


Determinación de aflatoxinas en especias, ingredientes y mezclas de especias usados en la formulación de productos cárnicos comercializados en la Ciudad de México



Montserrat Lizeth Ríos Barragán ^a

José Fernando González Sánchez ^a

Rey Gutiérrez Tolentino ^a

Arturo Camilo Escobar Medina ^{ab}

José Jesús Pérez González ^a

Salvador Vega y León ^{a*}

^a Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Calzada del Hueso No. 1100, Colonia Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, 04960, Ciudad de México, México.

^b Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). La Habana, Cuba.

*Autor de correspondencia: svega@correo.xoc.uam.mx

Resumen:

Las aflatoxinas son sustancias tóxicas producidas por algunas especies de hongos que suponen un grave peligro para la salud humana, en especial la aflatoxina B1 que es uno de los principales analitos encontrados en alimentos y está catalogado como cancerígeno. El objetivo de este estudio fue proporcionar información sobre la presencia de aflatoxinas totales en especias, ingredientes y mezclas de especias usados para la formulación de productos cárnicos y productos cárnicos comercializados en la Ciudad de México, empleando un método de ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA). Se analizaron 50 muestras contra aflatoxinas totales. El 61 % de especias e ingredientes fueron positivas a

aflatoxinas totales en concentraciones de 0.07 a 4.24 $\mu\text{g}/\text{kg}$; las mezclas de especias fueron positivas el 75 %, en cantidades de 0.6 a 1.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y los productos cárnicos sólo el 3.5 % fueron positivos a aflatoxinas totales. Las muestras con mayor prevalencia de aflatoxinas totales fueron chile y pimentón. Todos los resultados presentaron concentraciones inferiores al límite máximo establecido por la Unión Europea de 10 a 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para aflatoxinas totales; lo que no constituye un problema de salud pública actual en las condiciones analizadas. Se recomienda el uso del sistema ELISA como método de pesquiseo y posterior confirmación por cromatografía líquida con detección fluorescente, así como contar con un programa de monitoreo para evaluar la presencia de aflatoxinas y otras micotoxinas; además existe la necesidad de una regulación oficial mexicana para micotoxinas en especias considerando el alto consumo de chile en la población mexicana.

Palabras clave: Aflatoxinas, Especias, Productos cárnicos, ELISA.

Recibido: 05/10/2019

Aceptado: 06/01/2021

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la carne es un producto de origen animal que aporta nutrientes de gran valor a la dieta, entre los que se encuentran proteínas, aminoácidos indispensables, grasas, vitaminas y minerales⁽¹⁾. Con la elaboración de productos cárnicos se aprovecha al máximo la carne y los subproductos de la matanza debido a que los recortes de carne, con una calidad inferior, mezclados con ingredientes no cárnicos generan una fuente importante de proteínas de origen animal para la dieta humana. En la formulación de productos cárnicos se utiliza una gran variedad de productos no cárnicos como las especias, que son derivados vegetales (semillas secas, frutas, raíces, cortezas de árbol) usadas para la preparación de alimentos debido a sus propiedades gastronómicas como sabor, color o aroma e incluso por sus propiedades medicinales y algunas con propiedades antimicrobianas^(2,3,4).

La FAO documentó que el 25 % de las cosechas están contaminadas al menos con alguna micotoxina⁽⁵⁾. Las especias no están exentas de esta problemática, pudiendo contaminarse dentro de la cadena productiva (pre cosecha, cosecha, procesamiento, almacenamiento, secado o transporte) debido a malas prácticas de manejo^(6,7,8) y cuando las condiciones ambientales como temperatura y humedad son favorables para el crecimiento fúngico^(6,9). Las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos de ciertos géneros de hongos, como *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* y se conocen más de 400 micotoxinas. Las aflatoxinas son las más comúnmente encontradas en alimentos, en concentraciones que sobrepasan los niveles máximos (NM) para el consumo humano y animal, además, la aflatoxina B1 es

carcinogénica, teratogénica, inmunosupresora, hepatotóxica y mutagénica^(3,6,8,10,11), por lo que el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC por sus siglas en inglés) la clasifica en el grupo 1 de carcinógeno humano⁽²⁾.

La Comisión del Codex Alimentarius, organismo que regula la inocuidad de los alimentos, ha informado que algunos países miembros de ésta han establecido NM para micotoxinas en especias entre 5 y 30 µg/kg. México no ha fijado el NM para aflatoxinas totales (AFT) en especias, aunque sí para cereales.

