

УДК 614.21:614.7

DOI 10.24412/2312-2935-2025-3-1-12

ВЛИЯНИЕ КОНТАМИНАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ АФЛАТОКСИНОМ В1 НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Д.О. Горбачев

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара

Санитарно-эпидемиологический надзор за питанием населения должен обеспечивать защиту популяции от вредного воздействия контаминантов, поступающих в организм с пищевой продукцией. Афлатоксин В1 является одним из наиболее распространенных и токсичных микотоксикантов пищи, повышающим риски развития различных заболеваний, включая злокачественные новообразования.

Цель исследования – гигиеническая оценка рисков нагрузки здоровью различных профессиональных групп трудоспособного населения с точки зрения поступления афлатоксина В1 с пищевыми продуктами.

Материалы и методы. Проведена оценка фактического питания различных профессиональных групп трудоспособного населения Самарской области (группы «промышленность», «образование», «медицина», «офисные работники», «сельское хозяйство»), всего в исследовании приняло участие 1943 человека (1078 женщин и 865 мужчин) в возрасте от 18 до 65 лет. Данные о среднем годовом потреблении группы продуктов получены в автоматическом режиме при использовании программного продукта «Нутри-проф» (версия 2.9). Изучение содержания афлатоксина В1 в пищевых продуктах осуществлялось по данным лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области» на основе использованных методов – ВЭЖХ и ТСХ. Общее число проанализированных проб пищевых продуктов составило 1542. Оценку риска здоровью по коэффициенту опасности проводили с учетом медианных значений и 90 перцентиля содержания афлатоксина в следующих группах пищевых продуктов (масло растительное и другие жиры, майонезы; хлеб и хлебные продукты, крупа, толокно, хлопья, орехи; сахар и кондитерские изделия (в т.ч. какао-бобы и какао продукты)).

Результаты и их обсуждение.

Наибольшие значения концентрации афлатоксина В1 приходилось на растительные масла и другие жиры, майонезы и было обусловлено использованием семян подсолнечника в процессе изготовления продуктов, содержащих высокие значения контаминанта (Me - 0,0002 мг/кг, 90 перцентиль - 0,005 мг/кг). Основной вклад в экспозицию микотоксикантом вносили такие группы пищевых продуктов, как хлеб и хлебные продукты, крупа, толокно, хлопья, орехи; масло растительное и другие жиры (масло нерафинированное, майонез), сахар и кондитерские изделия (какао-бобы, шоколад). Наибольший риск здоровью, полученный на основе расчета коэффициента опасности с учетом фактического потребления пищевых продуктов, отмечен в профессиональной группе «сельское хозяйство» у женщин - 0,028 (Me) и 0,35 (90 перцентиль). Среди мужчин в группе «сельское хозяйство» - 0,023 (Me) и «промышленность» - 0,023 (Me), при сценарии максимального поступления контаминанта (90 перцентиль) у мужчин группы «промышленность» – 0,26 и «образование» - 0,26.

Заключение. Уровни рисков здоровью в различных профессиональных группах трудоспособного населения в результате поступления афлатоксина В1 при различных сценариях поступления соответствовало допустимому диапазону, что свидетельствует об эффективно проводимой работе органов госсанэпиднадзора по недопущению к обороту пищевой продукции, представляющей опасность для здоровья потребителей.

Лицам, имеющим профессиональный контакт с производственными факторами, негативно влияющими на функцию печени, а также с хроническими заболеваниями печени, необходимо учитывать поступление афлатоксина В1 с потенциально опасными пищевыми продуктами, снижая их поступление, а также повышая адаптационный потенциал организма.

Ключевые слова: афлатоксин В1, фактическое питание, контаминация пищевых продуктов, анализ риска здоровью

IMPACT OF FOOD CONTAMINATION WITH AFLATOXIN B1 ON POPULATION HEALTH

D.O. Gorbachev

Samara State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Samara

Sanitary and epidemiological supervision of population nutrition should ensure protection of the population from the harmful effects of contaminants entering the body with food products. Aflatoxin B1 is one of the most common and toxic mycotoxins of food, increasing the risks of developing various diseases, including malignant neoplasms.

The purpose of the study is a hygienic assessment of the risk load on the health of various professional groups of the working-age population in terms of aflatoxin B1 intake with food products.

