

Mycotoxins in the food chain and their impact on health

Micotoxinas en la cadena alimenticia y su impacto en la salud

Autores:

Vallejo-López, Alida Bella
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC
PhD en Ciencias de la salud
Magister en Diseño Curricular
Licenciada en Imagenología
Facultad de Ciencias de la Salud y Desarrollo Humano
Samborondón - Ecuador



avallejo@ecotec.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-7859-5268>

Flores-Murillo, Carlos Rene
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC
Magister en Educación Superior
Ingeniero Químico
Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica
Samborondón – Ecuador



cflores@ecotec.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-1507-9113>

Moran-Mosquera, Dennis
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL
Magister en Nutrición y Dietética mención en
Nutrición comunitaria
. Guayaquil Ecuador



dr.dennismoran@gmail.com



<https://orcid.org/0000-0001-7869-1866>

Fechas de recepción: 11-ENE-2025 aceptación: 11-FEB-2025 publicación: 15-MAR-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

Las micotoxinas son agentes contaminantes, presentes en todos los niveles de la cadena de alimentos, se generan desde su producción en el campo, en el su almacenamiento, durante su procesamiento, transporte o comercialización. Existen factores que influyen en el desarrollo de ellas, las micotoxinas tienen una gran variedad de tipos que afectan de diversas formas los órganos y la funcionalidad de los seres vivos. La ingesta de estos alimentos contaminados afectan la salud de las personas a nivel mundial y constituyen una problemática que debe ser analizada para prevenir la generación de enfermedades y problemas de salud.

El objetivo del presente artículo es analizar la presencia de las micotoxinas en los alimentos, a través de la revisión de información científica para reconocer los riesgos de su consumo y la generación de enfermedades.

Material y Método: Se realizó una revisión bibliográfica de artículos de fuentes como PubMed, Google Académico, Scielo, Redalyc y autores especializados entre otros, se obtuvieron 33 artículos de los cuales se consideraron 25 para realizar este artículo.

Conclusión: Considerando la información analizada, se debe tomar medidas para alertar a la población, del potencial riesgo que significa consumir alimentos contaminados con micotoxinas ya que podrían generar enfermedades, alteraciones y complicaciones en la salud.

Palabra clave: Micotoxina; Enfermedad; Riesgo; Alimento; Cáncer



Abstract

Mycotoxins are contaminating agents, present at all levels of the food chain; they are generated from production in the field, storage, processing, transportation or marketing. There are factors that influence their development; mycotoxins have a wide variety of types that affect the organs and functionality of living beings in various ways. The intake of these contaminated foods affects the health of people worldwide and constitutes a problem that must be analyzed to prevent the generation of diseases and health problems.

The objective of this article is to analyze the presence of mycotoxins in foods, through the review of scientific information to recognize the risks of their consumption and the generation of diseases.

Material and Method: A bibliographic review of articles from sources such as PubMed, Google Scholar, Scielo, Redalyc and specialized authors among others was carried out, 33 articles were obtained, of which 25 were considered for this article.

Conclusion: Considering the information analyzed, measures must be taken to alert the population of the potential risk of consuming foods contaminated with mycotoxins since they could generate diseases, alterations and health complications.

Key words: Mycotoxin; diseases; risk; food; cancer



Introducción

Las micotoxinas se presentan en la naturaleza, son compuestos químicos estables que se producen a partir del metabolismo secundario de algunos géneros de hongos, cuando existen las condiciones propicias. Son productos de bajo peso molecular que se originan, principalmente, al final de la fase exponencial o al inicio de la fase estacionaria de crecimiento de los hongos. Las micotoxinas aparecen en toda la cadena alimentaria, (Mallmann, 2007).

Existe una variedad muy amplia de micotoxinas que puede afectar a la salud humana, su presencia en los alimentos depende de factores, como la humedad y la temperatura, niveles de oxígeno, las especies de hongos y el sustrato.

Las micotoxinas pueden contaminar los alimentos, materias primas utilizadas para su elaboración, originando un grupo de enfermedades y trastornos, denominados micotoxicosis (Bennett JW, Klich M.2003).

Las micotoxinas son difíciles de eliminar por su elevada estabilidad química, para reducir su presencia en los alimentos y disminuir la exposición humana al ingerirlos, se recomiendan medidas de la prevención aplicando buenas prácticas de higiene (CBP).

