

Micotoxinas em Cadeias Produtivas do Milho: Riscos à Saúde Animal e Humana



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Documentos 193

Micotoxinas em Cadeias Produtivas do Milho: Riscos à Saúde Animal e Humana

Dagma Dionísia da Silva
Rodrigo Vêras da Costa
Luciano Viana Cota
Fabrício Eustáquio Lanza
Elaine Aparecida Guimarães

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges

Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso

Campanha, Roberto dos Santos Trindade, Rosângela Lacerda de

Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Dagma Dionísia da Silva

1ª edição

Versão Eletrônica (2015)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Micotoxinas em cadeias produtivas do milho: riscos à saúde animal e humana / Dagma Dionísia da Silva ... [et al.]. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2015.

27 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 193).

1. Fungo. 2. Micotoxina. 3. *Zea mays*. I. Silva, Dagma Dionísia da. II. Série.

CDD 631.52 (21. ed.)

© Embrapa 2015

Autores

Dagma Dionísia da Silva

Eng.-Agrôn., D.Sc em Fitopatologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, dagma.silva@embrapa.br

Rodrigo Véras da Costa

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, rodrigo.veras@embrapa.br

Luciano Viana Cota

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, luciano.cota@embrapa.br

Fabrcio Eustáquio Lanza

Eng.-Agrôn., Fitopatologia, Pos-doutorando Embrapa Milho e Sorgo, falanza@bol.com.br

Elaine Aparecida Guimarães

Laboratório de Resistência a Doenças Embrapa Milho e Sorgo, CP 285, CEP 35701- 970, Sete Lagoas, MG (elaineag@yahoo.com.br), Faculdade do Filosofia, Ciências e Letras UNIFEMM, Sete Lagoas, MG, CEP 35701-242

Apresentação

O milho é, sem dúvida, um dos cereais mais versáteis em possibilidades de uso, sendo 70% da produção mundial destinada à criação de aves e suínos. No Brasil, 85% do milho produzido é consumido na alimentação animal e cerca de 5% na humana, o que faz deste cereal uma importante fonte de nutrientes no país. O consumo humano do milho passa, em sua maior parte, por transformação, com exceção para o consumo ainda na fase de grãos leitosos, quando é usado na forma in natura. Já os grãos secos precisam passar por um processo de industrialização sendo processado a seco ou a úmido. A moagem resulta em diversos tipos de farinhas, fubá, farelos, óleo, etc. Para consumo animal, a cadeia produtiva do milho passa a se inserir na cadeia do leite, ovos, carnes bovinas, suínas e de aves. Portanto, sua importância econômica e como fonte de alimento é indiscutível. No entanto, o consumo dos grãos e dos derivados de milho pode trazer risco à saúde humana e animal, se estiverem contaminados por micotoxinas.

A incidência de micotoxinas é um dos principais problemas relacionados ao consumo de grãos de milho e seus derivados, podendo ser encontradas em carnes e leite de animais para os quais alimentos contaminados foram fornecidos. Este documento aborda o tema de forma a apresentar os riscos à saúde humana e animal por causa do consumo de alimentos contaminados com micotoxinas em toda a cadeia produtiva do milho. O trabalho tem como objetivo alertar produtores, estudantes, pesquisadores, extensionistas e demais profissionais envolvidos na cadeia produtiva do milho sobre esse risco.

Antonio Alvaro Corsetti Purcino
Chefe-Geral
Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

Resumo	7
O que são as Micotoxinas	8
Fungos Produtores de Micotoxinas	9
Micotoxinas em Milho	10
Riscos à Saúde	12
Regulamentação	15
Conclusão	20
Referências	21
Literatura Recomendada	27