Entre las técnicas de laboratorio empleadas para el análisis de aflatoxinas están: los inmunoensayos^(6,8,12), cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés) con detectores ultravioleta y de fluorescencia⁽⁹⁻¹⁴⁾ y cromatografía de capa fina (TLC, por sus siglas en inglés)^(4,15), siendo los inmunoensayos de los métodos más utilizados y reportados en la literatura científica.

El uso de mezclas de especias y otros condimentos en derivados cárnicos ha ido en aumento y corren el riesgo de estar contaminados, lo que representa un riesgo potencial a la salud pública⁽¹⁰⁾. Las personas necesitan alimentos inocuos y de buena calidad.

El objetivo de este estudio fue proporcionar información sobre la presencia de AFT en especias, ingredientes y mezclas de especias usados para la formulación de productos cárnicos y productos cárnicos comercializados en la Ciudad de México.

Un total de 50 muestras se colectaron aleatoriamente^(2,12,14) en la Ciudad de México, entre diciembre de 2015 a enero de 2017, de las siguientes matrices:

Especias e ingredientes comúnmente utilizados para la formulación de productos cárnicos (n= 18): cebolla en polvo, ajo en polvo, pimentón en polvo, chile guajillo en polvo, fécula de papa, fécula de maíz, soya texturizada y cacahuete.

Mezclas de especias para la formulación de productos cárnicos (n= 4): salami, peperoni, chorizo argentino, chistorra ahumada.

Productos cárnicos (n= 28): jamón de cerdo, jamón de pavo, salchicha de pavo, carne para hamburguesa, arrachera, alitas de pollo, nuggets de pollo y carne enchilada.

Las muestras de especias y de soya texturizada provinieron de dos empresas especializadas con mayor volumen de venta en la Ciudad de México, expendidas en empaques sellados y almacenadas en refrigeración a 4 °C, protegidas de la luz hasta su análisis. La muestra de cacahuates se tomó de un lugar de venta a granel, y los productos cárnicos de marca empacados y con información en el etiquetado, se obtuvieron en supermercados, como

jamones (cerdo y pavo), salchichas y la carne para hamburguesa, arrachera, alitas y nuggets de pollo, además carne enchilada a granel sin marca.

Las muestras se secaron en estufa (Felisa) a 50 °C durante 72 h, posteriormente se molieron y pasaron por un tamiz de 0.1 mm. Todas las muestras se colocaron en bolsas selladas en refrigeración a 4 °C, protegidas de la luz hasta su análisis.

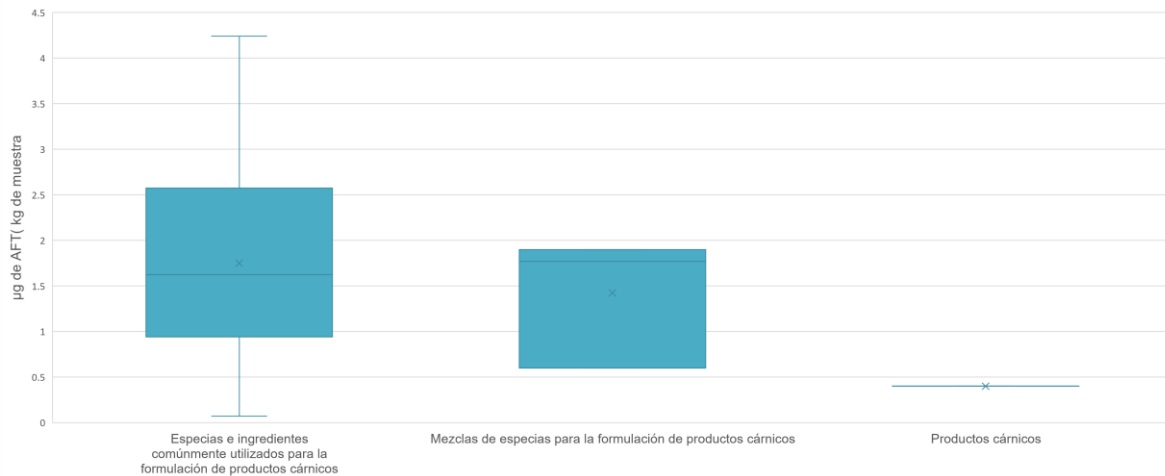
Las muestras se analizaron con pruebas cuantitativas basadas en un ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA), utilizando el juego de reactivo Veratox® de Neogen® (No 8031). Para lo cual se pesaron 5 g de cada muestra; la extracción de las aflatoxinas se realizó con metanol al 70%. Se agitó la mezcla de muestra con metanol vigorosamente durante 3 min en un vórtex (Velp Scientifica) y se filtraron 5 ml del extracto en papel filtro No. 4 (Whatman). En pocillos de mezcla, se adicionaron 100 µl del conjugado, utilizado para competir con las aflatoxinas o los controles para los sitios de unión de anticuerpos; posteriormente se colocaron 100 µl de los controles (0, 1, 2, 4 y 8 µl) y muestras, se mezcló el contenido succionándolo y liberándolo tres veces. Se transfirieron 100 µl a los pocillos cubiertos con anticuerpos específicos para aflatoxinas, se mezcló durante 20 seg y se incubaron a temperatura ambiente en los pocillos durante 10 min. Pasado ese lapso, se vertió la solución Stop, 100 µl en cada pocillo y la absorbancia se midió a 450 nm en un lector de ELISA (Biorad). Los resultados se analizaron mediante Neogen® Veratox® Software V3.6.

