

# Presencia de micotoxinas en alimentos balanceados para ponedoras. Relevamiento realizado en General Pico, La Pampa, Argentina

Toso, R.E.<sup>1</sup>; Ardoino, S.M.<sup>1</sup>; Toribio, M.S.<sup>1</sup>; Diesser, M.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo de Fármacos (CIDEF). Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam.

## Resumen

Los alimentos balanceados para gallinas ponedoras pueden estar contaminados con hongos. Las micotoxinas producidas por éstos generan problemas económico-productivos en las aves, tales como disminución de la producción, pérdida del estado general y en casos extremos la muerte. Las micotoxinas que más afectan a las aves son las aflatoxinas producidas por el género *Aspergillus*. El objetivo del presente trabajo fue relevar la presencia de aflatoxinas en alimentos comerciales y manufacturados por productores para gallinas ponedoras en la ciudad de General Pico, La Pampa. Las muestras obtenidas se analizaron por el método de ELISA. Se determinó la presencia de niveles tóxicos de aflatoxinas en el 77,8% de las muestras analizadas. La presencia de aflatoxinas en los alimentos es consecuencia de la falta de controles de calidad a la materia prima y sistemas de almacenamiento inadecuados. Estos resultados determinan la necesidad de que aquellas personas que manipulan alimentos balanceados adopten medidas preventivas para evitar los riesgos a los cuales se exponen. Mientras tanto, el uso de sequestrantes es la indicación más adecuada para reducir los efectos tóxicos en las aves y evitar pérdidas en la producción.

**Palabras clave:** micotoxinas, aflatoxinas, alimentos balanceados, gallinas ponedoras.

*Presence of Mycotoxins in balanced food for laying hens. Survey performed in General Pico, La Pampa, Argentina*

## Abstract

The balanced food for laying hens may be contaminated with strains of fungi. The mycotoxins produced by them generate economic and productive problems in birds, such as decreased production; lose of overall state and death in extreme cases. The mycotoxins that affect more birds are aflatoxins produced by *Aspergillus* species. The aim of this study was to relieve the presence of aflatoxins in commercial food and manufactured by producers for laying hens in the city of General Pico, La Pampa. The samples obtained were analyzed by the ELISA method. The presence of toxic levels of aflatoxins was determined in 77.8% of the analyzed samples. The manifestation of Aflatoxins in food is a result of the lack of quality controls of the raw materials and inadequate storage systems. These results determine the need for preventive measures for food handlers to avoid risks to which they are exposed. Meanwhile, the use of sequestrants is the most appropriate indication

to reduce toxic effects on birds and avoid production losses.

**Keywords:** mycotoxins, aflatoxins, balanced food, laying hens.

---

## Introducción

---

Algunos hongos pueden producir sustancias químicas conocidas como micotoxinas. Los principales géneros de hongos productores de estas sustancias son *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (Altolaquirre, 2006; Anguiano Cabello *et al.*, 2012).

Las micotoxinas son metabolitos secundarios cuya ingestión, inhalación o absorción cutánea reduce la actividad de otros organismos, causando enfermedades o aún la muerte en animales, sin excluir las aves y personas (Pitt, 1996). Diversos factores como temperatura, pH, humedad, presencia de plagas, madurez del grano al momento de la cosecha, daño mecánico y condiciones de almacenamiento, influyen en la producción de micotoxinas, pudiéndoselas encontrar en diversos alimentos y forrajes, por lo que se han relacionado con diferentes enfermedades de animales y personas (Mayer, 1953; Coker, 1997).

La exposición de los animales a las micotoxinas puede producir toxicidad aguda o crónica. Los síntomas pueden manifestarse con alteraciones del sistema nervioso central, abortos en las cerdas, trastornos del aparato digestivo, cardiovascular, respiratorio, hepatomegalia, formación de hígado graso y muerte. Estos efectos afectan la producción y además disminuyen la calidad de los productos.