Micotoxinas em Cadeias Produtivas do Milho: Riscos à Saúde Animal e Humana

*Dagma Dionísia da Silva*¹

*Rodrigo Vêras da Costa*²

*Luciano Viana Cota*³

*Fabício Eustáquio Lanza*⁴

*Elaine Aparecida Guimarães*⁵

Resumo

Atualmente, a ocorrência de podridão e mofamento em grãos de milho está entre os principais problemas fitossanitários para essa cultura. A ocorrência de fungos reduz a qualidade e a quantidade de grãos produzidos, resultando em perdas econômicas ao produtor, uma vez que o valor pago pela indústria depende da quantidade de grãos ardidos nas amostras, sendo 6% o valor máximo admitido, até então. Porém, a incidência de fungos nos grãos pode esconder um problema mais sério que a própria podridão, as micotoxinas. Micotoxinas são metabólitos tóxicos produzidos por algumas espécies de fungos presentes nos grãos. A toxicidade das micotoxinas a animais e humanos tem como consequência a incidência de doenças diversas, dentre as quais alguns tipos de câncer. Espécies de fungos como *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* são comuns em grãos de milho podres ou mofados e, também, naqueles aparentemente saudáveis. Essas são as principais espécies produtoras de micotoxinas, como Fumonisin e Aflatoxinas. A regulamentação mundial dos

níveis tolerados de micotoxinas em grãos e em seus derivados ainda precisa ser discutida e padronizada. No entanto, vários fatores dificultam esta regulamentação em nível mundial. Esta publicação objetiva mostrar, de forma simples, o que são micotoxinas e os riscos à saúde humana e animal do seu consumo em diferentes produtos alimentícios à base de milho, além de esclarecer sobre a atual situação regulatória no Brasil.

O que são as Micotoxinas

As micotoxinas são metabólitos tóxicos produzidos por fungos na fase de pré-colheita ou no armazenamento (BERTHILLER et al., 2007; HERMANNNS et al., 2006). A ocorrência de micotoxinas está relacionada à capacidade de biossíntese dos fungos que infectam os grãos, das condições do ambiente durante o cultivo e no armazenamento. É importante salientar que o tempo decorrido entre a colheita, o armazenamento nas propriedades rurais, a comercialização, o processamento e o transporte dos grãos até a chegada ao destino final, muitas vezes permite que condições adversas favoreçam a contaminação e o desenvolvimento de fungos e produção de micotoxinas, levando a perdas econômicas. Estas perdas são de difícil contabilização, pois grande parte está relacionada aos danos causados à saúde humana e à animal, baixa produtividade, perda de receita em divisas, custos de inspeção, amostragens, indenizações em caso de sinistro, subsídios a agricultores, custos de desintoxicação, pesquisa e formação (BHAT; MILLER, 2014). O Brasil possui todos estes fatores, que aliados à sua extensão territorial e às condições de clima quente e úmido, quase em sua totalidade, favorecem a infecção dos grãos de milho por diversos fungos que podem causar o apodrecimento dos grãos, grãos ardidos e micotoxinas.

Fungos Produtores de Micotoxinas

Os fungos que causam o apodrecimento de grãos, mofamento e as micotoxinas pertencem, principalmente, aos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* (Figura 1) (PINTO, 2006; JOBIM et al., 2001). A infecção dos grãos por espécies de *Stenorcapella* (sinônimo de *Diplodia*), *S. maydis* e *S. macrospora*, resulta em grãos ardidos e pode também produzir micotoxinas (PINTO, 2007; COSTA et al., 2011), porém, estas são pouco estudadas no Brasil.

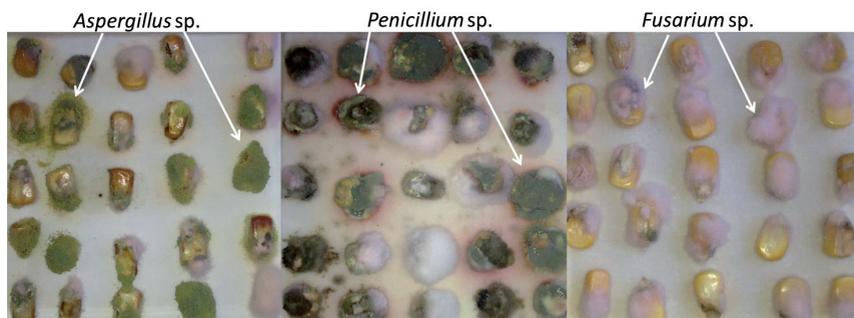


Figura 1. Grãos de milho infectados com diferentes espécies de fungos causadores de grãos ardidos e mofados. Imagem: Dagma D. Silva.

