

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia - Tel: (+39) 06 57051 - Fax: (+39) 06 5705 4593 - E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

Tema 14 del programa

CX/CF 14/8/14

Febrero de 2014

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS

8.^a reunión

La Haya (Países Bajos), 31 de marzo - 4 de abril de 2014

DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LA REVISIÓN DEL

**CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA PREVENIR Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LOS CEREALES POR MICOTOXINAS
(CAC/RCP 51-2003)**

(Preparado por el Grupo de trabajo por medios electrónicos bajo la presidencia de Brasil
y la copresidencia de los Estados Unidos de América)

INFORMACIÓN GENERAL

1. La 6.^a reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCCF) (marzo de 2012) convino en elaborar un documento de debate para detectar deficiencias en el *Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas* (CAC/RCP 51-2003) (CdP) con el fin de determinar si era necesario un código de prácticas aparte para las fumonisinas en el maíz, y si existían otras medidas para controlar las fumonisinas en este producto.¹
2. En la 7.^a reunión del Comité (abril de 2013), la delegación de Brasil, en calidad de presidente del Grupo de trabajo por medios electrónicos sobre las fumonisinas en el maíz y los productos de maíz, informó al Comité que, al revisar el código de prácticas, se comprobó que estaba dedicado principalmente a la producción primaria y que sería conveniente incluir buenas prácticas de fabricación eficaces, como clasificación y limpieza, para eliminar los granos dañados y otras sustancias extrañas al nivel de la industria. Se propusieron modelos predictivos para el control de las micotoxinas, incluidas las fumonisinas, que podían incluirse en el código de prácticas que, en el momento en que fue aprobado, contenía una sección sobre análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP) como un sistema futuro de gestión de la inocuidad de los alimentos que podía incorporarse en el código.
3. Señalando que el código fue aprobado hace diez años y que, tal como se había expuesto anteriormente se disponía de nueva información, se propuso revisar el código para tener en cuenta esa nueva información. Se señaló que las medidas indicadas no eran necesariamente específicas para las fumonisinas y que, por lo tanto, la revisión sería aplicable a todas las micotoxinas. También se observó que una revisión de la sección general del código de prácticas podía afectar a los anexos, y que los anexos debían revisarse también para garantizar la uniformidad con el código principal.
4. El Comité decidió que era demasiado pronto para iniciar nuevo trabajo sobre la revisión del código y que se necesitaba más información sobre la naturaleza de la revisión. Por consiguiente, convino en restablecer al Grupo de trabajo por medios electrónicos, bajo la dirección de Brasil y la copresidencia de los Estados Unidos de América, para desarrollar ulteriormente el documento de debate y proponer una revisión del código para examinarlo en la siguiente reunión del Comité.² La lista de participantes del GTE se presenta en el Apéndice IV.

INTRODUCCIÓN

5. El *Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas* (CAC/RCP 51-2003) fue elaborado para tratar de controlar y gestionar la contaminación mundial por micotoxinas. El código expresa la importancia de que los productores pongan en práctica buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de fabricación (BPF), señalando que en el futuro se considere la adopción de un sistema de gestión complementario, es decir el sistema HACCP.
6. El código contiene principios generales para la reducción de las micotoxinas en los cereales durante la plantación, antes de la cosecha, la cosecha, el almacenamiento y el transporte desde el lugar de almacenamiento. Hay también anexos con medidas adicionales para la zearalenona, fumonisinas, ocratoxina A y tricotecenos.
7. Este documento de debate se concentra principalmente en los aspectos que no están totalmente cubiertos en el código.

¹ REP12/CF, párr. 92.

² REP13/CF, párrs. 127-132.

8. Para preparar este documento de debate se llevó a cabo un examen del trabajo publicado, en los últimos diez años sobre todo, sobre micotoxinas en los cereales, y la información resumida en la información general presentada en el Apéndice III. El anteproyecto de Anexo para prevenir y reducir la contaminación del sorgo por las aflatoxinas (AF) y la ocratoxina A (OTA), que actualmente el CCCF (CX/CF 14/8/10) tiene en consideración, y el documento de debate sobre las aflatoxinas en los cereales (CX/CF 14/8/15) también fueron considerados en el proceso de examen. Además, en la elaboración del documento de debate se tuvieron en cuenta observaciones presentadas por miembros del GTE y las recomendaciones formuladas en la 7.ª reunión del CCCF.

CONCLUSIONES

9. El GTE convino que es necesario revisar el *Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas* para incorporar los conocimientos adquiridos en los últimos 10 años sobre la interacción planta-hongo y la producción de micotoxinas, tal como se expone en la información general. Esta revisión debería incluir también la experiencia de agricultores y gobierno para tratar con problemas locales de micotoxinas, tal como se indica en las observaciones del GTE.
10. Los puntos principales identificados para revisar en el documento de debate son:
- El sistema HACCP debe incorporarse en el Código.
 - En el CdP se debe añadir un anexo sobre aflatoxinas. La importancia de esta micotoxina en los cereales se demuestra en los documentos actualmente sometidos a debate en el CCCF: Prevenir y reducir la contaminación del sorgo por las aflatoxinas (AF) y la ocratoxina A (OTA) (CX/CF 14/8/10) y las aflatoxinas en los cereales (CX/CF 14/8/15).
 - En la parte general del CdP y en los respectivos anexos se debe añadir una sección sobre “elaboración” puesto que se ha demostrado que muchos procesos reducen el contenido de micotoxinas en los cereales y productos elaborados.
 - En el CdP se debe incluir el empleo del control biológico para el control de las micotoxinas. Actualmente, se dispone de productos comerciales para controlar el *Aspergillus flavus* en el maíz.
 - En el CdP se debe incluir el empleo de modelos predictivos. En la actualidad, se dispone de modelos para predecir el momento para la aplicación de plaguicidas y/o de cosecha para micotoxinas *Fusarium*.
11. El documento de proyecto con la propuesta de nuevo trabajo se presenta en el Apéndice I.
12. Las enmiendas recomendadas al *Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas, con Anexos sobre la Ocratoxina A, la Zearalenona, las Fumonisinias y los Tricotecenos* (CAC/RCP 51-2003) se presentan en el Apéndice II. El formato de este Apéndice es el siguiente:
- La información adicional del CdP se ha subrayado y el texto suprimido se ha tachado.
 - En algunos casos se ha suprimido texto o se ha resumido para evitar repeticiones.
 - Los cambios pertinentes se justifican.

Se invita a los miembros y observadores del Codex a considerar las conclusiones expuestas en los párrafos 9-10 a fin de determinar si es necesario revisar el código y en dicho caso, considerar el documento de proyecto en el Apéndice I. Al considerar las conclusiones, se invita a los miembros y observadores del Codex a que tengan en cuenta el Anexo para prevenir y reducir la contaminación del sorgo por las aflatoxinas y la ocratoxina A (CX/CF 14/8/10) y las conclusiones y recomendaciones del documento de debate sobre aflatoxinas en los cereales (CX/CF 14/8/15³), a fin de obtener un enfoque uniforme de las medidas de gestión para el control de las micotoxinas en los cereales.

³ Los documentos de trabajo que se examinarán en la 8.ª reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos están a disposición en el sitio web del Codex: <http://www.codexalimentarius.org/meetings-reports/en/> o accediendo a través del enlace ftp: <ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/cccf/cccf8>.

APÉNDICE I DOCUMENTO DE PROYECTO

PROPUESTA DE NUEVO TRABAJO SOBRE LA REVISIÓN DEL “CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA PREVENIR Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LOS CEREALES POR MICOTOXINAS, CON ANEXOS SOBRE LA OCRATOXINA A, LA ZEARELENONA, LAS FUMONISINAS, LOS TRICOTECENOS (DON) Y LAS AFLATOXINAS (CAC/RCP 51-2003)”

1. Objetivo y ámbito de aplicación del nuevo trabajo

El objetivo del nuevo trabajo propuesto es ofrecer directrices a los países miembros, los productores y la industria de cereales para prevenir y reducir la contaminación en los cereales por micotoxinas. Estas directrices incluirán los últimos avances en las BPA y las BPF que están en uso mundialmente.

2. Pertinencia y oportunidad

El *Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas, con Anexos sobre la Ocratoxina A, la Zearalenona, las Fumonisinas y los Tricotecenos* fue aprobado por la Comisión del Codex Alimentarius en 2003. Desde entonces se ha realizado amplia investigación para entender la interacción hongo-planta, la biosíntesis y el metabolismo de las micotoxinas, y las medidas para prevenir y reducir la contaminación de los alimentos por micotoxinas, como la utilización de modelos predictivos y control biológico. En consecuencia, es necesario realizar una revisión del código teniendo en cuenta estos nuevos avances en la ciencia y la tecnología ~~información científica y tecnológica~~. Además, se necesitan también medidas de gestión específicas para controlar la contaminación de los cereales por aflatoxinas y se tratarán en un anexo aparte del código.

3. Principales aspectos a tratar

Medidas específicas para el control de las aflatoxinas y medidas adicionales para prevenir y reducir las micotoxinas en los cereales, que actualmente no figuran en el código, para que el documento se ajuste a las BPA y las BPF vigentes, y otras metodologías y tecnologías pertinentes actualmente vigentes y que se aplican ampliamente, como el uso de métodos de control biológicos y modelos predictivos.

4. Evaluación con respecto a los criterios para el establecimiento de prioridades de los trabajos

La protección del consumidor desde el punto de vista de la salud, la seguridad alimentaria, garantizando prácticas leales en el comercio de alimentos y tomando en consideración las necesidades de los países en desarrollo. El nuevo trabajo proporcionará directrices adicionales y actualizadas a los países para prevenir y reducir la contaminación por micotoxinas y, como consecuencia, reducir al mínimo la exposición alimentaria de los consumidores a través de cereales y productos a base de cereales, mejorando la calidad general de estos productos.

5. Pertinencia para los objetivos estratégicos del Codex

El trabajo propuesto recae bajo 3 objetivos estratégicos del Codex del Plan estratégico del Codex 2014-2019:

Objetivo 1. Establecer normas alimentarias internacionales que aborden las cuestiones actuales e incipientes en relación con los alimentos.

La contaminación de los cereales por micotoxinas es un problema de inocuidad que afecta a la salud pública, a la seguridad y el comercio de alimentos.

Objetivo 2. Asegurar la aplicación de los principios del análisis de riesgos ~~de los alimentos~~ en la elaboración de las normas del Codex.

Este trabajo ayudará a establecer opciones de gestión de riesgos y estrategias para prevenir y reducir los niveles de micotoxinas en los cereales. Después de haber implementado estas prácticas, pueden obtenerse nuevos datos y puede realizarse un nuevo análisis de riesgos para evaluar el efecto de esta revisión y puede facilitar también el establecimiento de niveles máximos para las micotoxinas en los cereales y los productos a base de cereales.

Objetivo 4. Aplicar sistemas y prácticas de gestión del trabajo eficientes y eficaces.

Revisando y poniendo en práctica las prácticas recomendadas desde la producción primaria a la industria puede ayudar a controlar la contaminación por micotoxinas.

6. Información sobre la relación entre la propuesta y otros documentos vigentes del Codex

El *Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas* es un documento integrador que aborda las BPA y las BPF generales que se aplican a los cereales y contiene medidas específicas de gestión para determinadas micotoxinas. Este código corrobora la aplicación de los niveles máximos de micotoxinas en los cereales, disponibles en la *Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos* (CODEX STAN 193-1995). El código complementará también otros textos pertinentes del Codex vigentes o que estén en desarrollo, como el *Código de prácticas de higiene para alimentos de bajo contenido de humedad* (Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos).

7. Identificación de cualquier requisito y disponibilidad de dictámenes científicos expertos

No es necesario ningún dictamen científico adicional.

8. Identificación de cualquier necesidad de aportaciones técnicas de órganos externos a la norma

No se necesitan aportaciones técnicas adicionales de órganos externos.

9. El período de tiempo propuesto para terminar el nuevo trabajo

2014 - Aprobación del nuevo trabajo por el 37.º período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius (julio de 2014).

2015/2017 - Examen del código en los Trámites 4 y 7 en el CCCF. Este plazo de tiempo ofrece flexibilidad para revisar el código en profundidad.

Si se logra el consenso, el código puede estar terminado en 2015 ó 2016 siguiendo el procedimiento regular, es decir avance del código al Trámite 5/8 (omisión de los Trámites 6/7) para su aprobación por la CAC en 2015 ó avance al Trámite 8 para su aprobación por la CAC en 2016.

2017 - Aprobación del Código antes del 40.º período de sesiones de la CAC.

ANEXO II

Enmiendas recomendadas al Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas, con Anexos sobre la Ocratoxina A, la Zearalenona, las Fumonisinias y los Tricotecenos (CAC/RCP 51-2003)

CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA PREVENIR Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LOS CEREALES POR MICOTOXINAS, CON ANEXOS SOBRE LA OCRATOXINA A, LA ZEARELENONA, LAS FUMONISINAS, LOS TRICOTECENOS Y LAS AFLATOXINAS

CAC/RCP 51-2003 (Rev. 2014)

1. En la actualidad no es factible eliminar por completo los productos contaminados por micotoxinas. La elaboración y aceptación por parte del Codex de un Código de Prácticas General proporcionará unas pautas uniformes que todos los países podrán tomar en cuenta en sus esfuerzos de control y gestión de la contaminación por diferentes micotoxinas. Para que este Código de Prácticas sea eficaz, será necesario que los productores de cada país consideren los principios generales que en él se enuncian teniendo en cuenta los cultivos, condiciones climáticas y prácticas agrícolas locales, ~~antes de intentar aplicar las disposiciones del Código~~. Es importante que los productores sean conscientes de que las buenas prácticas agrícolas (BPA) constituyen la primera línea de defensa contra la contaminación de los cereales por micotoxinas, seguida por la aplicación de buenas prácticas de fabricación (BPF) durante la manipulación, el almacenamiento, ~~la elaboración~~ y la distribución de los cereales destinados a la alimentación humana y animal. La industria tiene el papel de poner en práctica las BPF cuando sea necesario, principalmente durante la elaboración.

2. Cuando sea necesario, los cultivadores de cereales serán preparados para seguir las BPA y mantener una relación estrecha con los asesores agrícolas y las autoridades gubernamentales para obtener información y asesoramiento con respecto a la elección de los productos adecuados para la protección fitosanitaria y de los cultivares disponibles para su explotación, que puedan reducir al mínimo los niveles de micotoxinas en los cereales.

Justificación: *texto tomado del Anexo 4 (tricotecenos), modificado para que sea más general.*

3. Las recomendaciones para la reducción de las micotoxinas en los cereales ~~se dividen en dos partes:~~ considerar las prácticas recomendadas sobre la base de ~~las BPA y las BPF~~ buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de fabricación (BPF); además del un sistema de gestión complementario que ha de considerarse en el futuro es el Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) o procesos equivalentes. La aplicación de los principios del HACCP reducirá al mínimo la contaminación por micotoxinas mediante aplicaciones de medidas preventivas de control, en la medida de lo posible, principalmente durante el almacenamiento y la elaboración de los cereales.

Justificación: *parte del texto del párr. 40 anterior.*

4. Este Código de Prácticas General contiene unos principios generales para la reducción de diferentes micotoxinas en los cereales, que deben sancionar las autoridades nacionales. Éstas y otras organizaciones deben educar a los productores en cuanto a los factores ambientales que favorecen la infección y la proliferación de los hongos tóxicos, y la producción de toxinas en los cultivos de cereales en las explotaciones agrícolas. Se debería destacar el hecho de que las estrategias que han de aplicarse para la plantación y antes o después de la cosecha de un cultivo determinado dependerán de las condiciones climáticas del año y han de tomar en cuenta los cultivos locales y las condiciones de producción tradicionales en el país o región específicos. Es necesario ~~crear~~ poner a disposición para productores/manipuladores/procesadores materiales de ensayo que sean rápidos, abordables y precisos, y los correspondientes planes de muestreo, para poder efectuar pruebas en los cargamentos de cereales sin perturbar excesivamente las operaciones. Se deberán establecer procedimientos para manejar de manera apropiada, separándolos, reacondicionándolos, retirándolos o desviándolos, los cultivos de cereales que puedan suponer una amenaza para la salud de las personas y/o los animales. Las autoridades nacionales deben apoyar la investigación sobre métodos y técnicas para prevenir la contaminación fúngica en el campo y durante la cosecha y el almacenamiento de los cereales.

Justificación: *en el comercio hay disponibles muchos materiales de ensayo "rápidos, abordables".*

Plantación

5. Considerar la posibilidad de elaborar y mantener un plan de rotación de cultivos para evitar que se plante el mismo cultivo en el mismo campo durante ~~dos años consecutivos~~ temporadas consecutivas a fin de reducir el inóculo en el campo. ~~Se ha comprobado que el trigo y el maíz son especialmente sensibles a las especies de Fusarium y, por lo tanto, no se debería efectuar la rotación entre ambos. Cultivos como las papas, otras hortalizas, el trébol y la alfalfa, que no son huéspedes de especies de Fusarium, se deben utilizar en rotación para reducir el nivel de inóculo presente en el campo.~~

Justificación: *se ha hecho una exposición más general para justificar los hongos aflatoxigénicos. El texto excluido se ha incluido en los anexos específicos.*

6. Siempre que resulte posible y práctico, preparar el terreno para la siembra de cada nuevo cultivo destruyendo, eliminando o arando por debajo de las espigas antiguas, los tallos y otros rastrojos que puedan servir o haber servido de sustrato para el desarrollo de hongos productores de micotoxinas. En zonas vulnerables a la erosión quizás sea necesario aplicar prácticas que excluyan la labranza, en defensa de la conservación del suelo.