En el hombre, las micotoxinas pueden actuar como agentes cancerígenos, mutágenos, teratógenos e inmunodepresores. Actualmente está muy extendida la opinión de que el efecto más importante de las micotoxinas, particularmente en los países en desarrollo, es la capacidad de algunas de ellas de obstaculizar la respuesta inmunitaria y por consiguiente, reducen la resistencia a las enfermedades infecciosas (FAO, 2003). La exposición a las micotoxinas se produce principalmente por ingestión, aunque también por su inhalación y contacto cutáneo. Los efectos producidos se conocen como micotoxiosis, cuya gravedad depende de la toxicidad de la micotoxina, del grado de exposición, edad, estado nutricional del individuo expuesto, tipo de producción y de los posibles efectos sinérgicos de otros agentes químicos a los que este expuesto (Combata Prieto, 2009; Torres, 2011).

Se han identificado hasta el momento más de 200 micotoxinas. Las que pueden encontrarse más frecuentemente como contaminantes naturales en los alimentos para animales y para humanos son: aflatoxinas, ocratoxinas, fusariotoxinas, citrinitina, patulina, sterigmatocistina, alcaloides del Ergot (Gimeno y Martins, 2011).

El nivel máximo admisible de aflatoxinas en los alimentos para consumo humano dado por la FAO/OMS es de 20 partes por billón (ppb). Niveles superiores de estas toxinas pueden causar intoxicación que se manifiesta principalmente en lesiones hepáticas.

En ponedoras que consumen dosis de 8 ppm de aflatoxinas, durante varios días, es frecuente hallar casos de hígado graso. También provocan disminución de calcio, colesterol y triglicéridos plasmáticos (Leeson, 1996). Cuando los niveles de ingesta son mayores, aumentan los efectos, observándose pérdida de la postura, síntomas de enfermedad aguda y muerte. Las funciones intestinales son alteradas interfiriendo en la absorción de nutrientes (Applegate *et al.*, 2009). Debido a esto las aflatoxinas aumentan el tiempo necesario para la absorción de nutrientes en el intestino, incluidos los aminoácidos que son importantes para la producción, tal el caso de metionina. La intoxicación crónica con aflatoxinas aumenta la excreción renal de iones  $\text{Ca}^{++}$ ,  $^{3}\text{PO}_4$  y  $\text{Na}^+$ , reduciendo la producción de huevos (Martínez-de-Anda *et al.*, 2010).

El valor límite de aflatoxinas en alimentos comerciales para aves o en los ingredientes utilizados para su elaboración varía de acuerdo a la edad, peso y tiempo de suministro; siendo el valor utilizado en Argentina de 12 ppb para ponedoras. Brasil, tercer productor mundial de carne de aves, quinto de huevos y quinto de alimentos para aves a nivel mundial (Watt, 2013) permite un máximo de 50 ppb de aflatoxinas para cualquier materia prima a ser utilizada directamente o como ingrediente en raciones destinadas a consumo animal (Ministério da Agricultura, 1988).

Hasta el momento han sido identificadas 20 aflatoxinas diferentes, sin embargo únicamente las aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 se originan de manera natural en sustratos contaminados por *Aspergillus* aflatoxigénicos y provocan serios problemas en las aves. Las demás aflatoxinas como M1, M2, P1, Q1 y aflatoxicol entre otras, ocurren como productos metabólicos de sistemas microbianos o animales (Rojas Contreras *et al.*, 2009).

En este trabajo se proyectaron estudios para determinar la posible presencia de aflatoxinas totales B1, B2, G1 y G2 en alimentos comerciales para ponedoras y pollos parrilleros. En esta primera etapa se publican los resultados obtenidos de las determinaciones realizadas en alimentos destinados a ponedoras. Las determinaciones se llevaron a cabo utilizando la técnica de ELISA. Los resultados de este trabajo permitirán a los productores conocer la calidad sanitaria del alimento que utilizan y relacionarlo, en los casos positivos, con la disminución en los rendimientos productivos.

## ***Materiales y Métodos***

### ***Obtención de las muestras***

La recolección se realizó en los meses de julio-agosto y septiembre.

Se seleccionaron 3 proveedores de alimentos comerciales trazables de la ciudad de General Pico, La Pampa. Se tomaron en total ocho muestras de alimento balanceado de distinta procedencia, para evaluar la posible presencia de aflatoxinas. Las muestras, de 200 gramos cada una, se preservaron en bolsas de plástico, fueron rotuladas y llevadas al Centro de Investigación y Desarrollo de Fármacos (CIDEF) de la Facultad de Veterinaria para su conservación, aisladas de la luz y refrigeradas hasta el momento de la realización de los ensayos.

