

Evaluación del comportamiento productivo de pollos parrilleros alimentados con levadura (*Pichia kudriavzevii*) sola y en combinación con aflatoxina B₁ y monensina

Alejandra Paola Magnoli^{1,2*}; Valeria Poloni^{2,3}; María Laura Gonzalez Pereyra^{2,3}; Carina Pereyra^{2,3}; Stella Maris Chiacchiera^{2,4}; Lilia Cavaglieri^{2,3}

1- Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

2- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

3- Departamento de Microbiología e Inmunología, Facultad de Ciencias Exactas Físico Química y Naturales Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

4- Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas Físico Química y Naturales Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Palabras clave:

bioadsorbente,
aflatoxina B₁,
monensina,
pollos parrilleros,
parámetros productivos

Resumen. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia *in vivo* de una cepa autóctona del medio ambiente aviar, *Pichia kudriavzevii*, para prevenir los efectos tóxicos de la aflatoxina B₁ (AFB₁) sola y en combinación con monensina (MON), sobre parámetros productivos en pollos parrilleros. Se utilizaron 120 pollos, 8 tratamientos, 3 réplicas, con 5 pollos por réplica (de un día de edad, Cobb). Las aves fueron alimentadas con una dieta iniciadora hasta el día 33 de edad. A partir de la dieta iniciadora se prepararon las diferentes dietas experimentales: tratamiento 1 (T1): dieta basal (DB); T2: dieta basal + monensina (50 mg/kg); T3: dieta basal + levadura (0,1%); T4: dieta basal + AFB₁ (100 µg/kg); T5: dieta basal + monensina (50 mg/kg) + levadura (0,1%); T6: dieta basal + AFB₁ (100 µg/kg) + levadura (0,1%); T7: dieta basal + AFB₁ (100 µg/kg) + monensina (50 mg/kg) + levadura (0,1%); T8: dieta basal + AFB₁ (100 µg/kg) + monensina (50 mg/kg). Los resultados obtenidos de los parámetros productivos evaluados (ganancia media diaria (GMD), consumo medio diario (CMD) e índice de conversión (IC)) demostraron que la adición de la levadura mejoró significativamente la GMD y CMD, mientras que el IC no mostró diferencias significativas ($p < 0,05$). Además, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) para el peso de carcasa, pata muslo, pechuga, órganos inmunológicos y parámetros bioquímicos. Este estudio permitió concluir que *Pichia kudriavzevii* no presentó un efecto tóxico en las aves, demostrando además que su eficiencia para adsorber aflatoxina B₁ no fue afectada por la presencia de monensina.

Citar como: Magnoli, A., Poloni, V., Peralta M. F., González Pereyra, M. F., Pereyra, C.,... Cavaglieri, L., (2018). Evaluación del comportamiento productivo de pollos parrilleros alimentados con levadura (*Pichia kudriavzevii*) sola y en combinación con aflatoxina B₁ y monensina. Revista Científica FAV-UNRC *Ab Intus* 1 (1): 47-55

Recibido: 3 de abril de 2018. Aceptado: 24 de julio 2018

* **Autor para correspondencia:** Alejandra Paola Magnoli. E-mail: amagnoli@ayv.unrc.edu.ar, Ruta 36, Km 601 5800 Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Financiamiento: Este estudio fue financiado por FONCYT



Evaluation of the productive behavior of broiler chickens fed with yeast (*Pichia kudriavzevii*) alone and in combination with aflatoxin B1 and monensin

Keywords:

