

Е.Н. Бирюк
РУП «Институт мясо-молочной промышленности»

МИКОТОКСИНЫ. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

(Поступила в редакцию 13.04.2011)

В статье приведены сведения о наиболее опасных и распространенных микотоксинах, дана краткая характеристика методов их контроля в сырье и пищевых продуктах. Описаны способы детоксикации продукции, загрязненной микотоксинами.

Введение. Обеспечение безопасности продуктов питания – первоочередная задача для производства пищевых продуктов. Особое место занимает мониторинг содержания в сырье и продуктах микотоксинов. В настоящее время реальный риск для белорусов связан с хроническим поступлением с пищей в незначительных количествах микотоксинов, большинство из которых обладают иммунодепрессивными свойствами, а некоторые являются сильными канцерогенами [1]. В рейтинге канцерогенного риска микотоксины (особенно афлатоксины и охратоксин А) занимают первое место и в десятки раз превосходят диоксины, полихлорированные бифенилы, пестициды. Нагрузка микотоксинами снижает также иммунный ответ на вакцинацию. Микотоксины (от греч. *mykes* – гриб, *toxicon* – яд) – это органические природные соединения сложной химической структуры (кумарины, алкалоиды, пептиды), являющиеся вторичными метаболитами почвенных микроскопических грибов, паразитирующих на растениях [2–4].

Микотоксины способны накапливаться в кукурузе, зерновых, соевых бобах, арахисе, орехах, масличных растениях, какао-бобах, зернах кофе и другом сырье, а также в кормовых культурах.

Токсинообразование может происходить как при выращивании растений, так и при последующем обороте (транспортировке и хранении) продовольственного сырья в условиях, благоприятных для развития грибов. По данным ФАО, ежегодно загрязнению микотоксинами подверга-

ется не менее 25% всех продовольственных ресурсов. При этом практически не существует надежных методов удаления большинства микотоксинов из пищевых продуктов в процессе технологической и кулинарной обработки – они (кроме эрготоксинов) относятся к чрезвычайно термостойким соединениям, выдерживающим температуру 1000 °С и более. Тем не менее принятие определенных мер позволит снизить поступление микотоксинов в организм человека и их отрицательное воздействие. Наиболее реальными мероприятиями являются лабораторный контроль за их остаточным количеством в продовольственном сырье и регламентирование содержания, а также поддержка механизмов алиментарной адаптации: адекватное потребление нутриентов, участвующих в клеточных защитных процессах (полноценный белок, витамины, микроэлементы и др.) [5, 6].

Микотоксины – загрязнители пищевой продукции. В настоящее время известно свыше 350 видов токсигенных грибов, поражающих сельскохозяйственные культуры, наибольшую опасность представляют токсины грибов р. *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*. Из всей массы микотоксинов наиболее распространены и опасны для здоровья человека и сельскохозяйственных животных афлатоксины, трихотеценовые микотоксины (дезоксиниваленол, Т-2 токсин), зеараленон, патулин, охратоксин А; отмечается также потенциальная опасность таких микотоксинов, как цитринин, стеригматоцистин, фумонизины, эрготоксины и многие другие.

Микотоксины отличаются высокой токсичностью для животных и человека, многие из них обладают канцерогенными, тератогенными, мутагенными, иммунодепрессивными свойствами.

Плесневые грибы, продуцирующие микотоксины, очень долго сохраняют жизнеспособность на пищевых продуктах и кормах. Кроме того, даже после гибели образовавшей их плесени микотоксины могут оставаться в продукции в течение длительного времени, поэтому внешний вид продукции (отсутствие плесеней) не всегда может служить критерием ее безопасности. К так называемым микотоксинам хранения относят афлатоксины.