Normalmente, a incidência de micotoxinas é considerada como relacionada aos grãos ardidos (Figura 2), o que nem sempre acontece, pois podem ser encontradas, também, em grãos aparentemente saudáveis. Vale ressaltar que apesar da aparência saudável dos grãos, a presença de fungos toxigênicos é comum neles, o que explica a ocorrência de micotoxinas.



Figura 2. Espiga e grãos de milho apresentando podridão e grãos ardidos por infecção fúngica. Foto: Dagma Dionísia da Silva.

Assim, deve-se ter em mente que nas avaliações de lotes assintomáticos para grãos ardidos, também pode ser detectada a contaminação por micotoxinas, de forma que avaliar o maior número de amostras possíveis é um cuidado a ser tomado quando se pensa na qualidade sanitária e na saúde dos consumidores. Da mesma forma, a presença dos fungos nos grãos não é certeza da contaminação por micotoxinas. A Figura 3 mostra grãos aparentemente saudáveis de milho ao lado de grãos contaminados por fungos produtores de micotoxinas.

Micotoxinas em Milho

As principais micotoxinas em milho são as fumonisinas, aflatoxinas, zearalenona, tricotecenos (DON, toxina T-2), ocratoxina e esterigmatocistina (APRODU; BANU, 2015; MONTES et al., 2009). Na **Tabela 1**, estão descritas as micotoxinas que ocorrem em milho, os fungos produtores e outros alimentos que podem ser contaminados com essas micotoxinas. Vale lembrar que a maioria das micotoxinas ocorre em diversos tipos de cereais e seus derivados e podem ser

produzidas por mais de uma espécie ou gênero de fungos e que diferentes micotoxinas podem ser produzidas pelo mesmo fungo (HUSSEIN; BRASEL, 2001).



Figura 3. Grãos de milho com e sem sintomas de infecção fúngica. A) grãos aparentemente saudáveis (esquerda) ao lado de grãos estriados que indicam a presença de fungos produtores de micotoxinas (direita); B) grãos aparentemente saudáveis à esquerda e grãos ardidos à direita. Foto: Dagma Dionísia da Silva.

Tabela 1. Micotoxinas, fungos produtores e ocorrência em milho e em outros alimentos.

Micotoxina	Fungos produtores	Alimentos
Aflatoxina	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> ,	Milho, amendoim, figo, oleaginosas, nozes, leite e derivados.
Fumonisinias	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>Alternaria alternata</i> f. <i>sp. lycopersici</i>	Milho, chá-preto.
Zearalenona	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Fusarium equiseti</i>	Milho, cevada, trigo, sorgo, arroz, centeio
DON	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	Milho, cevada, centeio, aveia, trigo.
T2	<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>Myrothecium</i> , <i>Phomopsis</i> , etc. <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i>	Milho e outros cereais.
Ocratoxina	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Bipolaris</i> , <i>Chaetomium</i> .	Milho, cevada, café, arroz, feijão, vinho, figo, trigo.
Esterigmatocistina	<i>Aspergillus sp.</i> , <i>Bipolaris</i> , <i>Chaetomium</i> .	Cereais, café, queijo.
Citrinina	<i>Penicillium citrinum</i>	Milho, cevada, trigo, arroz, aveia.

Fontes: As micotoxinas (2009) e FAO (2014).

Riscos à Saúde

A ingestão de micotoxinas está relacionada a diversos problemas de saúde, chamados de micotoxicoses, podendo afetar humanos e animais (SAKATA et al., 2011; HE et al., 2001; MATHUR et al., 2001). Além disso, elas podem ser transmitidas em diferentes fases de importantes cadeias produtivas do milho, podendo passar dos alimentos e seus derivados contaminados para os consumidores. Um exemplo é a contaminação de carnes e leite com aflatoxinas. Ressalta-se que os efeitos de micotoxinas são dependentes de doses e

frequência de ingestão que são consumidas, além da idade, sexo e estado nutricional dos consumidores (COULOMBE JR., 1993; FAO, 2014). Na Tabela 2 estão listados os efeitos na saúde pelo consumo de algumas micotoxinas por animais e humanos.