bioadsorbent
aflatoxin B₁,
monensin
broiler chickens
productive parameters

Abstract: The aim of this work was to evaluate *in vivo* the efficiency of an autochthonous strain from the avian environment, *Pichia kudriavzevii*, to prevent the toxic effects of aflatoxin B1 (AFB₁) alone and in combination with monensin (MON) on productive parameters in broiler chickens. Chickens (120) were used, 8 treatments, 3 replicas, with 5 chickens per replica (one-day-old, Cobb). The birds were fed with a starter diet until 33 days of age. Different experimental diets were prepared: treatment 1 (T1): basal diet (DB); T2: basal diet + monensin (50 mg/kg); T3: basal diet + yeast (0.1%); T4: basal diet + AFB₁ (100 µg/kg); T5: basal diet + monensin (50 mg/kg) + yeast (0.1%); T6: basal diet + AFB₁ (100 µg/kg) + yeast (0.1%); T7: basal diet + AFB₁ (100 µg/kg) + monensin (50 mg/kg) + yeast (0.1%); T8: basal diet + AFB₁ (100 µg/kg) + monensin (50 mg/kg). The average daily gain (GMD), the average daily consumption (CMD) and the conversion index (CI) were the productive parameters evaluated. These parameters showed that *P. kudriavzevii* addition significantly improved GMD and CMD, whereas IC did not show significant differences ($p < 0.05$). Moreover, non-significant differences were observed among treatments ($p < 0.05$) for the carcass weight, leg, breast, immunological organs and the biochemical parameters. In conclusion, *P. kudriavzevii* did not show toxic effects in broilers, in addition, the efficiency of this yeast to adsorb aflatoxin B1 was not affected by the presence of monensin.

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son metabolitos tóxicos secundarios producidos principalmente por los siguientes géneros fúngicos *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, and *Alternaria*, presentes frecuentemente tanto en las materias primas como en los alimentos terminados. En condiciones favorables, los hongos pueden sintetizar micotoxinas y acumularse en las materia primas. Este proceso puede ocurrir durante el crecimiento del cultivo, durante el almacenamiento, posterior a la cosecha o durante el almacenamiento del alimento terminado (CAST, 2003). La contaminación de las materias primas y los alimentos terminados con micotoxinas son un problema de importancia mundial, debido a las pérdidas económicas ocasionadas en la producción animal en los países en desarrollo. Las aflatoxinas (AFs) son principalmente producidas por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, siendo de gran preocupación en la producción avícola (Bhat *et al.*, 2010). Las AFs causan graves pérdidas económicas y problemas de salud en la industria avícola debido a su toxicidad y frecuencia de ocurrencia en los alimentos

balanceados (Nemati *et al.*, 2014a). La toxicidad de las AFs en pollos parrilleros ha sido ampliamente investigada por sus efectos carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos y la inhibición del crecimiento (Oğuz *et al.*, 2000a; Sur y Celik, 2003; Magnoli *et al.*, 2011a; Gutleba *et al.*, 2015). Otros efectos adversos conocidos de las AFs son los cambios bioquímico-hematológico e inmunológico (Oğuz *et al.*, 2000a; Manafi *et al.*, 2014; Nemati *et al.*, 2015). La presencia de cepas productoras de AFs en alimentos balanceados comerciales para aves ha sido ampliamente reportada en estudios previos (Oliveira *et al.*, 2006; Fraga *et al.*, 2007; Monge *et al.*, 2013). El contenido de AFs en la mayoría de los alimentos avícolas de Argentina es más alto que el nivel máximo permitido de 20 µg/kg de alimento (Monge *et al.*, 2013). La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) establece niveles reguladores de 20 µg/kg de aflatoxina para las aves de corral (Bhat *et al.*, 2010). La producción avícola creció mucho en los últimos años en Argentina, siendo uno de los sistemas de producción

animal más importantes, adquiriendo gran importancia económica, principalmente en el sector de la producción de carne (Lamelas *et al.*, 2010).

El objetivo de los productores, investigadores y gobiernos es desarrollar tecnologías efectivas de gestión en la prevención y descontaminación para minimizar los efectos tóxicos de la AFs en la producción animal. Varios adsorbentes naturales como las zeolitas, bentonitas y clinoptilolita, han sido evaluadas tanto en estudios *in vitro* (Chiacchiera *et al.*, 2000) como *in vivo* por su capacidad para adsorber AFs (Miazzo *et al.*, 2000, 2005; Oğuz *et al.*, 2000a, 2000b; Magnoli *et al.*, 2011a, 2011b; Nemati *et al.*, 2014b). Estos productos están disponibles como aditivos comerciales, sus niveles de inclusión son altos y pueden tener efectos negativos, al reducir el valor nutricional de los alimentos o producir efectos secundarios indeseables (Zain, 2011). Diferentes estudios han indicado que las paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* se pueden agregar a alimentos contaminados, para unir selectivamente micotoxinas (Yiannikouris *et al.*, 2003, 2004). Estos autores afirman que el complejo levadura-toxina pasa a través del tracto digestivo sin ningún efecto negativo en los animales o cualquier transferencia a productos animales comestibles como leche, huevos o carne (Yiannikouris *et al.*, 2003, 2004).