7. Utilizar los resultados de los análisis del suelo para determinar si se requieren fertilizantes y/o acondicionadores del suelo con objeto de garantizar que su pH, así como la nutrición de las plantas, sean adecuados para evitar condiciones adversas a las mismas, especialmente durante el desarrollo de las semillas.
8. Cultivar, siempre que sea posible, variedades de semillas desarrolladas especialmente para resistir a los hongos que podrían infectarlas y a las plagas de insectos. En cada zona de un país sólo se deberían plantar las variedades de semillas recomendadas para esa zona concreta.
9. Siempre que resulte práctico se elegirá, para plantar los cultivos, un momento que permita evitar altas temperaturas y tensión debida a la sequía durante el período de desarrollo y maduración de las semillas. Cuando se disponga de modelos predictivos se utilizarán como instrumento para elegir el mejor momento de plantación.

Justificación: tal como se ha indicado anteriormente, en muchos países ya se han establecido modelos predictivos para una serie de cultivos con el fin de controlar las infecciones fúngicas, principalmente *Fusarium* (véase la información general).

10. Evitar el hacinamiento de las plantas. Asegurarse de que la densidad entre las plantas es apropiada manteniendo entre éstas y entre los surcos la distancia recomendada para las especies/variedades cultivadas. Las empresas que proporcionan las semillas u órganos autorizados pueden brindar información sobre el espaciamiento necesario.

Antes de la cosecha

11. Cuando sea posible, reducir al mínimo los daños provocados por insectos y por infecciones fúngicas en las proximidades del cultivo, mediante el uso apropiado de insecticidas y fungicidas registrados y otras prácticas idóneas comprendidas en un programa de lucha integrada contra las plagas. Podrían utilizarse modelos predictivos para elegir el mejor momento para aplicar los plaguicidas.

Justificación: información corroborada en la bibliografía (véase la información general).

12. Controlar la presencia de malas hierbas en el cultivo ~~por medio de~~ utilizando métodos mecánicos, o herbicidas registrados, o aplicando otras prácticas seguras y adecuadas de erradicación de malezas.
13. Reducir al mínimo los daños mecánicos a las plantas durante el cultivo.
14. Si se utiliza riego, cerciorarse de que éste se aplica de manera uniforme y de que todas las plantas del campo reciben un suministro de agua adecuado. El riego es un método útil para reducir la tensión de las plantas en algunas situaciones de crecimiento. Las precipitaciones excesivas durante la antesis (floración) crean condiciones favorables para la diseminación e infección por *Fusarium* spp; por consiguiente se debería evitar el riego durante la antesis y la maduración de los cultivos, y específicamente del trigo, la cebada y el centeno.
15. Programar la recolección de manera que el grano tenga un bajo contenido de humedad y esté en plena madurez, a no ser que esto último suponga someterlo a condiciones extremas de calor, precipitaciones o sequía. El retraso en la recolección del cereal que ya esté infectado por especies de *Fusarium* puede provocar un incremento importante de su contenido de micotoxinas.
16. Antes de la recolección, asegurarse de que todos los equipos que se vayan a utilizar para la misma y para el almacenamiento de las cosechas están en buen estado. Una avería en este período crítico puede causar pérdidas de calidad del grano y fomentar la formación de micotoxinas. Disponer de piezas de recambio importantes en la explotación agrícola para perder el menor tiempo posible en reparaciones. Cerciorarse de que se dispone del equipo necesario para efectuar las mediciones del contenido de humedad, y de que dicho equipo está calibrado.

Durante la recolección

17. Los contenedores (vagones, camiones) que vayan a utilizarse para recoger el grano recolectado y transportarlo del campo a las instalaciones de secado, y de éstas a los almacenes, deberán estar limpios, secos y exentos de granos viejos, polvo del grano, insectos y proliferación fúngica visible antes de su utilización o reutilización.
18. En la medida de lo posible, evitar daños mecánicos al cereal y el contacto con el suelo durante la recolección. Se deberán adoptar medidas para reunir las espigas, paja, tallos y rastrojos de plantas infectadas y reducir al mínimo su dispersión hacia el suelo, donde las esporas pueden inocular futuros cultivos.
19. Durante la recolección, es necesario comprobar el contenido de humedad en varios puntos de cada cargamento de grano recolectado, puesto que dicho contenido puede variar considerablemente dentro del mismo campo.
20. Inmediatamente después de la recolección, determinar los niveles de humedad de la cosecha, y si es necesario, cuando corresponda, secarla hasta el contenido de humedad recomendado para el almacenamiento (por lo general, menos de 15%). Esto es importante para evitar la proliferación de especies de hongos que pueden estar presentes en los granos frescos, sobre todo de *Fusarium*, del cultivo en cuestión. Las muestras que se tomen para efectuar las mediciones de la humedad deben ser tan representativas del lote como sea posible. Para reducir la variación del contenido de humedad dentro del lote, el grano puede transportarse a otra instalación (o silo) después del proceso de secado.

20. ~~Los cereales deben secarse de manera que se reduzca al mínimo el daño sufrido por los granos y los niveles de humedad se mantengan por debajo de los que permiten el desarrollo de mohos durante el almacenamiento (por lo general, menos de 15 por ciento), a fin de evitar la proliferación de una serie de especies de hongos, sobre todo de *Fusarium*, que pueden estar presentes en los granos frescos.~~

Justificación: ~~los párrafos 19 y 20 han sido unificados y resumidos.~~

21. Los cereales recién recolectados deben limpiarse para eliminar los granos dañados y otras materias extrañas. Los métodos habituales de limpieza no permiten eliminar los granos que contienen infecciones asintomáticas. Mediante procedimientos de limpieza de semillas como tablas gravitacionales y clasificación óptica es posible eliminar ~~parte de~~ los granos que son susceptibles de ser infectados. ~~Se necesitan más investigaciones a fin de desarrollar sistemas prácticos para separar los granos infectados asintomáticos de los granos que no contienen infección.~~

Justificación: ~~en los últimos 10 años se han realizado muchos estudios sobre el tema. Además, "se necesitan más investigaciones" es un enunciado general que podría aplicarse a muchos otros temas.~~

Durante el almacenamiento

22. Durante el almacenamiento deberá aplicarse también un programa de lucha integrada contra las plagas. Evitar el apilamiento o amontonamiento de producto húmedo recién recolectado por un lapso superior a unas pocas horas antes del secado o la trilla, a fin de reducir el riesgo de proliferación de hongos. El secado al sol deberá hacerse en superficies limpias, sin tener contacto directo con el suelo, y el cereal deberá ser protegido de la lluvia y el rocío durante este proceso. El secado al sol de algunos productos en condiciones de humedad elevada puede tener como consecuencia la infección fúngica. Ventilar los productos mediante circulación forzada, cuando sea necesario. Las secadoras de plancha plana y recirculación de lotes son adecuadas para las operaciones a pequeña escala, mientras que las secadoras de circulación continua bastarán para secar a gran escala para períodos prolongados de almacenamiento.

Justificación: ~~incluir texto del documento del sorgo.~~

23. Asegurarse de que las instalaciones de almacenamiento cuentan con estructuras secas y bien ventiladas que las protegen de las precipitaciones, permiten el drenaje de las aguas subterráneas y evitan la entrada de roedores, y pájaros, ~~y e~~ insectos, y de que el impacto de las fluctuaciones de la temperatura se reduce al mínimo son mínimas.
24. Cuando sea posible, empezar con granos maduros de gran calidad exentos de daños mecánicos, daños de insectos o mohos. Las cosechas que se van a almacenar deben secarse hasta niveles de humedad seguros, cuando sea necesario, y enfriarse lo más rápidamente posible después de la cosecha. Se reducirá al mínimo la presencia de materias extrañas y granos dañados en los cereales almacenados. ~~Remitirse al párrafo 29 para evaluar la utilización de plaguicidas aprobados.~~
25. Cuando esto se justifique se deberá vigilar el nivel de micotoxinas del grano que entra y sale del almacén, utilizando programas apropiados de muestreo y ensayo.
26. Para los productos ensacados, asegurarse de que los sacos estén limpios, secos y apilados en paletas, o de que existe una capa impermeable al agua entre los sacos y el suelo. Para el almacenamiento son preferibles los sacos que permitan la ventilación.
27. En la medida de lo posible, ventilar el grano mediante circulación continua de aire para conservar una temperatura y humedad adecuadas en toda la zona de almacenamiento. El grano se puede transferir también de un contenedor de almacenamiento a otro para facilitar la ventilación e interrumpir posibles lugares calientes durante el almacenamiento. Comprobar el contenido de humedad y la temperatura del grano a intervalos regulares durante el almacenamiento.
28. Medir la temperatura del grano a intervalos fijos durante su almacenamiento. Un incremento de la temperatura de 2°C a 3°C puede indicar proliferación microbiana y/o infestación por insectos. Separar las partes del grano que parezcan infectadas y enviar muestras para su análisis. Una vez separado el grano infectado, reducir la temperatura del cereal restante y ventilarlo. Evitar la utilización de grano infectado para producir alimentos o piensos.
29. Adoptar buenos procedimientos de limpieza para reducir al mínimo la presencia de hongos e insectos en las instalaciones de almacenamiento. Esto puede incluir el uso de insecticidas y fungicidas registrados y adecuados, o métodos alternativos apropiados en un programa de lucha integrada contra las plagas. Se cuidará de seleccionar únicamente productos químicos que no supongan interferencia o daño considerando el uso al que esté destinado el grano, y se limitará estrictamente el empleo de tales sustancias.
30. La utilización de un agente conservador idóneo aprobado (por ejemplo ácidos orgánicos, como ácido propiónico) puede ser beneficiosa. Dichos ácidos son eficaces para matar los distintos hongos y evitar así la producción de micotoxinas, en el grano destinado únicamente a la fabricación de piensos. Las sales de los ácidos suelen ser más eficaces en el almacenamiento a largo plazo. Es necesario tener cuidado porque estos compuestos pueden tener un efecto negativo en el sabor y el olor del cereal.
31. Documentar los procedimientos de recolección y almacenamiento utilizados en cada temporada tomando nota de las mediciones (por ejemplo la temperatura y la humedad) y de cualquier desviación o cambios con respecto a las prácticas tradicionales. Esta información puede ser muy útil para explicar la(s) causa(s) de la proliferación de hongos y la formación de micotoxinas en una campaña agrícola concreta, y ayudar a evitar que se cometan los mismos errores en el futuro.

Durante el transporte desde el lugar de almacenamiento

32. Asegurarse de que los contenedores empleados para el transporte están exentos de granos viejos, proliferación visible de hongos, de insectos y de cualquier material contaminado. Si es necesario habrá que limpiarlos y desinfectarlos a fondo con sustancias apropiadas (que no provoquen olores ni aromas desagradables o contaminen los granos) antes de que se utilicen o de que se vuelvan a utilizar; además deberán ser idóneos para la carga prevista. Puede resultar útil el empleo de fumigadores o insecticidas registrados. En el momento de la descarga, el contenedor deberá vaciarse completamente de la carga y limpiarse según sea apropiado.
33. Los cargamentos de grano deberán protegerse de la acumulación de humedad adicional utilizando contenedores cubiertos o herméticos, o lonas alquitranadas. ~~Evitar~~ Reducir al mínimo las fluctuaciones térmicas y las medidas que puedan ocasionar condensación en el grano, ya que esto podría dar lugar a una acumulación local de humedad y al consiguiente desarrollo de hongos con formación de micotoxinas.
34. Evitar la infestación por insectos, pájaros y roedores durante el transporte mediante el uso de contenedores resistentes a los insectos y los roedores o tratamientos químicos repelentes de los mismos que estén aprobados para el uso al que está destinado el grano.

Elaboración

35. La clasificación y limpieza son procesos efectivos para eliminar los granos contaminados y reducir el contenido de micotoxinas en los cereales. Los granos infectados de mohos o dañados deben eliminarse para impedir que entren en la cadena alimentaria y en el proceso de fabricación de piensos.
36. Antes de proseguir con la elaboración es importante someter a prueba el contenido de micotoxinas del lote de cereales, sobre todo cuando haya un alto riesgo de contaminación por micotoxinas. Los lotes que contengan niveles más altos se someterán a elaboración para reducir en gran medida los niveles de micotoxinas y garantizar un producto inocuo para los consumidores.
37. Cepillando, limpiando y pelando los granos se reduce notablemente el contenido de micotoxinas, ya que las partes externas del grano contienen niveles más altos de micotoxinas.
38. La elaboración de los granos por molido en seco puede reducir el contenido de micotoxinas de los productos molidos utilizados como ingredientes de alimentos. El molido en húmedo de los granos de maíz aísla la mayor parte de las micotoxinas de la fracción de almidón utilizada como ingrediente de alimentos.
39. El sistema del HACCP es un importante instrumento para determinar qué fases de la elaboración deben controlarse para reducir al mínimo la presencia de micotoxinas en los alimentos.

II. UN SISTEMA DE GESTIÓN COMPLEMENTARIO QUE HA DE CONSIDERARSE EN EL FUTURO

35. El Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) es un método de gestión de la inocuidad de los alimentos que se utiliza para identificar y controlar los peligros en el sistema de producción y elaboración. Los principios generales del HACCP se han descrito en varios documentos.

36. El concepto de HACCP se refiere a un sistema de gestión integrado y global. Si se aplica de manera apropiada, este sistema debería permitir una reducción de los niveles de micotoxinas en muchos cereales. La utilización del HACCP como sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos tiene muchas ventajas con respecto a otros tipos de sistemas de control de la gestión en ciertos sectores de la industria alimentaria. En el ámbito de las explotaciones agrícolas, especialmente en el campo, muchos factores que influyen en la contaminación de los cereales por micotoxinas están relacionados con el medio ambiente, como las condiciones climáticas y los insectos, y es difícil o imposible controlarlos. En otros términos, a menudo los puntos críticos de control no existen en el campo. No obstante, tras la recolección se pueden identificar puntos críticos de control para las micotoxinas producidas por hongos durante el almacenamiento. Por ejemplo, un punto crítico de control podría encontrarse al final del proceso de secado, y un límite crítico sería el contenido de agua/la actividad hídrica.

37. Se recomienda que se destinen recursos a destacar la importancia de las BPA en el período anterior a la recolección y de las buenas prácticas de fabricación (BPF) durante la elaboración y distribución de los diferentes productos. Un sistema de HACCP debe basarse en sólidas BPA y BPF.

38. Asimismo se recomienda, antes de seguir considerando el sistema de HACCP, remitirse al Anexo del documento del Codex CAC/RCP 1-1969, Rev. 4 (2003) "Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) y directrices para su aplicación".

39. También se debería tomar en cuenta el manual de HACCP para el control de micotoxinas publicado recientemente por la FAO y la OIEA.

40. En la Tercera Conferencia Internacional sobre las Micotoxinas, que se celebró en Túnez en marzo de 1999, una de las recomendaciones generales fue que se incorporaran a los programas de lucha integrada contra las micotoxinas los principios del HACCP, en relación con el control de los riesgos asociados con la contaminación por micotoxinas de los alimentos y los piensos.4 La aplicación de estos principios reducirá al mínimo la contaminación por micotoxinas mediante la aplicación de controles preventivos, en la medida de lo posible, en la producción, manipulación, almacenamiento y elaboración de cada cultivo de cereales.

Justificación: no es necesario, está incluido en el párrafo 2.

ANEXO 1

**PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR ZEARALENONA EN LOS CEREALES
PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)
Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

1. Las buenas prácticas agrícolas incluyen métodos para reducir la infección por *Fusarium* y la contaminación por zearalenona de los cereales, en el campo y durante la plantación, recolección, almacenamiento, transporte y elaboración.

Durante la plantación

2. Véanse los apartados 5-10 en el Código de Prácticas General para Prevenir y Reducir la Contaminación de los Cereales por Micotoxinas.

Antes de la recolección

3. Véanse los apartados 11-16 del Código de Prácticas General.
4. La infección por *Fusarium* en las espigas de los cereales durante la floración ~~debe~~ puede ser necesario vigilarlarse antes de la recolección, tomando muestras del cultivo y determinando la presencia de la infección con los métodos microbiológicos habituales. Asimismo ~~deberá~~ puede ser necesario determinarse el contenido de micotoxinas en muestras representativas tomadas antes de la recolección. La utilización del cultivo debe basarse en la prevalencia de la infección y el contenido de micotoxinas del cereal.
5. El riesgo de zearalenona en el trigo aumenta con las lluvias antes de la recolección. La utilización de modelos predictivos puede ser útil para planificar la recolección del grano antes de que aparezcan las condiciones climatológicas húmedas.
6. Se ha comprobado que el trigo y el maíz son especialmente sensibles a las especies de *Fusarium* y, por lo tanto, no se debe efectuar la rotación entre ambos. En la rotación deben utilizarse cultivos que no sean hospedantes de especies de *Fusarium* para reducir la inoculación en el campo.

Justificación: antes estaba en el Código General (párr. 5, anteriormente 4).