No Brasil, as fumonisinas são as micotoxinas mais comumente detectadas em amostras de milho. Isto ocorre porque o fungo *Fusarium verticillioides*, um de seus produtores, é o mais frequente em grãos de milho, sendo encontrado em mais 90% das amostras obtidas em diferentes regiões do país (LANZA et al., 2014). Alguns trabalhos associaram a ocorrência de câncer de esôfago ao consumo de milho contaminado com fumonisinas. Entre as regiões citadas estão a África do Sul, o Estado da Carolina do Sul (EUA), a região Sul do Brasil e Itália (WESTHUIZEN et al., 2003; PERAICA et al., 1999; MUNKVOLD; DESJARDINS, 1997; PIÑEIRO et al., 1997; SOLFRIZZO et al., 1997). Na China, seu consumo foi associado com câncer de esôfago e de fígado (MUNKVOLD; DESJARDINS, 1997). Altos níveis de fumonisinas já foram relatados nos últimos anos em países de todo o mundo, sendo sua exposição considerada universal em todos os locais onde o milho é consumido (MINAMI et al., 2004).

Outra importante micotoxina é a aflatoxina, que afeta diversos tipos de alimentos utilizados por humanos e animais em diferentes cadeias produtivas, incluindo a do milho. A intoxicação pelo consumo de aflatoxinas é chamada aflatoxicose e pode se manifestar em humanos ao longo do tempo, ou seja, aparecerá após consumo gradual. Em animais normalmente mais sensíveis, os sintomas podem aparecer rapidamente, como é caso de equinos e aves. De acordo com Santurio (2000), a incidência de aflatoxinas em

amostras de alimentos analisadas no Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC) da Universidade Federal de Santa Maria, entre 1986 e 2000, e destinados principalmente para alimentação animal, mostrou que 41,9% do milho, 36,9 da ração e 48,8% do amendoim estavam contaminados por aflatoxinas. Esses três alimentos foram responsáveis por 80% de um total de 15.600 amostras analisadas.

Tabela 2. Efeito de algumas micotoxinas na saúde humana e animal.

Animais	Micotoxina				
	Fumonilinas	Aflatoxinas	Zea	DON	Ocrotaxina
Aves	Redução no desenvolvimento, problemas cardíacos, úlcera bucal, imunossupressão, degeneração, síndrome da mortalidade aguda, hepatotoxicidade, aumento do peso dos rins, diarreia.	Hemorragias, anorexia, fraqueza, fibrose, redução na produção e tamanho de ovos, redução do ganho de peso, descoloração e aumento de fígado e rins, ¹ esteatorreia, bursite e timo diminuídos, má absorção de alimentos.	Não têm apresentado efeitos mais graves em concentrações normais nos alimentos. Perus podem ser mais sensíveis.	Redução na produção de ovos. Aparentemente não afeta tanto quanto as demais micotoxinas.	Atraso na maturação sexual de galinhas, redução da produção de ovos.
Bovinos	Para fumonilina B1, existe relato de sinais de lesões no fígado e rins. Bezerros parecem mais suscetíveis.	² Necrose centrilobular fibrose, infecção no miocárdio, síndrome nervosa, infertilidade, redução da gordura do leite, menor consumo de ração, ³ ataxia.	Problemas reprodutivos como infertilidade, queda na produção de leite, hiperestrogenismo	Altos níveis predispõem a mastite e laminitite (aguamento).	Pouca toxicidade em doses naturais.
Equinos	Distúrbios nervosos devidos a ⁴ leucoencefalomalácia, anomalias histopatológicas no fígado e nos rins.	Dano ao fígado, anorexia, hemorragia, câncer no fígado, convulsões, manqueira, depressão e morte.	Aumento uterino, atrofia ovariana, aborto, infertilidade, hemorragias internas e recusa do alimento.	Perda de apetite, lesões no sistema digestório, letargia, imunossupressão.	Lesões nos rins e no fígado.
Suínos	Edema pulmonar, ⁵ hidrotorax, disfunção no coração.	Problemas renais, hemorragias, ataxia, redução de peso e taxa de sobrevivência, morte, necrose centrilobular, fibrose.	Distúrbios na concepção, aborto, leitões natimortos, síndrome de feminização e masculinização.	Distúrbios gástricos, recusa de alimentos.	Acúmulo de gordura no fígado, danos renais, anorexia, fraqueza, movimentos descoordenados, aumento da ingestão de água e micção.
Humanos	Câncer de esôfago, dor abdominal.	Suscetibilidade à hepatite B, imunossupressão, câncer no fígado, ⁶ síndrome de Reye, hemorragias e morte.	Efeito anabolizante.	Vômitos, náuseas, dermatites, diarreia.	Cancerígeno.