La monensina sódica (MON) es un miembro de una familia de compuestos conocida como antibióticos poliéteres ionóforos del ácido carboxílico. Su principal aplicación terapéutica es como un aditivo alimentario para aves de corral para prevenir la coccidiosis (Schwarz *et al.*, 2001). Debido a que muchas de las pérdidas económicas asociadas con la coccidiosis tienen lugar antes del diagnóstico, la prevención se vuelve más importante que el tratamiento (Elliott *et al.*, 1998). Gray *et al.* 1998; Dusi y Gamba, 1999 y Magnoli *et al.* 2011a,b, informaron el efecto interactivo de la bentonita sódica y la MON. De hecho, informaron que la MON puede reducir la eficacia de una bentonita sódica para adsorber AFs. Sin embargo, no se sabe si la presencia de MON puede afectar la capacidad de las levaduras para enlazar AFs.

Por lo expuesto anteriormente el objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia *in vivo* de una cepa autóctona del medio ambiente aviar, *Pichia kudriavzevii*, para prevenir los efectos tóxicos de la

aflatoxina B₁ sola y en combinación con monensina sobre parámetros productivos en pollos parrilleros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Producción de levadura: *Pichia kudriavzevii* fue aislada de alimento balanceado de pollos parrilleros y caracterizada molecularmente por Magnoli *et al.* (2016). Además, en un estudio *in vitro* realizado previamente se demostró la capacidad de esta levadura para adsorber AFB₁ (Magnoli *et al.* 2016). La cepa fue depositada en la colección de cultivos de Micología y Micotoxicología de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. La biomasa de levadura se obtuvo a partir de 24 h de cultivo en caldo de levadura-peptona-dextrosa (YPD) en un fermentador a 28°C, con agitación. Después de producida la biomasa, las células fueron centrifugadas y liofilizadas para ser añadidas a las diferentes dietas al 0,1% p/p.

Producción de aflatoxina B₁: la AFB₁ fue producida por fermentación del arroz por *A. parasiticus* NRRL 2999 (USDA, Agricultural Research Service, Peoria, IL). A los 7 días el arroz conteniendo el hongo fue autoclavado y secado durante 48 h 40 °C en una estufa de aire forzado, posteriormente el arroz se molió. El producto molido obtenido fue cuantificado por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) con detector de fluorescencia de acuerdo a la metodología descrita por Trucksess *et al.* (1994). La concentración de AFB₁ del producto molido fue de (60 ± 1,1 µg/g). Una cantidad determinada del producto molido fue agregado a la dieta basal para proporcionar una concentración aproximada de 100 - 150 µg de AFB₁/kg de alimento.

Ensayo *in vivo*: el ensayo fue realizado en las instalaciones de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Se utilizaron pollos parrilleros de la línea comercial Cobb vacunados contra Marek de un día de edad; lo que fueron previamente sexados, y alimentados *ad libitum* hasta los 33 días de edad. Un total de 120 pollos, 3 réplicas por tratamiento, 8 tratamientos, con 5 pollos por réplica fueron pesados individualmente y seleccionados al azar. Durante el período experimental fueron mantenidos