Durante la recolección

7. Véanse los apartados 17-21 del Código de Prácticas General.

Durante el almacenamiento

8. Véanse los apartados 22-31 del Código de Prácticas General.

Durante el transporte desde el lugar de almacenamiento

9. Véanse los apartados 32-34 del Código de Prácticas General.

Durante la elaboración

10. Véanse los apartados 35-39 del Código de Prácticas General.
- ~~10. Los granos pequeños y arrugados pueden contener más zearalenona que los granos sanos normales. El aventamiento del grano durante la cosecha o en un momento posterior eliminará los granos estropeados~~

Justificación: el aventamiento es un tipo de clasificación y limpieza, que está incluido en el párr. 35.

Sistema de gestión de la zearalenona basado en el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP)

9. Véanse los apartados 35-40 del Código de Prácticas General.

Justificación: la sección del HACCP ha sido suprimida.

ANEXO 2**PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR FUMONISINAS EN LOS CEREALES
PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) Y LAS BUENAS
PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

1. Las buenas prácticas agrícolas incluyen métodos para reducir la infección por *Fusarium* y la contaminación por fumonisinas en los cereales en el campo y durante la plantación, recolección, almacenamiento, transporte y elaboración.

Durante la plantación

2. Véanse los apartados 5-10 del Código de Prácticas General.

Antes de la recolección

3. Véanse los apartados 11-16 del Código de Prácticas General.

Durante la recolección

4. Véanse los apartados 17-21 del Código de Prácticas General.
5. Se deberá planificar cuidadosamente la época de la recolección del maíz. Está demostrado que el maíz que se cultiva y se cosecha en meses cálidos puede contener niveles de fumonisinas muy superiores a los del maíz cultivado y recolectado en meses más fríos del año. Pueden utilizarse modelos predictivos para planificar la mejor época de recolección.
6. Se ha comprobado que el trigo y el maíz son especialmente sensibles a las especies de *Fusarium* y, por lo tanto, no se debe efectuar la rotación entre ambos. En la rotación deben utilizarse cultivos que no sean hospedantes de especies de *Fusarium* para reducir la inoculación en el campo.

Justificación: *antes estaba en el Código General (párr. 5, anteriormente 4).*

Durante el almacenamiento

7. Véanse los apartados 22-31 del Código de Prácticas General.

Durante el transporte desde el lugar de almacenamiento

8. Véanse los apartados 32-34 del Código de Prácticas General.

Durante la elaboración

9. Véanse los apartados 35-39 del Código de Prácticas General.
10. La nixtamalización, un proceso que consiste en hervir y remojar el maíz en una solución de hidróxido de calcio, puede reducir los niveles de fumonisinas en las tortillas y otros productos del maíz.
11. La extrusión del maíz puede reducir los niveles de fumonisinas, si bien parte de ella está ligada a proteínas, azúcares u otros compuestos en matrices de alimentos

~~Sistema de gestión de las fumonisinas basado en el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP)~~

- ~~8. Véanse los apartados 35-40 del Código General, referentes al HACCP.~~

Justificación: *la sección del HACCP ha sido suprimida.*

ANEXO 3**PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR OCRATOXINA A EN LOS CEREALES
PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) Y LAS BUENAS
PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

1. Las buenas prácticas agrícolas incluyen métodos para reducir la infección fúngica y la contaminación por ocratoxina A en los cereales en el campo y durante la plantación, recolección, almacenamiento, transporte y elaboración.

Durante la plantación

2. Véanse los apartados 5-10 del Código de Prácticas General.

Antes de la recolección

3. Véanse los apartados 11-16 del Código de Prácticas General.
4. Los factores que en el período previo a la recolección pueden afectar a los niveles de ocratoxina A en los cereales recolectados incluyen los daños causados por las heladas, la presencia de hongos competitivos, el exceso de precipitaciones y la tensión debida a la sequía.

Durante la recolección

5. Véanse los apartados 17-21 del Código de Prácticas General.

Durante la conservación

6. Las ocratoxinas son principalmente micotoxinas del almacenamiento. Se deberá dejar secar lo más posible el grano antes de la cosecha, de acuerdo con las condiciones ambientales locales y las condiciones del cultivo. Si no es posible recolectar el grano cuando tiene una actividad hídrica inferior a 0,70, será necesario secar el cereal lo más rápidamente posible hasta un contenido de humedad correspondiente a una actividad hídrica inferior a 0,70 (menos del 14% de contenido de humedad en los cereales finos). Para evitar la formación de ocratoxina A es necesario comenzar el proceso de secado inmediatamente después de la recolección, ~~y preferiblemente efectuarlo con aire caliente.~~ En las regiones de clima templado, cuando es necesario un almacenamiento intermedio o de amortiguación debido a la baja capacidad de secado, asegurarse de que el contenido de humedad sea inferior al 16 %, que el tiempo de almacenamiento sea inferior a 10 días y que la temperatura esté por debajo de 20 °C.

Durante el almacenamiento

6. Véanse los apartados 22-31 del Código de Prácticas General.

Durante el transporte

7. Véanse los apartados 32-34 del Código de Prácticas General.

Durante la elaboración

8. Véanse los apartados 34-39 del Código de Prácticas General.

~~Sistema de gestión de la ocratoxina a basado en el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP)~~

9. ~~Véanse los apartados 35-40 del Código de Prácticas General.~~

Justificación: *la sección del HACCP ha sido suprimida.*

ANEXO 4

PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR TRICOTECENOS EN LOS CEREALES
PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)
Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)

1. Las buenas prácticas agrícolas incluyen métodos para reducir la infección por *Fusarium* y la contaminación por tricotecenos en los cereales en el campo y durante la plantación, recolección, almacenamiento, transporte y elaboración.

Durante la plantación

2. Véanse los apartados 5-10 del Código de Prácticas General.

Antes de la recolección

3. Véanse los apartados 11-16 del Código de Prácticas General.
4. ~~No se deberá permitir que los granos maduros permanezcan en el campo durante períodos prolongados, sobre todo en condiciones climáticas de frío húmedo. Las toxinas T-2 y HT-2 no suelen encontrarse en los cereales en el momento de la cosecha, pero pueden aparecer en granos dañados por el agua en el campo o que se han humedecido durante la cosecha o el almacenamiento.~~
4. Véase el párrafo 4 del Anexo 1. Modelos predictivos pueden ayudar a los productores a decidir si deben aplicar o no fungicidas. Puede ser necesario vigilar la infección por *Fusarium* en las espigas de los cereales durante la floración antes de la recolección, tomando muestras del cultivo y determinando la presencia de la infección con los métodos microbiológicos habituales. Asimismo puede ser necesario determinar el contenido de micotoxinas en muestras representativas tomadas antes de la recolección. La utilización del cultivo debe basarse en la prevalencia de la infección y el contenido de micotoxinas del cereal.

Justificación: la primera oración ha sido añadida y el apartado indicado se ha repetido aquí.

6. ~~Los cultivadores de cereales deben mantener una relación estrecha con los grupos locales de comercio de cereales. Estos grupos deben actuar como importantes fuentes de información y asesoramiento para la elección de los productos de protección fitosanitaria y de los cultivares y las cepas apropiados. Esta elección tendrá en cuenta la resistencia a *Fusarium* y la disponibilidad local.~~

Justificación: esta cuestión estaba en el párr. 2 del Código de Prácticas General.

Durante la recolección

5. Véanse los apartados 17-21 del Código de Prácticas General.
6. No se deberá permitir que los granos maduros permanezcan en el campo durante períodos prolongados, sobre todo en condiciones climáticas de frío húmedo. Las toxinas T-2 y HT-2 no suelen encontrarse en los cereales en el momento de la cosecha, pero pueden aparecer en granos dañados por el agua en el campo o que se han humedecido durante la cosecha o el almacenamiento.

Justificación: más apropiado en la sección de la recolección.

Durante el almacenamiento

7. Véanse los apartados 22-31 del Código de Prácticas General.

Durante el transporte desde el lugar de almacenamiento

8. Véanse los apartados 32-34 del Código de Prácticas General.

Durante la elaboración

9. Véanse los apartados 35-39 del Código de Prácticas General.
10. La extrusión puede reducir los niveles de tricotecenos en los productos elaborados, especialmente de deoxinivalenol.

Sistema de gestión de los tricotecenos basado en el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP)

9. Véanse los apartados 35-40 del Código de Prácticas General.

Justificación: la sección del HACCP ha sido suprimida.

ANEXO 5**PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS EN LOS CEREALES
PRÁCTICAS RECOMENDADAS SOBRE LA BASE DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)
Y LAS BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPF)**

1. Las buenas prácticas agrícolas incluyen métodos para reducir la infección por *Aspergillus* y la contaminación por aflatoxinas en los cereales en el campo y durante la plantación, recolección, almacenamiento, transporte y elaboración.

Durante la plantación

2. Véanse los apartados 5-10 del Código de Prácticas General.

Antes de la recolección

3. Véanse los apartados 11-16 del Código de Prácticas General.

4. Para las aflatoxinas se puede utilizar control biológico, pero el producto debe estar aprobado, ser inocuo y eficaz en función del costo con respecto a los fitopatógenos específicos.

Durante la cosecha

5. Véanse los apartados 17-21 del Código de Prácticas General.

Durante el almacenamiento

6. Véanse los apartados 22-31 del Código de Prácticas General.

7. La mejor forma de controlar las aflatoxinas en los cereales es mediante la prevención de su formación durante el almacenamiento. El período entre la cosecha y el secado para su almacenamiento debe reducirse al mínimo.

Durante el transporte desde el lugar de almacenamiento

8. Véanse los apartados 32-34 del Código de Prácticas General.

Durante la elaboración

9. Véanse los apartados 35-39 del Código de Prácticas General.

APPENDIX III
BACKGROUND INFORMATION

MYCOTOXIN PRODUCTION IN CEREALS

- The main mycotoxins of significance in cereals are aflatoxins, fumonisins, ochratoxin A, deoxynivalenol and zearalenone, which are produced by species of fungi from the common genera *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*. These fungi may either grow on the crop or invade the crop after harvest, producing toxins during drying and storage. The incidence of mycotoxins depends on a wide variety of agronomic and climate conditions, and on whether a particular cultivar is grown within the area to which it is adapted. The conditions for fungi growth and mycotoxins production are shown on Table 1.

Table 1. Minimal conditions for fungi growth and mycotoxin production by *Aspergillus flavus*, *Fusarium* sp and *Penicillium verrucosum*

Fungi	Mycotoxin	Fungi growth				Mycotoxin production		Reference
		T opt (°C)	T min (°C)	T max (°C)	Aw	Aw	T (°C)	
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxins	33	10-12	43-48	0.82 ^a	0.82	13-37	Pitt and Hocking, 2009
<i>Fusarium graminearum</i>	Zearalenone	24-26			0.90 ^b	0.95-0.97	12-28	Jimenez et al., 1996
<i>Fusarium graminearum</i>	Deoxynivalenol					0.95-0.995	25	Pitt and Hocking, 2009
<i>Fusarium graminearum</i>	Nivalenol					0.96-0.98	20	Llorens et al., 2004
<i>Fusarium proliferatum</i>	Fumonisin					0.93-0.976 ^c		Samapundo et al. 2007
<i>Fusarium verticillioides</i>	Fumonisin	25	2.5-5	32-37	0.87 ^a	0.92		Pitt and Hocking, 2009
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ochratoxin A	20	0	31	0.80	0.86		Pitt and Hocking, 2009

^a at 25°C, ^b at 20°C, ^c at 10-20% O₂

- A fungus may be associated with a plant during the plant growth (pre-harvest) as a commensal or a pathogen, or have no association with the plant, in which case invasion of a crop and mycotoxin production occur post-harvest. Thus, the control of pre-harvest toxin formation must be based on entirely different strategies from the control of toxins which occur post-harvest (Pitt, 2006).
- The control of pre-harvest mycotoxin formation is more difficult than post-harvest. Uncontrollable factors such as crop, climate and environmental dictate whether the fungi grow and whether mycotoxins are likely to be formed. Two very important generalizations can be made. First, growth of these plant associated fungi occurs only in specific crops, where there is a definite plant-fungus association. Second, the fungi that produce these toxins grow only at high water activity, so these toxins which are formed pre-harvest are rarely formed during storage (Pitt, 2006). The control of post-harvest toxin is basically a food technology problem and could be controlled by implementing GAPs and GMPs.

PREVENTION AND CONTROL OF TOXINS FORMED DURING PRE-HARVEST

- The pre-harvest control of mycotoxin production depends on the fungi and the associated crop. Table 2 shows the main risk management strategies for the major mycotoxins in pre-harvest.

Table 2. Risk management strategies for the major mycotoxins in cereals during pre-harvest.

Aflatoxins	Fumonisin	Ochratoxin A	Deoxynivalenol and zearalenone
<ul style="list-style-type: none"> • GAP • Developing drought-resistant cultivars • Biological control • Predictive models • Timely harvesting • Breeding for host plant resistance 	<ul style="list-style-type: none"> • GAP • Ensuring that cultivars are adapted to local environments • Breeding for insect resistance • Breeding for host plant resistance • Transgenic Bt maize • Predictive models • Timely harvesting 	<ul style="list-style-type: none"> • GAP • Timely harvesting 	<ul style="list-style-type: none"> • GAP • Breeding for host plant resistance • Using cultivars that mature over a range of dates • Transgenic Bt maize • Using fungicides at anthesis or silking • Predictive models

Adapted from Pitt et al. (2012).

Good Agricultural Practice (GAP)

5. GAP involves good farm management, in general maintaining healthy crops and sustainable agriculture together with other activities (FAO, 2002):
 - (i) Planting with optimal row and seed spacing for local conditions, especially water availability, to reduce plant stress;
 - (ii) Maintaining adequate water supplies, by irrigation where practicable;
 - (iii) Reducing erosion by contouring, ditching, or hedging;
 - (iv) Controlling weeds, and mulching crops to reduce moisture stress;
 - (v) Controlling insects that damage developing grains or nuts and permit entry of the fungi that produce mycotoxins;
 - (vi) Rotation crops to reduce insect infestation and fungal infection, which are exacerbated by monoculture;
 - (vii) Applying fertilizers at appropriate times and concentrations, to benefit the crop but limit run-off of nutrients such as nitrogen and phosphorus;
 - (viii) Harvesting crops at or before full maturity, because over mature crops are liable to increase risk from insect damage and water stress and hence mycotoxin production;
 - (ix) Drying crops rapidly and completely, as soon as possible after harvest; and
 - (x) Maintaining good storage conditions on the farm (storage facilities should be soundly constructed to prevent water ingress, with raised floors to prevent moisture migration from soil; properly dried crops should be stored in closely woven sacks that permit air exchange; and rodents and insects should be controlled)

Conventional and non-conventional breeding for host plant resistance

Aspergillus and aflatoxin resistance

6. Commercial maize hybrids have been evaluated for inherent insect resistance since the early 1970's as well as for reduced aflatoxin levels from *Aspergillus flavus* natural field infection, and researchers have found significant differences in aflatoxin levels among hybrids samples from non-infested plots (Widstrom, et. al, 1978).
7. Cultivars Mo20W x Teosinte and 'Ibadan B' were resistant to maize ear infesting insects compared to control maize hybrids (Barry, et. al., 1991). The specific kernel resistance mechanisms were examined in kernels from maize populations MAS:gk and MAS:pw,nf, resistant to post-harvest aflatoxin contamination by *A. flavus* as well as fungal growth (Brown, et. al., 1993). Only autoclaving, crushing or wounding of the embryo caused a loss of aflatoxin accumulation resistance, and it was concluded that the metabolic activities of the living embryo conveyed the resistance.

8. Plant antifungal proteins were identified in the seeds of maize and other grains (Vigers, et. al., 1991). In a later study inbreds Tex6, Y7, and Mp420, and the F1 hybrids with these inbreds were highly and consistently resistant to *Aspergillus* ear rot, kernel infection and production of aflatoxins (Campbell, 1995). It was determined that the resistance seen in the inbreds in addition to other resistant inbreds, was likely inherited and therefore part of the plant genome. In another experiment, aflatoxin resistant maize genotypes were compared to drought tolerant genotypes as to cuticle and wax layers in the kernel (Tubajika, 2001). The results suggested that the pericarp wax layer in the kernels imparted resistance to *A. flavus* infection as this genotype had very high levels according to microscopic observations.
9. Naidoo et. al. (2002) found the inbreds Tex6 and Oh516 had the lowest levels of aflatoxins and were most resistant to ear rot. The determination of the dominant alleles in inbred MI82 resistant to *A. flavus* and aflatoxin accumulation possibly transferrable to commercial inbreds showed to be promising (Maupin, et. al., 2003).
10. Present-day breeding endeavors concerning the development of aflatoxin-resistant maize lines have resulted in several germplasm releases. In 2008, the IITA-SRRC collaborative breeding program released TZAR 101–106, resulting from a combination of African and southern-adapted US lines (Menkir et al. 2008). The inbred maize line GT-603 was released in 2011, after having originated from GT-MAS:gk (Guo et al. 2011), while Mp-718 and Mp-719 were issued as southern acclimatized resistant lines which unlike the earlier Mp lines, are both shorter and earlier (Scully et al. 2012; Williams & Windham 2012). These lines are being studied in hybrid combinations through the SERAT program (Scully et al. 2012). Unfortunately at this time these maize lines are not commercially viable; however they do offer a source of invaluable resistance genes and can be utilized for the development of host resistant approaches to eliminate aflatoxin contamination (Brown, et. al. 2013).

