

ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКОВ КОНТАМИНАЦИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР МИКОТОКСИНАМИ ТОКСИГЕННЫХ ПЛЕСЕНЕЙ

Н.В. Науменко¹, В.В. Ботвинникова²

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

² Испытательная лаборатория Тест-Пушино, Московская область, г. Пушино, Россия

В соответствии с Концепцией государственной политики в области здорового питания, важнейшей задачей пищевой промышленности является обеспечение населения России безопасными продуктами питания. Важную роль в данном вопросе играют скрытые риски, возникающие при регулярном потреблении человеком загрязненных микотоксинами продуктов питания и кормов животными. Отсутствие быстрой реакции организма на употребление данной группы веществ затрудняет формирование обширной доказательной базы в области причинно-следственной связи между потреблением таких продуктов и случаями возникновения неинфекционных заболеваний (НИЗ). В статье описаны потенциальные факторы риска для здоровья животных и человека в долгосрочной перспективе. Представленная экспериментальная база доказывает необходимость регулярного контроля влажности зерновой массы в процессе хранения и мониторинга развития мицелиальной токсигенной микрофлоры, несмотря на полное соответствие сырья на начальном этапе хранения. Проведенные комплексные исследования микробиологических показателей безопасности и идентификация мицелиальной токсигенной микрофлоры методом MALDI TOF MS, доказали высокие риски накопления микотоксинов в случае нарушения условий хранения зерновой массы, что определяет необходимость поиска современных технологий обеззараживания и переработки данного вида сырья, используемого как для производства продуктов питания, так и для кормов животных. В статье представлена сформированная доказательная база, на основе которой разработана система оценки факторов рисков накопления микотоксинов (Афлатоксин В1, Охратоксин А, Дезоксиниваленон, Т-2 токсин и Зеараленон) токсигенными плесенями (родов *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*), дана оценка патологического эффекта потенциально опасных токсичных веществ на организм животных и человека, а также возможные способы их регулирования.

Ключевые слова: микотоксины, продовольственная безопасность, пищевые продукты, риски контаминации.

Введение

Для достижения стабильности качества при получении продуктов переработки зерна (продуктов питания и кормов) необходимо учитывать тот факт, что на зерноперерабатывающие предприятия, как правило, поступают партии зерна, отличающиеся по своим технологическим параметрам и показателям безопасности. В этих условиях производитель (предприятия перерабатывающей промышленности и пищевой индустрии), сохраняя сырьевые ресурсы, может осуществлять только корректирующие операции.

Безопасность зерна, предназначенного как для пищевых, так и для кормовых целей, определяется, прежде всего, его микробиологической чистотой, а фактором повышенного риска являются токсигенные плесени. В настоящее время, мировым научным сообществом доказано [10, 11, 14–19], что присутствие

и развитие токсигенных плесеней в составе эпифитной микрофлоры зерна пшеницы приводит к высокой контаминации продуктов переработки микотоксинами, количество которых определяют технологии переработки (как возможные провокационные факторы). В большинстве технологических процессов переработки зерна используется гидротермическая обработка, которая является активатором для развития микроорганизмов, в том числе токсигенных плесеней.

Изменение влажности зерна при хранении, а также во время переработки в пределах от 12 до 25 %, на основании исследований ГНУ ВНИИЗ приводит к увеличению количества плесеней в 75 000 раз [1, 2, 6].

Целью данного исследования является установление рисков контаминации микотоксинами зерновых культур как факторов безопасности продуктов переработки.

Объекты и методы исследований

Для установления рисков контаминации микотоксинами продуктов переработки зерна, был определен образец зернового сырья:

– пшеница мягкая яровая (*Triticum aestivum* L.) сорта Любава, выращенная в степной зоне Брединского муниципального района Челябинской области РФ. Патент № 6160 от 15.11.2011.