Las micotoxicosis son las intoxicaciones producidas por el consumo de alimentos con micotoxinas, por contacto con la piel y por inhalación en ambientes muy cargados. Pueden ser agudas o subagudas o crónicas. (Romero-Sánchez et al., 2022 a).

La Organización Mundial de la salud considera que las micotoxina son un peligro al ser capaces de contaminar los alimentos en perjuicio de la salud humana. (Organización Mundial de la Salud, 2018). En el nuevo siglo se requiere fomentar mayor conciencia de la importancia de preservar y proteger los recursos naturales y alimentarios, considerando la importancia de mantener una producción sustentable en el mundo. (Peñañiel. M; Vallejo A 2018).

Objetivo general. Analizar la presencia de las micotoxinas en los alimentos, a través de la revisión de información científica para reconocer los riesgos de su consumo y la generación de enfermedades.

Material y método: Se realizó una revisión bibliográfica de artículos de fuentes como PubMed, Google Académico, Scielo, Redalyc y autores especializados entre otros, se obtuvieron 33 artículos de los cuales se consideraron 25 para realizar este artículo.

Desarrollo

Las micotoxinas

La palabra Micotoxina, deriva del griego mikos y del latin toxicum, que significan hongo y tóxico



respectivamente. Las funciones naturales de las micotoxinas no están claras, se cree que aumentan la habilidad para eliminar otros microorganismos cuando compiten en el mismo ambiente, se considera que podría incrementar la capacidad parásita para infectar al hospedador, siendo muy activas frente a plantas (fitotoxinas), animales (micotoxinas) y microorganismos (antibióticos), inhibiendo su crecimiento e incluso produciendo su muerte cuando compiten con éstos por los nutrientes y por el hábitat. (Maldonado. L. 2020). Se piensa que ayudan a los hongos patógenos a invadir los tejidos del hospedero (Brase et al., 2009). Algunos estudios informan también que las micotoxinas se descomponen y pierden su toxicidad después de un tiempo, sin embargo, algunos tipos de micotoxinas pueden tardar varios años en degradarse, exponiendo a graves riesgos a los que consuman los productos durante su tiempo de permanencia en los alimentos.

Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por varios hongos filamentosos. Pueden contaminar plantas o alimentos animales, lo que resulta en una pérdida significativa de valor nutricional y comercial. (Rahim Khan, 2024).

Se pueden encontrar en la cadena alimentaria, tanto en los cultivos del campo, como en los alimentos procesados. (Mallmann, 2007) Entre los alimentos sin procesar susceptibles de la contaminación por micotoxinas se encuentran los cereales, semillas oleaginosas, frutas, verduras, frutos secos, frutas desecadas, café, cacao y especias.

Entre los alimentos procesados, se encuentran especialmente los productos a base de cereales (pan, pasta, cereales de desayuno, etc.), las bebidas (vino, café, cacao, cerveza, zumos), los alimentos de origen animal (leche, queso) y los alimentos infantiles. (García Olivares, 2019). Los subproductos obtenidos de la materia prima como el cacao que son ampliamente usados en diversidad de productos de consumo masivo, podrían haber estado contaminados. (Flores. C Peñafiel M).

El hombre al ingerir los alimentos y llevarlos a su tracto gastrointestinal para extraer y asimilar los nutrientes durante el proceso de digestión, se expone a amenazas biológicas y no biológicas que pueden haber contaminado los alimentos, entre ellos se puede mencionar a las micotoxinas. Y aunque los humanos viven en simbiosis con múltiples microorganismos que habitan normalmente en su tracto gastrointestinal, las micotoxinas representan un grave riesgo para la salud del ser humano. (Vallejo, A et al 2022).

Un problema global

Los hongos con capacidad toxigénica se consideran un problema inevitable de difícil solución. Se han identificado más de 400 micotoxinas que pertenecen a diferentes categorías y se originan de diferentes hongos, siendo las más comunes la aflatoxina, la zearalenona deoxinivalenol, la ocratoxina, la patulina y la fumonisina. Debido a su tamaño (entre 2 y 100 micras), son invisibles a simple vista



y pueden permanecer en el aire indefinidamente, la más mínima brisa puede transportarlas fácilmente a grandes distancias y al interior de casas y edificios.