Materials and methods. An assessment of the actual nutrition of various professional groups of the working-age population of the Samara region (groups "industry", "education", "medicine", office workers", "agriculture") was carried out. A total of 1943 people (1078 women and 865 men) aged 18 to 65 years took part in the study. Data on the average annual consumption of a group of products were obtained automatically using the Nutri-prof software product (version 2.9). The study of aflatoxin B1 content in food products was carried out according to the data of the laboratory of the Federal Budgetary Institution of Health "Center for Hygiene and Epidemiology in the Samara Region" based on the methods used - HPLC and TLC. The total number of analyzed food samples was 1542. Health risk assessment by the hazard coefficient was carried out taking into account the median values and 90 percentile of aflatoxin content in the following groups of food products (vegetable oil and other fats, mayonnaise; bread and bread products, cereals, oatmeal, flakes, nuts; sugar and confectionery (including cocoa beans and cocoa products)).

The results and their discussion. The highest values of aflatoxin B1 concentration were found in vegetable oils and other fats, mayonnaise and were due to the use of sunflower seeds in the manufacturing process of products containing high values of the contaminant (Me - 0.0002 mg/kg, 90 percentile - 0.005 mg/kg). The main contribution to mycotoxin exposure was made by such food groups as bread and bread products, cereals, oatmeal, flakes, nuts; vegetable oil and other fats (unrefined oil, mayonnaise), sugar and confectionery (cocoa beans, chocolate). The highest health risk, obtained on the basis of calculating the hazard coefficient taking into account the actual consumption of food products, was noted in the professional group "agriculture" in women - 0.028 (Me) and 0.35 (90 percentile). Among men in the "agriculture" group - 0.023 (Me) and "industry" -

0.023 (Me), under the scenario of maximum contaminant intake (90th percentile) among men in the "industry" group - 0.26 and "education" - 0.26.

Conclusion. The levels of health risks in various professional groups of the working population as a result of the intake of aflatoxin B1 under various intake scenarios corresponded to the permissible range, which indicates the effective work of the state sanitary and epidemiological supervision authorities to prevent the circulation of food products that pose a danger to the health of consumers. Persons who have professional contact with production factors that negatively affect liver function, as well as with chronic liver diseases, need to take into account the intake of aflatoxin B1 with potentially dangerous food products, reducing their intake, and increasing the adaptive potential of the body.

Key words: aflatoxin B1, actual nutrition, food contamination, health risk analysis

Обеспечение населения полноценным безопасным питанием является одной из важнейших государственных задач в части санитарно-эпидемиологического надзора. Контаминация пищевых продуктов химическими факторами формирует повышенные риски для здоровья потребителей разных возрастных и социальных групп [1]. Пищевые продукты подвержены загрязнению при выращивании, хранении сырья, и продвижении по производственно-сбытовой цепочке, подвергая потребителей опасности для здоровья [2]. Афлатоксины являются микотоксинами, вызывающими наибольшую озабоченность с точки зрения безопасности пищевых продуктов из-за их широкого распространения в пищевых продуктах и кормах, с момента своего открытия афлатоксины стали ассоциироваться с раком печени, основными носителями которых являются арахис, кукуруза и их производные. [2,3]. Афлатоксины, в первую очередь, ассоциированы с онкологическими заболеваниями, исследования канцерогенности афлатоксинов указывают на тропность токсиканта к печени, где они сначала метаболизируются для высвобождения реактивных промежуточных метаболитов, однако последующие эпидемиологические исследования и исследования на животных показали их канцерогенность для удаленных от печени органов, включая почки, поджелудочную железу, мочевой пузырь, кости, внутренние органы, центральную нервную систему и т.д. [4]. Афлатоксины чаще всего обнаруживают в качестве загрязнителей в зерновых, масличных культурах, древесных орехах и специях, именно жаркий и влажный климат способствует распространению плесени, продуцирующей афлатоксины, представляющей наибольшую опасность в тропических районах, где загрязнение обычно происходит из-за сочетания метеорологических условий, факторов окружающей среды и неправильных методов ведения сельского хозяйства, таких как неправильный сбор и хранение урожая [5].

Цель исследования – изучение рисков нагрузки здоровью различных профессиональных групп трудоспособного населения с точки зрения поступления афлатоксина В1 с пищевыми продуктами. Анализ риска в данном случае позволяет оценивать эффективность существующей системы санитарно-эпидемиологического надзора за пищевой продукцией.