Se analizaron nueve muestras: 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c, 3a, 3c y 3b.

Las muestras identificadas como 1b y 2b, de origen comercial, contenían como ingredientes: granos de trigo, avena, cebada, maíz tratado por extrusión, afrechillo de trigo, harina de carne y soja, poroto de soja desactivada, complementos vitamínicos y macro/microminerales. Las muestras identificadas como 3a y 3c contenían maíz, expeller de soja, conchilla, harina de carne, sal, metionina y núcleo vitamínico-mineral.

Las muestras 3a y 3c, fueron preparadas por el productor, pudiendo obtener además una muestra del maíz utilizado en su elaboración que se identificó como 3b.

Las muestras 1a, 1c, 2a y 2c fueron provistas por proveedores que no revelaron su formulación.

### ***Preparación de la muestra:***

#### ***Extracción de las aflatoxinas***

Cada muestra por separado fue molida y tamizada. Se pesaron 20 g de las muestras de balanceado y 10 g de la muestra de maíz. Se extrajeron agregando 100 mL de una solución metanol-agua (70/30, v/v) y agitó durante 3 minutos. Se dejó sedimentar y filtró utilizando papel de filtro Whatman grado 1. Los extractos obtenidos se rotularon y controló el pH (rango 6-8, requerido para evaluar la presencia de aflatoxinas por el test de ELISA).

#### ***Determinación de aflatoxinas***

Se determinó la concentración de aflatoxinas presentes en los extractos obtenidos de las muestras por medio de la prueba de inmunoensayos enzimáticos competitivos de tipo ELISA (Fernandez-Surumay *et al.*, 2000).

El Kit comercial empleado para determinar la presencia de aflatoxinas totales fue el AgraQuant® Total Aflatoxin (COKAQ1000) con un rango de cuantificación de 4-40 ppb y límite de detección de 3 ppb.

Las soluciones estándar y las muestras fueron añadidas a los pocillos que contienen los anticuerpos anti-aflatoxinas. Se incubaron durante 15 minutos a temperatura ambiente. Durante el período de incubación, las moléculas libres de aflatoxinas se unieron a los mencionados anticuerpos. Las sustancias que quedaron sin unir se eliminaron en el proceso de lavado con agua destilada. La actividad de la enzima ligante se determinó añadiendo una enzima sustrato que da a la solución un color azul. Se lo dejó incubar 5 minutos a temperatura ambiente y luego se añadió la solución stop, la cual frena la reacción y produce un cambio de coloración de azul a amarillo.

## Resultados

**Tabla 1.** Valores de absorbancia y concentración de aflatoxinas registrados en los controles (estándar) y en las muestras.

Pocillos	Muestra	Absorbancia (nm)	Concentración de aflatoxina (ppb)
F1	Muestra 1.a	1.088	22.264
G1	Muestra 1.b	1.750	39.667
H1	Muestra 1.c	0.687	12.468
A2	Muestra 2.a	0.283	Nd
B2	Muestra 2.b	0.635	11.251
C2	Muestra 2.c	1.236	26.151
D2	Muestra 3.a	0.492	6.960
E2	Muestra 3.b (Maíz)	0.834	15.991
F2	Muestra 3.c	0.302	Nd
A1	Estándar 1	0.302	0.000
B1	Estándar 2	0.403	4.000
C1	Estándar 3	0.583	10.000
E1	Estándar 4	1.002	20.000
D1	Estándar 5	1.763	40.000

**Ref.** Nd: no detectable en el rango de lectura. Los estándares utilizados como controles son provistos por el proveedor del Kit de ELISA. Se consideran positivas concentraciones  $\geq 12$  ppb

## Discusión

La recolección de las muestras se realizó en los meses de julio-agosto y septiembre, épocas del año donde las condiciones de temperatura y humedad favorecen el desarrollo de hongos productores de micotoxinas.