El principal riesgo surge desde la cadena alimenticia, cuando inicia el proceso de producción de alimentos en el campo, se forman principalmente durante el cultivo, cosecha, almacenamiento e inclusive en el transporte de los alimentos, en algunos casos puede darse inclusive en varias etapas a la vez). Cada país ha propuesto regulaciones para la cantidad de aflatoxinas en los alimentos siendo que estas son las más representativas se ha mencionado que en los Estados Unidos el máximo permitido es de 15-20 mg/kg en alimentos y 0.5 en leche; la comunidad Europea considera un valor máximo de 5mg/kg y 0.5 mg/kg respectivamente; la mayoría de países latinoamericanos tiene regulaciones muy laxas, por ejemplo Colombia que acepta concentraciones del orden de 50mg/kg.

La Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima que las micotoxinas afectan a una cuarta parte de los cultivos a nivel mundial, incluyendo alimentos básicos como el maíz, semillas de algodón y frutos secos. Es menor pero no menos importante la contaminación de productos de origen animal como los huevos, la carne o la leche como consecuencia de la ingestión de forraje contaminados con micotoxinas por parte de los animales.

La legislación europea establece niveles máximos de micotoxinas permitidos que varían dependiendo del alimento. En el caso de cereales y productos derivados se establece como límite máximo 2 µg/kg para AFB1, y 4 µg/kg para la suma de las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2. A nivel mundial, por lo menos 99 países han establecido reglamentos que definen los límites tolerados para las micotoxinas en productos vegetales, las principales reglamentaciones en diversos países van dirigidas a las aflatoxinas. La población total en los países con reglamentos representó aproximadamente el 87 % de los habitantes del mundo. En América Latina se sabe que 19 países, que representan el 91 % de la población de la región, cuentan con reglamentaciones específicas sobre micotoxinas. En el Mercado Común del Sur (MERCOSUR), el llamado bloque comercial integrado por países como Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay existen reglamentos en común 117 control de micotoxinas en alimentación y salud pública para las aflatoxinas. Los reglamentos para aflatoxinas en los alimentos son a menudo fijados para el total de las aflatoxinas B 1, B 2, G 1 y G 2. En América del Norte en los Estados Unidos y el en Canadá desde hace muchos años están vigentes reglamentos para las micotoxinas y se implementan técnicas avanzadas de muestreo y análisis. En ambos países, los límites para las aflatoxinas se han fijado para la detección conjunta de aflatoxinas B 1, B 2, G 1 y G 2. En Europa, 39 países, representando aproximadamente el 99% de la población del continente, contaban con reglamentos específicos para micotoxinas en el año 2004. En la (UE), Unión Europea existen reglamentos armonizados para las aflatoxinas en diversos alimentos, para la aflatoxina M 1 en la



leche, para la ocratoxina A en los cereales y en los frutos secos de la vid, para la patulina en el jugo de manzana y en productos de la manzana y para la aflatoxina B 1 en diversas raciones. Se han fijado límites guía para el deoxinivalenol en los cereales y en los productos derivados de cereales. Se sabe que en el continente Africano 15 países cuentan con reglamentos específicos para las micotoxinas. Veintiséis países en Asia/Oceanía cuentan con reglamentos específicos para las micotoxinas (88% de la población de la región). Los reglamentos para las aflatoxinas totales son los dominantes en los alimentos, en tanto que prevalecen en las raciones los reglamentos para la aflatoxina B 1. Australia y Nueva Zelanda han armonizados sus reglamentos para las micotoxinas. De lejos, los reglamentos más extensos y detallados se encuentran en China y en la República Islámica de Irán. (Reglamento 2023/915; Reglamento 2024/1022).

Tipos de Micotoxinas

Las micotoxinas pueden agruparse según el género de moho que las produce o a su estructura química. Las diferentes micotoxinas son producidas principalmente por cuatro géneros de hongos: *Aspergillus* (aflatoxinas, ocratoxina A, patulina), *Fusarium* (zearalenona, deoxinivalenol, nivalenol, fumosinas, etc.), *Penicillium* y *Alternaria*. Aunque existen otros géneros como *Petromyces*, *Rosellina*, *Claviceps*, *Citrinina*, *Phomopsis*, *Pithomyces*, *Stachybotrys*, *Monascus Mucor*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Myrothecium*, y *Pyrenophora*, especies productoras de micotoxinas. (AESAN, 2024). Una misma especie de moho puede producir varias micotoxinas, y la misma toxina puede ser producida por distintas especies (Khan, 2024).

En el año 1977 la FAO reportó las micotoxinas de mayor importancia: Aflatoxinas, ocratoxinas, citrinina, zearalenona, patulina, tricotecanos y esterigmatocistina. (Astoviza & Socarrás, 2005).