a la temperatura adecuada de acuerdo a las exigencias de la edad y con iluminación fluorescente continua. Las aves fueron alimentadas con una dieta iniciadora comercial hasta el día 33 de edad (final de la experiencia, 28 días de experimentación). La dieta iniciadora basal fue realizada en base a maíz y soja cumpliendo con los requerimientos de acuerdo con la National Research Council (NRC, 1994). A partir de la dieta iniciadora basal se prepararon las diferentes dietas experimentales para cada uno de los tratamientos: tratamiento 1 (**T1**): dieta basal (**DB**); **T2**: DB + monensina (MON) (50 mg/kg); **T3**: DB + levadura (0,1%); **T4**: DB + AFB₁ (100 µg/kg); **T5**: DB + MON (50 mg/kg) + levadura (0,1%); **T6**: DB + AFB₁ (100 µg/kg) + levadura (0,1%); **T7**: DB + AFB₁ (100 µg/kg) + MON (50 mg/kg) + levadura (0,1%); **T8**: DB + AFB₁ (100 µg/kg) + MON (50 mg/kg). Las diferentes dietas experimentales fueron suministradas a partir del quinto día de edad para asegurar una buena adaptación y homogenización del lote hasta los 33 días de edad. Diariamente se monitorearon signos de morbilidad y mortalidad en las aves. Al final del ensayo, se evaluó la eficiencia de la levadura y sus combinaciones con MON y AFB₁ midiendo los parámetros productivos: ganancia media diaria por ave (GMD g/d/ave), consumo medio diario por ave (CMD g/d/ave), índice de conversión (IC), peso de la carcasa (PC), peso de muslos (PM), peso pechuga (PP), peso de hígado (PH) y pesos de los órganos inmunológicos como bazo (PB), timo (PT) y bolsa de Fabricio (PBF). Para la determinación de la GMD las aves fueron pesadas al inicio y al final de la experiencia, el CMD fue determinado por diferencia entre la cantidad de alimento suministrado diariamente y el alimento remanente al final de la experiencia, el IC fue determinado teniendo en cuenta el alimento consumido versus la ganancia de peso de cada tratamiento.

Determinación de AFB₁ en alimento balanceado:

la determinación de AFB₁ en cada una de las dietas experimentales se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Trucksess et al. (1994). El tiempo de retención para AFB₁ fue de 4,7 min y el límite de detección fue de 0,001 µg/ml. Los niveles de AFB₁ en la dieta basal fueron de 3 ± 1 mg/kg (T1, T2, T3 y T5) (contaminación natural) y 100 ± 6 mg/kg de AFB₁ para las dietas T4, T6, T7 y T8. Los análisis

se realizaron por triplicado. Si bien los niveles de otras micotoxinas no fueron determinados, los animales no presentaron sintomatología asociada a deoxinivalenol, nivalenol, zearalenona, ocratoxina A, fumonisinas B1+B2 y toxinas T-2 y HT-2.

Examen patológico: a los 28 días de experiencia es decir a los 33 días de edad de las aves, el ensayo concluyó y se seleccionaron 3 aves de cada réplica de cada tratamiento al azar, se le extrajo sangre de la vena subclavia, para evaluar los parámetros bioquímicos como proteínas totales (PT), albúmina (ALB), globulina (GLOB) y la relación albúmina:globulina (ALB:GLOB). A las muestras de sangre se les agregó heparina, para evitar la coagulación, se centrifugaron y el plasma obtenido se almacenó a -20°C hasta su análisis. Las determinaciones bioquímicas de PT, ALB, GLOB y la relación ALB:GLOB se determinaron con un kit comercial de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante (Laboratorio Wiener, 2000). Los valores bioquímicos de plasma se agruparon y se expresaron como valores medios. A continuación, se llevó a cabo la eutanasia por sangría a blanco como lo recomienda el comité de ética de la UNRC. Posteriormente se procedió a la necropsia detallada de las aves. Se determinó el peso de los hígados, carcasas, muslos, pechugas y de los órganos inmunológicos (bazo, timo y bolsa de Fabricio).

Análisis estadísticos de los datos: los datos experimentales se analizaron mediante el software estadístico InfoStat 2008. Las medias de los tratamientos que mostraron diferencias significativas en el análisis de varianza (ANOVA) fueron comparadas usando el test de la mínima diferencia significativa de Fisher's. La significancia estadística fue aceptada a un $p < 0,05$ (Balzarini et al. 2008).