El juego de reactivo Veratox® Neogen® (No 8031) presentó reactividad para AFT (B1, B2, G1, G2) y un rango de trabajo entre 1 a 8 µg/kg. La especificidad del ensayo se evaluó a través del estudio con diferentes matrices (pimentón, ajo, fécula de maíz, mezcla de especias para la formulación de salami y salchicha de pavo) correspondientes a los grupos de muestras (especias e ingredientes comúnmente utilizados para la formulación de productos cárnicos, mezclas de especias para la formulación de productos cárnicos y productos cárnicos). Los extractos obtenidos de cada matriz fueron contaminados con los puntos de la curva de calibración anteriormente mencionados. Las curvas de las diferentes matrices presentaron una correlación por encima de 0.98 y el error en cada punto de la curva, considerando las matrices estudiadas, osciló entre 7 y 11 %. El recobrado en las matrices estudiadas osciló entre 72 y 94 %. El límite de detección y el límite de cuantificación son 0.5 µg/kg y 1 µg/kg respectivamente, informado por el fabricante al emplearse la misma curva y no existir diferencias entre la curva de matrices ($P=0.909$).

El total de muestras positivas fue del 40 %. El mayor porcentaje de AFT se encontró en especias e ingredientes comúnmente utilizados para la formulación de productos cárnicos y en mezclas de especias para la formulación de productos cárnicos con el 61 y el 75 % respectivamente, mientras que los productos cárnicos sólo tuvieron un 3.5 % de muestras positivas a AFT.

En la Figura 1 se muestra la concentración media de AFT para los tres grupos analizados, el valor medio no sobrepasa el valor de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$, inferior al nivel máximo establecido por otros países con normas nacionales para especias y sus mezclas, que oscilan entre 5 y 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽¹⁶⁾. México no ha establecido una norma específica para la presencia de aflatoxinas en especias, por lo que en este trabajo para la comparación de resultados se empleó la norma europea, que es la más exigente y plantea límites máximos para la suma de aflatoxinas en especias de 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽¹⁷⁾.

Figura 1: Concentración media de aflatoxinas totales ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en los grupos de muestras analizadas



En cuanto a las especias e ingredientes comúnmente utilizados en la formulación de productos cárnicos, el chile guajillo fue el de mayor contenido de aflatoxinas totales, 4.24 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Cuadro 1). Resultados similares se informaron en un estudio realizado en el mercado de Doha, en Qatar, donde analizaron 14 muestras de especias, se detectó la presencia de aflatoxinas en cinco especias y sus mezclas (pimienta negra, chile, tandoori, masala, cúrcuma y garam masala), encontrando el mayor valor de aflatoxina B1 en chile, con una concentración de $69.28 \pm 1.08 \mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽⁹⁾. En otro estudio realizado en Pakistán, se analizaron 170 muestras de chile en diferentes presentaciones (salsa de chile, chile triturado y polvo de chile), se detectó la presencia de aflatoxinas en un intervalo de 39 al 59 % de las muestras analizadas, con un valor máximo de 27.5 y 21.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, en muestras procedentes del mercado y de restaurantes respectivamente⁽¹⁸⁾. Los resultados mencionados corroboran que el chile seco es una especia susceptible al desarrollo fúngico y formación de aflatoxinas si las condiciones de humedad y temperatura son propicias durante su producción y almacenamiento.