Материалы и методы. В ходе исследования было проанализировано фактическое питание различных профессиональных групп трудоспособного населения Самарской области, всего в исследовании приняло участие 1943 человека (1078 женщин и 865 мужчин) в возрасте от 18 до 65 лет. Предварительно группы обследованных лиц были разделены на профессиональные группы с учетом работы в соответствующих сферах экономики (группы «промышленность», «образование», «медицина», «офисные работники», «сельское хозяйство»). Анализ фактического питания профессиональных групп осуществлялся в автоматическом режиме при использовании программного продукта «Нутри-проф», анализировались суточные рационы обследованных лиц, данные о фактическом потреблении пищевых продуктов были преобразованы в данные о среднем годовом потреблении группы продуктов для последующего расчета экспозиции контаминантом. Изучение содержания афлатоксина В1 в пищевых продуктах осуществлялось по данным лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области» на основе использованных методов – ВЭЖХ и ТСХ. Общее число проанализированных проб пищевых продуктов составило 1542. Оценку риска здоровью проводили с учетом медианных значений и 90 перцентиля содержания афлатоксина в следующих группах пищевых продуктов (масло растительное и другие жиры, майонезы; хлеб и хлебные продукты, крупа, толокно, хлопья, орехи; сахар и кондитерские изделия (в т.ч. какао-бобы и какао продукты)).

Результаты и обсуждение. Изучение содержания афлатоксина В1 в пищевых продуктах показало, что наибольшее значение концентрации контаминанта приходится на группу продуктов «масло растительное и другие жиры, майонезы» и обусловлено использованием семян подсолнечника в процессе изготовления продуктов, содержащих высокие значения контаминанта. Также высокими значениями контаминации продовольственного сырья афлатоксином В1 отличалась группа «хлеб и хлебные продукты, крупа, толокно, хлопья, орехи», в основном, за счет орехов и семян, используемых в процессе приготовления муки (табл.1).

Таблица 1

Содержание афлатоксина В1 (мг/кг) в группах пищевых продуктов

<i>Группа продуктов</i>	<i>M±m</i>	<i>Me</i>	<i>90%</i>
Масло растительное и другие жиры, майонезы	0,01± 0,019	0,0002	0,005
Хлеб и хлебные продукты, крупа, толокно, хлопья, орехи	0,0008±0,0003	0,00019	0,0021
Сахар и кондитерские изделия (в т.ч. какао-бобы и какао продукты)	0,00067± 0,0004	0,00019	0,0020

В соответствии с методическими рекомендациями по оценке риска здоровью при потреблении пищевых продуктов, содержащих контаминанты, была рассчитана экспозиция воздействия афлатоксина В1. При этом расчет проводился как с учетом сценария медианного поступления контаминанта, так и «пессимистический сценарий» (табл.2).

Таблица 2

Экспозиция воздействия афлатоксина В1 на различные профессиональные группы

<i>Профессиональная группа</i>	<i>EXP ме</i>	<i>EXP 90</i>
Образование (жен)	7,4297E-07	1,0155E-05
Образование (муж)	1,13218E-06	1,33108E-05
Здравоохранение (жен)	9,23169E-07	1,08517E-05
Здравоохранение (муж)	9,18072E-07	1,07476E-05
Промышленность (жен)	1,17967E-06	1,48834E-05
Промышленность (муж)	1,03502E-06	1,28767E-05
Офис (жен)	8,88347E-07	1,08688E-05
Офис (муж)	7,41301E-07	9,62998E-06
С/х (жен)	1,41697E-06	1,76913E-05
С/х (муж)	1,13912E-06	1,52064E-05

Ранжирование пищевых продуктов по вкладу в экспозицию афлатоксином В1 по 90 процентилю относительно средних значений вклада во всех изучаемых профессиональных группах независимо от половой принадлежности, показало, что основной вклад вносили такие группы пищевых продуктов, как хлеб и хлебные продукты, крупа, толокно, хлопья, орехи; масло растительное и другие жиры (масло нерафинированное, майонез), сахар и кондитерские изделия (какао-бобы, шоколад) (рис.1)