En el presente estudio se determinó y cuantificó por medio de la técnica de ELISA la concentración de aflatoxinas en diferentes lotes de alimentos balanceados para ponedoras. Si bien Pineda Mejía *et al.* (2012) indica que, para la confirmación de los resultados obtenidos aplicando ELISA, se requieren además otras técnicas, Fernandez Surumay *et al.* (2000) afirman que la

determinación de aflatoxinas por el método espectrofotométrico ELISA, resulta ser una técnica eficaz para la cuantificación de estas toxinas en materias primas para alimentos balanceados, por su gran rapidez y sensibilidad.

Los resultados registrados en el presente trabajo evidencian la presencia de aflatoxinas en el 77,8% de las muestras de alimento balanceado para aves.

La muestra 3b, constituida sólo por maíz, presentó niveles de aflatoxinas de 15,99 ppb que se encuentra por encima del límite sugerido (Tabla 1).

Concentraciones de aflatoxinas por encima del valor sugerido llegan a alterar en las ponedoras la digestión de las proteínas y la absorción de los aminoácidos causando un retraso en el crecimiento. Asimismo se ha observado una deficiencia en la respuesta inmunitaria, dejando al organismo predispuesto a otras enfermedades y una disminución en la eficiencia reproductiva, en la puesta y tamaño de los huevos, ingesta de alimento, tal como lo detectan Chi Fang y Broomhead (2009), en USA, donde con pequeñas cantidades de aflatoxinas en el alimento ya se ve afectado el rendimiento.

Durante el período de obtención de muestras, se observó que los sitios de almacenamiento del balanceado que poseen los distintos proveedores de las muestras estudiadas, no presentaban las condiciones necesarias para la conservación del alimento como son baja temperatura ambiente, restricción de la humedad, y buena aireación, (Mallmann *et al.*, 2007), situación que favorecería el desarrollo de micotoxinas (García *et al.*, 2012) y explicaría, al menos en parte, los resultados obtenidos en el presente estudio.

Varios estudios estuvieron dirigidos a determinar la presencia de residuos de micotoxinas en hígado, músculo o huevos de gallinas. Los resultados no permiten pensar que estos productos constituyan una fuente de intoxicación por micotoxinas en los consumidores humanos. Por el contrario, estudios llevados a cabo en codornices revelaron la presencia de residuos en cantidades cercanas a los límites establecidos (Bintvihok *et al.*, 2002; Arbaiza *et al.*, 2009; Zaghini *et al.*, 2005; Capriotti *et al.*, 2012). Sin embargo, existe riesgo para el operador que manipula con manos sin guantes las materias primas o el alimento contaminado, ya que a través de la piel las aflatoxinas pueden ser absorbidas y causar un efecto nocivo en la salud.

Se ha comprobado que estas toxinas se ligan al ADN, favoreciendo la aparición de mutaciones, considerándose de esta forma a estos metabolitos secundarios como agentes cancerígenos, teratógenos y mutagénicos. Los efectos tóxicos dependen tanto de la dosis diaria como del tiempo de exposición a la misma.

Debido a que es imposible evitar en su totalidad la presencia de aflatoxinas, se han desarrollado métodos físicos y químicos de detoxificación para destruir o inactivar las aflatoxinas. Dentro de los métodos físicos se encuentran la extracción con solventes orgánicos, la inactivación térmica, la irradiación. La amoniación y el uso de peróxido de hidrógeno han sido empleados con éxito en la destrucción química de las aflatoxinas. Los adsorbentes, tales como la bentonita, los aluminosilicatos de sodio y calcio, son de uso corriente en la industria del alimento balanceado por ser baratos y muy eficientes (Lopes *et al.*, 2006; Zhao *et al.*, 2010; Magnoli *et al.*; 2011).

De las muestras analizadas para el presente trabajo dos de ellas (3a y 3c) contenían en su formulación sustancias secuestrantes como los aluminosilicatos que se unen a las aflatoxinas, impidiendo que esta sea absorbida por los intestinos, eliminándose sin que llegue a ser metabolizada, reduciendo consecuentemente el daño en las aves (Gimeno y Martins, 2011). Diversos trabajos de investigación concluyen que el uso de adsorbentes es una ayuda efectiva a la solución de problemas de productividad y alimentos contaminados (Arbaiza *et al.*, 2009).

Para la adopción de medidas de control, coincidiendo con Mallmann *et al.* (2007), es necesario saber con exactitud el grado de contaminación existente, siendo imprescindible la implementación de un programa de monitoreo de materias primas destinada al consumo.