Fontes: Adaptado de: As micotoxinas (2009), Diaz e Boermans (1994) e FAO (2014). As doenças marcadas com os números ^{1,2,3,4,5 e 6} estão descritas ao final do texto.

Entre os animais domésticos, os bovinos são considerados mais resistentes aos efeitos das micotoxinas que outras espécies. Isto ocorre porque a flora do rúmen pode degradar algumas micotoxinas reduzindo sua toxicidade. Embora os animais possam não ser afetados tão severamente, bovinos

podem transmitir micotoxinas através de leite contaminado. Sendo o leite um produto amplamente consumido por crianças, a concentração de micotoxinas, com destaque para aflatoxinas deve ser monitorada constantemente. Nem todas as micotoxinas são degradadas no rúmen, como é o caso da fumonisina B1 (DIAZ; BOERMANS, 1994).

Regulamentação

Apesar dos esforços em todo o mundo, a legislação para regulamentar os limites máximos tolerados (LMT) de micotoxinas ainda é insuficiente para garantir a segurança dos consumidores. Além da falta de uma regulamentação em nível mundial, para muitas micotoxinas, não há definição de teores máximos permitidos e, em alguns países, sequer há regulamentação. Existem divergências quanto aos LMT entre países por causa da falta de informações precisas sobre a ação das micotoxinas na saúde humana e animal, que pode estar relacionada a espécie, idade, sexo, imunidade, associação com outras enfermidades, etc. Além disso, estima-se que cerca de 25% dos alimentos estejam contaminados com algum tipo de micotoxina (FAO, 2014). Em alguns trabalhos, a associação entre micotoxinas foi avaliada, sendo concluído que a ocorrência de duas ou mais micotoxinas pode resultar em sinergia, incremento ou redução de sua toxidez (APRODU; BANU, 2015; LINO et al., 2004; CREPPY et al., 2004; SPEIJERS; SPEIJERS, 2004; TAJIMA et al., 2002; MÜLLER et al., 1999; MUNKVOLD; DESJARDINS, 1997).

Porém, pouco se sabe sobre o efeito, a longo ou mesmo a curto prazo, resultante do consumo de micotoxinas, pelo uso de mais de um tipo de alimento contaminado. Sabe-se que

algumas populações são mais expostas ao consumo, em razão do tipo de produto que forma a base de sua alimentação e da existência de condições que favorecem a contaminação. Estas são questões que devem ser pensadas, de forma global, para que estejamos menos expostos aos danos causados por essas toxinas e, também, que sua ocorrência não resulte em prejuízos econômicos para quem produz alimentos.

No Brasil, a Resolução RDC 07/2011, publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em 22/02/2011, regulamentou os limites máximos tolerados de algumas micotoxinas (BRASIL, 2011). Nas Tabelas 3, 4 e 5, estão descritos os limites máximos tolerados (LMT) em alguns alimentos produzidos no Brasil, com destaque para o milho e seus derivados. Na Tabela 3, estão descritos os alimentos que podem fazer parte da cadeia produtiva do milho e para as quais a implementação dos limites máximos de micotoxinas foi estabelecida imediatamente após a publicação da Resolução 07/2011. Na Tabela 4, foi feita uma adaptação para os limites com aplicação em 2012, e na Tabela 5, os limites que devem ser aplicados entre 2014 e 2016. O não cumprimento da Resolução RDC 07/2011 é considerado uma infração sanitária, sendo assim, se forem identificadas irregularidades, as empresas podem sofrer sanções que variam desde notificação até multas de R\$ 1,5 milhão (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2014).