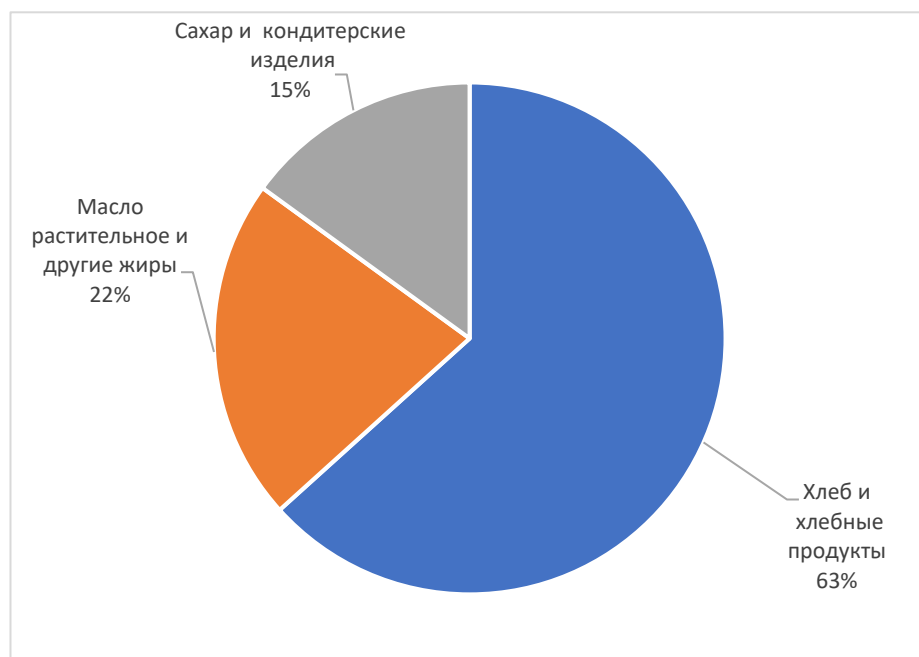


Рисунок 1. Вклад различных групп пищевых продуктов в суммарную экспозицию афлатоксином В1 на различные профессиональные группы населения (по 90 перцентилю).

Для последующего расчета риска путем оценки коэффициента опасности использования данные о среднегодовом потреблении групп пищевых продуктов в различных профессиональных группах (табл.3).

Таблица 3

Коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов от воздействия афлатоксина В1 в различных профессиональных группах

Группа	HQ Me	HQ 90
Образование (жен)	0,015	0,203
Образование (муж)	0,022	0,26
Здравоохранение (жен)	0,0185	0,217
Здравоохранение (муж)	0,0183	0,214
Промышленность (жен)	0,023	0,3
Промышленность (муж)	0,021	0,26
Офис (жен)	0,017	0,22
Офис (муж)	0,015	0,19
С/х (жен)	0,028	0,35
С/х (муж)	0,023	0,3

При изучении коэффициентов опасности развития неканцерогенных эффектов в результате перорального поступления афлатоксина В1 на различные профессиональные группы выявлено, что минимальные значения рисков 0,015 по медианным значениям

соответствуют женщинам группы «образование», мужчинам группы «офис», максимальные – 0,028 в группе женщин «сельское хозяйство», по 90 перцентилю минимальные значения риска 0,19 у мужчин группы «офис», максимальные – 0,35 в группе женщин «сельское хозяйство». Среди женщин профессиональной группы «образование» максимальный вклад в экспозицию афлатоксином В1 по медиане вносили хлеб и хлебные продукты - 52%, сахар и кондитерские изделия - 27%, масло растительное и другие жиры – 21%. Ранжирование продуктов по вкладу в суммарную экспозицию афлатоксином В1 по 90 перцентилю среди женщин группы «образование» показало следующее распределение: хлеб и хлебные продукты- 42%, масло растительное и другие жиры – 36%, сахар и кондитерские изделия - 22%. Среди мужчин указанной профессиональной группы распределение по медиане имело следующий вид: хлеб и хлебные продукты- 78%, сахар и кондитерские изделия - 16%, масло растительное и другие жиры – 6%, по 90 перцентилю продукты в исследуемой группе мужчин ранжировались следующим образом: хлеб и хлебные продукты- 73%, сахар и кондитерские изделия - 14%, масло растительное и другие жиры – 13%.