Cuadro 1: Concentración de aflatoxinas totales (AFT) en especias e ingredientes comúnmente utilizados en la formulación de productos cárnicos

Especias e ingredientes	No. de muestras analizadas	Intervalo de contaminación ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Cebolla	3	Nd – 1.61
Pimentón	2	2 – 3.05
Ajo	3	1 – 2.05
Chile guajillo	1	4.24
Soya texturizada	2	Nd - 0.07
Cacahuate	1	1.57
Fécula de maíz	2	Nd
Fécula de papa	4	Nd – 2.75

Nd= No detectado.

Las muestras de pimentón son las segundas con mayor concentración de AFT, de 2.0 a 3.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en el 100 % de las muestras analizadas. En un estudio realizado en setenta muestras de pimentón colectadas en la ciudad de São Paulo, Brasil, de enero a abril de 2006, se detectaron aflatoxinas en el 82.9 % de las muestras y aflatoxina B1 en el 61.4 %, en un intervalo de concentración de 0.5 a 7.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, con una concentración media de 3.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽¹⁹⁾. Otro estudio en 130 preparaciones de especias que fueron obtenidos en diversos puntos de venta en Irlanda, (incluidos supermercados, tiendas y puestos de mercado) encontraron que el 20 % de las muestras estaban contaminadas con aflatoxina B1, en un intervalo de 0.40 a 6.40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽¹⁰⁾. Por otro lado, en un estudio donde evaluaron la presencia de aflatoxinas y ocratoxina A en pimentón rojo para la venta al por menor en España, encontraron que las muestras que presentaban aflatoxinas estaban muy por debajo de los dos límites legales, de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para aflatoxina B1 y 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para aflatoxinas totales, establecido por la Unión Europea⁽¹⁷⁾; no así la ocratoxina A, que se encontró con mayor frecuencia, con una media de 11.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y en un intervalo más variado (SD 18.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$)⁽²⁰⁾.

En cuanto a la cebolla, en ésta se encontró presencia de AFT de 1.61 $\mu\text{g}/\text{kg}$, menor a lo obtenido en un estudio realizado en productos agrícolas en Nigeria, donde la presencia de AFT en cebolla fue de 3.14 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²¹⁾. En otro estudio se encontraron hongos productores de aflatoxina en ajo en polvo proveniente de China, cebolla en polvo y granulada provenientes de Francia⁽²²⁾.

Con relación a las muestras de ajo, se detectaron valores máximos de 2.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$, concentración muy inferior a lo informado en un estudio realizado en Egipto, donde se determinaron valores de 224.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en ajo entero, mientras que en ajo pelado no se detectaron aflatoxinas⁽²³⁾. Por otro lado, Sahar *et al*⁽¹⁵⁾ analizaron tres muestras de ajo en donde no detectaron la presencia de aflatoxinas. Los altos niveles encontrados en ajo entero por Refai *et al*⁽²³⁾ pueden ser discutibles, se ha demostrado el efecto antifúngico del ajo en

estudios *in vitro*, donde disminuye la producción de aflatoxinas desde 5.94 hasta 0.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²⁴⁾. Mientras otro estudio muestra que existe una inhibición del crecimiento micelial en un medio líquido SMK Y y en granos de maíz inoculado con *Aspergillus flavus* del 61.94 %⁽²⁵⁾, en otro estudio *in vitro* empleando medio YES inoculado con *Aspergillus flavus*, evaluaron el crecimiento micelial, esporulación y producción de aflatoxinas con diferentes concentraciones de ajo y cebolla y demostraron un efecto moderado de inhibición y producción de aflatoxinas⁽²⁶⁾. Los estudios antes mencionados podrían explicar los bajos valores encontrados de aflatoxinas en ajo y cebolla en este trabajo.

El contenido de aflatoxinas en cacahuete fue similar a lo reportado en otros estudios en México donde los valores de AFT oscilan entre 0.11 y 79.69 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²⁷⁾.

En este trabajo no se detectó la presencia de aflatoxina en la fécula de maíz, lo que puede deberse en primer lugar al proceso de obtención de ésta, donde se separa la cascarilla del resto del grano. En un estudio donde se evaluó la calidad del almidón durante el proceso de fermentación espontánea (21 días), no se encontraron aflatoxinas por encima de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽²⁸⁾ y en otro estudio donde se analizó el destino de las aflatoxinas durante el proceso de molienda húmeda y su distribución en productos y subproductos, sólo el 8.7 % del total de aflatoxinas en el maíz inicial se encontró en la fracción de almidón, que representa el 61 % del maíz molido, y concluye entonces, que las aflatoxinas fueron destruidas durante la conversión a almidón⁽²⁹⁾. Un segundo aspecto puede ser que la fécula de maíz analizada no presente aflatoxinas o las presente en cantidades por debajo del límite máximo permisible para su consumo, debido a que existieron buenas prácticas de producción⁽³⁰⁾.