Fusarium and fumonisin resistance

11. In the early 1990's, work on a sweet maize line resistant to *F. verticillioides* kernel infection, was being conducted to determine genetic factors as the potential mechanism of resistance specifically examining maternal tissues such as the silk, pericarp and closing layer (Headrick, 1991). The field inoculation study determined that silk actively growing after pollination inhibited *F. verticillioides* from infecting the kernel and indicated the potential use of this inbred as the possible parent for use in seed production. In 2001, maize genotypes GT-MAS:gk and MI82 known for *A. flavus* infection and aflatoxin contamination were examined for resistance to *F. verticillioides* growth (Brown, et. al., 2001). It was determined that non-wounded kernels of the resistant hybrid were less susceptible to *F. verticillioides* infection.
12. Resistance to fumonisin accumulation and Fusarium ear rot in maize was studied, with a number of dominant genes determined which conveyed resistance with the potential to transfer these alleles to commercial hybrids (Clements, et. al., 2004; Alexander et al., 2009). Lanubile et al. (2010) found that in the maize resistant line CO441, defense related genes assayed from *F. verticillioides* (b-tubulin 2 and FUM21) were transcribed at high amounts before contamination and supplied rudimentary protecting against the fungus. The FvMK1 mitogen-activated protein kinase gene was identified in *F. verticillioides*, which regulates fungal growth, conidia production, and pathogenesis as well as lowers the action of the FUM1 and FUM8 fumonisin synthesis genes (Zhang et al., 2011).
13. Santiago, et al. (2013) evaluated a large number of maize inbred line kernels inoculation with *Fusarium verticillioides* for Fusarium ear rot and fumonisin accumulation. The highest levels of resistance to Fusarium ear rot and fumonisin accumulation were found in sixty-one of the maize inbreds, which differed in kernel color, use, kernel type and heterotic group. Many of these maize inbreds can be employed to enhance resistance to *F. verticillioides* infection and fumonisin accumulation by performing crosses between the most resistant maize inbreds of each subgroup.

Fusarium, Aspergillus, fumonisin and aflatoxin combined resistance

14. In a multi-lab study, highly resistant maize hybrid lines GT-MAS:gk and Mp420 were screened for proteins conveying antifungal activity against both *A. flavus* and *F. verticillioides* during germination of maize kernels (Guo, et. al., 1997). Higher concentrations were found in the germinated kernels compared to controls, and the 22kDa zeamatin-like protein was present as well as two ribosome inactivating proteins (RIP), of 11-kDa and 9-kDa in size. In the non-germinated kernels, a 32-kDa proRIP-like form and an 18kDa peptide were found. When purified zeamatin and RIP were tested on *A. flavus*, growth of the fungus was inhibited, and plant extracts from germinated kernels inhibited both *A. flavus* and *F. verticillioides*. In another similar study on seeds from maize inbred Tex6, a >100 kDa protein was found to inhibit aflatoxin biosynthesis, and a 28-kDa protein similar to pathogenesis-related proteins-5 (PRs), which is very similar to thaumatin, was determined to inhibit growth (Huang, et. al., 1997). Dry kernel extracts were tested for antifungal activity from resistant populations T115, CI2, Tex-6, and MI82 and were found to contain a 14-kDa protein which was determined to both inhibit *A. flavus* growth and produce trypsin activity causing the spore to rupture and hyphae to develop abnormally (Chen, et. al., 1998). This same maize trypsin inhibitor was found to be an effective inhibitor of both *A. flavus* and *F. verticillioides* fungi simultaneously (Chen, 1999). Five additional proteins were determined to be associated with resistance to aflatoxin production in resistant maize populations GT-MAS:gk, CI2, T115, MP420, and Tex6 that are also stress-related proteins (Chen, et. al., 2001).
15. Twenty four recombinant inbred lines demonstrating the highest mean fumonisin concentration and 24 lines showing the lowest mean fumonisin concentration were selected for further evaluation were inoculated with *F. verticillioides* and *F. proliferatum* or with *A. flavus* in replicated trials. The maize inbred groups of low-fumonisin accumulation were significantly lower in fumonisin and aflatoxin levels as well as Fusarium and Aspergillus ear rots (Robertson-Hoyt, et al, 2007)

16. More recently, 20 inbreds were tested for *F. verticillioides* and *A. flavus* resistance and indicated that inbreds with aflatoxin resistance may be good sources for breeding for fumonisin resistance (Henry et al. 2009). High aflatoxin and fumonisin resistance were demonstrated in the inbreds Mp715 and MP 717. Maize inbred Mp313E revealed resistance against fumonisins only (Williams & Windham, 2009).

Chemical control

17. For some crops, infection can be reduced through the use of fungicides or insecticides. Insecticides can be partially effective only for those infections that are associated with insect injury. Fungicides are widely used in wheat to prevent infection by *Fusarium graminearum* and other fungi that cause Fusarium head blight. Gauging the need for fungicides and optimizing the timing of applications has been greatly improved through the development of risk-assessment models, which are available on-line for many wheat-growing areas (<http://www.wheatscab.psu.edu/>). Properly timed fungicide applications can reduce infection and mycotoxin contamination, but disease control does not always result in reduced mycotoxin contamination (Schmale and Munkvold, 2013)

Biological control

18. Many biocontrol agents were first identified through *in vitro* inhibition tests, but there is not always a correlation between *in vitro* inhibition tests and field performance of biocontrol agents (Fravel, 2005). This difference is usually explained by various environmental conditions which may affect the antagonist performance (Cotty; Mellon, 2006) or laboratory conditions may artificially favour the antagonist (Weller, 1988). It is increasingly clear the trend and need of inserting the biocontrol agents in an integrated pest management scheme (Medeiros et al., 2012).

Aflatoxins

19. The *A. flavus* biological control strategy involves the application of an atoxigenic strain of *A. flavus* to the soil surface, which then colonizes the crop and out-competes the existing toxigenic strains (Schmale and Munkvold, 2013). Usually the selected strain is introduced to the field on a carrier substrate that permits growth of the fungus with consequent production of high numbers of spores (Dorner et al. 1999; Taniwaki & Pitt, 2013).
20. Depending on climatic factors and concentration of toxigenic spores in a given field, aflatoxin reductions may range widely. Field experiments in different crops have demonstrated significant reductions in the aflatoxin contamination (70-90%) (Dorner, 2004; Dorner, 2008; Dorner, 2009; Probst et al., 2011). Accinelli et al. (2012) applied bioplastic granules inoculated with atoxigenic strains of *A. flavus* on the soil surface of corn crops, achieving a reduction of aflatoxin contamination by 59-92%.
21. Table 3 shows the two commercially available biocontrol products for *Aspergillus* in corn: Afla-guard® and *Aspergillus flavus* AF36. Both products contain naturally occurring, nontoxigenic strains of *Aspergillus flavus*. Afla-guard® is recommended for AFs control in corn (field, sweet and popcorn) and peanuts, being applied at the first sign of corn tasseling and before active silking. *Aspergillus flavus* AF36 is for use in corn, cotton and pistachio, and its application in corn occurs from the 7 leaf stage (V7) until silking. Currently, no other commercial products are available for other cereals.

Table 3. Biocontrol products developed for control of postharvest diseases and aflatoxin

Product	Microbial agent	Food commodity	Manufacturer/distributor
<i>Aspergillus flavus</i> AF36	<i>A. flavus</i> strain AF36	Corn, cotton and pistachio	Arizona Cotton Research/ Protection Council, USA
Afla-guard®	<i>A. flavus</i> strain NRRL21882	Peanuts and corn	Syngenta Crop Protection, USA

22. AF36 has been shown to produce cyclopiazonic acid (CPA) in treated maize and peanuts. Chronic toxicity of CPA has not been studied, but recent animal studies show significant harmful effects from short-term exposure to CPA at low doses (King et al., 2011).

Fumonisin

23. For Fusarium head blight, microorganisms that are antagonistic to the *Fusarium* pathogens are applied to the wheat heads. Some reports showed that production of FB1 was reduced up to 63.2%, FB2 up to 43.4% and deoxynivalenol and zearalenone up to 92% and 87.5%, respectively (Stiles and Bullerman, 2002). Nayaka et al. (2010) showed that maize seed treated with suspension of *Trichoderma harzianum* followed by spray treatment with pure *T. harzianum* culture suspension reduced the levels of fumonisins in all maize cultivars by 56.4-85.8%.
24. Pereira et al. (2011) isolated *Bacillus amyloloquefaciens* and *Microbacterium oleovorans* from maize and tested their potential to reduce FB1 levels in maize kernels co-inoculated with *Fusarium verticillioides*. FB1 reduction ranged up to 94.4% in grains treated with *B. amyloloquefaciens*, and up to 81.5% in grains treated with *M. oleovorans*. Dalié et al. (2012) have shown that *Pediococcus pentosaceus* (strain LOO6) produced some extracellular metabolites (MRS medium) capable of reducing fumonisin production (75-80.0% after 20 days of incubation), both in liquid medium as in maize kernels. However, under certain conditions, the bacterial strain used could also enhance fumonisins production.

Ocratoxin A

25. Several bacterial and fungal strains belonging to *Streptococcus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Butyribrio*, *Phenylobacterium*, *Pleurotus*, *Saccharomyces*, *Bacillus* and *Acinetobacter* genera and certain fungi belonging to *Aspergillus*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Phaffia*, *Penicillium* and *Rhizopus* (*R. stolonifer* and *R. oryzae*) genera, are able to degrade OTA in vitro up to more than 95% (Abunrosa et al, 2006).

Predictive models

26. Predicting models have been developed for specific geographical regions in several countries. Although it can be developed and applicable to any region, if data are available, these models need to be tested for a number of years to determine their feasibility, due to the high variability associated with the levels of mycotoxins.
27. De La Campa et al. (2005) constructed a preliminary empirical model to predict fumonisin concentration in maize at harvest based on regression analyses of field data collected in Argentina and the Philippines. The variability of fumonisins was explained mainly by location or weather (47%) and insect damage to the ears (17%). Overall, more than 82% of the variability of fumonisin content in maize was explained by the model.
28. Battilani et al. (2008) evaluated the role of the cropping system on fumonisin levels in northern Italy to contribute to the development of a predictive system for fumonisin contamination. In the period from 2002 to 2007, 438 maize samples were collected in five regions, supported by agronomic data, and analyzed for fumonisin content. The logistic regression model developed explained 60% of the variability of fumonisins levels in maize, with major roles for longitude, maturity class and growing weeks contributing the most. This model did not include meteorological information.
29. FUMAgrain, a model developed in Italy, is based on the pathosystem of *F. verticillioides* and *Ostrinianubialis* (European corn borer) in maize. The elements of the pathosystem are simulated by three submodels: (i) maize development, (ii) *F. verticillioides* infection and fumonisin synthesis and (iii) European Corn Borer wounding activity on maize grain (Maiorano, et al., 2009). Inputs to the model are (i) planting date, (ii) hourly meteorological data including temperature, relative humidity, wind speed and rain intensity, (iii) information on the phenological development of the hybrid planted (flowering and dry-down), and (iv) information about the chemical treatment against European Corn Borer.
30. FUMAgrain gives an initial risk alert at the end of flowering based on the meteorological conditions during this phase. A second alert follows maturation when an assessment is made from (i) maize grain moisture, (ii) European Corn Borer damage to the ear, and (iii) fumonisin synthesis risk. FUMAgrain demonstrated good capability to simulate fumonisin synthesis in maize grain in Italy and is useful for determining the optimal harvest date while respecting grain safety levels required by the international market.
31. Froment et al (2011) described Qualimetre®, a mycotoxin prediction model based on different agro-climatic statistical models using data of maize (DON, zearalenone and fumonisins) and wheat (DON) production in France and Belgium. This tool was proposed to be used on line by grain purchasers and provides a probability of acceptability for each plot at a mycotoxin threshold.
32. Torelli et al. (2012) developed an artificial neural network (ANN) model suitable for predicting fumonisins, deoxynivalenol and zearalenone contamination of maize at harvest time. Irrigation, chemical treatment against the European corn borer and harvest date significantly affected the level of fumonisin contamination ($P < 0.05$). The authors concluded that the model has the potential for the development of a new approach for the rapid cataloging of grain plot according to fumonisin levels.
33. DONcast is a web-based interactive model for DON in wheat, which allowed input of field-specific weather and agronomic variables. The model was developed to assist producers in decisions on whether or not to apply a fungicide, and for grain marketing decisions. The predictions have explained 76% of the variability in DON using a database from 1996 to 2003 (Hooker et al., 2002; Schaafsma & Hooker, 2006).
34. These models must be tested and validated in many areas, not only to make the models more widely useful but also to test their robustness to climate variation. More research is needed to evaluate if any of the models developed for specific regions can consistently and accurately be applied over other growing regions. As with all predictive models, these require reliable climate and agronomic data and some sophisticated mathematics (Schaafsma & Hooker, 2006).

STORAGE AND TRANSPORT

35. Before going to storage, broken or cracked kernels and foreign matter should be removed from the lot. Broken kernels are more likely to be contaminated or to get contaminated during storage than sound kernels. Foreign material may restrict air movement through the grain mass leading to temperature and moisture problems that may favor storage mould development (Sweets, 2013). It is important that the quality of the grain is monitored and that grain damage and microbial spoilage are minimised as far as possible, in particular with respect to mould growth and mycotoxin production (Eeckhout et al, 2013).
36. General and specific good hygiene and quality control measures should be taken to avoid the spread of inoculum by contaminated trailers, augers, grain stores and all kind of equipment that have not been cleaned and contain leftover contaminated grain from the previous harvest. A rigorous hygiene programme during harvest, storage and transport is hence of great importance (Eeckhout et al, 2013).

37. To avoid mycotoxin contamination and dispersal of mycotoxin-producing moulds, farmers and contractors should be reminded of their obligation to keep their agricultural trailer or truck clean, both at the inside and outside. Hygienic rules should be respected also at the collection or storage facility and the surroundings of the collection facilities (including lawns, concrete areas, pits, etc.) should be properly maintained. Rain and run-off water can drain well. Traps for rodents are placed in the areas surrounding grain storage and waste storage locations (Eeckhout et al, 2013).
38. During storage, the critical points to maintain include regular and accurate moisture and temperature determination and efficient and prompt aeration and drying conditions. Wheat, barley and oats should be kept at 14-15%, maize at 14% and rice at 13-14% of moisture content (Magan & Aldred, 2007; Kabak, et al., 2006; Magan et al., 2003).
39. Giorni et al. (2008) tested the potential of using modified atmospheres (25.0–75.0% CO₂) to control *A. flavus* development and aflatoxin B1 production on maize grain post-harvest. The populations of *A. flavus* were significantly lower with 25 and 75% CO₂ in the atmosphere and all treatments with CO₂ were able to reduce toxin production (57.0-98.0%).

PROCESSING

40. Good manufacturing practice (GMP) is often used to reduce mycotoxin contamination in cereal grains, and includes practices that prevent fungal growth and hence reduce or remove mycotoxin contamination after harvesting and drying. The mycotoxin content and the processing effect on their levels may define the destination of the cereal lots. If the levels do not comply with the grain maximum level, the lot can be directed to specific operational targets for food/feed industry (Cheli et al., 2013; Pitt et al., 2013).
41. The various food processes that may have effects on mycotoxins include sorting, trimming, cleaning, milling, brewing, cooking, baking, frying, roasting, canning, flaking, alkaline cooking, nixtamalization, and extrusion. Most of the food processes have variable effects on mycotoxins, with those that use high temperatures having the greatest effects (Bullerman and Bianchini, 2007). The effects of these practices depend on the crop and mycotoxin and are discussed in details in this document. Food processes that could affect each toxin are summarized in Table 2.

Table 2. Processing that may affect the mycotoxin content in food

Mycotoxin	Processing that may affect the mycotoxin content
Aflatoxin	Sorting, toasting, nixtamalization, chemical treatments, sorbents (for feed), wet milling
Fumonisin	Sorting, nixtamalization, extrusion, flaking, roasting, wet milling
Zearalenone	Sorting, chemical treatment, nixtamalization, extrusion, wet milling
Deoxynivalenol	Sorting, extrusion, wet milling
Ochratoxin A	Sorting, autoclaving, extrusion, roasting

Aflatoxins

42. In general, it is very difficult to decrease aflatoxin levels since they are heat-resistant (up to 260°C) and soluble in intermediate polar solvents (Hwana and Lee, 2006). Heat treatment under moist conditions is more efficient, but the reduction is affected by the matrix, the binomial time-temperature and products formulation. Reduction of aflatoxin ranges from 28 to 84% in corn products and from 30 to 60% in wheat products. Toasting promotes about 40% reduction in the levels of aflatoxins (Cheli, et al., 2013; Hwang & Lee, 2006).
43. Nixtamalization is a process for making masa for tortillas and other maize products involving boiling and soaking maize in a solution of calcium hydroxide. The process may reduce the content of AFs by 52 to 84%, the aflatoxins G1 and G2 being the most susceptible and aflatoxin B1 the most resistant (Arriola et al. 1988). Another chemical treatment is the application of sodium hydrosulphite associated with heat treatment or pressure, achieving a reduction of 70% of the aflatoxin levels (JALILI & JINAP, 2012).
44. Wet milling of maize for starch production was found to achieve a reduction of aflatoxin levels of 99 – 99.8%. (Yahl et al, 1971; Bennett & Anderson, 1978; Romer, 1984).
45. The effect of citric acid concentration and the moisture content on aflatoxin degradation on sorghum samples was studied during extrusion-cooking milled sorghum, the reduction ranged from 17 to 92% (Méndez-Albores et al. 2009).
46. Soaking of unpeeled rice during the parboiling process makes water to migrate to inner portions of the grain, carrying-over water-soluble compounds. Coelho et al (1999) demonstrated that 32% of AFB1, 44% of AFB2, 36% of AFG1 and 22% of AFG2 migrated into the inner parts of the grain after 6 hours of soaking and autoclaving during 30 minutes before the processing (Coelho et al.1999).