Среди женщин профессиональной группы «здравоохранение» максимальный вклад в экспозицию афлатоксином В1 по медиане вносили хлеб и хлебные продукты - 68%, сахар и кондитерские изделия - 26%, масло растительное и другие жиры – 6%. Ранжирование продуктов по вкладу в суммарную экспозицию афлатоксином В1 по 90 перцентилю среди женщин группы «здравоохранение» показало следующее распределение: хлеб и хлебные продукты- 64%, масло растительное и другие жиры – 23%, сахар и кондитерские изделия - 13%. Среди мужчин указанной профессиональной группы распределение по медиане имело следующий вид: хлеб и хлебные продукты- 80%, сахар и кондитерские изделия - 14%, масло растительное и другие жиры – 6%, по 90 перцентилю продукты в исследуемой группе мужчин ранжировались следующим образом: хлеб и хлебные продукты- 75%, сахар и кондитерские изделия - 13%, масло растительное и другие жиры – 12%.

Среди женщин профессиональной группы «промышленность» максимальный вклад в экспозицию афлатоксином В1 по медиане вносили хлеб и хлебные продукты - 69%, сахар и кондитерские изделия - 19%, масло растительное и другие жиры – 12%. Ранжирование продуктов по вкладу в суммарную экспозицию афлатоксином В1 по 90 перцентилю среди женщин группы «промышленность» показало следующее распределение: хлеб и хлебные продукты- 60%, масло растительное и другие жиры – 23%, сахар и кондитерские изделия - 17%. Среди мужчин указанной профессиональной группы распределение по медиане имело

следующий вид: хлеб и хлебные продукты- 80%, сахар и кондитерские изделия - 10%, масло растительное и другие жиры – 10%, по 90 перцентилю продукты в исследуемой группе мужчин ранжировались следующим образом: хлеб и хлебные продукты- 71%, масло растительное и другие жиры – 21%, сахар и кондитерские изделия - 8%.

Среди женщин профессиональной группы «офис» максимальный вклад в экспозицию афлатоксином В1 по медиане вносили хлеб и хлебные продукты - 69%, сахар и кондитерские изделия - 22%, масло растительное и другие жиры – 9%. Ранжирование продуктов по вкладу в суммарную экспозицию афлатоксином В1 по 90 перцентилю среди женщин группы «офис» показало следующее распределение: хлеб и хлебные продукты- 62%, масло растительное и другие жиры – 19%, сахар и кондитерские изделия - 19%. Среди мужчин указанной профессиональной группы распределение по медиане имело следующий вид: хлеб и хлебные продукты- 71%, сахар и кондитерские изделия - 15%, масло растительное и другие жиры – 14%, по 90 перцентилю продукты в исследуемой группе мужчин ранжировались следующим образом: хлеб и хлебные продукты- 60%, масло растительное и другие жиры – 28%, сахар и кондитерские изделия - 12%.

Среди женщин профессиональной группы «сельское хозяйство» максимальный вклад в экспозицию афлатоксином В1 по медиане вносили хлеб и хлебные продукты - 74%, сахар и кондитерские изделия - 15%, масло растительное и другие жиры – 11%. Ранжирование продуктов по вкладу в суммарную экспозицию афлатоксином В1 по 90 перцентилю среди женщин группы «сельское хозяйство» показало следующее распределение: хлеб и хлебные продукты- 65%, масло растительное и другие жиры – 22%, сахар и кондитерские изделия - 13%. Среди мужчин указанной профессиональной группы распределение по медиане имело следующий вид: хлеб и хлебные продукты- 70%, масло растительное и другие жиры – 17%, сахар и кондитерские изделия - 13%, по 90 перцентилю продукты в исследуемой группе мужчин ранжировались следующим образом: хлеб и хлебные продукты- 58%, масло растительное и другие жиры – 32%, сахар и кондитерские изделия - 10%.

По данным литературы особенности климатических условий в странах Южной Африки, Юго-Восточной Азии, Южной Азии и Китае, Индии в тропических и субтропических зонах приводили к избыточному накоплению микотоксинов в пищевом сырье, что послужило причиной острых отравлений с летальным исходом [6,7]. Наиболее часто выявлялись пробы с повышенными значениями концентрации афлатоксина В1 в сорго, кукурузе, арахисе, просе, молочных продуктов [8-10]. Особого внимания заслуживает изучение содержания

микотоксинов в молочных и мясных продуктах, которые поступают по пищевой цепочке в организм животных через зараженные корма [11,12]. Потребление пищевой продукции, особенно ввозимой с неблагополучных по микотоксикозу территорий, формирует повышенные риски здоровью, данное обстоятельство определяет важность тщательного санитарно-эпидемиологического контроля качества пищевой продукции.