El 50 % de las muestras de fécula de papa, registró resultados positivos a AFT con concentraciones de 0.92 a 2.75 $\mu\text{g}/\text{kg}$, este resultado es discutible ya que no se ha informado la presencia de aflatoxinas en papa cosechada; sin embargo, los cultivos de raíces son susceptibles al crecimiento de *Aspergillus* y, por lo tanto, a la posible contaminación con aflatoxinas⁽³¹⁾. Se ha informado la presencia de aflatoxinas en papa inoculada con un promedio de 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de aflatoxinas totales (principalmente B1 y G1) a 27 °C y 95 a 97 % de humedad relativa en 20 días⁽³²⁾. En camote, se han reportado concentraciones de aflatoxinas en el orden de 0.01-0.18 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ⁽³³⁾. En alimentos con almidón, crudos y cocidos, después del almacenamiento se encontraron niveles de aflatoxinas en el orden de 3-25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en *Ipomoea batatas*⁽³¹⁾. A pesar de no haber estudios en papas cosechadas, los estudios en camote y en su almidón, corroboran de alguna manera los resultados de este estudio, y que condiciones no adecuadas durante su almacenamiento también pueden contribuir a la presencia de aflatoxinas, considerando que el almidón de papa se emplea en diferentes medios de cultivo para la producción de aflatoxinas.

En la muestra de soya texturizada analizada se encontraron AFT con un valor de 0.07 $\mu\text{g}/\text{kg}$, la cantidad de AFT resulta mínima, esto es debido a que se ha informado por diversos autores

que la soya contiene sustancias inhibidoras del crecimiento fúngico y la síntesis de aflatoxinas^(34,35). En un estudio realizado en Serbia, se analizaron 63 muestras de soya y no se encontró presencia de aflatoxinas⁽³⁶⁾, lo que corrobora que la soya es menos susceptible a la infección por hongos y formación de micotoxinas que granos más grandes como el maíz. En todos los casos tampoco se rebasó el valor de 10 µg/kg establecido por la Unión Europea⁽¹⁷⁾.

En los productos cárnicos, de las 28 muestras analizadas, sólo una muestra de carne enchilada fue positiva, lo que representa el 3.5 % (Cuadro 2). La presencia de aflatoxinas en productos cárnicos ha sido informada por diversos autores, por ejemplo Markov *et al*⁽³⁷⁾ realizaron un estudio en noventa productos cárnicos (salchichas, productos secos) evaluando tres micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxina y citrinina), las dos primeras por ELISA y la última por HPLC, los resultados arrojaron presencia de aflatoxinas en el 10 % de las muestras analizadas, con una media de concentración de 3.0 µg/kg, sin embargo, la mayor incidencia en las muestras fue de ocratoxina con 64.44 %. Resultados similares en relación a la abundancia de ocratoxina y aflatoxinas fueron informadas en un estudio realizado en Croacia, donde se analizaron 410 muestras: jamones (n= 105), salchichas fermentadas secas (n= 208), tocino (n= 62) y salchichas cocidas (n=35)⁽³⁸⁾.

Cuadro 2: Concentración de aflatoxinas totales (AFT) en productos cárnicos

Producto cárnico	No. de muestras analizadas	Intervalo de contaminación (µg/kg)
Carne enchilada	2	Nd- 0.4
Jamón de cerdo	6	Nd
Jamón de pavo	6	Nd
Salchicha de pavo	3	Nd
Nuggets de pollo	4	Nd
Chorizo	4	Nd
Alitas de pollo	1	Nd
Arrachera	1	Nd
Carne para hamburguesa	1	Nd

Nd= no detectado.

La presencia de micotoxinas en los productos cárnicos puede ocurrir en diferentes puntos de la cadena productiva, en el campo, donde el animal está expuesto a alimentos contaminados⁽³⁹⁾, en el proceso de elaboración del producto, empleando especias o mezclas de especias contaminadas o durante el almacenamiento final⁽⁴⁰⁾. En un estudio realizado en España durante la maduración de los jamones curados, se evaluó el efecto de la temperatura y la actividad del agua en el crecimiento fúngico y producción de aflatoxinas, donde una actividad de agua mayor de 0.9 y una temperatura mayor a 15 °C producen aflatoxinas⁽⁴¹⁾.