47. Aly and Hathout (2011) concluded that acid hydrolysis of vegetal protein is a suitable method for decontamination of aflatoxin in highly contaminated grains, specially gluten fractions. Completed degradation occurred in the presence of 5mol/L of HCl after 4h at 110°C).
48. The most prevalent approach for counteracting aflatoxin in the feed industry is to include sorbent materials into the feed, for more or less selective removal of toxins by means of adsorption within the route of the gastrointestinal tract (Hwigg, et al., 2001).
49. The fate of aflatoxins and fumonisins was studied through the traditional processing of naturally contaminated maize in mawe, makume, ogi, akassa, and owo, maize-based foods common in Benin, West Africa (Fandohan et al., 2005). Overall reduction of mycotoxin level was more significant during the preparation of makume (93% reduction of aflatoxins, 87% reduction of fumonisins) and akassa (92% reduction of aflatoxins, 50% reduction of fumonisins). Sorting, winnowing, washing, crushing combined with dehulling of maize grains were the unit operations that appeared very effective in achieving significant mycotoxin removal. Fermentation and cooking showed little effect.

Fumonisin

50. The fate of fumonisin during processing is affected by many factors, including the temperature, moisture of the product, the toxin concentration in the raw product and the presence of other ingredients in the processed food. Processing operations include sorting, milling (dry and wet), heat, extrusion and nixtamalization.
51. Sorting and cleaning may lower fumonisin concentration by removal of contaminated material, but does not destroy the mycotoxins. Broken maize kernels contain near 10 times higher levels of fumonisins than intact ones. Strategies to separate healthy from contaminated kernels include removing the contaminated maize in the buoyant fraction after treatment with saturated sodium chloride solution (Shetty & Bhat, 1999) and sequentially passing stored maize kernels through cleaning equipment followed by a gravity table (Malone et al., 1998). Afolabi et al. (2006) proposed the visible sorting of maize grain as a technique to reduce fumonisin levels by subsistence farmers.
52. A study conducted in three commercial maize mills showed that fumonisins are distributed in milling streams approximately according to their occurrence in the maize seed structure (Scudamore & Patel, 2009). The concentrations of mycotoxins found in the grits and flours, which are mostly derived from the endosperm typically, contain the lowest mycotoxin levels and concentrations are further closely related to particle size. Levels of fumonisins in the milled products vary greatly with the milling conditions and the nature and condition of each maize consignment. The levels found in maize flour could represent from 26 to 310% of that present in the initial maize grain.
53. Wet-milling is used to obtain maize starch, germ, gluten, solubles and fiber. In laboratory studies of the fate of fumonisin B₁ and B₂ in wet milling the original fumonisin was distributed among solubles (2 – 15%); fiber (19 - 41%); germ (9 – 22%); and gluten (37 – 42%). No fumonisin was detected in the starch fraction (Bennett et al, 1996).
54. Dry-milling gives rise to the bran (obtained from the removal of pericarp) and the germ, followed by the fractions obtained by decreasing particle size - grits, corn meal and flour (Alexander et al., 1987). Fumonisin are not expected to be destroyed during this process and are found in all fractions, with higher concentration in bran and germ (Katta et al. 1997, Brera et al, 2004). Resnik (2006) showed that germ and bran had fumonisins levels 29 fold higher than corn meal and corn grits, 13 fold higher than corn flour and 3 fold higher than whole maize.
55. The effects of heating on the stability of fumonisins depend on the process, the temperature and heating time. Many studies have reported significant reduction of fumonisin levels occurs during processes at temperatures > 150°C, such as those used for dry or moist maize meal production (Scott & Lawrence, 1995), frying maize chips (Jackson et al., 1997), baking, roasting and alkaline cooking (Castelo et al. 1998, Jackson et al. 1997, Katta et al. 1999) and flaking, cooking and toasting (de Girolamo et al., 2001). In all these studies, fumonisins were analyzed by the traditional method which does not detect the bound (hidden, masked) fumonisins.
56. Fumonisin are quite stable and are not destroyed by moderate heat (Castelo et al. 1998b), but an 80% reduction by heating at higher temperatures has been reported (Visconti et al., 1999). However, caution is required in assessing risk as it has been reported that breakdown products such as 'hydrolysed fumonisin' may be formed and these may be almost as toxic as the parent compound (EMAN, 2006).
57. Baking, frying and extrusion cooking of corn at high temperatures (> 190°C) also reduces fumonisin concentrations in foods, with the amount of reduction achieved depending on cooking time, temperature, recipe, and other factors. However, the chemical fate of fumonisins in baked, fried, and extruded foods is not well understood and it is not known if the reduced concentrations result from thermal decomposition of fumonisins or from their binding to proteins, sugars or other compounds in food matrices (Humpf and Voss, 2004).
58. Becker-Algeri et al (2013) evaluated the effects of thermal treatments on FB1 level on polished (husked white), parboiled and whole grain rice (brown, husked). Conventional cooking reduced the initial natural contamination by 80%, autoclaving artificial contaminated samples did not reduce the levels and dry heated treatment reduced 70%.

59. Bullerman et al. (2008) have shown that N-(deoxy-D-fructos-1-yl) FB1 are extruded with glucose, in addition to hydrolyzed FB1 (HFB1) and N-carboxymethyl FB1. Seefelder et al (2003) have shown that FB1 and HFB1 are able to bind to polysaccharides and proteins via their two tricarballic acid side chains. Currently, analytical methods to detect those bound fumonisins in food matrix are available
60. Voss et al (2006) evaluated the toxicity of maize grits spiked with FB1 extruded with 10% glucose fed to rats. With one exception, the fumonisin B1-spiked and fermented extrusion products caused moderately severe kidney lesions and reduced kidney weights, effects typically found in fumonisin-exposed rats. Lesions in rats fed contaminated grits after extrusion with glucose were significantly less severe and not accompanied by kidney weight changes. The authors concluded that extrusion with glucose supplementation is potentially useful for safely reducing the toxicity of fumonisins in maize-based products. Lu et al (2002) had reached the same conclusion and shown that glucose bind to fumonisins via the amino group. Dall'Asta et al. (2010), however, have found a higher amount of total detectable fumonisins in *in vitro* digested food in comparison with the nondigested matrix, an amount even higher than that calculated through the application of the hydrolysis procedure.
61. Jackson et al. (2012) summarized studies published about the fate of FB1 in maize submitted to extrusion under different conditions. The review indicated that FB1 stability during extrusion depends on the temperature, screw speed and presence of reducing sugars. They also showed that *in vivo* bioassays conducted so far indicated that extrusion, especially with glucose, is a useful tool to reduce FB1 toxicity of contaminated maize.
62. Voss et al. (2011) tested whether extrusion, with or without glucose supplementation (10%), is an efficient technique in reducing FB1 toxicity. They fed male rats with naturally contaminated extruded maize grits and found out that extrusion with glucose significantly reduced FB1 intakes and prevented the development of kidney lesions and disruption of sphingolipid metabolism.
63. Nixtamalization can reduce fumonisin concentration from 50 to 80%, with 35 to 60% of fumonisin being detected in its hydrolyzed form (Burns et al., 2008; Dombink-Kurtzman et al., 2000). A modified nixtamalization procedure, incorporating various combinations of hydrogen peroxide and sodium bicarbonate in addition to calcium hydroxide, has been reported to give a 100% reduction of FB1, however, the masa product exhibited about 60% of the toxicity of the untreated maize using a brine shrimp assay procedure (Park et al., 1996). Burns et al. (2008) suggested that mycotoxin-in-corn matrix interactions during nixtamalization reduce the bioavailability and toxicity of FB1 in rats.
64. Palencia et al (2003) found that tortillas prepared using the traditional nixtamalization method of Mayan communities contained FB1, FB2 and FB3 and their hydrolyzed counterparts. There were equimolar amounts of FB1 and HFB1 in the tortillas, but the total fumonisins were reduced by 50%. They also found a reduced sphinganine elevation in cells treated with extracts of tortillas compared with cells treated with extracts of contaminated maize.
65. Voss et al. (2013) showed with *in vivo* experiments that nixtamalization is effective in the reduction of the potential toxicity of corn contaminated with FB1. They fed male rats, during 3 weeks, with diets containing low, medium or high levels of FB1-contaminated raw corn or alkaline cooked corn. Significantly increased sphinganine and sphingosine concentrations in the kidneys and FB1 characteristic kidney lesions were found in animals fed with uncooked for all levels tested, while in the alkaline cooked contaminated with the highest level the effects were less intense.
66. Ethanol fermentation of fumonisin contaminated maize results in very little degradation of the toxins; most of the toxins remain in the distiller's grains, thin stillage and distiller's soluble fraction (Bennett and Richard, 1996; Bothast et al., 1992). Fumonisins have also been found in beer, indicating that the toxins persist under the conditions (temperature, pH) prevailing during the brewing process (Scott & Lawrence, 1995; Hlywka & Bullerman, 1999).
67. Visconti et al. (1996) found that gamma-irradiation (15 kGy) effectively sterilized the maize flour, but caused only about a 20% reduction in its fumonisin content. Ferreira-Castro et al (2007) found possible decreased fumonisins levels by irradiating maize with 5 or 10 kGy; however, at 2 kGy, the survived fungi (36%) were able to produce more fumonisins than the fungi in the control samples. Aziz et al. (2007) found that the viable counts of *Fusarium* in seeds decreased by increasing the radiation dose levels; 7 kGy was sufficient for complete destruction of FB1 in wheat and maize.
68. In a study by D'Ovidio et al. (2007), fumonisins in naturally contaminated whole kernel and ground corn samples irradiated by both gamma and electron beam at increasing levels were not reduced significantly. However, *Fusarium* spp. was totally eliminated at 30kGray in the ground corn and at 100 kGy in whole corn. In the same study, popcorn kernels rejected from the cleaning process were popped in a microwaved, resulting in significant reduction of fumonisins.
69. Mycotoxins can be degraded or converted into less toxic molecules by biological decontamination with enzymes and selected microorganisms. More recently, biological decontamination and biodegradation of mycotoxins with microorganisms or enzymes have been used (He et al, 2010). Many species of bacteria and fungi have been shown to enzymatically degrade mycotoxins (Bata & Lasztity, 1999; Pereira et al, 2010. Black yeast strains (Duvick et al., 1998) and bacterial strains (Benedetti et al., 2006; Heintl et al., 2010) can catabolize fumonisins. However, question remains on the toxicity of products of enzymatic degradation and undesired effects of fermentation with non-native microorganisms on the quality of food (Shetty & Jespersen, 2006).

Zearalenone

70. During cleaning and sorting 84% of zearalenone could be removed (EFSA, 2011). Palpacelli et al. (2007) have shown that stone milling results in a 40-50% reduction of zearalenone in wheat flour, which was significantly lower compared to use of a modern roller mill. Wolff (2005) studied the effect of sorting, cleaning and milling on the zearalenone concentration. The by-products from cleaning the raw cereal grains (dust, hulls and others) contained 3- to 30-fold higher zearalenone concentrations than the cleaned cereal grains, while concentration in bran was up to 2-fold higher than in grain.
71. Ryu et al. (2002) showed that during the dry milling of corn, wheat, barley, and other cereals, zearalenone was found in highest amounts in fractions of the commodity that are less likely to be used for food production (germ and bran fractions). In the wet milling of corn, mycotoxins, including aflatoxin, zearalenone and fumonisins, can be found in the steep water, gluten, fiber and germ, while the starch tends to be relatively free of these mycotoxins (Lauren and Ringrose, 1997; Ryu et al., 2002). Several studies reported no detectable zearalenone in starch from wet milling (Bennett et al., 1978; Romer, 1984; Bennett et al., 1978b).
72. A wide variety of chemicals, including calcium hydroxide monomethylamine, sodium bisulfite, moist and dry ozone, chlorine gas, hydrogen peroxide, ascorbic acid, hydrochloric acid, sulfur dioxide, formaldehyde, ammonia and ammonium hydroxide, have been found to be effective (at different extents) against several *Fusarium* mycotoxins, including zearalenone, DON, T-2 toxin, and fumonisins (Visconti, 2001).
73. Heating of pure zearalenone or zearalenone contaminated grain for several hours at 150°C did not lead to a significant loss of zearalenone. Starting at 200°C a moderate degradation was observed (Lauren and Smith, 2001). Heating of zearalenone in an aqueous solution or under alkaline conditions led to degradation starting at 150°C whereas boiling in water did not influence the zearalenone content (Ryu et al., 1999).
74. According to EFSA (2011), only under alkaline conditions or during extrusion cooking (heating under a high degree of pressure) a reduction of above 40% was observed. Extrusion cooking can reduce zearalenone levels in food as well as its estrogenic activity (Ryu et al., 2002).
75. A high degradation rate was observed during extrusion of maize grits or maize meal spiked with zearalenone. Depending on the extrusion parameters (temperature, moisture content, screw speed) the zearalenone concentration was reduced by 66-83% (Ryu et al., 1999), 66-81% (Cetin and Bullerman, 2005) and 6-54% (Scudamore et al., 2008a). The loss of zearalenone seems not to be affected much by the presence of dextrose. The addition of salt resulted in higher zearalenone levels indicating a lower reduction rate (Scudamore et al., 2008a). Extrusion cooking of wheat spiked with 305 µg/kg of zearalenone resulted in a reduction rate of 3-17% depending on the parameters used (Scudamore et al., 2008b).
76. During the traditional preparation of tortillas using naturally contaminated corn the reduction ranged from 59 to 100% (Abbas et al., 1988). This strong degradation can be explained by the alkaline conditions during nixtamalization.
77. In bread-baking experiments at approximately 200°C for 30 minutes using wheat flour with a zearalenone concentration of 1-20 mg/kg, 34-40% of zearalenone was degraded. The production of instant noodles with the addition of 1% potassium carbonate resulted in a 48-62% reduction of zearalenone. In biscuits with 3% sodium bicarbonate zearalenone was decreased by 16-27% (Matsuura et al., 1981).
78. Fermentation of foods with bacteria and yeast resulted in reduction in zearalenone levels, however, this process can result in the conversion of zearalenone to more potent derivatives such as α -zearalenol (Ryu et al., 2002).
79. Zearalenone also may be transferred from contaminated grains into beer, in the brewing process (Bullerman & Bianchini, 2010; Scott, 1996), while no mycotoxins have been detected in ethanol produced from contaminated cereals (Visconti, 2001). The source of these mycotoxins could be the malted grain or adjuncts, such as corn in the form of grits or syrup, rice grits, unmalted barley, wheat starch, or sorghum grits, which are used to provide fermentable carbohydrates for the yeast (Hoseney, 1994; Scott, 1996). Kocić-Tanackov (2007) showed that during micro-malting zearalenone content increased. Zearalenone content determined in finished malt was higher than in barley.

Deoxynivalenol (DON)

80. There is a close relationship between the percentage of *Fusarium*-damage kernels and DON content (Beyer et al., 2007). Based on the analysis of Fisher-transformed r values (z_r values), *Fusarium* damage kernels had the strongest relationship with DON, with a mean r of 0.73 (Paul et al., 2005).
81. Debranning of wheat, a mechanical process by which the outer layers of wheat grains are removed prior to the milling process, is used in industrial processing as it can enhance the milling performance of wheat and the degree of refinement of flour and semolina (Dexter & Wood, 1996). However the effect of debranning and the efficiency of mycotoxin removal are variable (Cheli et al., 2013).
82. In a study of the fate of mycotoxins in wet milling for starch production investigators found either nil or trace (close to detection limits) of DON in starch (Lauren et al., 1997).

83. Milling reduces mycotoxin concentrations in fractions used for human consumption, but concentrates mycotoxins into fractions commonly used as animal feed. However, these fractions may represent promising novel food ingredients with a high value for human nutrition, too, as with bran (Cheli et al., 2013). During milling the highest concentrations of DON were found in the bran, the lowest in the reduction flour (Lancova et al., 2008).
84. Extrusion cooking of corn flour is effective (higher than 95%) for the inactivation of DON in all tested conditions: 150°C and 180°C, 15 and 30% flour moisture, with or without sodium metabisulphite addition (1%) (Cazzaniga et al., 2001).
85. Treatment of contaminated maize (4.4 mg/kg) with sodium bisulfite solutions at 80°C for 18h can reduce about 85% of DON into a its sulfonate conjugate, which appears to be nontoxic to pigs (Young et al, 1987). Other chemical treatment with hydrochloric acid, hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, ascorbic acid and ammonium carbonate, did not prove any efficiency against DON (Jouany, 2007).
86. Bakery processing has been reported to reduce DON contamination by some authors (Abbas et al. 1985, Seitz et al. 1986, Boyacioglu et al. 1993), while others suggested that DON is highly stable in this process (El-Banna et al.1983, Scott et al. 1983, 1984). Moreover, DON appeared to be very stable at 100°C at the pH of the bread (Wolf and Bullerman 1998). Baking at 210 °C for 14 min had no significant effect on DON levels according to Lancova et al. (2008). Pacin et al (2010) suggested that any reduction is a result of not only from thermal decomposition but also fermentation losses.
87. A new approach for reducing the absorption of DON from contaminated food was reported by Tamura et al. (2013). The method uses low-methoxyl pectin gel to trap the DON physically, and significantly suppressed its absorption in the gastrointestinal tract. The suppression would not affect the absorption of essential nutrients as the gel degraded in intestine. Further studies are required to formulate applications for cereal or corn-based foods contaminated with DON.