Выборка образцов для исследования формировалась от партий урожая в период с 2016 по 2018 года, отобранных в агропромышленном предприятии ООО Боровое. В данном предприятии хранение зерновой массы осуществляется в металлических зернохранилищах фирмы «ROMAX» объемом 80 м³ с конусным основанием при угле наклона воронки 60° и вентилированием атмосферным воздухом. Контроль температуры и влажности зерна производился 1 раз в 5 дней в соответствии с Инструкцией № 9-7-88 по хранению зерна, маслосемян, муки и крупы.

Для получения данных о возможном влиянии температурно-влажностного режима хранения зерновой массы на изменение показателей безопасности зерна, отбор проб осуществлялся в ноябре, январе и марте каждого года проведения исследований.

Отбор проб производился в соответствии с требованиями ГОСТ 13586.3-2015. Объединенную пробу формировали из точечных проб зерна пшеницы, путем применения ручного щупа для захвата верхнего и нижнего слоев. Средняя проба формировалась исходя из массы объединенной и составляла не менее 2 кг. Отбор проб проходил в одно и тоже время суток. Общее количество исследуемых образцов составило ежегодно 41 среднюю пробу, что в общем объеме за указанный период соответствовало 123 пробам.

Влажность зерна определяли методом воздушно-тепловой сушки путем высушивания проб зерна при фиксированной температуре до постоянной массы, согласно ГОСТ 13586.5-2015.

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94.

Бактерии группы кишечных палочек (БГКП) определяли по ГОСТ 31747-2012.

Количество дрожжей и плесневых грибов определяли по ГОСТ 10444.12-2013.

Для идентификации и видового типирования колониеобразующих единиц использовали метод MALDI TOF MS. Посев разведений проводили глубинным методом на селективный агар для дрожжей и плесеней YGC. Анализ масс-пиковых списков спектров рибосомных белков проводили с использованием программного обеспечения MALDI Biotyper (Bruker Daltonics, Германия).

Определение микотоксинов проводили методом тонкослойной хроматографии, согласно ГОСТ 30711-2001 (афлатоксин В1), МУ 5177-90 (дезоксиниваленол и зеараленон), МУ 3184-84, иммуноферментативным методом, согласно МУК 5-1-14/1001 (афлатоксин В1) и М 04-42-2009 (охратоксин А).

Результаты и их обсуждение

На начальном этапе исследований (в момент закладки на хранение) был проведен входной контроль качества зерна пшеницы по микробиологическим показателям и показателям безопасности (табл. 1).

Анализ полученных результатов показал, что в целом зерно пшеницы сорта Любава соответствует требованиям ГОСТ 9353-2016, а также ТР ТС 015/2011 и ТР ТС 0121/2011 и может быть использовано в качестве сырья для получения сырьевых ингредиентов.

Исследование изменений влажности и количество плесеней в исследуемых образцах зерна пшеницы в течении периода хранения (табл. 2) позволило более детально изучить динамику изменения данных показателей и выявить потенциальные риски использования данного вида сырья при переработке.

Анализ полученных данных указывает на то, что в процессе хранения влажность зерна пшеницы может значительно изменяться в сторону увеличения значений, что взаимосвязано с приростом количества плесеней. Данная динамика обусловлена, прежде всего, биологическими процессами, протекающими в зерне пшеницы, в частности процессом дыхания, при котором происходит повышение температуры и увлажнение зерновой массы. При этом значительное увеличение влажности может формировать благоприятные условия для развития токсигенных плесеней в составе эпифитной микрофлоры зерна пшеницы и, как следствие, последующее накопление микотоксинов. Важно понимать, какое количество токсигенных плесеней присутствует в общем составе, для этих целей были проведены идентификационные исследования с приме-

Таблица 1

Результаты оценки микробиологических показателей и показателей безопасности образцов зерна пшеницы сорта Любава в момент закладки на хранение (усредненные значения при входном контроле)