Чаще, чем другие культуры, афлатоксины загрязняют арахис, кукурузу, бобовые. Афлатоксин М₁ (гидроксилированное производное афлатоксина В₁) загрязняет молоко коров, получавших корм, содержащий афлатоксин В₁. В молоке в доступных для измерения количествах афлатоксин М₁ может присутствовать при такой концентрации афлатоксина В₁ в корме, когда признаков отравления животных еще нет. Так, при содержании в корме от 20 до 50 мкг/кг афлатоксина В₁ в молоке обнаруживается от 0,5 до 1,5 мкг/л афлатоксина М₁. При наличии афлатоксина в кормах он обнаруживается в различных тканях животных, птицы, яйцах. В опытах, в которых цыплятам давали загрязненный афлатоксином В₁ корм, последний обнаруживали в печени в концентрациях в 70–100 раз превышающих концентрацию его в корме [7, 8].

В сельскохозяйственном сырье, продуктах питания и кормах, как правило, присутствует комплекс микотоксинов. Причем многие из них изучены мало или совсем не изучены, а санитарно-гигиенические нормы разработаны лишь для небольшого числа микотоксинов. По сравнению с количеством известных к настоящему времени список микотоксинов, обязательных для контроля, очень невелик. В Республике Беларусь допустимое содержание микотоксинов в продовольственном сырье и пищевой продукции регламентировано СанПиН 63–2009 [9] (табл. 1).

При этом следует иметь в виду, что хроническое поступление микотоксинов, особенно комплекса микотоксинов в количествах даже в 2–3 раза ниже ПДК, резко отрицательно сказывается на организмах, что было прослежено на сельскохозяйственных животных, особенно молодняке. Поэтому проблему изучения, контроля и нормирования микотоксинов в продукции следует рассматривать как открытую, требующую больших усилий для своего разрешения [10].

Методы анализа. Для определения содержания микотоксинов в пищевой продукции используют различные виды анализов: биологические, иммунологические, химические и физико-химические. В основе химических методов анализа микотоксинов лежит их способность к

Таблица 1 – Допустимое содержание микотоксинов в продовольственном сырье и пищевой продукции

| Вид продукции | Допустимый уровень, не более мг/кг | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---|------------------------|
| | афлатоксин М ₁ | афлатоксин В ₁ | дезоксини валенол | зеараленон | охратоксин А | Т-2 токсин | фумонизи-ны В ₁ и В ₂ | патулин |
| Молоко, молочные продукты и продукты на основе переработки молока, концентраты | 0,0005 | - | - | - | - | - | - | - |
| Зерно (семена), мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия, продукты на основе переработки зерна | - | 0,005 | 0,7–1,0 | 0,2–1,0 | 0,005 | 0,1 | - | - |
| Сахар и кондитерские изделия | - | 0,005 | - | - | - | - | - | - |
| Мучные кондитерские изделия, в том числе многокомпонентные | - | 0,005 | 0,7 | - | - | - | - | - |
| Фруктоовощная продукция | - | - | - | - | - | - | - | 0,05 |
| Орехи | - | 0,005 | - | - | - | - | - | - |
| Чай, кофе | - | 0,005 | - | - | - | - | - | - |
| Кофейные напитки на основе злаков | - | 0,005 | 1,0 | 1,0 | - | - | - | - |
| Масличное сырье и жировые продукты | - | 0,005 | - | - | - | - | - | - |
| Продукты для питания детей раннего возраста | Не допускается (<0,00002) | Не допускается (<0,00015) | Не допускается (<0,05) | Не допускается (<0,005) | Не допускается (<0,0005) | Не допускается (<0,05) | 0,2 | Не допускается (<0,02) |

поглощению коротковолнового ультрафиолетового излучения или к флуоресценции под воздействием длинноволнового излучения.

Химический анализ включает следующие этапы: отбор образца, подготовку образца к анализу, экстракцию и очистку экстракта, идентификацию и количественное определение микотоксинов.

Отбор проб пищевой продукции для анализа содержания микотоксинов имеет ряд специфических особенностей. Микотоксины распределяются в продукции очень неравномерно, так как они образуются только в той части продукции, которая поражена плесневыми грибами. Дискретность распределения микотоксинов ведет к тому, что может быть загрязнена лишь небольшая часть продукции, зато в высокой концентрации. Поэтому для того чтобы образец был представительным, он должен быть достаточно большим, для чего необходимо отбирать большое число разовых проб из различных мест партии продукции, тщательно их перемешивать, и этот образец подготавливать для получения аналитического образца путем постепенного уменьшения. Исключение составляют порошкообразные продукты (мука, отруби, жмых), пасты и жидкости (молоко, пиво, пивное сусло). Для обеспечения гомогенности достаточно тщательного перемешивания этих продуктов.