Efectos de las Micotoxinas

Los efectos adversos de los mohos y los hongos se conocían ya desde la antigüedad (Vergilius PM. et al 1994). El estudio de los hongos como tóxicos se inició en los años 60 con una intoxicación masiva que provocó la muerte de 100 000 aves en Inglaterra por la ingestión de alimento preparado con harina de maíz contaminada con *Aspergillus flavus*, detectándose un metabolito altamente tóxico al que denominaron aflatoxina, que poco tiempo después produjo la muerte a 106 personas de 397 que se intoxicaron. (Romero-Sánchez et al., 2022b).

Cuando las micotoxinas son ingeridas, pueden producir efectos perjudiciales a la salud, en especial por sus propiedades carcinogénicas, teratogénicas, estrogénicas, anabolizantes, mutagénicas, hemorrágicas, gastrointestinales, nutricionales o en el riñón. (Mallmann, 2007).

Los efectos perjudiciales para los seres humanos y los animales incluyen una menor ingesta de alimentos, menor fertilidad, mayor riesgo de aborto, respuesta inmune deteriorada y mayor aparición



de enfermedades. Otro factor es la temperatura que oscila entre los 20-25 °C, requiere de un pH entre 4 y 8 y una humedad relativa de 80 a 90 % (Bankole SA, Mabekoje 2004.).

Algunas micotoxinas producen efectos toxicológicos por exposición a las mismas a largo plazo y otras que presentan, además, efectos agudos (principalmente gastrointestinales), como el deoxinivalenol, son también inmunodepresoras, reduciendo la resistencia a enfermedades infecciosas. (Romero-Sánchez et al., 2022a). Los efectos de las micotoxinas en la salud dependen de la cantidad, el tiempo de exposición, la interacción con otras sustancias tóxicas y la susceptibilidad genética, pueden causar: Cáncer, genotoxicidad, mutagenicidad, efectos estrogénicos, inmunodepresión, problemas gastrointestinales, problemas hepáticos, problemas renales.

El cáncer constituye la segunda causa de muerte en Cuba, una de sus causas es una alimentación incorrecta, dentro de la cual se encuentra la ingestión de alimentos contaminados con micotoxinas; se debe tratar de tomar medidas dentro de lo posible para evitar esta enfermedad. (Peraica, Radic, & Lucic, 2000).

Entre los signos medibles y perceptibles tenemos: Prolongación del intervalo P-R del EKG, bloqueo de rama derecha, episodio febril leve, anorexia, vómitos, ictericia, edema de las extremidades superiores, hígado palpable, ascitis, hemorragia GI masiva, fiebre, edema pedio, hepatomegalia, esplenomegalia, taquicardia, dolor a la palpación del hígado, macula papular no pruriginosa (Peraica, Radic, & Lucic, 2000).

Discusión

La OMS hace énfasis en que los mohos no crecen en alimentos debidamente secos y almacenados. Los procesos de secado de materiales solidos pueden realizarse en lotes, especialmente cuando se trata de productos sensibles a la humedad, ya que requiere de un control preciso de las condiciones del secado, para ello se puede utilizar el secador de bandeja discontinuo.(Flores et al 2024).

Se considera que la exposición a una sustancia genotóxica en cualquier nivel podría causar un daño potencial al ADN y conllevar la aparición de cáncer. El enfoque basado en el margen de exposición (MOE) proporciona una indicación del nivel de peligro sanitario sobre la presencia de una sustancia en los alimentos sin cuantificar el riesgo. El uso del MOE puede ayudar a los gestores del riesgo a definir las posibles acciones necesarias para mantener la exposición a dichas sustancias tan baja como sea posible. El Comité Científico de la EFSA declara que un MOE de 10.000 o mayor para las sustancias genotóxicas y cancerígenas presenta un nivel bajo de peligro para la salud pública.

En tanto que para las sustancias no genotóxicas, un MOE de 100 o más normalmente indica que no existe peligro para la salud pública. Las aflatoxinas se relacionan con enfermedades hepáticas. La toxicidad de ocratoxina y fumonisina en humanos y animales está muy extendida en África.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en conjunto con la Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer (WHO-IARC, por sus siglas en inglés) han evaluado los efectos de las aflatoxinas, y en 1993, las clasificaron en:

Grupo 1 Mezcla natural que favorece el desarrollo del cáncer de hígado (WHO-IARC, 1993). Existen casos de aflatoxicosis agudas con manifestaciones clínicas que incluyen vómito, dolor abdominal, edema pulmonar e infiltración de grasa (Wu et al., 2014).