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los efectos de la inclusión de levadura y/o monensina sobre parámetros productivos en pollos parrilleros alimentados con aflatoxina B₁ durante 28 días. Los valores de ganancia media diaria (GMD) demostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las aves alimentadas

con la levadura (T3) y las aves alimentadas con AFB₁ (T4). La GMD de las aves alimentadas con AFB₁ y con levadura (T6) si bien no mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) comparadas con los otros tratamientos, el valor de este parámetro fue mayor en el tratamiento T6 y fue menor en el tratamiento T4. Si bien no mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) la GMD de las aves alimentadas con MON (T2) y con MON más AFB₁ (T8), mostraron valores inferiores comparado con las aves alimentadas con MON más levadura (T5 y T7). En cuanto al CMD

se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Tanto el agregado de MON, levadura como AFB₁ aumentaron el CMD con respecto a la dieta basal. En cuanto al índice de conversión (IC) se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Los tratamientos T4, T5, T6, T7 y T8 presentaron los valores más altos, al comparar este parámetro productivo con los valores obtenidos por los tratamientos T1, T2 y T3, los cuales presentaron los menores valores de índice de conversión.

Tratamientos	Parámetros productivos			
	GMD (g/ave/día)	CMD (g /ave/día)	Índice de conversión (g alimento consumido/g ganados)	Carcasa (kg)
T1 Dieta Basal (DB)	47,28 ± 2,26 ^{ab}	62,18 ± 0,68 ^a	1,34 ± 0,08 ^a	0,973 ± 0,089 ^{abc}
T2 DB + monensina	45,54 ± 2,03 ^{ab}	71,63 ± 0,09 ^b	1,46 ± 0,06 ^{ab}	1,027 ± 0,116 ^c
T3 DB+ levadura	49,84 ± 3,89 ^b	76,06 ± 0,23 ^{de}	1,41 ± 0,12 ^{ab}	0,982 ± 0,099 ^{abc}
T4 DB+ AFB ₁	44,67 ± 0,92 ^a	74,90 ± 0,10 ^c	1,74 ± 0,01 ^c	0,928 ± 0,095 ^{ab}
T5 DB + monensina + levadura	47,00 ± 0,88 ^{ab}	77,08 ± 0,07 ^f	1,61 ± 0,001 ^{bc}	0,996 ± 0,081 ^{abc}
T6 DB+AFB ₁ + levadura	48,77 ± 1,32 ^{ab}	75,49 ± 0,44 ^{cd}	1,57 ± 0,05 ^{bc}	0,960 ± 0,090 ^{abc}
T7 DB+ AFB ₁ + Monensina+ levadura	47,50 ± 2,94 ^{ab}	77,44 ± 0,32 ^f	1,65 ± 0,06 ^c	1,018 ± 0,063 ^{bc}
T8 DB+AFB ₁ + Monensina	46,15 ± 1,80 ^{ab}	76,70 ± 0,51 ^{ef}	1,61 ± 0,06 ^{bc}	0,925 ± 0,130 ^a

^a- Los valores dentro de las columnas con letras distintas son diferentes significativamente ($P < 0,05$), de acuerdo al test de la mínima diferencia significativa (LSD) de Fisher.

Tabla 1. Efectos de la inclusión de levadura y/o monensina sobre parámetros productivos en pollos parrilleros alimentados con aflatoxina B₁ durante 28 días.

En la Tabla 1 se muestra el peso de las carcasas de los diferentes tratamientos. No se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso de la carcasa entre los tratamientos. Sin embargo, los pesos de la carcasa de las aves alimentadas con AFB₁ y MON (T8) presentaron los valores más bajos al compararlos con los otros tratamientos. Cuando se analizaron los pesos de pata muslo, pechuga, órganos inmunológicos (bazo, timo y bolsa de Fabricio), y los parámetros bioquímicos, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) (datos no mostrados).

DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó la eficiencia *in vivo* de una cepa autóctona del medio ambiente aviar, *P. kudriavzevii*, para prevenir los efectos tóxicos de la aflatoxina B₁ (AFB₁) sola y en combinación con monensina (MON) sobre parámetros productivos en pollos parrillero. En este estudio la GMD de peso fue mayor en las aves alimentadas con levadura, que aquellas alimentadas con AFB₁. Este parámetro se vio afectado en las aves alimentadas con MON sola y en combinación con AFB₁. En cuanto al consumo de alimento fue mayor en todos los tratamientos de las aves alimentadas con levadura; como así también aquellas aves alimentadas con AFB₁ más MON. La presencia de la levadura sola mejoró significativamente el índice de conversión. Estos resultados coinciden con los informados por Afzal y Saleem (2004) quienes observaron una mejoría importante en la GMD y en el IC en pollos parrilleros alimentados con un desintoxicante de micotoxinas basado en levaduras en dietas contaminada con 170 µg/kg AFB₁. En forma similar, Celik et al. (2001) y Juan-Juan et al. (2010) demostraron que la adición de extractos de células de levadura a una dieta que contenía 100 µg/kg de AFB₁ tuvo efectos mejoradores en el rendimiento de los pollos parrilleros y los parámetros bioquímicos. Hashmi et al. (2006) si bien no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores obtenidos para el consumo de alimento, el aumento de peso y la relación de conversión alimenticia indicaron una eficiente disminución de los efectos tóxicos de la AFB₁ al suplementar con levadura (1%) y mananoligosacáridos (0,26%) a dietas de pollos

contaminadas con 100, 200 y 300 µg/kg de AFB₁. Similares resultados también fueron observados por Motawe et al. (2014) quienes demostraron GMD inferior, CMD menor e IC alterado en pollos parrilleros alimentados con dietas contaminadas con 0,5 y 1 mg/kg de AFB₁. Estudios previos realizados por nuestro grupo de trabajo con pollos parrilleros alimentados con 100 µg/kg de AFB₁ más el agregado de 0,1% de levadura durante un período de 22 días mostraron mejoras significativas en la GMD y en el CMD con el agregado de la levadura, sin embargo el IC no mostró diferencias significativas (Magnoli et al., 2017). Es importante destacar que si bien no hubo diferencias significativas, las aves alimentadas con AFB₁ y MON presentaron los menores valores de peso de carcasa. En concordancia con Magnoli et al., (2017), no se detectaron diferencias significativas en parámetros bioquímicos y en el peso de los órganos inmunológicos e hígado en aves alimentadas con 100 ± 6 µg/kg de AFB₁. Estos resultados se deben probablemente a los bajos niveles de inclusión de AFB₁ consumidos y al corto tiempo de exposición.

CONCLUSIÓN

La adición de una cepa autóctona del medio ambiente aviar, *P. kudriavzevii*, a la dieta de pollos parrilleros contaminada con 100 µg/kg de AFB₁ y con la adición de MON demostró ser eficaz para mejorar algunos parámetros productivos, además la eficiencia *in vivo* de la levadura no fue afectada por la presencia de MON. Este trabajo hace una contribución al uso de levaduras autóctonas del medio ambiente aviar para el control de la aflatoxicosis crónica en la producción avícola.