A diferencia de las especias, para las que existen límites máximos permisibles para aflatoxinas, en productos cárnicos no existen regulaciones al respecto, sólo en Italia, el Ministerio de Salud ha recomendado, desde 1999, el valor máximo de 1 µg/kg de ocratoxina A en carne o productos cárnicos⁽⁴²⁾, considerando que ésta aparece con mayor frecuencia y en concentraciones de 1 a 10 µg/kg, mientras las aflatoxinas aparecen por debajo de 1 µg/kg⁽³⁸⁾.

Respecto a las mezclas de especias usadas para la formulación de productos cárnicos, el 75 % de las muestras resultaron positivas (Cuadro 3). Algunos estudios realizados en Qatar y Turquía, en mezclas de especias procedentes de mercados, reportan AFT en un intervalo de 0.16 a 5.12 µg/kg y 0.1-0.9 µg/kg respectivamente^(43,44). Estos resultados son similares a lo encontrado en este trabajo. Los resultados son los esperados si se considera que, en la composición de las mezclas, se presentan especias como el pimentón que es una de las especias más susceptibles a la contaminación⁽¹⁹⁾.

Cuadro 3: Concentración de aflatoxinas totales (AFT) en mezclas de especias para la formulación de productos cárnicos

Mezcla de especias para la formulación de:	Concentración de AFT (µg/kg)
Peperoni	1.9
Chorizo argentino	0.6
Chistorra ahumada	Nd
Salami	1.77

Nd= no detectado.

En el caso de la mezcla de especias para chistorra, dio resultado negativo a la presencia de aflatoxinas y en la mezcla está presente el pimentón, pudiendo ser contradictorio el resultado, sin embargo, dentro de dicha mezcla también está presente el ajo, que se ha demostrado que es un inhibidor de la contaminación fúngica y de la síntesis de aflatoxinas⁽²⁴⁾, por lo que puede inferirse que no existió un crecimiento fúngico ni producción de toxinas.

Al igual que en las especias e ingredientes comúnmente utilizados para la formulación de productos cárnicos, los valores encontrados no sobrepasan el límite permisible de la UE por lo que su empleo en la formulación de productos cárnicos puede inferir que no constituye un riesgo para la salud pública⁽¹⁷⁾.

Los sistemas inmunoenzimáticos en la determinación de micotoxinas en diferentes matrices han sido ampliamente utilizados como una herramienta de pesquiasaje para posterior confirmación por técnicas cromatográficas⁽³⁸⁾. Los resultados obtenidos en este estudio en diferentes matrices (especias, ingredientes y mezclas de especias usadas para la formulación de productos cárnicos y productos cárnicos), aplicando las bondades del ELISA para la

determinación de AFT, constituyen el primer reporte en México y orienta a estudios posteriores en aquellas especias, ingredientes o mezclas de especias que presentaron mayor prevalencia de AFT, de tal forma que se realice una validación completa de la técnica en la matriz a estudiar. Por otra parte, aquellas muestras que sobrepasen el NM de AFT en especias deben ser confirmadas por técnicas cromatográficas.

En conclusión, se informa por primera vez en México la presencia de aflatoxinas totales en especias, ingredientes y mezclas de especias usadas para la formulación de productos cárnicos y productos cárnicos, encontrándose en concentraciones que oscilan entre 0.4 y 4.24 µg/kg. Las especias de mayor prevalencia a las AFT son chile y pimentón de alto consumo en la población mexicana. La metodología empleada de ELISA para detectar AFT en especias, ingredientes, mezclas de especias usadas para la formulación de productos cárnicos y productos cárnicos posibilita su empleo como prueba de pesquisaje; aquellas que presenten concentraciones por encima del nivel máximo deben ser confirmadas por técnicas cromatográficas. Los resultados obtenidos en esta investigación alertan a los organismos reguladores nacionales de la necesidad de implementar una norma para la presencia de aflatoxinas en especias considerando el alto consumo nacional de muchas de las especias estudiadas.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante los estudios de posgrado en la Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, perteneciente al Programa Nacional de Posgrados de Calidad.

Literatura citada:

1. FAO. Food and Agriculture Organization. Carne y productos cárnicos. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html> Consultado 25 Ago, 2017.
2. Ozbey F, Kabak B. Natural co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in spices. Food Control 2012;28(1):354-361.
3. Asghar MA, Zahir E, Rantilal S, Ahmed A, Iqbal J. Aflatoxins in composite spices collected from local markets of Karachi, Pakistan. Food Addit Contam: Part A 2016;9(2):113-119.