Наименование показателей	Регламентируемое значение, согласно ТР ТС 021/2011 ТР ТС 015/2011	Фактическое значение показателей для образцов
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более 5×10^4	$(1,6 \pm 0,3) \times 10^3$
БГКП (колиформы)	Не допускается в 1 г	Не обнаружены в 1,0 г
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 100	Менее 10
Плесени, КОЕ/г	Не более 50	25 ± 2
Микотоксины, мг/кг, не более		
Афлатоксин В1	0,005	Менее 0,001
Дезоксиниваленол	0,7	Менее 0,2
Т-2 токсин	0,1	Менее 0,02
Зеараленон	1,0	$0,065 \pm 0,027$
Охратоксин А	0,005	Менее $0,0025 \text{ млн}^{-1}$

Таблица 2

Результаты оценки влажности и количества плесеней для образцов зерна пшеницы сорта Любава (усредненные значения по годам)

Наименование показателей	Фактическое значение показателей с учетом времени года, мес.		
	Ноябрь	Январь	Март
2016 год урожая			
Влажность, %	$13,6 \pm 0,2$	$12,0 \pm 0,1$	$13,4 \pm 0,2$
Плесени, КОЕ/г	18 ± 2	$22 \pm 0,3$	46 ± 2
2017 год урожая			
Влажность, %	$13,8 \pm 0,1$	$12,2 \pm 0,2$	$13,6 \pm 0,2$
Плесени, КОЕ/г	14 ± 2	16 ± 2	33
2018 год урожая			
Влажность, %	$13,8 \pm 0,1$	$12,3 \pm 0,2$	$13,6 \pm 0,1$
Плесени, КОЕ/г	16 ± 2	18 ± 2	46 ± 2

нением метода MALDI TOF MS. Данный подход позволит определить вероятностное накопление микотоксинов при технологиях использования гидротермических процессов переработки зерна пшеницы.


Использование метода MALDI TOF MS и программного обеспечения MALDI Biotyper для идентификации позволит с высокой вероятностью и точностью провести видовую идентификацию токсигенных плесеней. Методология исследования включает посев проб

в разведениях ($10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}$) глубинным методом на селективный агар для дрожжей и плесеней YGC (Yeast extract glucose chloramphenicol agar, Merck). Инкубацию при $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ на 3 и 10 сутки. Затем определяли количество колоний и отсеивали единичные колонии для идентификации.

Полученные методом MALDI TOF MS результаты идентификации мицелиальной микрофлоры, в том числе токсигенной (табл. 3) доказали, что в случае нарушения

Таблица 3

Результаты идентификации мицелиальной токсигенной микрофлоры зерна пшеницы, КОЕ/г (метод MALDI TOF MS) (усредненные значения)

Посев разведений глубинным методом для идентификации методом MALDI TOF	Идентификация MALDI TOF MS	Скор согласно коэффициенту совпадения*
	<p>Alternaria alternata (2,312) Aspergillus candidus (1,918) Fusarium spp (1,854) Penicillium spp (1,751) Sarocladium spp (<1,7) Cladosporium spp (<1,7) Trichoderma spp (<1,7)</p>	<p>+++ ++ ++ + – – –</p>

*Меню Скора с учетом коэффициента совпадения: 2,300...3,000 (+++), 2,000...2,299 (++) , 1,700...1,999 (+), ...0,000...1,699 (–). Скор с величиной равной 2 и более считали надежным для определения вида (++), в диапазоне от 1,7 до 2,0 надежным для определения рода (+), показатель менее 1,7 свидетельствовал о ненадежной идентификации (–)