Ochratoxin A (OTA)

88. Sorting and cleaning are not important to reduce OTA content, as only 2-3% reduction of OTA in barley was achieved by cleaning (Scudamore et al., 2003).
89. Removal of the surface layers by abrasive scouring or polishing and milling to remove outer layers for white flour production lowers OTA levels, since the mycotoxin tends to be concentrated in the outer bran layers of cereals (Duarte et al, 2010).
90. OTA is a moderately heat stable molecule that can survive most food processing operations and, therefore, it appears in final and derived products (Bullerman and Bianchini, 2007). However, under certain conditions of high temperature, acidic or alkaline conditions or in the presence of enzymes breakdown can occur (Scudamore, 2005).
91. During the white bread manufacturing process, grain cleaning by scouring the removal of the bran and offal fractions decreases OTA content by up to 25%. Heat treatment during flour and bread production does not seem to affect OTA levels (Scudamore et al., 2003).
92. The stability of OTA during extrusion of contaminated whole meal wheat flour was examined using pilot scale equipment. Factors examined were temperature, moisture content, screw speed and residence time. OTA was partially stable, with breakdown increasing with temperature and moisture content. However, even under the harshest conditions likely to be used in commercial practice, maximum loss was no greater than 40%, with a residence time of about 40 seconds. The chemical properties of OTA suggest that breakdown might be affected by changes in pH and that further studies are necessary to investigate this possibility (Scudamore, 2004).
93. According to Duarte et al. (2011) autoclaving oatmeal with 50% water resulted in a loss of 74% of the OTA content, while applying the same process to dry oatmeal or rice cereal lead to greater reductions (86 e 87.5%) (Bullerman and Bianchini, 2007). The extrusion processing, largely used in breakfast cereal production, can also reduce the levels of OTA. Scudamore et al. (2004) studied the stability of OTA during extrusion of contaminated whole meal wheat flour, observing that a higher temperature and moisture content lead to a bigger OTA breakdown. Degradation was also increased by longer residence time, when lower mass flow rates were applied, because the time the product spent in the extruder was increased. However, the maximum loss observed was no greater than 40% of the initial amount of OTA (Bullerman and Bianchini, 2007).

HACCP

94. The hazard analysis and critical control point (HACCP) has become awidely recognized and recommended method for food safety assurance (WHO, 2007). This tool is of great importance to define which steps of the processing should be controlled to avoid the presence of mycotoxins in ready-to-eat products.
95. The HACCP principles are a way of operating and depend on the technical and economical capability of the implementing countries (Pitt et al., 2012). Some control measures may depend on investments in equipment and analytical control.

REFERENCIAS

Abbas HK, Mirocha CJ, Rosiles R and Carvajal M, 1988. Decomposition of zearalenone and deoxynivalenol in the process of making tortillas from corn. <i>Cereal Chemistry</i> , 65, 15-19.
Abbas, H. K., Mirocha, C. J., Pawlowsky, R. J., and Pusch, D. J., 1985, Effect of cleaning, milling and baking on deoxynivalenol in wheat. <i>Applied and Environmental Microbiology</i> , 50, 482–486.
Abbas, H.K., Zablutowicz, R.M., Horn, B.W., Phillips, N.A., Johnson, B.J., Jin, X., Abel, C.A., 2011. Comparison of major biocontrol strains of nonaflatoxigenic <i>Aspergillus flavus</i> for the reduction of aflatoxins and cyclopiazonic acid in maize. <i>Food Additives and Contaminants Part A Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment</i> 28: 198-208.
Abunrosa L, Santos L, Venancio A. Degradation of ochratoxin-A by proteases and crude enzyme extract of <i>Aspergillus niger</i> . <i>Food Biotechnol.</i> 2006;20:231-236.
Accinelli, C., Mencarelli, M., Sacca, M.L., Vicari, A., Abbas, H.K., 2012. Managing and monitoring of <i>Aspergillus flavus</i> in corn using bioplastic based formulations. <i>Crop Protection</i> 32: 30-35.
Alexander, N. J., R. H. Proctor, and S. P. McCormick, 2009: Genes, gene clusters, and biosynthesis of trichothecenes and fumonisins in <i>Fusarium</i> . <i>Toxin Rev.</i> 28, 198—215.
Aly, S.E.;Hathout, A.S. Fate of aflatoxin B1 in contaminated corn gluten during acid hydrolysis. <i>Journal of Science and Food Agriculture.</i> 91 (2011) 421-427.
Atehnkeng, J., Ojiambo, P.S., Ikotun, T., Sikora, R.A., Cotty, P.J., Bandyopadhyay, R., 2008. Evaluation of <i>atoxigenic isolates of Aspergillus flavus</i> as potential biocontrol agents for aflatoxin in maize. <i>Food Additives and Contaminants Part a-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment</i> 25:1264-1271.
Barry, D., Widstrom, N.W., Darrah, L.L., McMillian, W.W., Riley, T.J., Scott, G.E., and Lillehoj, E.B. 1991. Maize ear damage by insects in relation to genotype and aflatoxin contamination in pre-harvest maize grain. <i>J. Econ. Entomol.</i> 85(6):2492-2495.
Bata A, Laszty R (1999) Detoxification of mycotoxin contaminated food and feed by microorganisms. <i>Trends Food Sci. Technol.</i> 10: 223-228.
Becker-Algeri, T.A.; Heidtmann-Bemvenuti, R.; Hackbart, H.C.S.; Badiale-Furlong, E. Thermal treatment and their effects on the fumonisin B1 level in rice. <i>Food Control</i> , 34 (2013) 488-493.
Benedetti, R., Nazzi, F., Locci, R. and Firrao, G., 2006. Degradation of fumonisin B1 by a bacterial strain isolated from soil. <i>Biodegradation</i> 17:31-38.
Bennett, G.A. & R.A. Anderson, 1978. Distribution of aflatoxin and/or zearalenone in wet-milled corn products: a review, <i>J. Agric. Food Chem.</i> , 26(5): 1055-1060.
Bennett, G.A., E.E. Vandegrift, O.L. Shotwell, S.A. Watson & B.J. Bocan, 1978b. Zearalenone: distribution in wet-milling fractions from contaminated corn, <i>Cereal Chem.</i> , 55:455-461.
Beyer, M; Klix, M. B; Verret, J. A. Estimation mycotoxin contents of <i>Fusarium</i> -damaged winter wheat kernels. <i>International Journal of Food Microbiology</i> , 119 (3), 153-158, 2007
Boyacioglu, D., Hettiarachchy, N. S., And D'appolonia, B. L., 1993, Additives affect deoxynivalenol (vomitoxin) flour during breadbaking. <i>Journal of Food Science</i> , 58, 416-418.
Brera C, Catano C, de Santis B, Debegnach F, de Giacomo M, Pannunzi E, Miraglia M. Effect of industrial processing on the distribution of aflatoxins and zearalenone in corn-milling fractions. <i>J Agric Food Chem.</i> 2006 Jul 12;54(14):5014-9.
Brown, R.L., Menkir, A., Chen, Z-Y., Bhatnagar, D., Yu, J., Yao, H. & Cleveland, T.E. 2013. Breeding aflatoxin-resistant maize lines using recent advances in technologies – a review, <i>Food Addit. & Contam: Part A</i> , 30:8, 1382-139
Brown, R.L., Cleveland, T.E., Woloshuk, C.P., Payne, G.A., and Bhatnagar, D. 2001. Growth inhibition of a <i>Fusarium verticillioides</i> GUS strain in corn kernels of aflatoxin-resistant genotypes. <i>Appl. Microbiol. Biotechnol.</i> 57:708-711.
Brown, R.L., Cotty, P.J., Cleveland, T.E., and Widstrom, N.W. 1993. Living maize embryo influences accumulation of aflatoxin in maize kernels. <i>J. Food Protection</i> 56(11):967-971.
Bullerman LB and Bianchini A. Stability of mycotoxins during food processing. <i>Int J Food Microbiol.</i> 119:140-6, 2007.
Campbell, K.W., and White, D.G. 1995. Evaluation of corn genotypes for resistance to <i>Aspergillus</i> ear rot, kernel infection, and aflatoxin production. <i>Pl. Dis.</i> 79:1039-1045.
Castells M, Marín S, Sanchis V, Ramos AJ.. Fate of mycotoxins in cereals during extrusion cooking: a review. <i>Food Addit Contam.</i> 2005 Feb;22(2):150-7.
Castells, M. et al. Distribution of fumonisins and aflatoxins in corn fractions during industrial cornflake processing. <i>International Journal of Food Microbiology.</i> 123, 81–87, 2008.
Castells, M. et al. Distribution of total aflatoxins in milled fractions of hulled rice. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry.</i> 55, 2760–2764, 2007.
Castelo, M.M. et al. Occurrence of fumonisins in corn-based food products. <i>Journal of Food Protection.</i> 61, 704–707, 1998a.
Castelo, M.M. et al. Stability of fumonisins in thermally processed corn products. <i>Journal of Food Protection.</i> 61, 1030–1033, 1998b.

- Cazzaniga, D.; Basílico, J.C.; González, R.J.; Torres, R.L. Mycotoxin inactivation by extrusion cooking of corn flour Letters in Applied Microbiology. 33 - 2, (2001) 144–147.
- Cetin Y and Bullerman LB, 2005. Evaluation of reduced toxicity of zearalenone by extrusion processing as measured by the MTT cell proliferation assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 6558-6563.
- Cheli, F. et al. Effect of milling procedures on mycotoxin distribution in wheat fractions: A review. *LWT - Food Science and Technology*. 54:307-314, 2013.
- Chen, Z.-Y., Brown, R.L., Lax, A.R., Guo, B.Z., Cleveland, T.E., and Russin, J.S. 1999. Inhibition of plant-pathogenic fungi by a corn trypsin inhibitor over expressed in *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65(3):1320-1324.
- Chen, Z.-Y., Brown, R.L., Cleveland, T.E., Damann, K.E., and Russin, J.S. 2001. Comparison of Constitutive and Inducible Maize Kernel Proteins of Genotypes Resistant or Susceptible to Aflatoxin Production. *J. Food Protect.* 64(11): 1785-1792.
- Chen, Z.-Y., Brown, R.L., Damann, K.E., and Cleveland, T.E. 2002. Identification of unique or elevated levels of kernel proteins in aflatoxin resistant maize genotypes through proteome analysis. *Phytopathol.* 92:1084-1094.
- Chen, Z.-Y., Brown, R.L., Lax, A.R., Guo, B.Z., Cleveland, T.E., and Russin, J.S. 1998. Resistance to *Aspergillus flavus* in corn kernels is associated with a 14-kDa protein. *Phytopathol.* 88:276-281.
- Clements, M.J., Maragos, C.M., Pataky, J.K., and White, D.G. 2004. Sources or Resistance to Fumonisin Accumulation in Grain and Fusarium Ear and Kernel Rot of Corn. *Phytopathol.* 94(3):251-260.
- Cotty, P.J.; Mellon, J.E. Ecology of aflatoxin producing fungi and biocontrol of aflatoxin contamination. *Mycotoxin Research*, New Orleans, v.22, n.2, p.110-117, Jun. 2006.
- David G. Schmale, DG., Munkvold, GP. *Mycotoxins in Crops: A Threat to Human and Domestic Animal Health*. <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Mycotoxins/Pages/ManagementStrategies.aspx>, 2013
- De Arriola, M.C, De Porres, E.; CABRERA, S.; ZEPEDA, M., ROLZ, C. Aflatoxin fate during alkaline cooking of corn for tortilla preparation, *J. Agric. Food Chem.*, 1988, 36 (3), pp 530–533
- De Girolamo, A. et al. Effect of processing on fumonisin concentrations in corn flakes. *Journal of Food Protection*. 64, 701–705, 2001.
- Delwiche, S. R. et al. High-speed optical sorting of soft wheat for reduction of deoxynivalenol. *Plant Disease*. 89: 1214-1219, 2005.
- Dexter, J. E. & Wood, P. J. Recent applications of debranning of wheat before milling. *Trends in Food Science & Technology*. 7: 35-41, 1996.
- Dorner, J.W. Biological control of aflatoxin contamination in corn using a nontoxigenic strain of *Aspergillus flavus*. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v.72, n.4, p.801-804, 2009.
- Dorner, J.W. Management and prevention of mycotoxins in peanuts. *Food Additives And Contaminants*, Oxon, v.25, n.2, p.203-208, Feb. 2008.
- Dorner, J.W., Cole, R.J. and Wicklow, D.T. 1999. Aflatoxin reduction in corn through field application of competitive fungi. *J. Food Prot.* 62: 650-656.
- Dors, G.C.; Pinto, L.A.A.; Badiale-Furlong, E. Migration of mycotoxins into rice starchy endosperm during the parboiling process.(2009). *LWT. Food Science and Technology*, 42: 433-437.
- Duarte SC, Pena A, Lino CM A review on ochratoxin A occurrence and effects of processing of cereal and cereal derived food products. *Food Microbiol.* 2010 Apr;27(2):187-98.
- Duvick, J., Rood, T., Maddox, J. and Gilliam, J.T., 1998. Detoxification of mycotoxins in planta as a strategy for improving grain quality and diseases resistance: identification of fumonisin-degrading microbes from maize. In: Kohmoto, K. and Yoder, O.C. (eds.) *Molecular genetics of host-specific toxins in plant disease*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 369-381.
- Simon G. Edwards, SG. Zearalenone risk in wheat associated with pre-harvest rainfall. WMF meets IUPAC. Conference abstracts, 5-9.nov.2012, Rotterdam, Netherlands.
- Eeckhout, M.; Landschoot, S.; Deschuyffeleer, N.; Laethauwer, S.; Haesaert, G. 2013. Guidelines for prevention and control of mould growth and mycotoxin production in cereals available at: <http://en.mytox.be/wp-content/uploads/2013/09/Guidelines-for-prevention-and-control-of-mould-growth-and-mycotoxin-production-in-cereals.pdf>
- EL-BANNA, A. A., Lau, P.-Y., And SCOTT, P. M., 1983, Fate of my-cotoxins during processing of foodstuffs II - deoxynivalenol (vomitoxin) during making of Egyptian bread. *Journal of Food Protection*, 46, 484–486
- EMAN (European Mycotoxin Awareness Network). (2006). Available from <<http://193.132.193.215/eman2/index.asp>>.
- European Food Safety Authority (EFSA) - Scientific Opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. *EFSA Journal* 2011;9(6):2197.
- P. Fandohana P, Zoumenoub D, Hounhouiganb D.J., MarasasW.F.O., Wingfieldd, M.J., Helle K. Fate of aflatoxins and fumonisins during the processing of maize into food products in Benin. *International Journal of Food Microbiology* 98 (2005) 249– 259
- FAO. 2002. Good Agricultural Practices. 2nd version. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FRAVEL, D.R. Commercialization and implementation of biocontrol. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.43, p.337-59, Jul. 2005.