Vale ressaltar que, às vezes, uma determinada micotoxina pode não apresentar problemas tão sérios para uma determinada espécie da cadeia produtiva, mas a contaminação de seus derivados acaba afetando a comercialização por causa de efeitos em outro consumidor. Este é caso da zearalenona

que, em níveis naturais de contaminação, não afeta o desenvolvimento de aves, porém pode estar presente na carne de frango e resultar em restrição para exportação já que em determinadas concentrações esta micotoxina exerce efeito anabolizante em humanos e outros mamíferos, como relatado por Santurio (2000). Outro exemplo são as aflatoxinas M1 (AFM1) e M2 (AFM2) que são metabólitos hidroxilados das aflatoxinas B1 (AFB1) e B2 (AFB2), respectivamente. Animais que consomem alimentos contaminados por AFB1 e AFB2 excretam AFM1 e AFM2 no leite e seus derivados, urina de gado leiteiro e carnes. Para evitar a ingestão, especialmente por crianças, em leite e derivados, existem limites regulamentados para AFM1 em produtos lácteos e de AFB1 em rações (SAKATA et al., 2011; CHIAVARO et al., 2001). Assim, a avaliação dos prejuízos na saúde e na economia passa a ser preocupação em todas as cadeias produtivas que possam vir a ser afetadas pela contaminação por micotoxinas, uma vez que o risco não acaba no consumidor direto da micotoxina, podendo ter efeitos estendidos aos consumidores secundários.

Tabela 3. Limites Máximos Tolerados de micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil com aplicação imediata a partir da publicação da Resolução 07/2011, no dia 22/02/2011.

Micotoxinas	Alimento	LMT ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Aflatoxina M1	Leite fluído	0,5
	Leite em pó	5
	Queijos	2,5
Ocratoxina A	Milho, milho em grão (inteiro, partido, amassado, moído), farinhas ou sêmolas de milho	20
	Cereais e produtos de cereais, incluindo cevada malteada	10
Desoxinivalenol (DON)	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	2
	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
Fumonisinias (B1 + B2)	Milho de pipoca	2000
	Alimentos à base de milho para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
Zearalenona	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	20

Adaptado de: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2014).

Tabela 4. Limites máximos tolerados de micotoxinas (LMT) em alimentos produzidos no Brasil com aplicação a partir de 2012.

Micotoxinas	Alimento	LMT ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Desoxinivalenol (DON)	Farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal, e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada	1750
Fumonisinias (B1 + B2)	Farinha de milho, creme de milho, fubá, flocos, canjica, canjiquinha	2500
	Amido de milho e outros produtos à base de milho	2000
Zearalenona	Milho de pipoca, canjiquinha, canjica, produtos e subprodutos à base de milho	300

Adaptado de: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2014).

Tabela 5. Limites máximos tolerados de micotoxinas (LMT) em alimentos produzidos no Brasil com aplicação entre 2014 e 2016.

Micotoxinas	Alimentos	LMT (µg/kg)	Ano de aplicação
Ocratoxina A	Cereais para posterior processamento, incluindo grão de cevada	20	2014
	Trigo e milho em grãos para posterior processamento	3000	2014
DON	Farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal, produtos de panificação, cereais e produtos cereais	750	2016
	Milho em grão para posterior processamento	5000	2014
Fumonisinias (B1 + B2)	Farinha de milho, creme de milho, fubá, flocos, canjica, canjiquinha	1500	2016
	Amido de milho e outros produtos à base de milho	1000	2016
Zearalenona	Milho em grão e trigo para posterior processamento	400	2014
	Milho de pipoca, canjiquinha, canjica, produtos e subprodutos à base de milho	200	2016

Adaptado de: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2014).

Conclusão

Considerando a importância do milho na alimentação animal e humana e que o número de doenças e efeitos danosos à saúde são relativamente altos quando se pensa em toda a cadeia produtiva em que o milho está inserido, é necessário que este assunto seja amplamente discutido e que pesquisas para elucidação e redução de micotoxinas sejam realizadas em âmbito nacional.

Ressalta-se que a redução da contaminação deve ser focada em todas as fases de produção do milho, ou seja, desde a compra de sementes geneticamente mais adaptadas, manejo adequado da cultura até a fase de processamento na indústria. Portanto, o conhecimento de quais são os fungos produtores, das condições que favorecem a incidência e prevalência de micotoxinas em toda a cadeia do milho é importante para que se busque soluções eficazes.