При экстракции микотоксинов из образца необходимо добиться максимального извлечения анализируемого вещества и, одновременно, сокращения количества коэкстрактивных веществ. В растительных и животных субстратах микотоксины обычно связаны с белками, что значительно затрудняет их извлечение. Для повышения степени извлечения микотоксинов наиболее эффективно использование в качестве экстрагентов достаточно полярных растворителей: спиртов (метанол, этанол), ацетона, ацетонитрила, их смесей с водой. Возможно использование и малополярных растворителей, таких как хлороформ, этилацетат.

Содержание микотоксинов в продуктах, а также в полученных из них экстрактах очень мало, поэтому для успешного детектирования микотоксины необходимо сконцентрировать и одновременно очистить от коэкстрактивных веществ. Универсального метода концентрирования и очистки, пригодного для анализа всех микотоксинов во всех матрицах не существует. Выбор метода концентрирования определяется природой пробы и свойствами определяемого токсина, причем, если процесс про-

водиться в несколько стадий, селективность концентрирования и очистки повышается, однако, возрастает и вероятность потерь анализируемого вещества.

Для количественного определения микотоксинов используются различные методы: тонкослойная, жидкостная, газожидкостная хроматография. При этом способы детектирования могут быть как визуальными (в тонкослойной хроматографии), так и инструментальными – ультрафиолетовые, флуоресцентные детекторы в высокоэффективной жидкостной хроматографии и детекторы по захвату электронов, масс-спектрометрические и другие, применяемые в газожидкостной хроматографии. Для детектирования микотоксинов применяют также биологические (тестирование с помощью различных биологических объектов), ферментные и иммуноферментные методы.

В последние 20–25 лет при анализе микотоксинов в пищевых продуктах и кормах для животных широко используется высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Достоинствами ВЭЖХ является хорошее отделение сопутствующих веществ на высокоэффективных хроматографических колонках, сравнительная быстрота разделения, воспроизводимость количественного определения с помощью проточных детекторов, возможность введения в систему достаточно больших объемов образца (по сравнению с ГЖХ), простота автоматизации при большом числе проводимых анализов.

Альтернативой трудоемким и требующим сложного аппаратного оформления хроматографическим методам определения микотоксинов стали активно развивающиеся в последние годы иммунохимические методы. Все виды иммунохимических анализов основаны на реакции образования комплекса антиген-антитело. Микотоксины сами по себе не способны вызывать выработку антител, такую способность они приобретают если вводятся в организм в виде конъюгата с белком-носителем.

При проведении ИФА существует проблема ложноположительного ответа, она связана с неспецифическим ингибированием иммунной реакции, когда в экстракте присутствуют какие-либо вещества, способные ингибировать антитела. Однако этот метод имеет целый ряд преимуществ: высокую чувствительность, специфичность, точность и производительность, экспрессивность, возможность использовать минимальное

количество очищенных экстрактов и готовых наборов для экспресс-анализа [11].

Детоксикация продукции, загрязненной микотоксинами. Высокая токсичность и канцерогенность микотоксинов, обнаружение их в значительных количествах в основных пищевых продуктах обуславливает необходимость разработки эффективных методов детоксикации сырья и пищевых продуктов. В настоящее время с этой целью применяют комплекс мероприятий, которые можно разделить на механические, физические, химические и биологические методы детоксикации. Механические методы являются наиболее эффективными при обезвреживании некоторых видов продовольственного сырья и пищевых продуктов (орехи, в том числе арахис, кукуруза и др.). Они включают в себя предварительную сортировку с использованием как ручного труда, так и механических и электронных средств. В процессе такой сортировки удаление пораженных и измененных орехов приводит к существенному снижению уровня загрязнения токсинами всей партии продукта в целом.