4. Zahra N, Khan M, Mehmood Z, Saeed MK, Kalim I, Ahmad I, *et al.* Determination of aflatoxins in spices and dried fruits. *J Sci Res* 2018;10(3):315-321.
5. OMS. Organización Mundial de la Salud. Resumen sobre inocuidad de los alimentos. Aflatoxinas. 2018: https://www.who.int/foodsafety/FSDigest_Aflatoxins_SP.pdf Consultado: 5 jul, 2019.
6. Ardic M, Karakaya Y, Atasever M, Durmaz H. Determination of aflatoxin B1 levels in deep-red ground pepper (isot) using immunoaffinity column combined with ELISA. *Food Chem Toxicol* 2008;46(1):1596–1599.
7. Khayoon WS, Saad B, Lee TP, Salleh B. High performance liquid chromatographic determination of aflatoxins in chili, peanut and rice using silica based monolithic column. *Food Chem* 2012;133(1):489-496.
8. Tosun H, Arslan R. Determination of aflatoxin B1 levels in organic spices and herbs. *Sci World J* 2013;(4):874093.
9. Hammami W, Fiori S, Thani RA, Kali N A, Balmas V, Migheli Q, *et al.* Fungal and aflatoxin contamination of marketed spices. *Food Control* 2014;37(1):177–181.
10. O' Riordan MJ, Wilkinson MG. A survey of the incidence and level of aflatoxin contamination in a range of imported spice preparations on the Irish retail market. *Food Chem* 2008;107(1):1429–1435.
11. Akpo-Djènontin DOO, Gbaguidi F, Soumanou MM, Anihouvi VB. Mold infestation and aflatoxins production in traditionally processed spices and aromatic herbs powder mostly used in West Africa. *Food Sci Nutr* 2018;6(1):541–548.
12. Gojković VS, Grujić RD, Ivanović MM, Marjanović-Balaban ZR, Vujadinović DP, Vukić MS. The frequency of presence of aflatoxin B1 in foodstuffs of vegetable origin. *Matica Srpska J Nat Sci* 2017;133(1):29–36.
13. Cho SH, Lee CH, Jang MR, Son YW, Lee SM, Choi IS, *et al.* Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea. *Food Chem* 2008;107(1):1283-1288.
14. Ali N, Hashim NH, Shuib NS. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in processed spices marketed in Malaysia. *Food Addit Contam: Part A* 2015;32(4):518–532.
15. Sahar N, Ahmed M, Parveen Z, Ilyas A, Bhutto A. Screening of mycotoxins in wheat, fruits and vegetables grown in Sindh, Pakistan. *Pakistan J Bot* 2009;41(1):337–341.

16. Comité del Codex sobre contaminantes de los alimentos. Documento de debate sobre los niveles máximos para las micotoxinas en las especias. Comisión del Codex Alimentarius 2017. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-11%252FWD%252Fcf11_11s.pdf Consultado: 13 jun, 2019.
17. UE. Unión Europea (2010) Reglamento No. 165/2010 de la comisión de 26 de febrero de 2010 que modifica, en lo que respecta a las aflatoxinas, el Reglamento (CE) No. 1881/2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0165&qid=1567559548605&from=EN> Consultado: 6 Sept, 2017.
18. Iqbal SZ, Asi MR, Zuber M, Akhtar J, Jawwad MS. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in comercial chilli and chilli sauce samples. *Food Control* 2013;30(2):621–625.
19. Shundo L, De-Almeida AP, Alaburda J, Lamardo LC, Navas SA, Ruvieri V *et al.* Aflatoxins and ochratoxin A in Brazilian paprika. *Food Control* 2009;20(12):1099-1102
20. Hernández-Hierro J, Garcia-Villanova R, Rodríguez-Torrero P, Toruño-Fonseca IM. Aflatoxins and ochratoxin A in red paprika for retail sale in Spain: occurrence and evaluation of a simultaneous analytical method. *J Agri Food Chem* 2008;56(3):751-756.
21. Arowora KA, Abiodun AA, Adetunji CO, Sanu FT, Afolayan SS, Ogundele BA. Levels of aflatoxins in some agricultural commodities sold at Baboko Market in Ilorin, Nigeria. *Global J Sci Front Res* 2012;12(10): 31-33.
22. Tančinová D, Mokrý M, Barboráková Z, Mašková Z. Mycobiota of spices and aromatic herbs. *Potravinarstvo Scie J Food Ind* 2014;8(1):172-177.
23. Refai MK, Niazi ZM, Aziz NH, Khafaga NEM. Incidence of aflatoxin B1 in the Egyptian cured meat basterma and control by γ irradiation. *Food/Nahrung* 2003;47(6):377-382.
24. Thanaboripat D, Nontabenjawan K, Leesin K, Teerapiannont D, Sukcharoen O, Ruangrattanamatee R. Inhibitory effect of garlic, clove and carrot on growth of *Aspergillus flavus* and aflatoxin production. *J Forestry Res* 1997;8(1):39-42.
25. Bilgrami KS, Sinha KK, Sinha AK. Inhibition of aflatoxin production & growth of *Aspergillus flavus* by eugenol & onion & garlic extracts. *Indian J Med Res* 1992;96(1):171-175.