REFERENCIAS

- Afzal, M. y Saleem, Z. 2004. Effects of addition of a mycotoxin detoxifier in poultry feed containing different levels of aflatoxins on the performance of broilers. *Asian-Australian Journal of Animal Science* 17: 990–994.
- Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Casanoves, F.; Di Renzo, J.A.; Robledo, C.W. 2008. Manual del usuario, editorial Brujas, Córdoba, Argentina, InfoStat 2008.
- Bhat, R.; Rai, R.V.; Karim, A. 2010. Mycotoxins in food and feed: present status and future concerns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9: 57–8.
- CAST (Council for Agricultural Science and Technology). 2003. Mycotoxins: Risks in plant, animal, and human systems. Task Force Report No. 139:13-85. Ames, Iowa. pp. 199.
- Celik, K.; Denli, M.; Erturk, M.; Ozturkcan, O.; Doran, F. 2001. Evaluation of dry yeast (SCE) in the feed to reduce AFB₁ residues and toxicity to japonica quails. *Journal Applied Animal Research* 20: 245-250.
- Chiacchiera, S.M.; Magnoli, C.E.; Astorga, P.; Miazzo, R.; Combina, M.; Dalcero, A.M.; Kikot, E.; Basaldella, E. 2000. Use of synthetic zeolites to adsorb different mycotoxins, prevention of mycotoxicoses. *Actualidad Fisicoquímica Organica* 12: 218–236.
- Dusi, G. y Gamba, V. 1999. Liquid chromatography with ultraviolet detection of lasalocid, monensin, salinomycin and narasin in poultry feeds using pre-column derivation. *J. Chromatogr. A* 835: 243–246.
- Elliott, C.T.; Kenned, D.G.; McCaughey, W.J. 1998. Methods for the detection of polyether ionophore residues in poultry. *Analyst* 123: 45R–56R.
- Fraga, M.E.; Curvello, F.; Gatti, M.J.; Cavaglieri, L.R.; Dalcero, A.M.; Da Rocha Rosa, C.A. 2007. Potential aflatoxin and ochratoxin A production by *Aspergillus* species in poultry feed processing. *Veterinary Research Communications* 31: 343–353.
- Gray, S.J.; Ward, T.L.; Southern, L.L.; Ingram, D.R. 1998. Interactive effects of sodium bentonite and coccidiosis with monensin or salinomycin in chicks. *Poultry Science* 77:600–604.
- Gutleba, A.C.; Caloni, F.; Girauda, F.; Cortinovis, C.; Pizzo, F.; Hoffmanna, L.; Bohna, T.; Pasquali, M. 2015. Detection of multiple mycotoxin occurrences in soy animal feed by traditional mycological identification combined with molecular species identification. *Toxicology Reports* 2: 275–279.
- Hashmi, I.; Pahsa, T.N.; Jabbar, M.A.; Arkam, M.; Hashmi, A.S. 2006. Study of adsorption potential of yeast sludge against AF in broiler chicks. *Journal of Animal and Plant Sciences* 16: 12–14.
- Juan-juan, L.; De-cheng, S.; Xiao-ou, S. 2010. Binding capacity for AFB₁ by different adsorbents. *Agricultural Sciences China* 9: 449–456.
- Lamelas, K.; Mair, G.; Beczkowski, G. 2010. Evolución del sector Avícola año 2009, perspectiva 2010. *Boletín avícola* 58:1–26 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Acceso Marz. <http://www.minagri.gob.ar>.
- 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. 2011a. 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.
- Magnoli, A.P.; Texeira, M.; Rosa, C.A.R.; Miazzo, R.D.; Cavaglieri, L.R.; Magnoli, C.E. 2011b. Sodium bentonite and monensin under chronic aflatoxicosis in broiler chickens. *Poultry Science* 90: 352–357.
- Magnoli, A.P.; Rodriguez, M.C.; Poloni, V.L.; Rojo, M.C.; Combina, M.; Chiacchiera, S.M.; Dalcero,