A legislação, tanto brasileira quanto internacional, tende a ser cada vez mais rígida e as fiscalizações, mais intensas. Dessa forma, a adaptação e busca por soluções devem acontecer em parceria com produtores rurais, empresas públicas e privadas e por meio de políticas públicas que garantam a segurança alimentar e reduzam perdas econômicas diretas e indiretas causadas por ingestão de micotoxinas.

Referências

ABUL, A.; FAUST, N.; KUMAR, V. **Robbins & Cotran: bases patológicas das doenças**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BRASIL. Resolução nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 fev. 2011. Seção 1, p. 72.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Anvisa estabelece limites para presença de micotoxinas em alimentos.**

<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/anvisa+portal/anvisa/sala+de+imprensa/menu+-+noticias+anos/2011+noticias/isa+es+tabelece+limites+para+presenca+de+micotoxinas+em+aliment+os>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

APRODU, I.; BANU, I. Co-occurrence of fumonisins and T-2 toxins in milling maize fractions under industrial conditions, **CyTA - Journal of Food**, v. 13, n. 1, p. 102-106, 2015. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2014.917702#.VH9E8tLF_ts>. Acesso em: 03 dez. 2014.

BERTHILLER, F.; SULYOK, M.; KRŠKA, R.; SCHUHMACHER, R. Chromatographic methods for the simultaneous determination of mycotoxins and their conjugates in cereals. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.119, p. 33-37, 2007

BHAT, R. V.; MILLER, J. D. **Mycotoxins and food supply.** Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/u3550t/u3550t0e.htm#economic+implications>>. Acesso em: 24 de nov. 2014.

CHIAVARO, E.; DALL'ASTA, C.; GALAVERNA, G.; BIANCARDI, A.; GAMBARELLI, E.; DOSSENA, A.; MARCHELLI, R. New reversed-phase liquid chromatography method to detect aflatoxins in food and feed with cyclodextrins as fluorescence enhancers added to the eluent. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 937, p. 31-40, 2001.

CREPPY, E. E.; CHIARAPPA, P.; BAUDRIMONT, I.; BORRACCI, P.; MOUKHA, S.; CARRATÚ, M. R. Synergistic effects of fumonisin B1 and ochratoxin A: are in vitro cytotoxicity data predictive

of in vivo acute toxicity? **Toxicology**, Limerick, v. 201, n.1/3, p.115-123, 2004. COSTA, R. V.; COTA, L. V.; CRUZ, J. C.; SILVA, D. D.; QUEIROZ, V. A. V.; GUIMARAES, L. J. M.; MENDES, S. M. **Recomendações para a redução da incidência de grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 24 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38).

COULOMBE JR., R. A. Biological action of mycotoxins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 880-891, 1993.

DIAZ, G. J.; BOERMANS, H. J. Fumonisin intoxicosis in domestic animals: a review. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, v. 36, p. 548-555, 1994.

FAO. **Micotoxinas em grãos**. Disponível em: <<http://www.fao.org/wairdocs/x5012o/x5012o01.htm>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

HE, Q.; RILEY, R. T.; SHARMA, R. P. Fumonisin-induced tumor necrosis factor-expression in a porcine kidney cell line is independent of sphingoid base accumulation induced by ceramide synthase inhibition. **Toxicology and Applied Pharmacology**, San Diego, v. 174, p. 69-77, 2001.

HERMANN, G.; PINTO, F. T.; KITAZAWA, S. E. Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 7-10, 2006.

HUSSEIN, H. S.; BRASSEL, J. M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. **Toxicology**, Limerick, v. 167, p. 101-134, 2001.

JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T. Qualidade sanitária de grãos e de forragens conservadas “versus” desempenho animal e qualidade de seus produtos. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p. 242-261.

LANZA, F. B.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R. V.; QUEIROZ, V. A. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; SOUZA, A. G. C.; FIGUEIREDO, J. E. F. Prevalence of fumonisin-producing *Fusarium* species in Brazilian corn grains. **Crop Protection**, Guildford, v. 65, p. 232-237, 2014.

LINO, C. M.; SILVA, L. J. G.; PENA, A. S. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 99, p. 181-192, 2004.