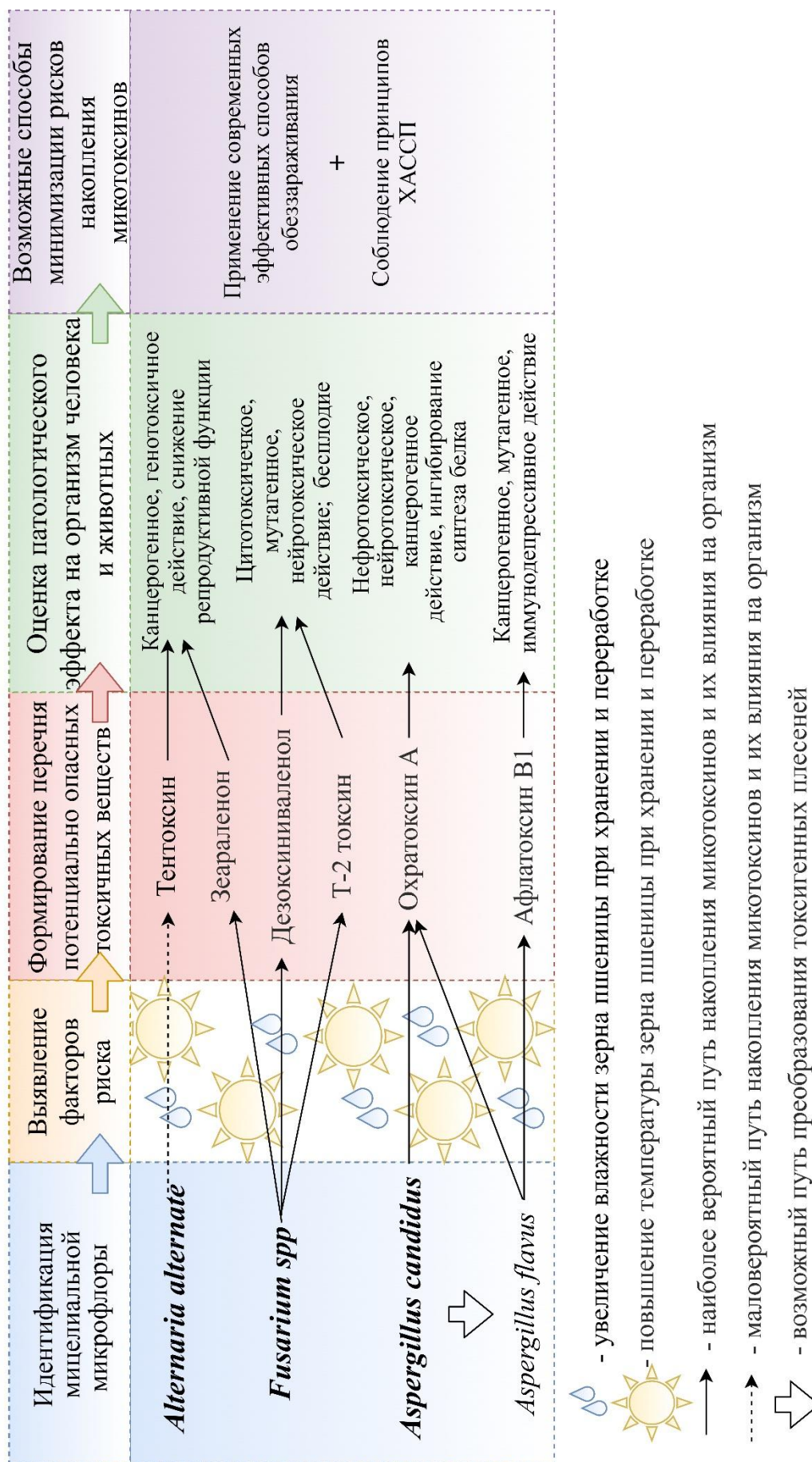
условий хранения зерновые массы, появляются достаточно высокие риски к накоплению микотоксинов. В этой связи, на наш взгляд, для минимизации рисков повышения активности токсигенных плесеней необходимо прежде всего установить и регулировать факторы, провоцирующие их возникновения.

На основании анализа и систематизации информации, изложенной в научной литературе [2, 5, 6, 14–19] была сформирована система оценки (см. рисунок) факторов рисков накопления микотоксинов (Афлатоксин В1, Охратоксин А, Дезоксиниваленол, Т-2 токсин и Зеараленон) токсигенными плесеньями (родов *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*) и способы их регулирования.