- A.M.; Cavaglieri, L.R. 2016. Novel yeast isolated from broilers' feedstuff, gut and faeces as aflatoxin B1 adsorbents. *Journal Applied Microbiology* Volume 121 (6): 1766-1776.
- Magnoli, A.P.; Rodriguez, M.C.; González Pereyra, M.L.; Poloni, V.L.; Peralta, M.F. Nilson, A.J.; Miazzo, R.D.; Bagnis, G.; Chiacchiera, S.M.; Cavaglieri, L.R. 2017. Use of yeast (*Pichia kudriavzevii*) as a novel feed additive to ameliorate the effects of aflatoxin B1 on broiler chicken performance. *Mycotoxin Research* 33 (4): 273-283.
- Manafi, M.; Hedayati, M.; Yari, M. 2014. Aflatoxicosis and herbal detoxification: the effectiveness of thyme essence on performance parameters and antibody titers of commercial broilers fed aflatoxin B1. *Research Zoological* 4 (2): 43-50.
- Miazzo, R.D.; Rosa, R.C.A.; Carvalho, E.C.Q.; Magnoli, C.E.; Chiacchiera, S.M.; Palacio, G.; Saenz, M.; Kikot, A.; Basaldella, E.; Dalcerro, A. 2000. Efficacy of synthetic zeolite to reduce the toxicity of aflatoxin in broiler chicks. *Poultry Science* 79: 1-6.
- Miazzo, R.D.; Peralta, M.F.; Magnoli, C.E.; Salvano, M.; Ferrero, S.; Chiacchiera, S.M.; Carvalho, E.C.Q.; Rosa, C.A.; Dalcerro, A. 2005. Efficacy of sodium bentonite as a detoxifier of broiler feed contaminated with aflatoxin and fumonisin. *Poultry Science* 84: 1-8.
- Monge, M.P.; Dalcerro, A.M.; Magnoli, C.E.; Chiacchiera, S.M. 2013. Natural co-occurrence of fungi and mycotoxins in poultry feeds from Entre Ríos, Argentina. *Food Additives and Contaminants Part B: Surveillance* 6: 168-174.
- Motawe, H.F.A.; Abdel Salam, A.F.; El Meleigy, K.H.M. 2014. Reducing the toxicity of aflatoxin in broiler chickens' diet by using probiotic and yeast. *International Journal Poultry Science* 13 (7): 397-407.
- Nacional Research Council, (NRC) 1994 Nutrient requirements of chickens. En: *Nutrient requirements of poultry*. 8th rev. ed. National Academy Press, Washington DC 11-15.
- Nemati, Z.; Janmohammadi, H.; Taghizadeh, A.; Maleki, H.; Nejad Mogaddam, G.H.; Arzanlou, M. 2014a. Occurrence of aflatoxins in poultry feed and feed ingredients from north western Iran. *European Journal of Zoological Research* 3: 56-60.
- Nemati, Z.; Janmohammadi, H.; Taghizadeh, A.; Moghaddam, G.H.; Maleki Nejad, H. 2014b. Effect of bentonite supplementation to the contaminated diets with aflatoxin B1 on broiler performance. presented at the 6th Iranian congress on animal science, Tabriz.
- Nemati, Z.; Karimi, A.; Besharati, M. 2015. Impact of aflatoxin contaminated feed and yeast cell wall supplementation on immune system in broiler chickens Intl Conf. International Conference on Innovations in Chemical and Agricultural Engineering (ICICAE'2015) Feb. 8-9, 2015 Kuala Lumpur.
- Oğuz, H.; Kececi, T.; Birdane, Y.O.; Onder, F.; Kurtoglu, V. 2000a. Effect of clinoptilolite on serum biochemical and haematological characters of broiler chickens during experimental aflatoxicosis. *Research in Veterinary Science* 69: 89-93.
- Oğuz, H.; Kurtoglu, V.; Coskun, B. 2000b. Preventive efficacy of clinoptilolite in broiler during chronic aflatoxin (50 and 100 ppb) exposure. *Research in Veterinary Science* 69: 197-201.
- Oliveira, G.R.; Ribeiro, J.M.; Fraga, M.E.; Cavaglieri, L.R.; Direito, G.M.; Keller, K.M.; Dalcerro, A.M.; Rosa, C.A. 2006. Mycobiota in poultry feeds and natural occurrence of aflatoxins, fumonisins and zearalenone in the Rio de Janeiro State, Brazil. *Mycopathologia* 162: 355-362.
- Schwarz, S.; Kehrenberg, C.; Walsh, T.R. 2001. Use of antimicrobial agents in veterinary medicine and food animal production. *International Journal of Antimicrobial. Agents* 17: 431-437.
- Sur, E. y Celik, I. 2003. Effects of aflatoxin B1 on the development of the bursa of Fabricius and blood lymphocyte acid phosphatase of the chicken. *British Poultry Science* 44: 558-566.
- Trucksess, M.W.; Stack, M.E.; Nesheim, S.; Albert, R.; Romer, T. 1994. Multifunctional column coupled with liquid chromatography for determination of

aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in corn, almonds, Brazil nuts, peanuts, and pistachio nuts: collaborative study. *Journal AOAC Int* 77: 1512–1521.

Yiannikouris, A.; Poughon, L.; Cameleyre, X.; Dussap, C.G.; Francüois, J.; Bertin, G.; Jouany, J.P. 2003. A novel technique to evaluate interactions between *Saccharomyces cerevisiae* cell wall and mycotoxins: application to zearalenone. *Biotechnology Letters* 25: 783–789.

Yiannikouris, A.; François, J.; Poughon, L.; Dussap, C.G.; Bertin, G.; Jeminet, G.; Jouany, J.P. 2004. Alkali-extraction of b-D-glucans from *Saccharomyces cerevisiae* cell wall and study of their adsorptive properties toward zearalenone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 3666–3673.

Zain, M.E. 2011. Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society* 15: 129–144.