Furlong, E.B., et al. 1999. Aflatoxina, ocratoxina A e zearalenona em alimentos da região sul do Rio Grande do Sul. <i>Revista do Instituto Adolfo Lutz</i> , 58(2): 109.
Gorman, D.P. and Kang, M.S. 1991. Pre-harvest aflatoxin contamination in maize: resistance and genetics. <i>Plant Breed</i> 107: 1-10.
Guo BZ, Krakowsky MD, Ni X, Scully BT, Lee RD, Coy AE, Widstrom NW. 2011. Registration of maize inbred line GT603. <i>J Plant Regist.</i> 5:211–214.
Guo, B.Z., Chen, Z.-Y., Brown, R.L., Lax, A.R., Cleveland, T.E., Russin, J.S., Mehta, A.D., Selitrennikoff, C.P., and Widstrom, N.W. 1997. Germination induced accumulation of specific proteins and antifungal activities in corn kernels. <i>Phytopathol.</i> 87(11):1174-1178.
Hartinger, D. Moll, W.-D.. Fumonisin elimination and prospects for detoxification by enzymatic transformation, <i>World Mycotoxin Journal</i> , August 2011; 4 (3): 271-283
Hazel, C. M. & Patel, S. (2004). Influence of processing on trichothecene levels. <i>Toxicology Letters</i> . 153: 51-59.
He J, Zhou T, Young JC, Boland GJ, Scott PM (2010) Chemical and biological transformations for detoxification of trichothecene mycotoxins in human and animal food chains: a review. <i>Trends Food Sci. Technol.</i> 21(2): 67-76.
Headrick, J.M., and Pataky, J.K. 1991. Maternal Influence on the resistance of sweet corn lines to kernel infection by <i>Fusarium moniliforme</i> . <i>Phytopathol.</i> 81:268-274.
Heinl, S., Hartinger, D., Thamhesl, M., Kunz-Vekiru, E., Krska, R., Schatzmayr, G., Moll, W.D. and Grabherr, R., 2010. Degradation of fumonisin B1 by the consecutive action of two bacterial enzymes. <i>Journal of Biotechnology</i> 145: 120-129.
Henry, W. B., W. P. Williams, G. L. Windham, and L. K. Hawkins, 2009: Evaluation of maize inbred lines for resistance to <i>Aspergillus</i> and <i>Fusarium</i> ear rot and mycotoxin accumulation. <i>Agron. J.</i> 101, 1219—1226.
Huang, Z., White, D.G., and Payne, G.A. 1997. Corn seed proteins inhibitory to <i>Aspergillus flavus</i> and aflatoxin biosynthesis. <i>Phytopathol.</i> 87:622-627
Humpf, H.U. and Voss, K.A. Effects of thermal food processing on the chemical structure and toxicity of fumonisin mycotoxin. <i>Molecular Nutrition & Food Research</i> . 48: 255–269, 2004.
Hwang, J.H & Lee, K.G. Reduction of aflatoxin B1 contamination in wheat by various cooking treatments.(2006) <i>Food Chemistry</i> , 98: 71-75
ISAKEIT, T. Prevention of aflatoxin contamination of corn using af-36 or afla-guard®. Available in: http://amarillo.tamu.edu/files/2010/11/09_FS_FC004_Atoxigenic.pdf . Accessed on 10-17-2013.
Jackson, L.S. et al. Effect of thermal processing on the stability of fumonisins. Pages 345-353 in: <i>Fumonisin in Food</i> . L. S. Jackson, J. W. DeVries, and L. B. Bullerman, eds. Plenum Press, New York. 1996.
Jackson, L.S., Katta, S.K., Fingerhut, D.D., DeVries, J.W. and Bullerman, L.B., 1997. Effects of baking and frying on the fumonisin B1 content of corn-based foods. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 45: 4800-4805.
Jackson, L.S.; Voss, K.A. Ryu, D. Effects of different extrusion conditions on the chemical and toxicological fate of fumonisin B1 in maize: a short review. World Mycotoxin Journal , v.5, n.3, p.251-260, 2012.
Jalili, M.; Jinap, S. Role of sodium hydrosulphite and pressure on the reduction of aflatoxins and ochratoxin A in black pepper. (2012) <i>Food Control</i> , 27: 11-15.
Jouany, J.P. Methods for preventing, decontaminations and minimizing the toxicity of mycotoxins in feed. <i>Animal Feed Science and Technology</i> 137 (2007) 342-362.
Kabak, B., Dobson, A. D. W., & Var, I. (2006). Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. <i>Critical Reviews in Food Science and Nutrition</i> , 46(8), 593-619.
King, ED, Bassi, Jr. AB, Ross, DC, Druebbisch B. An industry perspective on the use of “atoxigenic” strains of <i>Aspergillus flavus</i> as biological control agents and the significance of cyclopiazonic acid. <i>Toxin Reviews</i> , 2011; 30(2–3): 33–41
Kocić-Tanackov, SD - Zearalenone production during micro-malting of barley. <i>Proc. Nat. Sci., Matica Srpska Novi Sad</i> , 113, 27-34, 2007.
KÖHL, J., J. POSTMA, P. NICOT, M. RUOCCO AND B. BLUM. Stepwise screening of microorganisms for commercial use in biological control of plant-pathogenic fungi and bacteria. <i>Biological Control</i> , 57, 1–12, 2011.
KOMALA, V.V.; RATNAVATHI, C.V.; KUMAR, V.B.S.; DAS, I.K.(2012) Inhibition of aflatoxin B1 production by antifungal component, eugenol in stored sorghum grains. <i>Food Control</i> , 26: 139-146.
Kommedahl, T. and Windels, C. E. 1981. Root-, stalk-, and ear-infecting <i>Fusarium</i> species on corn in the USA. Pages 94-103 in: P. E. Nelson, T. A. Toussoun, and R. J. Cook, eds. <i>Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy</i> . Pennsylvania State University, University Park.
Kushiro, M. Effects of milling and cooking process on the deoxynivalenol content in wheat. <i>International Journal of Molecular Sciences</i> . 9: 2127–2145, 2008.
Lancova K, Hajslova J, Kostelanska M, Kohoutkova J, Nedelnik J, Moravcova H, Vanova M. Source Fate of trichothecene mycotoxins during the processing: milling and baking. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.</i> 2008 May;25(5):650-9

Lanubile, A., P. Luca, and M. Adriano, 2010: Differential gene expression in kernels and silks of maize lines with contrasting levels of ear rot resistance after <i>Fusarium verticillioides</i> infection. <i>J. Plant Physiol.</i> 167, 1398—1406.
Lauren DR and Smith WA, 2001. Stability of the <i>Fusarium</i> mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol and zearalenone in ground maize under typical cooking environments. <i>Food Additives & Contaminants</i> , 18, 1011-1016.
Lauren, D.R., Ringrose, M.A., 1997. Determination of the fate of three <i>Fusarium</i> mycotoxins through wet-milling of maize using an improved HPLC analytical technique. <i>Food Additives and Contaminants</i> 14 (5), 435–443.
Magan, N.; Hope, R.; Caims, V.; Aldred, D., 2003. Post-Harvested fungal ecology impact of fungal growth and mycotoxins accumulations in stored grain. <i>European Journal of Plant Pathology</i> 109, 720-730
Maiorano, A.; Reyneri, A.; Sacco, D.; Magni, A. and Ramponi, C. 2009. A dynamic risk assessment model (FUMAgain) of fumonisin synthesis by <i>Fusarium verticillioides</i> in maize grain in Italy. <i>Crop Protection</i> 28: 243-256.
Maitree Suttajit, Ph.D Prevention and control of mycotoxins disponível em: http://www.fao.org/documents/en/empty.jsp?cx=018170620143701104933%3Azn2zurhzcta&cof=FORID%3A11&q=Maitree+Suttajit%2C+Ph.D&search_radio=docRep&x=13&y=12 : Consulta em 06/08/2013.
Matsuura Y, Yoshizawa T and Mrooka N, 1981. Effect of food additives and heating on the decomposition of zearalenone in wheat flour. <i>Journal of the Food Hygienic Society of Japan</i> , 22, 293-298.
Maupin, L.M., Clements, M.J., and White, D.G. 2003. Evaluation of the MI82 corn lines as a source of resistance to aflatoxin accumulation in grain and use of BGYF as a selection tool. <i>Pl. Dis.</i> 87:1059-1066.
MEDEIROS, F.H.V.; MARTINS, S.J.; ZUCCHI, T.D.; MELO, I.S.; BATISTA, L.R.; MACHADO, J.C. Biological control of mycotoxin-producing molds <i>Ciênc. agrotec.</i> , Lavras, v. 36, n. 5, p. 483-497, set./out., 2012.
MÉNDEZ-ALBORES, A.; VELES-MEDINA, J.; URBINA-ÁLVAREZ, E.; MARTÍNEZ-BUSTOS, F.; MORENO-MARTÍNEZ, E. (2009) Effect of citric acid on aflatoxin degradation and functional and textural properties of extruded sorghum. <i>Animal Feed Science and Technology</i> , 150: 316-329.
Miller, J. D. 1994. Epidemiology of <i>Fusarium</i> ear diseases of cereals. p. 19-36. In J. D. Miller and H. L. Trenholm (eds). <i>Mycotoxins in Grain – Compounds other than Aflatoxin</i> . Eagan Press, St. Paul, MN.
Miller, J.D. 2001. Factors that affect the occurrence of fumonisin. <i>Environ. Health Perspect</i> 109 Suppl 2: 321-323.
Munkvold, G.P. 2003. Epidemiology of <i>Fusarium</i> diseases and their mycotoxins in maize. <i>Eur. J. Plant Pathol.</i> 109:705-713.
Munkvold, G.P. and Desjardins, A.E. Fumonisin in maize. Can we reduce their occurrence?
Munkvold, G.P.; Hellmich, R.L. and Rice, L.G. 1999. Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. <i>Plant Dis.</i> 83: 130-138.
Murphy, P. A. et al. Effect of processing on fumonisin content of corn. Pages 323-334 in: <i>Fumonisin in Food</i> . L. S. Jackson, J. W. Devries, and L. B. Bullerman, eds. Plenum Press, New York. 1996.
Murphy, P.A., Rice, L.G. and Ross, P.F., 1993. Fumonisin B1, B2, and B3 content of Iowa, Wisconsin, and Illinois corn and corn screenings. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 41: 263-266.
Naidoo, G., Forbes, A.M., Paul, C., White, D.G., and Rocheford, T.R. 2002. Resistance to <i>Aspergillus</i> ear rot and aflatoxin accumulation in maize F1 hybrids. <i>Crop Sci.</i> 42:360-364.
Niderkorn V, Boudra H, Morgavi DP (2006) Binding of <i>Fusarium</i> mycotoxins by fermentative bacteria in vitro. <i>Appl. Environ. Microb.</i> 101: 849-856.
NUNES C., J. USALL, N. TEIXIDÓ, M. ABADIAS, I. VIÑAS, 2002. Improved control of postharvest decay of pears by the combination of <i>Candida sake</i> (CPA-1) and ammonium molybdate. <i>Phytopathology</i> 92(3), 281–7.
Pacin, A. ET al. Effect of the bread making process on wheat flour contaminated by deoxynivalenol and exposure estimate. <i>Food Control.</i> 21: 492–495, 2010.
Palpacelli V, Beco L and Ciani M, 2007. Vomitoxin and zearalenone content of soft wheat flour milled by different methods. <i>Journal of Food Protection</i> , 70, 509-513.
Park JW, Lee C, Kim YB. Fate of aflatoxin B1 during the cooking of Korean polished rice. <i>J Food Prot.</i> 2005 Jul;68(7):1431-4.
Park, D. L. et al. Reduction of risks associated with fumonisin contamination in corn. Pages 335-344 in: <i>Fumonisin in Food</i> . L. S. Jackson, J. W. Devries, and L. B. Bullerman, eds. Plenum Press, New York. 1996.
Parsons, M.W. and Munkvold, G.P. 2010. Associations of planting date, drought stress, and insects with <i>Fusarium</i> ear rot and fumonisin B1 contamination in California maize. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo. Risk Assess.</i> 27: 591-607.
Pereira P, Nesci A, Castillo C, Etcheverry M (2010) Impact of bacterial biological control agents on fumonisin B1 content and <i>Fusarium verticillioides</i> infection of field-grown maize. <i>Biol. Control.</i> 53: 258-266.
Pérez-Flores, G.C., Moreno-Martínez, E. and Méndez-Albores, A. (2011), Effect of Microwave Heating during Alkaline-Cooking of Aflatoxin Contaminated Maize. <i>Journal of Food Science</i> , 76: T48–T52.

- Pitt, J.I. 2006. Fungal ecology and the occurrence of mycotoxins, p. 33-41. *In* H. Njapau, S. Trujillo, H. P. van Egmond and D. L. Park (eds). *Mycotoxins and Phycotoxins: Advances in Determination, Toxicology and Exposure Management*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- Pitt, J.I.; Taniwaki, M.H.; Cole, M.B. Mycotoxin production in major crops as influenced by growing, harvesting, storage and processing, with emphasis on the achievement of food safety objectives. *Food Control*. 32 (2013) 205-215.
- Pitt, J.I.; Wild, C.P.; Baan, R.A.; Gelderblom, W.C.A.; Miller, J.D.; Riley, R.T. and Wu, F. 2012. Improving public health through mycotoxin control. International Agency for Research on Cancer N° 158. Lyon: IARC, France.
- Placinta, C.M. et al. A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Animal Feed Science and Technology*. 78, 1999.
- Prandini A, Sigolo S, Filippi L, Battilani P, Piva G. Review of predictive models for *Fusarium* head blight and related mycotoxin contamination in wheat. *Food and Chemical Toxicology* 47 (2009) 927–931.
- Probst, C.; Bandyopadhyay, R.; Price, L.E. and Cotty, P.J. 2011. Identification of Atoxigenic *Aspergillus flavus* Isolates to Reduce Aflatoxin Contamination of Maize in Kenya. *Plant Disease* 95: 212-218.
- Robertson-Hoyt, L. A., Betrán, J., Payne, G. A., White, D. G., Isakeit, T., Maragos, C. M., & Holland, J. B. 2007. Relationships among resistances to *Fusarium* and *Aspergillus* ear rots and contamination by fumonisin and aflatoxin in maize. *Phytopathol.* 97(3):311-317.
- Romer, T., Detecting mycotoxins in corn and corn-milling products, *Feedstuffs*, 56(37): 22-23
- Ryu D, Hanna MA and Bullerman LB, 1999. Stability of zearalenone during extrusion of corn grits. *Journal of Food Protection*, 62, 1482-1484.
- Ryu, D., Jackson, L.S., Bullerman, L.B., 2002. Effects of processing on zearalenone. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 504, 205–216.
- Santiago, R., Cao, A., Malvar, R. A., Reid, L. M., & Butrón, A. 2013. Assessment of corn resistance to fumonisin accumulation in a broad collection of inbred lines. *Field Crops Research*, 149:193-202.
- Schaafsma, A.W. and Hooker, D.C., 2006. Application in forecasting deoxynivalenol in wheat using DONcast. p. 211- 222. *In* D. Barug, D. Bhatnagar, H. P. Van Egmond, J. W. Van der Kamp, W. A. Van Osenbruggen and A. Visconti (ed). *The mycotoxin factbook*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Schaafsma, A.W. and Hooker, D.C., 2007. Climatic models to predict occurrence of *Fusarium* toxins in wheat and maize. *International Journal of Food Microbiology* 119: 116–125.
- Scott, P. M., Kanhere, S. R., Lau, P. Y., Dexter, J. E., And Greenhalgh, R., 1983, Effects of experimental flour milling and breadbaking on retention of deoxynivalenol (vomitoxin) in hard Red
- Scott, P. M., Kanhere, S. R., Dexter, J. E., Brennan, P. W., And Trenholm, H. L., 1984, Distribution of the trichothecene mycotoxin deoxynivalenol (vomitoxin) during the milling of naturally contaminated hard red spring wheat and its fate in baked products. *Food Additives and Contaminants*, 1, 313-323.
- Scott, P.M. (1996): Mycotoxins transmitted into beer from contaminated grains during brewing, *J. AOAC Int.* 179(4): 875-882.
- Scott, P.M. and Lawrence, G.A., 1994. Stability and problems in recovery of fumonisins added to corn-based foods. *Journal of AOAC International* 77: 541-545.
- Scudamore KA, Banks J, MacDonald SJ. Fate of ochratoxin A in the processing of whole wheat grains during milling and bread production. *Food Addit Contam.* 2003 Dec;20(12):1153-63.
- Scudamore KA, Banks JN, Guy RC. Fate of ochratoxin A in the processing of whole wheat grain during extrusion. *Food Addit Contam.* 2004 May;21(5):488-97.
- Scully BT, Guo BZ, Ni X, Williams WP, Henry WB, Krakowsky MD, Brown RL. 2012. Development of aflatoxin and insect resistant corn inbreds adapted to the Southern U.S.
- Seltz, L. M., EUSTACE, W. D., MOHR, H. E., SHOGREN, M. D., And YAMAZAKI, W. L., 1986, Cleaning, milling and baking tests with hard red winter wheat containing deoxynivalenol. *Cereal Chemistry*, 63, 146-150.
- Shetty PH, Jespersen L (2006) *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria as potential mycotoxin decontamination agents. *Trends Food Sci. Technol.* 17: 48-55
- STILES J, BULLERMAN LB. Inhibition of *Fusarium* species and mycotoxin production by *Bacillus pumilus* NEB1 and *Lactobacillus rhamnosus* VT1. Proceedings of 13th International Reinhardtsbrunn Symposium. *In*: Modern Fungicides and Antifungal Compounds III Agro Concept GmbH. Dehne HW, Gisi U, Kuck KH, Russell PE, Bonn LH (Eds), Germany, May 14-18, 2002.
- Sweets, L. 2013. Stored Grain Fungi Available at: <http://agebb.missouri.edu/storage/disease/sgfungi.htm> Sydenham, E. W. et al. Potential of alkaline hydrolysis for the removal of fumonisins from contaminated corn. *J. Agric. Food Chem.* 43:1198-1201, 1995.
- Sydenham, E.W., Van der Westhuizen, L., Stockenstrom, S., Shephard, G.S. and Thiel, P.G., 1994. Fumonisin-contaminated maize: physical treatment for the partial decontamination of bulk shipments. *Food Additives and Contaminants* 11: 25-32.