Видовая идентификация микрофлоры позволяет оценить потенциальные риски накопления микотоксинов и их патологического эффекта на организм животных и человека. Во время характеристики рисков накопления микотоксинов в пищевых продуктах, ряд исследователей [1, 2, 5, 6, 7, 10, 11], особо подчеркивают важность данного описания, где систематизируется характер и степень неблагоприятных последствий для здоровья животных и человека.

В мировой практике регламентируемые нормы допустимого уровня микотоксинов разрабатываются основываясь на принципе «факторов неопределенности» и рассчитываются с учетом уровня минимального негативного эффекта регулярного употребления загрязненных пищевых продуктов. Утвержденные ФАО/ВОЗ [3, 4, 8, 9, 12, 13] максимальные значения содержания микотоксинов получены в результате экспериментальных или эпидемиологических исследований, основанных на результатах исследований на животных, а также включают использование математических методов моделирования. Однако при значительной вариабельности безопасности зернового сырья, оценка рисков потребления продуктов, загрязненных микотоксинами, должна быть направлена на полное исключение загрязнения кормов для животных и готовых продуктов токсичными соединениями.

Таким образом, ввиду высокой степени опасностей, которые могут возникать при значительном накоплении микотоксинов в условиях активного развития токсигенных плесеней в зерновой массе, необходимо исследовать возможности их полного блокирования.



Факторы риска накопления микотоксинов токсигенными плесеньями и способы их регулирования

Литература

1. Ефимочкина, Н.Р. Токсигенные свойства микроскопических грибов // Н.Р. Ефимочкина, И.Б. Седова, С.А. Шевелева, В.А. Тумельян // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2019. – № 45. – С. 6–33.
2. Мачихина, Л.И. Проблемы зернового комплекса России / Л.И. Мачихина // Хлебопродукты. – 2018. – № 1. – С. 34–37.
3. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), «Состояние продовольственной небезопасности в мире 2001» (The State of Food Insecurity in the World 2001) (Рим: ФАО, 2002).
4. Система быстрого оповещения для пищевых продуктов и кормов (RASFF), 2018. Годовой отчет 2018. Европейская комиссия. – http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/rasff_publications_en.htm.
5. Тумельян, В.А. Анализ результатов мониторинга загрязнения микотоксинами продовольственного зерна урожаяв 2005–2016 гг. / В.А. Тумельян // Успехи медицинской микологии. – 2018. – Т. 19. – С. 329–330.
6. Тумельян, В.А. Микотоксины (Медицинские и биологические объекты) / В.А. Тумельян, Л.В. Кравченко // АМН СССР. – М.: Медицина, 1985. – С. 320.
7. Commission Regulation (EC) № 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs // Official Journal of the European Union, L 364/17.
8. EFSA Evaluation of the increase of risk for public health related to a possible temporary derogation from the maximum level of deoxynivalenol, zearalenone and fumonisins for maize and maize products // EFSA J., 12 (5) (2014), p. 3699.
9. FAO Worldwide Regulations for Mycotoxins in Food and Feed in 2003 // Food and Agriculture Organization, Rome, Italy (2004).
10. García-Cela, E. A.J. Ramos, V. Sanchis, S. Marin Emerging risk management metrics in food safety: FSO, PO. How do they apply to the mycotoxin hazard? // Food Control, 25 (2012), pp. 797–808.
11. Giacco, R. Whole grain intake in relation to body weight: from epidemiological evidence to clinical trials / R. Giacco, G. Della Pepa, D. Luongo, G. Riccardi // Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases, 21(2011), pp. 901–908.
12. International Commission of Microbiological Specification for Foods (ICMSF) (1980). Cereals and cereal products. In Microbial ecology of foods, Vol. 2, Food commodities. New York: Academic Press, Inc.
13. JECFA. 2008. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Prepared by the Sixty-eighth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). JECFA Monographs. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, IPCS – International Programme on Chemical Safety, WHO Food Additives Series No. 59, World Health Organization, Geneva.
14. Kara, G.N. Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in cereal flours commercialised in Turkey / G.N. Kara, F. Ozbey, B. // Food Control, 54 (2017), pp. 275–281.
15. Khlangwiset, P. Aflatoxins and growth impairment: A review / P. Khlangwiset, G.S. Shephard, F. Wu // Critical Reviews in Toxicology, 41 (2011), pp. 740–755.
16. Kovalsky, P., Kos G., Nährer K., Schwab C., Jenkins T., Schatzmayr G., Sulyok M., and Krska R. Co-occurrence of regulated, masked and emerging mycotoxins and secondary metabolites in finished feed and maize – An extensive survey // Toxins. – 2016. 8 (12):363. DOI: 10.3390/toxins8120363.
17. Li, S. Aflatoxin M1 contamination in raw milk from major milk-producing areas of China during four seasons of 2016 / S. Li, L. Min, P. Wang, Y. Zhang, N. Zheng, J. Wang // Food Control, 82 (2017), pp. 121–125.
18. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods, Microbiological Safety Evaluations and Recommendations on Fresh Produce // Food Control. 1999;10:117–143.
19. Streit, E., K. Naehrer, I. Rodrigues, and G. Schatzmayr. Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: Long-term analysis with special focus on Europe and Asia // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2013. 93 (12):2892–9. DOI: 10.1002/jsfa.6225.