En occidente de la India en 1970, el consumo de maíz contaminado causó envenenamiento y provocó la muerte de al menos 97 personas (Krishnamachari, Bhat, Nagarajan y Tilak, 1975). En 2004, el maíz contaminado con aflatoxinas causó uno de los brotes más grandes de aflatoxicosis en Kenia, resultando en 317 casos de intoxicación y 125 muertes (Azziz-Baumgartner et al., 2005).

Se ha demostrado que la ingesta de alimentos contaminados con aflatoxinas en mujeres en etapa de lactancia condujo a un menor peso y talla de los bebés lactantes (Mahdavi, Nikniaz, Arefhosseini y Vahed-Jabbari, 2010). Se ha asociado la intoxicación infantil con vulnerabilidad a enfermedades infecciosas y deficiencias en el aprendizaje (Khlanguiset, Shephard y Wu, 2011). La exposición a aflatoxinas (dosis-dependiente) también ha sido relacionada con el retraso en el crecimiento infantil, una condición en la cual la altura de los niños está por debajo de la referencia de crecimiento establecida por la Organización Mundial de la Salud (WHO-IARC, 1993).

Fumonisinias.- Descubiertas en 1988. Se ha relacionado la fumonisina B1 (FB1) con la presentación de cáncer esofágico en humanos, leucoencefalomalacia en equinos y edema pulmonar porcino entre otros. Son producidas por *Fusarium verticillioides* (moniliforme), inhiben la síntesis de ceramida sintetasa, sustancia que es importante para la biosíntesis de esfingolípidos, que tienen múltiples funciones en el cuerpo (formando membranas, induciendo o inhibiendo la proliferación celular, etc.). Presentes en el mundo, el cultivo más afectado es el maíz. su exposición prolongada genera enfermedades como leucoencefalomalacia en caballos, edema pulmonar, reducción de la ganancia de peso y daño del hígado en cerdos. (Sydenham, Marasas, Shephard, Thiel y Hirooka, 1992; Rotter et al., 1996). En Sudáfrica se observó que desarrollaron cáncer de esófago de manera inusual por consumo de maíz contaminado con grandes cantidades de fumonisinias. (Missmer et al., 2006).

Están presentes en casi la totalidad de las materias primas y alimentos utilizados en la alimentación de animales, se considera que producen daño en el organismo del animal y pueden transmitirse al

hombre, ya que están en cualquier punto de la cadena alimenticia, desde la siembra y cosecha hasta en la carne y leche que se consume.

Las aflatoxinas. Son potentes agentes cancerígenos y están distribuidos ampliamente en la naturaleza. Dentro de las especies de hongos que producen aflatoxinas se encuentran: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium puberalis* y *Aspergillus oryzae*. En 1967 fueron reportadas las especies *Aspergillus niger*, *Aspergillus gruber*, *Aspergillus wentii*, *Penicillium frequentans*, *Penicillium variable* y *Penicillium citrinum* como productores de aflatoxinas por Nulik y Holiday.

El género *Aspergillus* corresponde a un conjunto de hongos filamentosos hialinos, miembros anamórficos de la familia Trichocomaceae, distribuidas en la naturaleza en substratos o en suspensión en el ambiente por lo que el ser humano está continuamente expuesto a su inhalación, puede causar un amplio espectro de infecciones en el ser humano que van desde las formas superficiales (otitis externas fúngicas, onicomycosis, queratomycosis, infecciones de heridas y quemaduras) a la aspergilosis profunda, siendo capaces de producir problemas respiratorios, invasora que es la que plantea los mayores retos diagnósticos al microbiólogo y al clínico. (Campoverde R. et al 2022).

Las aflatoxinas en forma cristalina son muy estables al calor, pero en presencia de humedad y elevada temperatura se destruyen en determinado período de tiempo. Se destruye parte de la aflatoxina mediante el proceso de tostado. Las aflatoxinas tienen efectos tóxicos inmediatos, además de inmunosupresores, mutagénicos, teratogénicos y carcinogénicos. El principal órgano diana de los efectos tóxicos y carcinogénicos es el hígado. También inducen tumores en riñón, colon y pulmón.