Заключение. В результате проведенного исследования показано, что уровни рисков здоровью в различных профессиональных группах трудоспособного населения в результате поступления афлатоксина В1 при различных сценариях поступления соответствуют допустимому диапазону. Это свидетельствует об эффективно проводимой работе органов госсанэпиднадзора по недопущению к обороту пищевой продукции, представляющей опасность для здоровья потребителей, особенно, ввозимой с территорий повышенного риска контаминации продовольственного сырья микотоксинами. Вместе с тем, для лиц, имеющих профессиональный контакт с производственными факторами, негативно влияющими на функцию печени, лицам с хроническими заболеваниями печени, необходимо учитывать поступление афлатоксина В1 с потенциально опасными пищевыми продуктами, снижая их поступление, а также повышая адаптационный потенциал организма за счет нутритивной поддержки, обеспечивающей поступление естественных антиоксидантов - витаминов А,Е,С, незаменимых микроэлементов (цинк, селен) и функциональных аминокислот [13-15].

Список литературы

1. Попова А.Ю. Анализ риска – стратегическое направление обеспечения безопасности пищевых продуктов. Анализ риска здоровью. 2018; 4: 4–12. doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01
2. Benkerroum N Chronic and acute toxicities of aflatoxins: Mechanisms of action. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020;17:423. DOI: 10.3390/ijerph17020423.
3. Williams J, Phillips T, Jolly P et al. Human aflatoxicosis in developing countries: A review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. Am. J. Clin. Nutr. 2004;80:1106–1122. DOI: 10.1093/ajcn/80.5.1106.
4. Fouad M Ruan D, El-Senousey K, et al Harmful effects and control strategies of aflatoxin B1 produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* strains on poultry: Review. Toxins (Basel) 2019;11:176. DOI: 10.3390/toxins11030176.

5. Marchese S, Polo A, Ariano A, et al. Aflatoxin B1 and M1: Biological Properties and Their Involvement in Cancer Development. *Toxins* (Basel). 2018;10(6):214. DOI: 10.3390/toxins10060214.
6. Gong Y, Watson S, Routledge M Aflatoxin exposure and associated human health effects, a review of epidemiological studies. *Food Saf.* 2016;4:14–27. DOI: 10.14252/foodsafetyfscj.2015026.
7. Shabeer S, Asad S, Jamal A, Ali A Aflatoxin contamination, its impact and management strategies: An updated review. *Toxins*. 2022;14:307. DOI: 10.3390/toxins14050307.
8. Wokorach G, Landschoot S, Anena J, et al. Mycotoxin profile of staple grains in northern Uganda: Understanding the level of human exposure and potential risks. *Food Control*. 2021;122:107813. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107813.
9. Misihairabgwi J, Ezekiel C, Sulyok M, et al. Mycotoxin contamination of foods in Southern Africa: A 10-year review (2007–2016) *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019;59:43–58. DOI: 10.1080/10408398.2017.1357003.
10. Mutiga D, Mutuku J, Koskei V, et al. Multiple mycotoxins in Kenyan rice. *Toxins*. 2021;13:203. DOI: 10.3390/toxins13030203.
11. Kemboi D, Ochieng P., Antonissen G, et al. Multi-mycotoxin occurrence in dairy cattle and poultry feeds and feed ingredients from Machakos town, Kenya. *Toxins*. 2020;12:762. DOI: 10.3390/toxins12120762.
12. Ngaira V, Luswet F, Oduho G, et al. Assessment of aflatoxin in dairy feeds, milk, blood and evaluation of mitigation measures in North of Rift Valley counties, Kenya. *Afr. J. Educ. Sci. Technol.* 2013;1:211–216.
13. Deng J, Huang J, Xu Z, et al. Remediation strategies for mycotoxins in animal feed. *Toxins*. 2023;15:513. DOI: 10.3390/toxins15090513.
14. Limaye A, Yu R, Chou C, et al. Protective and detoxifying effects conferred by dietary selenium and curcumin against AFB1-mediated toxicity in livestock: A review. *Toxins*. 2018;10:25. DOI: 10.3390/toxins10010025.
15. Wang F, Shu G, Peng X, et al. Protective Effects of Sodium selenite against aflatoxin B1-induced oxidative stress and apoptosis in broiler spleen. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2013;10:2834–2844. DOI: 10.3390/ijerph10072834.