Науменко Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), Naumenko_natalya@mail.ru

Ботвинникова Валентина Викторовна, кандидат технических наук, менеджер по качеству «Испытательная лаборатория Тест-Пушино» (Московская область, г. Пушкино), valens_b@mail.ru

Поступила в редакцию 11 марта 2020 г.

DOI: 10.14529/food200209

STUDYING THE RISKS OF GRAIN CONTAMINATION WITH MYCOTOXINS OF TOXIGENIC MOLDS

N.V. Naumenko¹, V.V. Botvinnikova²

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

² FL Test-Pushchino LLC, Puschino, Moscow Region, Russian Federation

According to the Concept of Federal Healthy Nutrition Policy the crucial task of food industry in Russia is to provide the population with safe foodstuffs. The key role in this issue is played by hidden risks which occur when humans and animals regularly consume food products contaminated with mycotoxins. The absence of fast body response to the consumption of this group of substances complicates the formation of vast amount of evidence in the cause-effect relationship between the consumption of such products and cases of non-infectious diseases. The article focuses on the potential risk factors for human and animal health in the long term. The presented experimental base proves the necessity of regular control of grain humidity during storage and monitoring the development of mycelial toxigenic microflora in spite of the compliance of raw materials during the initial stage of storage. The conducted complex studies of microbiological indicators of security and identification of mycelial toxigenic microflora by means of MALDI TOF MS method proved high risks of toxin accumulation in case of improper storage of grains which necessitates the search of modern technologies of disinfection and processing of this type of raw materials used both for the production of foodstuffs and animal feed. The article presents the evidence base which helped to develop the system of assessing risk factors of mycotoxin accumulation (Aflatoxin B1, Ochratoxin A, Deoxynivalenol, T-2 toxin and Zearalenone) with toxigenic molds (*Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*). It also assesses the pathological effect of potentially dangerous toxic substances on the human and animal body as well as possible ways of their management.

Keywords: mycotoxins, food security, food products, contamination risks.

References

1. Efimochkina N.R., Sedova I.B., Sheveleva S.A., Tutel'yan V.A. [Toxigenic properties of mycotoxin-producing fungi]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 2019, vol. 45, pp. 6–33. (in Russ.)
2. Machikhina L.I. [Problems of the grain complex of Russia]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2018, no. 1, pp. 34–37. (in Russ.)
3. *Prodovol'stvennaya i sel'skokhozyaystvennaya organizatsiya OON (FAO)*, «Sostoyanie prodovol'stvennoy nebezopasnosti v mire 2001» (*The State of Food Insecurity in the World 2001*) [Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), «The State of Food Insecurity in the World 2001»] (Rim: FAO, 2002).
4. *Sistema bystrogo opoveshcheniya dlya pishchevykh produktov i kormov (RASFF)*, 2018. *Godovoy otchet 2018. Evropeyskaya komissiya* [The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), 2018. Annual Report 2018. European Commission]. Available at: http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/rasff_publications_en.htm.