Tamura, C., Nakauma, M.; Furusawa, H.; Kadota, T.; Kamata, Y.; Nishijima, M., Itoh, S.; Sugita-Konishi, Y. Formulation of a pectin gel that efficiently traps mycotoxin deoxynivalenol and reduces its bioavailability <i>Carbohydrate Polymers</i> 93 (2013) 747–752.
TANGNI, EK, PUSSEMIER, L. Ochratoxin A and citrinin loads in stored wheat grains: Impact of grain dust and possible prediction using ergosterol measurement. <i>Food Additives and Contaminants</i> , 2006, 23(2): 181–189.
Taniwaki, M.H. and Pitt, J.I. 2013. Mycotoxins. Chapter 23. p. 597-618. In: <i>Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers</i> . Doyle, M.P. & Buchanan, R.L. eds. 4 th ed. ASM Press: Washington, D.C.
TSITSIGIANNIS, D.I.; DIMAKOPOULOU, D.; ANTONIOU, P.P.; TJAMOS, E.C. Biological control strategies of mycotoxigenic fungi and associated mycotoxins in Mediterranean basin crops - <i>Phytopathologia Mediterranea</i> , 51 (1): 158-174, 2012.
Tubajika, K. M. and Damann, K. E. 2001. Sources of Resistance to Aflatoxin Production in Maize. <i>Journal Agric. Food Chem.</i> 49(5):2652-2656.
Vigers, AJ, Roberts, WK., Selitrennikoff, C.P. 1991. A new family of plant antifungal proteins. <i>Molecular Plant-Microbe Interactions</i> 4:315-323.
Visconti, A. et al. Mycotoxins of growing interest, Fumonisin. In <i>Third Joint FAO/WHO/UNEP International Conference on Mycotoxins</i> Tunis, Tunisia, 3–6 March. 1999.
Visconti, A. Problems associated with <i>Fusarium</i> mycotoxins in cereals. <i>Bulletin of the Institute for Comprehensive Agricultural Sciences, Kinki University</i> . Vol.:Nº.9; 39-55 (2001).
VKM -Norwegian Scientific Committee for Food Safety. 2013. Risk assessment of mycotoxins in cereal grain in Norway Available at: http://www.vkm.no/dav/eee04d10c4.pdf Wolf, C. E., And Bullerman, L. B., 1998, Heat and pH alter the concentration of deoxynivalenol in an aqueous environment. <i>Journal of Food Protection</i> , 61, 365-367.
Voss, K.A.; Riley, R.T.; Jackson, L.S.; Jablonski, J.E.; Bianchini, A.; Bullerman, L.B.; Hanna, M.A.; Ryu, D. Extrusion cooking with glucose supplementation of fumonisin-contaminated corn grits protects against nephrotoxicity and disrupted sphingolipid metabolism in rats. <i>Molecular Nutrition & Food Research</i> , v.55, p. 312-320, 2011
Voss, K.A.; Riley, R.T.; Moore, N.D.; Burns, T.D. Alkaline cooking (nixtamalisation) and the reduction in the in vivo toxicity of fumonisin-contaminated corn in a rat feeding bioassay. <i>Food additives and Contaminants: Part A</i> , v.30, n.8, p. 1415-1421, 2013.
WELLER, D. M. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. <i>Annual Review of Phytopathology</i> , 26:379-407, 1988.
Widstrom, N.W., McMillian, W.W., and Wilson, D.M. 1987. Segregation for resistance to aflatoxin contamination among seeds on an ear of hybrid maize. <i>Crop Sci.</i> 27:961-963.
Widstrom, N.W., Wiseman, B.R., McMillian, W.W., Kwolek, W.F., Lillehoj, E.B., Jellum, M.D., and Massey, J.H. 1978. Evaluation of commercial and experimental three-way corn hybrids for aflatoxin B1 production potential. <i>Agron. J.</i> 70:986-989.
Williams W.P. and Windham G.L. 2012. Registration of Mp718 and Mp719 germplasm lines of maize. <i>J Plant Regist.</i> 6:200–202.
Williams, W. P., and G. L. Windham, 2009: Diallel analysis of fumonisin accumulation in maize. <i>Field Crops Res.</i> 114, 324–326.
Wolff J, 2005. Effects of handling and processing on deoxynivalenol and zearalenone content of cereals and cereal products. <i>Mycotoxin Research</i> , 21, 246-250.
Yahl, K.R., S.A. Watson, R.J. Smith & R. Barabolok, Laboratory wet-milling of corn containing high levels of aflatoxin and a survey of commercial wet-milling products, <i>Cereal Chem.</i> , 48:385-391.
YIN, Y. et al. Biological control of aflatoxin contamination of crops. <i>Journal of Zhejiang University. Science B</i> , Hangzhou, v.9, n.10, p.787-792, 2008.
Young, J.C.; Trenholm, H.L.; Friend, D.W.; Prelusky, D.B., 1987. Detoxification of deoxynivalenol with sodium bisulfate and evaluation of the effects when pure mycotoxin or contaminated corn was treated and given to pigs. <i>J. Agric. Food Chem.</i> 35, 259-261.
Zhang, Y., Y.-E. Choi, X. Zou, and J.-R. Xu, 2011: The FvMK1 mitogen-activated protein kinase gene regulates conidiation, pathogenesis, and fumonisin production in <i>Fusarium verticillioides</i> . <i>Fungal Genet. Biol.</i> 48, 71–79.

APÉNDICE IV
LISTA DE PARTICIPANTES

Presidencia
Brasil

Ms Ligia Lindner Schreiner

Specialist on Regulation and Health Surveillance
National Health Surveillance Agency
General Office of Food
SIA Trecho 5 Area Especial 57 Bloco D - 2 Andar
71205-050 Brasilia
BRAZIL
Tel: +556134625399
Fax: +556134625313
E-mail: ligia.schreiner@anvisa.gov.br

Co-Chair

Estados Unidos de América
Nega Beru

Director, Office of Food Safety
Center for Food Safety and Applied Nutrition
U.S. Food and Drug Administration
5100 Paint Branch Parkway
College Park, MD 20740
1240 403 2021 (Phone)
E-mail: nega.beru@fda.hhs.gov

ARGENTINA / ARGENTINE

Ing. Gabriela Alejandra Catalani

Punto Focal del Codex Argentina
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Azopardo 1025,
Piso 11, Oficina 8, Buenos Aires (CP 1063 ACW), Argentina
E-mail: gcatal@minagri.gob.ar / codex@minagri.gob.ar

Ms. Silvana Ruarte

Head of Food Chemical Analysis
National Administration of Drugs, Food and Medical Technology
Ministry of Health
Estados Unidos, 25
1101 Buenos Aires City
Argentina
Tel: +541143400800
Fax: +541143400800
E-mail: sruarte@anmat.gob.ar

AUSTRALIA / AUSTRALIE

Dr. Leigh Henderson

Section Manager, Product Safety Standards
Food Standards Australia New Zealand
Level 3, 154 Featherstone Street
Wellington 6011 NEW ZEALAND
Tel: +64 4 978 5650
E-mail: leigh.henderson@foodstandards.gov.au

AUSTRIA / AUTRICHE

Ms. DI Elke Rauscher-Gabernig

Austrian Agency for Health and Food Safety Division Data
Statistics and Risk Assessment
Spargelfeldstr. 191 A-1220 Vienna, Austria
E-mail: elke.rauscher-gabernig@ages.at

BOTSWANA

Dr. Ken D. Johnstone

Head of Chemistry Department
National Food Technology Research Centre
Tel: (+267) 5445539
Fax: (+267) 5440713
E-mail: www.naftec.org / kenneth@naftec.org /
kenjohnstone@gmail.com
Postal Address: Private Bag 008, Kanye, Botswana

Hussein Tarimo

E-mail: htarimo@gov.bw or hhttarimo@yahoo.co.uk

BRAZIL / BRÉSIL / BRASIL

Adriana Palma de Almeida - Scientific Researcher at Instituto
E-mail: Adolfo.Lutz - apalma@ial.sp.gov.br

Professor Andrezza Maria Fernandes - São Paulo University
E-mail: andrezzaf@usp.br

Beatriz T. Iamanaka

Scientific Researcher at ITAL
E-mail: beatriz@ital.sp.gov.br

Professor Deise Helena Baggio Ribeiro

Universidade Federal de Santa Catarina
E-mail: deise@cca.ufsc.br

Professor Eliana Badiale Furlong

Universidade Federal do Rio Grande
E-mail: dqmebf@super.furg.br

Professor Eloisa Dutra Caldas

University of Brasilia
College of Health Sciences
E-mail: eloisa@unb.br

Professor Maria Antonia Calori Domingues

São Paulo University
E-mail: macdomin@esalq.usp.br

José Maurício Fernandes

E-mail: Scientific Researcher at Embrapa trigo
E-mail: mauricio.fernandes@embrapa.br

Laercio Goularte

E-mail: lgoularte@sfdk.com.br

Marta H. Taniwaki

Scientific Researcher at ITAL
E-mail: marta@ital.sp.gov.br

CANADA / CANADÁ

Carla Hilts

Chemical Health Hazard Assessment
Division Bureau of Chemical Safety
Food Directorate Health Products and Food Branch Health
E-mail: carla.hilts@hc-sc.gc.ca@ins.gov.ca

Ian Richard

Scientific Evaluator
Bureau of Chemical Safety
Food Directorate
Health Canada
E-mail: ian.richard@hc-sc.gc.ca

Ms. Becky McMullin

Director, R & D & Tech Services
Heinz Canada LP
75 Erie Street South
Leamington ON N8H 3W8
Tel: 519-322-4051
E-mail: becky.mcmullin@ca.hjheinz.com

CHINA / CHINE

Prof. Peiwu Li

General Director
Key Lab of Detection for Mycotoxins, Ministry of Agriculture
Quality & Safety Inspection and Test Center of Oilseeds
Products, MOA, PRC Oil Crops Research Institute, CAAS, PRC
E-mail: peiwuli@oilcrops.cn

Zhihui Zhao Professor

Institute for Agri-Food Standards and Testing Technology
Shanghai Academy of Agricultural Sciences
Add: No.1000 Jinqi Road, Shanghai, 201403, P.R.China
Mobile: 18918162068/ Tel: 021-52235463
Fax: 021-62203612
E-mail: zhao9912@hotmail.com

Mr. Yongning WU

Professor, Chief Scientist
MOH Key Lab of Food Safety Risk Assessment
China National Center of Food Safety Risk Assessment (CFSA)
7 PanjiayuanNanli
100021 Beijing
CHINA
Tel: 86-10-67779118 or 52165589
Fax: 86-10-67791253 or 52165489
E-mail: wuyongning@cfsa.net.cn / china_cdc@aliyun.com

Mr. Jinguang LI

Professor
MOH Key Lab of Food Safety Risk Assessment
China National Center of Food Safety Risk Assessment
7 PanjiayuanNanli
100021 Beijing
CHINA
Tel: 86-10-67791253
E-mail: lijg@cfsa.net.cn

Ms. Shuan ZHOU

MOH Key Lab of Food Safety Risk Assessment
China National Center of Food Safety Risk Assessment (CFSA)
7 PanjiayuanNanli
100021 Beijing
CHINA
Tel: 86-10-67791253
E-mail: zhoush@cfsa.net.cn

Ms. Yi SHAO

Research Associate
Division II of Food Safety Standards
China National Center of Food Safety Risk Assessment (CFSA)
Building 2
No.37, Guangqulu, Chanoyang District
100022 Beijing
CHINA
Tel: 86-10-52165421
E-mail: shaoyi@cfsa.net.cn

EUROPEAN UNION / UNION EUROPÉENNE /
UNIÓN EUROPEA**Mr. Frans Verstraete**

European Commission
Health and Consumers Directorate-General
Tel: +32 - 2 - 295 63 59
E-mail: frans.verstraete@ec.europa.eu / codex@ec.europa.eu

FRANCE / FRANCIA

Mrs. Patricia Dillmann

Ministry of Economics
E-mail: patricia.dillmann@dgccrf.finances.gouv.fr

Mr. David Brouque

Ministry of Agriculture
E-mail: david.brouque@agriculture.gouv.fr

GERMANY / ALLEMAGNE / ALEMANIA

Dr. Christine Schwake-Anduschus

Max Rubner-Institut
Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide
Schützenberg 12
32756 Detmold
Tel: 05231 741 132
E-Mail: christine.schwake-anduschus@mri.bund.de

INDIA / INDE

Dr. Lata

Principal Scientist, Division of Microbiology
Indian Agricultural Research Institute, New Delhi
Contact No: 91-11-25847649
E-mail: latambio@yahoo.com

Dr. Sangit Kuamr

Principal Scientist
Directorate of Maize Research, PUSA, New Delhi
E-mail: kumar_sangit@yahoo.co.in

IRAN / IRÁN

Mansooreh Mazahery

Senior Expert of Mycotoxins and Iran Secretariat of CCCF & CCGP
E-mail: man2r2001@yahoo.com / m_mazaheri@standard.ac.ir

NIGERIA / NIGÉRIA

Dr. Hussaini Anthony Makun

Associate Professor of Biochemistry
Deputy Chairman of University Board of Research,
Federal University of Technology,
P.M.B 65, Minna, Nigeria
Tel: +2348035882233

JAPAN / JAPON / JAPÓN

Mr. Wataru Iizuka

Assistant Director
Standards and Evaluation Division, Department of Food Safety,
Ministry of Health, Labour and Welfare
1-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku Tokyo 100-8916, Japan
Phone: +81-3-3595-2341 Fax: +81-3-3501-4868
E-mail: codexj@mhlw.go.jp

Mr. Tetsuo Urushiyama

Assistant Director
Food Safety and Consumer Policy Division, Food Safety and
Consumer Affairs Bureau, Ministry of Agriculture, Forestry and
Fisheries
1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku Tokyo 100-8907, Japan
Phone: +81-3-3502-8732 Fax: +81-3-3507-4232
E-mail: tetsuo_urushiyama@nm.maff.go.jp
[copy to: codex_maff@nm.maff.go.jp](mailto:copy_to:codex_maff@nm.maff.go.jp)

Ms. Mikiko Hayashi

Section Chief
Animal Products Safety Division, Food Safety and Consumer
Affairs Bureau, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku Tokyo 100-8907, Japan
Tel: +81-3-6744-1708 Fax: +81-3-3502-8275
E-mail: mikiko_hayashi@nm.maff.go.jp

MEXICO / MEXIQUE / MÉXICO

Pamela Suárez Brito

Gerente de Asuntos Internacionales en Inocuidad Alimentaria.
Dirección Ejecutiva de Operación Internacional
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos
Sanitarios. Secretaría de Salud
E-mail: psuarez@cofepris.gob.mx

Daniela Inocencio Flores
Enlace de Alto Nivel de Responsabilidad en Inocuidad
Alimentaria
Dirección Ejecutiva de Operación Internacional
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
Secretaría de Salud
E-mail: dinocencio@cofepris.gob.mx

REPUBLIC OF KOREA / RÉPUBLIQUE DE CORÉE /
REPÚBLICA DE COREA**Kiljin Kang**

Deputy director
E-mail: gjgang@kora.kr

Hayun Bong

Codex Researcher
E-mail: catharina@korea.kr

RUSSIAN FEDERATION / FÉDÉRATION DE RUSSIE /
FEDERACIÓN DE RUSIA

Irina Sedova

Senior researcher of the Institute of Nutrition RAMS
E-mail: isedova@ion.ru

SUDAN / SOUDAN / SUDÁN

Gaafar Ibrahim

National Expert(Mycology)
Co-chair National Codex Committee
Sudanese standard & metrology organization
Mobile No:+249912888440
E-mail: Gaafaribrahim80@yahoo.com /
gaafaribrahim80@hotmail.com

Ibtihag Bor Eltom

Manager of Mycotoxins Center
Mobile:+24915388777
E-mail: ibtihagelmustafa@gmail.com

Nafisa Ahmed Khalifa

Tel:+24923002323
E-mail: ansfeesa34@yahoo.com

THAILAND / THAÏLANDE / TAILANDIA

Mrs. Chutiwan Jatupornpong

Standards officer, Office of Standard Development,
National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards,
50 Phaholyothin Road, Ladyao, Chatuchak,
Bangkok 10900 Thailand
Tel: (+662) 561 2277
Fax (+662) 561 3357, (+662) 561 3373
E-mail: codex@acfs.go.th and chutiwan9@hotmail.com

UNITED STATES OF AMERICA / ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE /
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Dr. Kathleen D'Ovidio

Center for Food Safety and Applied Nutrition
U.S. Food and Drug Administration
5100 Paint Branch Parkway
College Park, MD 20740
Tel: 1240 402 1529
E-mail: Kathleen.D'Ovidio@fda.hhs.gov

Dr. Henry Kim

Center for Food Safety and Applied Nutrition
U.S. Food and Drug Administration
5100 Paint Branch Parkway
College Park, MD 20740
Tel: 1240 402 2023
E-mail: Henry.Kim@fda.hhs.gov

FOOD DRINK EUROPE

Patrick Fox

Tel: +3225008756
E-mail: p.fox@fooddrinkeurope.eu

INTERNATIONAL ALLIANCE OF DIETARY / FOOD
SUPPLEMENT ASSOCIATIONS (IADSA)

Yi Fan Jiang

Tel: +65 6681 0105
E-mail: yifanjiang@iadsa.org

INTERNATIONAL COUNCIL OF GROCERY
MANUFACTURERS ASSOCIATION (ICGMA)

Susan Abel

Vice President Safety and Compliance
Food & Consumer Products of Canada
100 Sheppard Avenue East, Suite 600
Toronto, ON M2N 6N5
Office: 416-510-8756
Cell: 647-242-8802
E-mail: susana@fcpc.ca
www.fcpc.ca
@FCPC1

Adrienne T. Black, Ph.D., DABT

Senior Manager, Science Policy and Chemical Safety
Grocery Manufacturers Association
1350 I Street NW, Suite 300
Washington, DC 20005
Tel: (202) 639-5972
E-mail: ablack@gmaonline.org

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL
SPECIFICATION FOR FOODS (ICMSF)

Dr. Marta H. Taniwaki

E-mail: marta@ital.sp.gov.br

Dr. Leon Gorris

E-mail: Leon.Gorris@unilever.com

INTERNATIONAL SPECIAL DIETARY FOODS INDUSTRIES
(ISDI)

Mr. Xavier Lavigne

Secretary General
E-mail: xavierlavigne@isdi.org