Estudios a nivel del mundo han encontrado relación estadísticamente significativa entre el nivel de contaminación con aflatoxinas y el cáncer de hígado, en especial en individuos con una dieta nutricional deficiente. En estudios revelaron presencia de aflatoxinas en el cerebro y los pulmones de niños fallecidos por Kwashiorkor y en niños que fallecieron por otras enfermedades. En 1966 se demostró que las aflatoxinas inhiben el DNA y el RNA, la inhibición de la mitosis y la producción de alteraciones cromosómicas, evidencian su efecto como agente carcinogénico, teratogénico y mutagénico. La aflatoxina una vez absorbida en el intestino delgado es transportada por los glóbulos rojos y las proteínas plasmáticas hasta el hígado vía portal, donde es metabolizada por las enzimas oxidasas que las biotransforman en metabolitos, algunos altamente reactivos que tienen la capacidad de unirse covalentemente con centros nucleofílicos de macromoléculas celulares como el DNA, RNA, y proteínas. Esto es un riesgo biológico para la célula. (Astoviza & Socarrás, 2005).

Tricoticeños (TCT). Son producidos por varias especies del género *Fusarium* spp.; son de distribución mundial y contaminan cereales como avena, trigo, cebada y maíz. Los TCT tienen múltiples órganos blanco, causando lesiones y alteraciones muy variadas como inmunosupresión, la



neurotoxicidad y la disminución en la absorción de nutrientes. El mecanismo de toxicidad de los tricotocenos, es la inhibición de la síntesis de proteínas y de ADN y ARN, por la unión de los TCT a la peptidil transferasa, parte integral de la subunidad 60S del ribosoma.

Zearalenona (ZEA). Es una lactona ácida resorcílica producida por diferentes especies del género *Fusarium* spp. Es una micotoxina de distribución mundial y los principales sustratos afectados son trigo, maíz, sorgo, cebada y alimentos preparados para ganado y aves.

La capacidad de la ZEA para acoplarse a los receptores del 17- β -estradiol ha determinado la acción tóxica de esta micotoxina, que compite con los estrógenos por los receptores citosólicos de las células de los órganos blanco y se une a estos, comportándose como un disruptor endocrino. En humanos se ha relacionado el consumo de ZEA con la presentación de pubertad precoz en niñas y aumento del tamaño de los órganos reproductores en niños. (Duarte-Vogel & Villamil-Jiménez, 2010).

Alternativas para Descontaminación

Los procedimientos para eliminar o neutralizadas micotoxinas de los alimentos en contaminación evidente de alimentos son:

Métodos Físicos. Es un proceso en el cual se separan y seleccionan granos dañados, decolorados o con una visible contaminación fúngica. Los tratamientos mediante segregación por densidad y de flotación en medio acuoso, reducen muy significativamente el contenido de aflatoxinas (AFs) en granos de maíz y cacahuete, así como los niveles de deoxinivalenol (DON) y zearalenona (ZEA) en maíz y trigo. Se recomienda Inactivación por Calor, con el inconveniente de la termorresistencia que las micotoxinas presentan, se necesita temperaturas superiores a los 100oC para la destrucción de ocratoxinas, patulina, fumonisinas y zearalenonas entre otras. Particularmente las aflatoxinas tienen altas temperaturas de degradación que van desde 237oC a 306oC. La vomitoxina o deoxinivalenol presentan una resistencia superior a los 150oC se considera también su tiempo de aplicación extenso. Por ejemplo, la torrefacción de los granos de café verde a 200oC durante 12 min provoca una reducción del 79% en el contenido de aflatoxinas, mientras que al cabo de 15 minutos, el 94% de la toxina se transforma en otros compuestos.

Los agentes Adsorbentes son aquellos que tienen la capacidad de quelar las micotoxinas. Hay dos tipos principales de adsorbentes de micotoxinas:

Los Adsorbentes Inorgánicos o minerales que son generalmente arcillas o polímeros a base de silice como las Bentonitas, Zeolitas, Tierra de diameas entre otros, poseen una afinidad hacia la zearalenona y la T-2 de tan solo el 30%. El carbón activado adsorbe diferentes micotoxinas con relativa eficacia (aflatoxina, ocratoxina A y fumonisinas).



Los Adsorbentes Orgánicos que incluyen a los extractos de pared celular de levaduras o de bacterias acidolácticas y partes de plantas fibrosas. El uso de suplementos, entre las que destacan especies de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* que son capaces de minimizar por procesos metabólicos la concentración de aflatoxinas con la posibilidad de eliminarlas.