5. Tutel'yan V.A. [Analysis of the results of monitoring mycotoxin contamination of food grain in crops 2005–2016]. *Uspekhi meditsinskoy mikologii* [Successes in medical mycology], 2018, vol. 19, pp. 329–330. (in Russ.)
6. Tutel'yan V.A., Kravchenko L.V. [Medical and biological objects]. *AMN SSSR*. Moscow, 1985, p. 320.
7. Commission Regulation (EC) №. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L 364/17.
8. EFSA Evaluation of the increase of risk for public health related to a possible temporary derogation from the maximum level of deoxynivalenol, zearalenone and fumonisins for maize and maize products. *EFSA J.*, 12 (5) (2014), p. 3699.
9. *FAO Worldwide Regulations for Mycotoxins in Food and Feed in 2003*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy (2004).
10. García-Cela E. A.J. Ramos, Sanchis V., Marin S. Emerging risk management metrics in food safety: FSO, PO. How do they apply to the mycotoxin hazard? *Food Control*, 25 (2012), pp. 797–808.
11. Giacco R., Della Pepa G., Luongo D., Riccardi G. Whole grain intake in relation to body weight: from epidemiological evidence to clinical trials. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 21(2011), pp. 901–908.
12. International Commission of Microbiological Specification for Foods (ICMSF) (1980). Cereals and cereal products. *In Microbial ecology of foods*, Vol. 2, Food commodities. New York: Academic Press, Inc.
13. JECFA. 2008. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Prepared by the Sixty-eighth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). JECFA Monographs. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, IPCS – International Programme on Chemical Safety, WHO Food Additives Series No. 59, World Health Organization, Geneva.
14. Kara G.N., Ozbey F. Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in cereal flours commercialised in Turkey. *Food Control*, 54 (2017), pp. 275–281.
15. Khlangwiset P., Shephard G.S., Wu F. Aflatoxins and growth impairment: A review. *Critical Reviews in Toxicology*, 41 (2011), pp. 740–755.
16. Kovalsky P., Kos G., Nährer K., Schwab C., Jenkins T., Schatzmayr G., Sulyok M., and Krska R. 2016. Co-occurrence of regulated, masked and emerging mycotoxins and secondary metabolites in finished feed and maize – An extensive survey. *Toxins*, 8 (12):363. DOI: 10.3390/toxins8120363.
17. Li S., Min L., Wang P., Zhang Y., Zheng N., Wang J. Aflatoxin M1 contamination in raw milk from major milk-producing areas of China during four seasons of 2016. *Food Control*, 82 (2017), pp. 121–125.
18. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods, Microbiological Safety Evaluations and Recommendations on Fresh Produce. *Food Control*, 1999;10:117–143.
19. Streit E., Nährer K., Rodrigues I., and Schatzmayr G.. 2013. Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: Long-term analysis with special focus on Europe and Asia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (12):2892–9. DOI: 10.1002/jsfa.6225.

Natalia V. Naumenko, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Naumenko_natalya@mail.ru

Valentina V. Botvinnikova, Candidate of Technical Sciences, Quality Manager, FL Test-Pushchino LLC, Puschino, valens_b@mail.ru

Received March 11, 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Науменко, Н.В. Исследование рисков контаминации зерновых культур микотоксинами токсигенных плесеней / Н.В. Науменко, В.В. Ботвинникова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 2. – С. 74–81. DOI: 10.14529/food200209

FOR CITATION

Naumenko N.V., Botvinnikova V.V. Studying the Risks of Grain Contamination with Mycotoxins of Toxicogenic Molds. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 74–81. (in Russ.) DOI: 10.14529/food200209