El control futuro del problema de micotoxinas en la economía avícola, dependerá del desarrollo y ejecución de políticas adecuadas en el ámbito del manejo agrícola, y de los sistemas de almacenamiento, que como se observa son el meollo de la cuestión.

## **Conclusiones**

- Los datos obtenidos en el presente trabajo evidencian la presencia de aflatoxinas en el 77,8% de las muestras de alimento balanceado para aves.

- El sistema de almacenamiento, las materias primas y los productos terminados, tienen puntos críticos que parecen resultar insalvables en las condiciones actuales de comercialización. Por lo tanto se recomienda el uso de secuestrantes para minimizar el impacto económico-productivo de las aflatoxinas en la producción avícola. Además sería conveniente concientizar a los elaboradores de alimentos balanceados y a quienes manipulan alimentos o materias primas sobre los riesgos que corren al trabajar con ingredientes contaminados, a fin de evitar sus posibles efectos tóxicos.

## *Bibliografía*

- Altolaguirre, M.F. 2006.** Capacidad descontaminante de aditivos utilizados en piensos: estudio preliminar aplicado a micotoxinas. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa. 60 pp.
- Anguiano Cabello, J.; Cepeda, N.; Morlett, A.C.; Chávez, J.; Zugasti Cruz, A. 2012.** Contaminación por hongos filamentosos en manzana: amenaza para la salud y la economía. Ciencia cierta. Universidad Autónoma de Coahuila (México), 31 (8): 18-21.
- Applegate, T.J; G. Schatzmayr; G.; Prickett, K.; Troche, G.; Jiang, Z. 2009.** Effect of aflatoxin culture on intestinal function and nutrient loss in laying hens. Poultry Science, 88: 1235-1241.
- Arbaiza, F.T; R.A; Córdoba, R.A.; Icochea, D.E.; Cutti, H. 2009.** Detección de residuos de aflatoxinas en hígado de pollo en mercados de Lima. Ciencia e Investigación Facultad de Farmacia y Bioquímica, 12(1): 37-40
- Bintvihok, A.; Thiengnin, S.; Doi, K.; Kumagai, S. 2002.** Residues of aflatoxins in the liver, muscle and eggs of domestic fowls. Journal of Veterinary Medicine Science, 64(11): 1037-1039.
- Capriotti, A.N; Cavaliere, C.; Piovesana, S.; Samperi, R.; Laguna A. 2012.** Multiclass screening method based on solvent extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry for the determination of antimicrobials and mycotoxins in egg. Journal of Chromatography A, 1268: 84- 90
- Chi, F; Broomhead, J. 2009.** Micotoxinas y Aves. Una Revisión para productores de Aves. Amlan International. Chicago, Illinois, USA. 15 pp.
- Coker, R.D. 1997.** Mycotoxins and their control: constraints and opportunities. NRI Bulletin 73. Chatham, UK.
- Combata Prieto, A.P.; Mildenberg Ortiz, S. 2009.** Detección de aflatoxina M1 en leches frescas comercializadas en la zona de Valle del Cauca (Colombia) mediante la técnica de Elisa. Trabajo de grado. Pontificia

- Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 111 pp.
- FAO. 2003.** Manual Sobre la Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la Prevención y Control de las Micotoxinas. Centro de Capacitación y Referencia FAO/OIEA para el Control de los Alimentos y los Plaguicidas (Organismo Internacional de Energía Atómica-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) Roma, Italia.
- Fernandez-Surumay, G.; Negrón-Gonzales, G.; Isea-Fernández, G.; Sánchez-Camarillo E. 2000.** Report of quantitative analysis of aflatoxins by ELISA method in raw ingredients samples of balanced feed for poultry a factory located at Mara municipality of Zulia State, Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 10 (1): 63-68.
- Gimeno, A.; Martins, M.L. 2011.** Micotoxinas y Micotoxicosis en animales y humanos. *Special nutrients*, Inc. 3ra. Edición. 128 pp.
- Leeson, S.; Diaz, G.; Summers, J.D. 1996.** Poultry metabolic disorders and mycotoxins. University Books. Guelph, Ontario, Canada. 345 p.
- Lopes, J.M.; Rutz, F.; Mallmann, C.A.; Pinto de Toledo, S. 2006.** Adição de bentonita sódica como adsorvente de aflatoxinas em rações de frangos de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.5, p.1594-1599.
- Magnoli, A.P.; Monge, M.P.; Miazzo, R.D.; Cavaglieri, L.R.; Magnoli, C.E.; Merkis, C.I.; Cristofolini, A.L.; Dalcero, A.M.; Chiacchiera, S.M. 2011.** Effect of low levels of aflatoxin B1 on performance, biochemical parameters, and aflatoxin B1 in broiler liver tissues in the presence of monensin and sodium bentonite. *Poultry Science* 90 :48-58 doi: 10.3382/ps.2010-00971
- Mallmann, C.A.; Dilkin, P.; Giacomini, L.Z.; Rauber, R.H.; Pereira, C.E. 2007.** Micotoxinas en Ingredientes para Alimento Balanceado de Aves. XX Congreso Latinoamericano de Avicultura. Porto Alegre. Brasil.191-204.
- Martinez-de-Anda, A.; Valdivia, A.G.; Jaramillo-Juarez, F.; Reyes, J.L.; Ortiz, R.; Quezada, T.; Luna, M.C.; Rodriguez, M.L. 2010.** Effects of aflatoxin chronic intoxication in renal function of laying hens 1. *Poultry Science*, 89: 1622-1628.
- Martínez Padrón, H.Y.; Hernández Delgado, S.; Reyes Méndez, C.A.; Vázquez Carrillo, G. 2013.** El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31 (2): 126-146.
- Mayer, C.F. 1953.** Endemic pancytopenias in the russian grain belt. Part One: The clinical aspects of alimentary toxic aleukia (ATA), a comprehensive review. *Mil. Serg.*, 113: 173-189.
- Ministério da Agricultura. Portaria MA/SNAD/SFA No. 07, de 09/11/88 - publicada no Diário Oficial da União de 09 de novembro de 1988 - Seção I, página 21.968, 1988
- Pineda Mejia, A.; Flores Ortiz, C.M.; Hernandez Portilla LB; Urzua Meza, MA. 2012.** Métodos de análisis de Micotoxinas en granos y alimentos de uso pecuario. [http://www.avicultura.com.mx/uploads/temp/Articulo\\_Metodos\\_de\\_analisis\\_de\\_micotoxinas\\_en\\_granos\\_y\\_alimentos\\_de\\_uso\\_pecuario.pdf](http://www.avicultura.com.mx/uploads/temp/Articulo_Metodos_de_analisis_de_micotoxinas_en_granos_y_alimentos_de_uso_pecuario.pdf).

- Pitt JI. 1996.** ¿What are mycotoxins? Australian Mycotoxin Newsletter 7(4): 1-8.
- Rojas Contreras, O. L. & A.M. Wilches Flórez. 2009.** Determinación de aflatoxinas en alimentos de mayor consumo infantil comercializados en la ciudad de Pamplona, Norte de Santander. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. Universidad de Pamplona, Colombia Vol. 7 (1).
- Torres, A.M. 2011.** Ocurrencia de micotoxinas en alimentos en Argentina y Mercosur. XII Congreso argentino de Micología, XII Jornadas Argentinas de Micología, Posadas, Misiones. P. 124.
- Watt executive guide to World Poultry Trends 2013.** <http://www.poultrytrends.com/#&pageSet=0&contentItem=0>
- Zaghini, A.; Martelli, G.; Roncada, P.; Simioli, M.; Rizzi, L. 2005.** Mannan oligosaccharides and Aflatoxin B1 in Feed for Laying Hens: Effects on Egg Quality, Aflatoxins B1 and M1 Residues in Eggs, and Aflatoxin B1 Levels in Liver. Poultry Science 84:825-832
- Zhao, J.; Shirley, R.B.; Dibner, J.D.; Uraizee, F.; Officer, M.; Kitchell, M.; Vazquez-Anon, M.; Knight, C.D. 2010.** Comparison of hydrated sodium calcium aluminosilicate and yeast cell wall on counteracting aflatoxicosis in broiler chicks. Poultry Science, 89: 2147-2156 doi: 10.3382/ps.2009-00608.