Второй путь обезвреживания загрязненных микотоксинами продуктов включает различные физические, химические и биологические методы, которые должны удовлетворять следующим требованиям: снижать уровень микотоксинов в продукте до предельно допустимого без образования токсичных и канцерогенных метаболитов; вызывать деградацию спор и мицелия грибов-продуцентов, которые в благоприятных условиях могли бы вновь прорасти и вырабатывать токсины; не оказывать существенного влияния на органолептические свойства, химический состав и пищевую ценность продуктов [12–14].

Заключение. Микотоксины считают наиболее опасными контаминантами пищевых продуктов, они входят в список опасных природных экотоксикантов, доказана их реальная опасность для человека. Загрязнение зерна и другой сельскохозяйственной продукции возможно на всех этапах их производства, хранения переработки и транспортировки, оно не ограничено территорией и временем года. В настоящее время нет эффективных химических способов борьбы с загрязнением продуктов микотоксинами, поэтому особое значение приобретает своевременная санитарно-гигиеническая оценка токсичности пищевых продуктов.

Для анализа микотоксинов существуют и активно совершенствуются достаточно точные количественные методы. В первую очередь это хроматографические и иммуноферментный экспресс-метод.

Подводя итог, следует отметить, что оптимизированный санитарный надзор за качеством и безопасностью продовольственного сырья позволяет минимизировать уровень загрязнения продуктов питания микотоксинами.

Литература

1. Бацукова, Н. Проблемы гигиены питания и пути их решения / Н. Бацукова // Наука и инновации. – 2007. – № 9(55) – С. 13–17.

2. Кретьова, Л.Г. Микотоксины. Загрязнение продукции и аналитический контроль / Л.Г. Кретьова, М.И. Лунев. – Москва ГУП Агропрогресс, 2000. – 80 с.

3. Пономаренко, Ю.А. Питательные и антипитательные вещества в кормах / Ю.А. Пономаренко. – Минск: Экоперспектива, 2007. – 960 с.

4. Чеснокова, С.М. Оценка уровня загрязнения продовольственного сырья и продуктов питания опасными контаминантами / С.М. Чеснокова, Т.А. Трифонова. – Владимир: Изд-во Владимирского гос. ун-та, 2009. – 75 с.

5. Лабораторные методы диагностики микотоксикозов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.allvet.ru> – Дата доступа: 20.03.2010.

6. Bennett, J.W. Mycotoxins / J.W. Bennett, M. Klich [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.gov/pmc/articles/MC164220>, – Дата доступа: 25.03.2010.

7. Bennett, J.W. Agronomic Considerations for Molds and Mycotoxins in Corn Silage / M. Rankin, C. Grau [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/Mycotoxins.htmv> – Дата доступа: 25.03.2010.

8. Войникова, Е. Национальные стандарты на экологически безопасное сырье / Е. Войникова // Кумпячок. – 2007. – №1 (10). – С. 23–24.

9. Колесень, В.П. Эффективность скармливания адсорбента микотоксинов «Сорбатокс» сельскохозяйственной птице / В.П. Колесень //

Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Горки, 2009. – С. 39–44.

10. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы: Введ. 09.06.2009. – Минск: Минздрав РБ, 2009.

11. Гогин, А. Микотоксины: эффективный контроль эффективное производство / А. Гогин [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.premix.kz/myccont.html>. – Дата доступа: 20.03.2010.

12. Старкл, В. Комбинированные методы борьбы с микотоксинами / В. Старкл // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – №9(65). С. 30–31.

13. Шешко, П.М. Микотоксины и проблемы контроля качества кормов / П.М. Шешко // Ветеринарная медицина Беларуси. – 2003. – №1. – С. 28–30.

14. Хоченков, А.А. Эффективность профилактики микотоксикозов в промышленном свиноводстве / А.А. Хоченков // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология, санитария. – 2008. – №4. – С. 70–73.

A. Biruk

MYCOTOXINS. CONTROL OF THE QUALITY FOODSTUFFS

Summary

In this article presents information about the most dangerous and spread of the mycotoxins. The methods of control mycotoxins in raw materials and foodstuffs are describe. The methods of detoxification products contaminated with mycotoxins are describe too.