References

1. Popova A.YU. Analiz riska – strategicheskoe napravlenie obespecheniya bezopasnosti pishchevyh produktov [Risk analysis is a strategic direction for ensuring food safety]. Analiz riska zdorov'yu [Health risk analysis]. 2018; 4: 4–12 (In Russian). doi: 10.21668/health.risk/2018.4.01
2. Benkerroum N Chronic and acute toxicities of aflatoxins: Mechanisms of action. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020;17:423. DOI: 10.3390/ijerph17020423.
3. Williams J, Phillips T, Jolly P et al. Human aflatoxicosis in developing countries: A review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. Am. J. Clin. Nutr. 2004;80:1106–1122. DOI: 10.1093/ajcn/80.5.1106.
4. Fouad M Ruan D, El-Senousey K, et al Harmful effects and control strategies of aflatoxin B1 produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* strains on poultry: Review. Toxins (Basel) 2019;11:176. DOI: 10.3390/toxins11030176.
5. Marchese S, Polo A, Ariano A, et al. Aflatoxin B1 and M1: Biological Properties and Their Involvement in Cancer Development. Toxins (Basel). 2018;10(6):214. DOI: 10.3390/toxins10060214.
6. Gong Y, Watson S, Routledge M Aflatoxin exposure and associated human health effects, a review of epidemiological studies. Food Saf. 2016;4:14–27. DOI: 10.14252/foodsafetyfscj.2015026.
7. Shabeer S, Asad S, Jamal A, Ali A Aflatoxin contamination, its impact and management strategies: An updated review. Toxins. 2022;14:307. DOI: 10.3390/toxins14050307.
8. Wokorach G, Landschoot S, Anena J, et al. Mycotoxin profile of staple grains in northern Uganda: Understanding the level of human exposure and potential risks. Food Control. 2021;122:107813. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107813.
9. Misihairabgwi J, Ezekiel C, Sulyok M, et al. Mycotoxin contamination of foods in Southern Africa: A 10-year review (2007–2016) Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2019;59:43–58. DOI: 10.1080/10408398.2017.1357003.
10. Mutiga D, Mutuku J, Koskei V, et al. Multiple mycotoxins in Kenyan rice. Toxins. 2021;13:203. DOI: 10.3390/toxins13030203.
11. Kemboi D, Ochieng P., Antonissen G, et al. Multi-mycotoxin occurrence in dairy cattle and poultry feeds and feed ingredients from Machakos town, Kenya. Toxins. 2020;12:762. DOI: 10.3390/toxins12120762.

12. Ngaira V, Lusweti F, Oduho G, et al. Assessment of aflatoxin in dairy feeds, milk, blood and evaluation of mitigation measures in North of Rift Valley counties, Kenya. *Afr. J. Educ. Sci. Technol.* 2013;1:211–216.
13. Deng J, Huang J, Xu Z, et al. Remediation strategies for mycotoxins in animal feed. *Toxins.* 2023;15:513. DOI: 10.3390/toxins15090513.
14. Limaye A, Yu R, Chou C, et al. Protective and detoxifying effects conferred by dietary selenium and curcumin against AFB1-mediated toxicity in livestock: A review. *Toxins.* 2018;10:25. DOI: 10.3390/toxins10010025.
15. Wang F, Shu G, Peng X, et al. Protective Effects of Sodium selenite against aflatoxin B1-induced oxidative stress and apoptosis in broiler spleen. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2013;10:2834–2844. DOI: 10.3390/ijerph10072834.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Acknowledgments. The study did not have sponsorship.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Горбачев Дмитрий Олегович – заведующий кафедрой общей гигиены ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 443099, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89, e-mail: d.o.gorbachev@samsmu.ru, ORCID 0000-0002-8044-9806, SPIN: 1276-2740

About the authors

Gorbachev Dmitrii Olegovich – Head of the Department of General Hygiene, Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, 443099, Russia, Samara, st. Chapayevskaya, 89, e-mail: d.o.gorbachev@samsmu.ru, ORCID 0000-0002-8044-9806, SPIN: 1276-2740

Статья получена: 23.01.2025 г.

Принята к публикации: 25.09.2025 г.