MATHUR, S.; CONSTABLE, P. D.; EPPLEY, R. M.; WAGGONER, A. L.; TUMBLESON, M. E.; HASCHECK, W. M. Fumonisin B1 is hepatotoxic and nephrotoxic in milk-fed calves. **Toxicological Sciences**, Orlando, v. 60, p. 385-396, 2001.

AS MICOTOXINAS. **Food Ingredients Brasil**, v. 7, p. 32-40, 2009. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/edicoes_materias.php?id_edicao=17>. Acesso em: 18 nov. 2014.

MINAMI, L.; MEIRELLES, P. G.; HIROOKA, E. Y.; ONO, E. Y. S. **Semina**, Ciências Agrárias, Londrina, v. 25, n. 3, p. 207-224, jul./set. 2004.

MONTES, G. N.; REYES, M. C. A.; MONTES, R. N.; CANTU, A. M. A. Incidence of potentially toxigenic fungi in maize (*Zea mays* L.)

grain used as food and animal feed. **CyTA - Journal of Food**, v. 7, p. 119-125, 2009.

MÜLLER, G.; KIELSTEIN, P.; ROSNER, H.; BERNDT, A.; HELLER, M. E KOHLER, H. Studies on the influence of combined administration of ochratoxin A, fumonisin B1, deoxynivalenol and T2 toxin on immune defence reactions in weaner pigs. **Mycoses**, Berlin, v. 42, n. 7/8, p. 485-493, 1999.

MUNKVOLD, G. P.; DESJARDINS, A. E. Fumonisin in maize: can we reduce their occurrence? **Plant Disease**, Saint Paul, v. 81, n. 6, p. 556-565, jun.1997.

PERAICA, M.; RADIC, B.; LUCIC, A.; PAVLOVIC, M. Toxic effects of mycotoxins in humans. **Bulletin of the World Health Organization**, New York, v. 77, p. 754-766, 1999.

PINTO, N. F. J. de A. **Podridão branca da espiga de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 141).

PINTO, N. F. J. A. **Reação de cultivares com relação à produção de grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 144).

PIÑEIRO, M. S.; SILVA, G. E.; SCOTT, P. M.; LAWRENCE, G. A.; STACK, M. E. Fumonisin levels in Uruguayan corn products. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 80, n. 4, p. 825-828, 1997.

SAKATA, R. A. P.; SABBAG, P. S.; MAIA, J. T. L. S. Ocorrência de aflatoxinas em produtos alimentícios e o desenvolvimento de enfermidades enciclopédia biosfera, **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1477-1498, 2011.

SANTURIO, J. M. Micotoxinas e micotoxicoses na avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2000.

SPEIJERS, G. J. A.; SPEIJEIRS, M. H. M. Combined toxic effects of mycotoxins. **Toxicology Letters**, Amsterdam, v. 153, p. 91-98, 2004.

TAJIMA, O.; SCHOEN, E. D.; FERON, V. J.; GROTEN, J. P. Statistically designed experiments in a tiered approach to screen mixtures of *Fusarium* mycotoxins for possible interactions. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 40, n. 5, p. 685-695, 2002.

SOLFRIZZO, M.; AVANTAGGIATO, G.; VISCONTI, A. Rapid method to determine sphinganine/ sphingosine in human and animal urine as a biomarker for fumonisin exposure. **Journal of Chromatography B**, Amsterdam, v. 692, p. 87-93, 1997.

WESTHUIZEN, L.; SHEPARD, G. S.; SCUSSEL, V. M.; COSTA, L. L. F.; VISMER, H. F.; RHEEDER, J. P.; MARASAS, W. F. O. Fumonisin contamination and *Fusarium* incidence in corn from Santa Catarina, Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 5574-5578, 2003.

Literatura Recomendada

CIACCI-ZANELLA, J. R.; JONES, C. Fumonisin B1, a mycotoxin contaminant of cereal grains, and inducer of apoptosis via the tumour necrosis factor pathway and caspase activation. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 37, p. 703-712, 1999.

FINK-GREMMELS, J. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. **Veterinary Journal**, London, v. 176, p. 84-92, 2008.

PASTER, N.; BULLERMAN, L. B. Mould spoilage and mycotoxins formation in grains as controlled by physical means. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 7, n. 3, p. 257-265, 1988.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE - 12788