Se ha investigado y descrito sobre la radiación gamma en la inactivación de las aflatoxinas en la harina de maíz contaminada con AFB 1 la cual tuvo una reducción del metabolito entre el 75% y el 100% tras la aplicación de la radiación gamma a una dosis de 1 a 10 KGy respectivamente.

Métodos Químicos. Entre los para inactivar aflatoxinas de los alimentos se pueden utilizar sales inorgánicas y ácidos orgánicos, destacando el uso del hidróxido de calcio, de carbohidratos, de bisulfito, ozono, amoniaco o compuestos fungistáticos. En la actualidad el uso de amoniaco (amonificación) es el proceso de descontaminación que destruye un 90% de las aflatoxinas).

La Nixtamalización es un proceso precolombino de tratamiento del maíz para las tortillas de maíz tradicionales en México mediante la cocción de los granos de maíz en una solución acuosa de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), enfriando y efectuando sucesivos lavados reduce del 75% al 90% el contenido de aflatoxinas del grano, transformándolas en metabolitos no tóxico como las aflatoxinas B 2a y G 2a.

La aplicación de un Tratamiento Térmico y la adición de azúcares reductores permiten reducir la concentración de fumonisinas. Uno de los métodos promisorios es la Ozonización que degrada y descontamina el maíz de la presencia de aflatoxinas, asimismo se utilizan Fungicidas que inhiben el crecimiento y proliferación de los hongos micotoxigénicos, los productos más empleados son el ácido propiónico y sus sales cálcica y sódica.

Métodos Biológicos.- Los microorganismos no patógenos pueden ser utilizados como agentes biológicos de control, así por ejemplo, mediante cepas fúngicas no aflatoxigenicas de *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* se logra una competencia natural con las cepas micotoxigénicas, produciendo una reducción en la contaminación por aflatoxinas cercana al 99%, en cacahuets. Asimismo la AFB 1 presente en aceites vegetales, maíz y derivados se degradada tras la inoculación de *Flavobacterium aurantiacum*, además la aplicación de las mezclas probióticas preparadas con cepas de *Lactobacillus* y *Propionibacterium* reduce la presencia de aflatoxinas en la dieta.

La adición de Enzimas Biotransformadoras que modifica a la micotoxina en compuestos de menor toxicidad o ninguna toxicidad con respecto a la toxina original.

Inclusive se ha estudiado que varias plantas medicinales contribuyen a la degradación de las aflatoxinas B 1, G 1, B 2 y G 2 como los extractos de *Trachyspermum ammi* además de diversos Aceites Esenciales de especies de Rutáceas y de Labiadas.



Conclusión

Se considera que se debe alertar a las cadenas productivas de alimentos para que tomen medidas de prevención y control para evitar que los productos se contaminen con micotoxinas generando problemas de salud que podría tener graves consecuencias, como alteraciones carcinogénicas, teratogénicas y mutagénicas, con esta evidencia se reconoce que las micotoxinas son un enemigo silencioso.

Referencias Bibliográficas

Bibliografía

- Astoviza, M. B., & Socarrás, M. M. (2005). Micotoxinas y cáncer. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*.
- Rahim Khan, Mycotoxins in food: Occurrence, health implications, and control strategies-A comprehensive review, *Toxicon*, Volume 248, 2024, 108038, ISSN 0041-0101, <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.108038>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004101012400610X>)
- Duarte-Vogel, S., & Villamil-Jiménez, L. C. (2010). Micotoxinas en la Salud Pública. *Revista de Salud Pública*.
- LabTest. (2012). Labtest Online. Obtenido de <https://labtestsonline.es/conditions/infecciones-por-hongos>
- Mallmann, D. (2007). *AviNews*. Obtenido de <https://avicultura.info/micotoxinas-se-escapan-de-nuestro-control/>
- Organización Mundial de la Salud. (09 de Mayo de 2018). World Health Organization. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
- Peraica, M., Radic, B., & Lucic, A. (2000). Efectos tóxicos de las micotoxinas en el ser humano. *Bulletin of the World Health Organization*.
- Sanjay, R. G. (2017). *Manual MSD versión para profesionales*. Obtenido de <https://www.msmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/hongos/f%C3%A1rmacos-antimic%C3%B3ticos>
- Bankole SA, Mabekoje OO2004. Presencia de aflatoxinas y fumonisinas en maíz precosecha del sudoeste de Nigeria . *Aditivo alimentario*. contacto 21 : 251–255. doi: 10.1080/02652030310001639558 [PubMed] [CrossRef] [Google Académico]



Darwish WS, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Ishizuka M. An overview on mycotoxin contamination of foods in Africa. 2014;76(6):789-97.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4108760/>

Maldonado Lilian Edith 2020 Fumonisin en muestras de harina de maíz comercializadas en Resistencia-Chaco: Comparación de un método comercial rápido de ensayo inmunoenzimático (ELISA) con el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), de referencia para la detección y cuantificación”

https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27603/RIUNNE_FMED_TM_Maldonado_E.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bennett JW, Klich M. Mycotoxins. Clin Microbiol Rev. 2003; (16): 497-516.

