейшего внедрения разработанных в ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» профилактических комплексов необходимы их всесторонние исследования.

Список источников

1. Niaz W., Iqbal S., Ahmad K., et al. Mycotoxins: A comprehensive review of its global trends in major cereals, advancements in chromatographic detections and future perspectives // Food Chem X. 2025. Vol. 27. Art. 102350.
2. Cao W., Yu P., Yang K., et al. Aflatoxin B1: metabolism, toxicology, and its involvement in oxidative stress and cancer development // Toxicol Mech Methods. 2022. Vol. 32, N 6. P. 395–419.
3. Yu J., Pedroso I. Mycotoxins in Cereal-Based Products and Their Impacts on the Health of Humans, Livestock Animals and Pets // Toxins (Basel). 2023. Vol. 28. N 15. P. 480.

4. Rogowska A., Pomastowski P., Sagandykova G., et al. Zearalenone and its metabolites: Effect on human health, metabolism and neutralisation methods // *Toxicon*. 2019. Vol. 162. P. 46–56.
5. Ropejko K., Twarużek M. Zearalenone and its metabolites-General overview, occurrence, and toxicity // *Toxins*. 2021. Vol. 13, N 1. DOI: 10.3390/TOXINS13010035.
6. Mahmoud A., Escrivá L., Rodríguez-Carrasco Y., et al. Determination of trichothecenes in chicken liver using gas chromatography coupled with triple-quadrupole mass spectrometry // *LWT*. 2018. Vol. 93. P. 237–242.
7. Тарасова Е.Ю., Кашеваров Г.С., Сaitов В.Р., и др. Оценка объективных морфологических признаков митохондрий гепатоцитов крыс при сочетанном микотоксикозе на фоне применения профилактических комплексов // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 12. С. 98–105.
8. Мишина Н.Н., Семенов Э.И., Маланьев А.В., и др. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса цыплят-бройлеров при использовании в кормах четырехкомпонентного сорбента на фоне микотоксикоза // *Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2023. № 2. С. 174–179.
9. Ермолаева О.К., Танасева С.А., Матросова Л.Е., и др. Качество мяса свиней при микотоксикозе на фоне применения энтеросорбентов // *Ветеринарный врач*. 2020. № 4. С. 15–20.
10. Lešić T., Pleadin J., Kudumija N., et al. Mycotoxin Residues in Chicken Breast Muscle and Liver // *Foods*. 2025. Vol. 14, N 12. Art. 2017.
11. Mafe A., Büsselberg D. Mycotoxins in Food: Cancer Risks and Strategies for Control // *Foods*. 2024. Vol. 13, N 13. Art. 3502.
12. Andrade M., Delgado J., Rodríguez M., et al. Mycotoxins in meat products // *Meat Sci*. 2025. Vol. 227. Art. 109850.

References

1. Niaz W, Iqbal S, Ahmad K, et al. Mycotoxins: A comprehensive review of its global trends in major cereals, advancements in chromatographic detections and future prospectives. *Food Chem X*. 2025;27:102350. DOI: 10.1016/j.fochx.2025.102350.
2. Cao W, Yu P, Yang K, et al. Aflatoxin B1: metabolism, toxicology, and its involvement in oxidative stress and cancer development. *Toxicol Mech Methods*. 2022;32(6):395-419. DOI: 10.1080/15376516.2021.2021339.
3. Yu J, Pedrosa I. Mycotoxins in Cereal-Based Products and Their Impacts on the Health of Humans, Livestock Animals and Pets. *Toxins (Basel)*. 2023;28(15):480. DOI: 10.3390/toxins15080480.
4. Rogowska A, Pomastowski P, Sagandykova G, et al. Zearalenone and its metabolites: Effect on human health, metabolism and neutralisation methods. *Toxicon*. 2019;162:46-56. DOI: 10.1016/J.TOXICON.2019.03.004.
5. Ropejko K, Twarużek M. Zearalenone and its metabolites-General overview, occurrence, and toxicity. *Toxins*. 2021;13(1). DOI: 10.3390/TOXINS13010035.
6. Mahmoud A, Escrivá L, Rodríguez-Carrasco Y, et al. Determination of trichothecenes in chicken liver using gas chromatography coupled with triple-quadrupole mass spectrometry. *LWT*. 2018;93:237-242. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.03.043.
7. Tarasova EYu, Kashevarov GS, Saitov VR, et al. Evaluation of objective morphological features of rat hepatocyte mitochondria with combined mycotoxicosis on the background of preventive complexes use. *Bulletin of KSAU*. 2022,12(189):98-105. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-98-105.
8. Mishina NN, Semenov EI., Malanев AV. et al. Veterinary and sanitary examination of broiler chicken meat when using a four-component sorbent in feed against the background of mycotoxicosis. *Russian Journal of Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*. 2023,2(46):174-179. (In Russ.). DOI: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202302007.
9. Ermolaeva OK., Tanaseva SA., Matrosova LE, et al. Quality of Pork Meat in Mycotoxicosis Against the Background of Enterosorbent Use. *The Veterinarian*. 2020,4:15-20. (In Russ.). DOI: 10.33632/1998-698X.2020-4-15-20.2020.

10. Lešić T, Pleadin J, Kudumija N, et al. Mycotoxin Residues in Chicken Breast Muscle and Liver. *Foods*. 2025;14(12):2017. DOI: 10.3390/foods14122017.
11. Mafe A, Büsselberg D. Mycotoxins in Food: Cancer Risks and Strategies for Control. *Foods*. 2024;31(13):3502. DOI: 10.3390/foods13213502.
12. Andrade M, Delgado J, Rodríguez M, et al. Mycotoxins in meat products. *Meat Sci*. 2025;227:109850. DOI: 10.1016/j.meatsci.2025.109850.

Статья принята к публикации 21.01.2026 / The article accepted for publication 21.01.2026.

Информация об авторах:

Евгения Юрьевна Тарасова, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией ветеринарной санитарии отделения биотехнологии, кандидат биологических наук

Светлана Анатольевна Танасева, ведущий научный сотрудник лаборатории микотоксинов отделения токсикологии, кандидат биологических наук

Лилия Евгеньевна Матросова, ведущий научный сотрудник лаборатории микотоксинов отделения токсикологии, доктор биологических наук

Ольга Константиновна Ермолаева, старший научный сотрудник лаборатории микотоксинов отделения токсикологии, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Evgeniya Yuryevna Tarasova, Leading Researcher, Head of Veterinary Sanitation Laboratory at the Department of Biotechnology, Candidate of Biological Sciences

Svetlana Anatolyevna Tanaseva, Leading Researcher at the Mycotoxins Laboratory of the Department of Toxicology, Candidate of Biological Sciences

Lilia Evgenievna Matrosova, Leading Researcher at the Mycotoxins Laboratory of the Department of Toxicology, Doctor of Biological Sciences

Olga Konstantinovna Ermolaeva, Senior Researcher at the Mycotoxins Laboratory of the Department of Toxicology, Candidate of Biological Sciences