26. Chalfoun SM, Pereira MC, Resende MLV, Angélico CL, Silva RA. Effect of powdered spice treatments on mycelial growth, sporulation and production of aflatoxins by toxigenic fungi. *Ciênc Agrotec* 2004;28(4):856-862.
27. Alvarado-Hernández JR, Carvajal-Moreno M, Rojo-Callejas F, Ruiz-Velasco S. Aflatoxins in natural peanuts (*Arachis hypogaea* L.) of Mexico: Validation of the biochemical methods for extraction and quantification. *J Plant Biochem Physiol* 2016;4(1):1000168.
28. Yuan ML, Lu ZH, Cheng YQ, Li LT. Effect of spontaneous fermentation on the physical properties of corn starch and rheological characteristics of corn starch noodle. *J Food Engin* 2008;85(1):12-17.
29. Aly SE. Distribution of aflatoxins in product and by products during glucose production from contaminated corn. *Food/Nahrung* 2002;46(5):341-344.
30. Sekiyama BL, Ribeiro AB, Machinski PA, Machinski JM. Aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in maize-based food products. *Braz J Microbiol* 2005;36(3):289-294.
31. Lovelace CE, Aalbersberg WG. Aflatoxin levels in foodstuffs in Fiji and Tonga islands. *Plant Foods Hum Nutr* 1989;39(4):393-399.
32. Swamlnathan B, Koehler PE. Isolation of an inhibitor of *Aspergillus parasiticus* from white potatoes (*Solanum tuberosum*). *J Food Sci* 1976;41(2):313-319.
33. Tung TC, Ling KH. Study on aflatoxin of foodstuffs in Taiwan. *J Vitam* 1968;14(1):48-52.
34. Strange RN. Natural occurrence of mycotoxins in groundnuts, cottonseed, soya, and cassava. *Mycotoxins Anim Foods* 1991;341-362.
35. Winter G, Pereg L. A review on the relation between soil and mycotoxins: Effect of aflatoxin on field, food and finance. *Eur J Soil Sci* 2019;70(4):882-897
36. Jakić-Dimić D, Nešić K, Petrović M. Contamination of cereals with aflatoxins, metabolites of fungi *Aspergillus flavus*. *Biotech Anim Husbandry* 2009;25(5-6):1203-1208.
37. Markov K, Pleadin J, Bevardi M, Vahčić N, Sokolić-Mihalak D, Frece J. Natural occurrence of aflatoxin B1, ochratoxin A and citrinin in Croatian fermented meat products. *Food Control* 2013;34(1):312-317.
38. Pleadin J, Satver MM, Vahčić N, Kovačević D, Milone S, Saftić L, *et al.* Survey of aflatoxin B1 and ochratoxin A occurrence in traditional meat products coming from Croatian households and markets. *Food Control* 2013;52(1):71-77.

39. Bailly J, Guerre P. Mycotoxins in meat and processed meat products. In: Safety of meat and processed meat. Toldrá F. editor. New York, USA: Springer Science & Business Media; 2009;83-124.
40. Abd-Elghany SM, Sallam KI. Rapid determination of total aflatoxins and ochratoxins A in meat products by immuno-affinity fluorimetry. Food Chem 2015;179(1):253-256.
41. Peromingo B, Rodríguez A, Bernáldez V, Delgado J, Rodríguez M. Effect of temperature and water activity on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* on cured meat model systems. Meat Sci 2016;122(1):76-83.
42. Montanha FP, Anater A, Burchard JF, Luciano FB, Meca G, Manyes L, *et al.* Mycotoxins in dry-cured meats: A review. Food Chem Toxicol 2018;111(1):494-502.
43. Abdulkadar A, Al-Ali A, Al-Kildi A, Al-Jedah J. Mycotoxins in food products available in Qatar. Food Control 2004;15(7):543-548.
44. Cavus S, Tornuk F, Sarioglu K, Yetim H. Determination of mold contamination and aflatoxin levels of the meat products/ingredients collected from Turkey market. J Food Safety 2018;38(5):e12494.