<https://www.scrip.org/%28S%28lz5mqp453edsnp55rrgjt55%29%29/reference/referencepapers.aspx?referenceid=987970>

Bezuidenhout SC, Gelderblom WCA, Gorst-Allman CP, Horak RM, Marasas WFO, Spiteller G, et al.. Structure elucidation of the fumonisins, mycotoxins from *Fusarium moniliforme*. J Chem Soc Chem Commun .1988; 743-5.

Campoverde-Espinoza, R. A., Vallejo-López, A. B., & Ramírez-Morán, L. D. (2022). *Aspergillus* como agente de infecciones respiratorias . MQR Investigar, 6(4), 771–786.

<https://doi.org/10.56048/MQR20225.6.4.2022.771-786>

Cawood ME, Gelderblom WC, Vleggaar R, Behrend Y, Thiel PG, Marasas WF. Isolation of the fumonisin mycotoxins: a quantitative approach. J Agric Food Chem. 1991; 39 (11): 1958-62.

Flores Murillo, C. R., & Peñafiel Pazmiño, M. E. (2019). Propiedades bromatológicas, sensoriales y físicas de yogurt suplementado con mucílago de cacao. RECIMUNDO, 3(3), 1342–1353.

[https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(3\).septiembre.2019.1342-1353](https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(3).septiembre.2019.1342-1353)

Flores-Murillo, C. R., Ochoa-Celi, J. A., & Santamaría-Robles, L. B. (2024, November 11). La ingeniería química pilar multidisciplinario en diversas industrias. Editorial Grupo AEA.

Retrieved from <https://www.editorialgrupo-aea.com/index.php/EditorialGrupoAEA/catalog/book/103>

Seo JA, Lee YW. Natural occurrence of the C series of fumonisins in moldy corn. Appl Environ Microbiol.1999; 65 (3): 1331-34.



Reglamento - 2023/915 - ES - EUR-Lex (2023). [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0915&qid=1720111587130)

[lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0915&qid=1720111587130](https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0915&qid=1720111587130)

Reglamento - UE - 2024/1022 - ES - EUR-Lex (2024). [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1022&qid=1720111646519)

[lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1022&qid=1720111646519](https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1022&qid=1720111646519)

García Olivares, J. A. (2019). IMPORTANCIA DE LAS MICOTOXINAS EN LA INDUSTRIA PECUARIA.

Peñafiel-Pazmiño Magaly Elizabeth y Vallejo-López Alida Bella (2018): “Educación ambiental en las universidades, retos y desafíos ambientales”, Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible (octubre 2018). En línea: <https://www.eumed.net/rev/delos/32/magaly.html/hdl.handle.net/20.500.11763/delos32magaly>

[html/hdl.handle.net/20.500.11763/delos32magaly](https://www.eumed.net/rev/delos/32/magaly.html/hdl.handle.net/20.500.11763/delos32magaly)

Romero-Sánchez, I., Ramírez-García, L., Gracia-Lor, E., & Madrid-Albarrán, Y.

(2022a). Simultaneous determination of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in commercial rices using immunoaffinity column clean-up and HPLC-MS/MS. Food Chemistry, 395, 133611. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133611>

Romero-Sánchez, I., Ramírez-García, L., Gracia-Lor, E., & Madrid-Albarrán, Y.

(2022b). Simultaneous determination of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in commercial rices using immunoaffinity column clean-up and HPLC-MS/MS. Food Chemistry, 395, 133611. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.133611>

Vallejo López, A. B., Kou Guzmán, J., Muñoz Villacres, L. P., & Chicaiza Chilingua, M. W. H. (2022).

Microbiota y su papel en el sistema inmunológico. RECIAMUC, 6(2), 48-58.

[https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(2\).mayo.2022.48-58](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(2).mayo.2022.48-58)

Brase et al., 2009; Abrunhosa et al., 2014; Adam, Wiesenberger y Guldener, 2015.



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior

