

Efecto de la sustitución de minerales inorgánicos por minerales orgánicos quelados con HTMBa en pollo de engorde

M.CASTILLO^{1,*}, S. PERIS¹, B. RENOUF² y N. BERNARD²

¹Novus Europe S.A./N.V. Novus- Edificio CEPID, Tecnoparc Reus, Avda. Cambra del Comerç, 42, ES-43204, Reus, España, ²EURONUTRITION Experimental Station, Saint Symphorien, Francia

*e-mail: Marisol.Castillo@novusint.com

Trace minerals play a key role in maintaining immunity and tissue integrity in poultry. The aim of this trial was to test the effect of replacing inorganic Zn, Cu and Mn by reduced levels of organic minerals chelated with methionine-hydroxy-analog (HTMBa) on broiler performance, feces quality and foot pad dermatitis (FPD) incidence. A total of 120 day old male chicks (Ross 308) were distributed in 3 groups (10 cages of 4 birds each): Positive Control (PC, with inorganic Zn, Cu and Mn at 80, 16 and 80 ppm); Negative Control (NC, half level of the PC, same mineral sources); and Treatment group (TG, with organic Zn, Cu and Mn as HTMBa chelates at half level of PC) into starter diet (0-14d). In grower diets (15-35d) minerals were reduced to 64:16:64 ppm in the PC and 32:8:32 ppm in the NC and TG. Live weight (LW), average daily gain (ADG), feed intake, water intake, feed conversion rate (FCR), mortality and FPD were measured at day 21 and 35 of age. LW and ADG were significantly ($P<0.05$) increased in TG compared to NC at 35d (2634 vs. 2475 g and 74.1 vs. 69.5 g/d, respectively). Differences were not significant between PC and TG for the same parameters (2568 g and 72.2 g/d for PC). The content of Zn, Cu and Mn in feces was statistically lower in both NC and TG ($P<0.05$) versus PC. For FPD, TG showed significantly less birds with severe lesions than NC ($P<0.05$); PC showed intermediate values ($P>0.05$). The results of this trial demonstrate that organic Zn, Cu and Mn can replace broiler starter and grower diets at half level of their inorganic salts without adverse effects on performance, feces quality and FPD incidence.

Keywords: HMTBa chelated trace minerals; broilers; performance; foot pad dermatitis

Introducción

En los últimos años, la industria avícola ha experimentado un gran aumento de la demanda de producción, que se ha reflejado en una creciente presión de mejora de la productividad de los animales. Sin embargo, esta mejora genética ha generado en paralelo una mayor predisposición de las aves a ciertas patologías metabólicas y músculo-esqueléticas (Barbut, 2015).

A nivel nutricional se ha de destacar la importancia crucial de los minerales traza, ya que están involucrados en cuantiosas funciones bioquímicas, esenciales para la vida y para el óptimo crecimiento y salud del ave. De forma tradicional, estos minerales se han incluido en las dietas de los broilers en forma de sales inorgánicas, principalmente sulfatos y óxidos. En general, formulando con un amplio margen de seguridad, para evitar deficiencias y a su vez posibilitar a las aves crecer en función de su potencial genético.

El bajo coste de estas fuentes ha sido crucial en esta práctica habitual. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que las sales inorgánicas de minerales traza presentan una baja disponibilidad y retención

en el organismo y por ello son excretados en gran parte en las heces (Leeson y Summers, 2001, Manangi *et al.*, 2012).

Esta baja disponibilidad es en parte el resultado de numerosas reacciones antagónicas en el tracto gastrointestinal del animal. Una vez las sales de minerales llegan al tracto gastrointestinal superior, el bajo pH del lumen promueve su disociación. Los cationes resultantes son altamente susceptibles a unirse con otros nutrientes de la dieta resultando inaccesibles para el animal. Por ejemplo, se sabe que el zinc reduce la disponibilidad del cobre y viceversa (Zhao *et al.*, 2008) y que los minerales disociados son altamente afines al ácido fítico, formando complejos altamente estables e insolubles, haciendo de nuevo éstos minerales no disponibles para ser absorbidos (Leeson y Summers 2001). Estas reacciones conllevan como consecuencia una baja absorción y retención de los minerales en el organismo y a su vez, una mayor excreción al medio ambiente.

Por el contrario, los minerales quelados presentan la ventaja de una unión del ligando orgánico al mineral. Ésta confiere estabilidad al complejo y asegura su correcta llegada a intestino delgado donde el mineral será absorbido (Lesson y Summers, 2001). En este sentido, numerosos trabajos han demostrado una mayor biodisponibilidad de los minerales quelados con HTMBa que las fuentes inorgánicas (Wedekind *et al.*, 1992; Li *et al.*, 2005; Richards *et al.*, 2010), hecho que se traduce en numerosos beneficios para el broilers desde mejoras en el desarrollo tisular, a la función inmune y la productividad (Wang *et al.*, 2007, Zhao *et al.*, 2008; Ferket *et al.*, 2009).

Por todo ello, la correcta inclusión de los minerales traza en formas altamente biodisponibles resulta crucial para asegurar el crecimiento del broiler y para el correcto desarrollo de los tejidos. En este sentido, las dermatitis plantares y cojeras, patologías altamente frecuentes en avicultura de engorde, están directamente relacionadas con la integridad tisular, siendo Zn, Cu y Mn tres minerales traza cruciales para disminuir la aparición de estos problemas.

El zinc es esencial para numerosos procesos metabólicos ya que, o bien forma parte, o bien activa numerosos enzimas, incluyendo algunos implicados en la síntesis del ADN (Luscombe *et al.*, 2000; Underwood y Suttle, 2001). También tiene un papel esencial en la síntesis de dos proteínas funcionales: la queratina y el colágeno (Underwood y Suttle, 2001), básicas para el crecimiento post-natal del pollito y para el correcto desarrollo de la respuesta inmune (Kidd *et al.*, 1996; Park *et al.*, 2004). De manera similar, el cobre es un mineral fundamental para la formación de tejidos. Se sabe que juega un papel clave en el entrecruzamiento de las fibras de colágeno y elastina (Harris *et al.*, 1980; Rucker *et al.*, 1998). El manganeso es igualmente esencial para el correcto desarrollo óseo ya que resulta esencial en la formación de la matriz de proteoglicanos donde el colágeno y la elastina quedan embebidos (Caskey *et al.*, 1939) siendo un correcto desarrollo de esta matriz esencial para permitir un adecuado desarrollo del futuro broiler.

Por todo ello, la suplementación del pienso de pollos de engorde con una fuente altamente biodisponible de estos minerales, tal como los quelados de hidroxianálogo de metionina (HTMBa), permitirá una optimización no sólo del desarrollo y correcto crecimiento del animal sino también de la salud de éste, permitiendo una menor inclusión en comparación con las fuentes tradicionalmente utilizadas en avicultura.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en un centro de investigación privado en Francia (Euronutrition SAS), como parte de un proyecto con el objetivo de comparar la utilización de fuentes inorgánicas de Zn, Cu y Mn (sulfatos) versus quelados orgánicos de HTMBa. Para ello, se utilizaron un total de 120 pollitos de 1 día de vida (Ross 308). A la llegada al centro de experimentación, los animales se distribuyeron de forma aleatoria en tres grupos experimentales y fueron alojados en jaulas siguiendo los estándares del centro (4 animales por jaula, 10 jaulas por grupo experimental). La duración de la prueba fue de 35 días.

Los animales recibieron una dieta de iniciación y de crecimiento estándar, de composición y valores nutricionales idéntica y que sólo difirió en los niveles y fuente utilizada de Zn, Cu y Mn. El grupo Control Positivo (PC) se suplementó con Zn, Cu y Mn en forma de sulfato, el grupo Control Negativo (NC) con la

misma fuente pero a la mitad de dosis, y el Grupo Tratamiento se suplementó con minerales quelados con HTMBa a mitad de la dosis del PC (TG; Tabla 1).

Tabla 1. Fuente y niveles utilizados de Zn, Cu y Mn para las dietas starter y crecimiento.

Grupo	Control positivo (PC)	Control negativo (NC)	Minerales orgánicos (TG)
Fuente mineral	Sulfatos	Sulfatos	Quelado orgánico HTMBa
INICIACIÓN 0-14 días			
Zn (ppm)	80	40	40
Mn (ppm)	80	40	40
Cu (ppm)	16	10	10
CRECIMIENTO 15-35 días			
Zn (ppm)	64	32	32
Mn (ppm)	64	32	32
Cu (ppm)	16	8	8

El día 21 y 35 de la prueba se midieron el peso vivo (PV), el consumo de pienso (FI), la calidad y materia seca de las heces, y la presencia y severidad de lesiones plantares (FPD). La medición de FPD se realizó seleccionando 2 animales de cada jaula, y las lesiones se clasificaron mediante un índice de severidad de 1 a 4 (1: lesiones > 12 mm, 2: 7,5mm a 12 mm, 3: < 7,5 mm, 4: sin lesiones aparentes).

Los datos obtenidos durante la prueba experimental fueron analizados estadísticamente con el software StatSoft Inc (1999), mediante ANOVA. La mortalidad y el índice de FPD se analizaron mediante comparación Least Square Difference (LSD).

Resultados y discusión

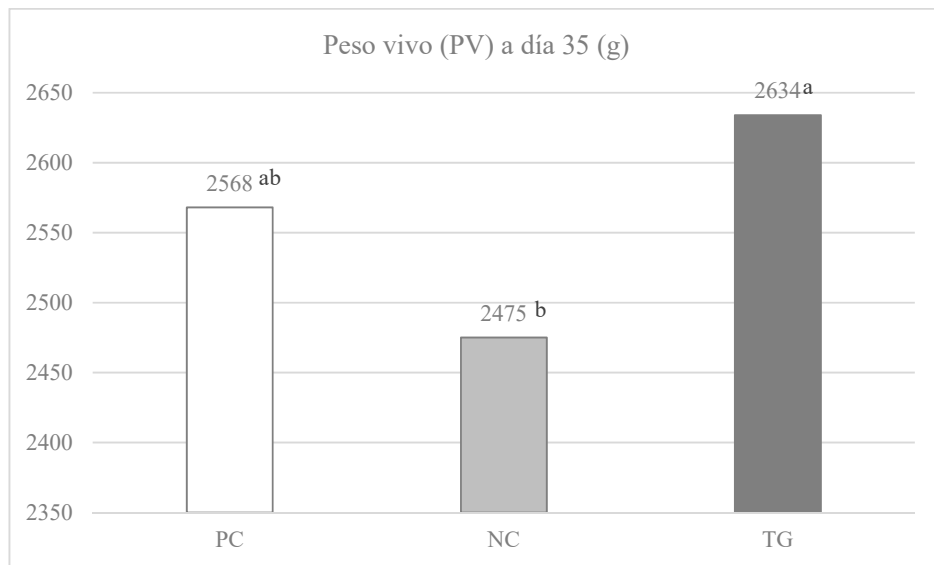
En la primera parte de la prueba (0-14d), no se hallaron diferencias estadísticamente significativas para PV ni para la ganancia media diaria (GMD), aunque el grupo TG presentó los valores medios más altos (535g, 529g y 541g de PV para PC, NC y TG respectivamente y 35,26g, 34,81g y 35,64g de GMD para PC, NC y TG respectivamente).

Sin embargo, al final del periodo experimental, los animales alimentados con Zn, Cu y Mn quelados con HTMBa (TG) mostraron un mayor PV y GMD que aquellos animales alimentados con minerales inorgánicos a dosis baja (NC; 2634g vs 2475g de PV (Figura 1) y 74,1 g/d vs 69,5 g/d de GMD (Figura 2), $P < 0,05$). No obstante, las diferencias no fueron estadísticamente significativas entre el PC y el TG para ambos parámetros (2568 g and 72,2 g/d, respectivamente).

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas para el contenido en materia seca de las heces, la ingesta de pienso y agua y el índice de conversión ($P > 0,05$).

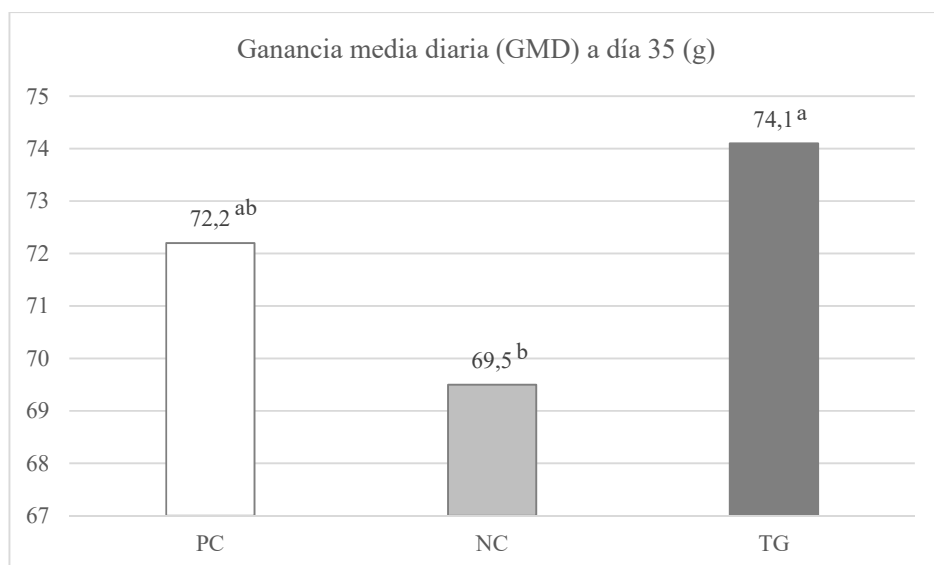
Sin embargo, el análisis de contenido de Zn, Cu y Mn en heces (Figura 3) mostró una menor concentración en las heces de aquellos animales alimentados con menores concentraciones de minerales traza: TG y NC. Estos resultados están en línea con investigaciones anteriores que han demostrado como la administración de altos niveles de minerales inorgánicos resultan en altos niveles de excreción en purines (Yuan *et al.*, 2011).

Figura 1. Peso vivo final (PV, g) de los broilers alimentados con diferentes niveles y fuentes de Zn, Cu y Mn el día 35 de la prueba experimental.



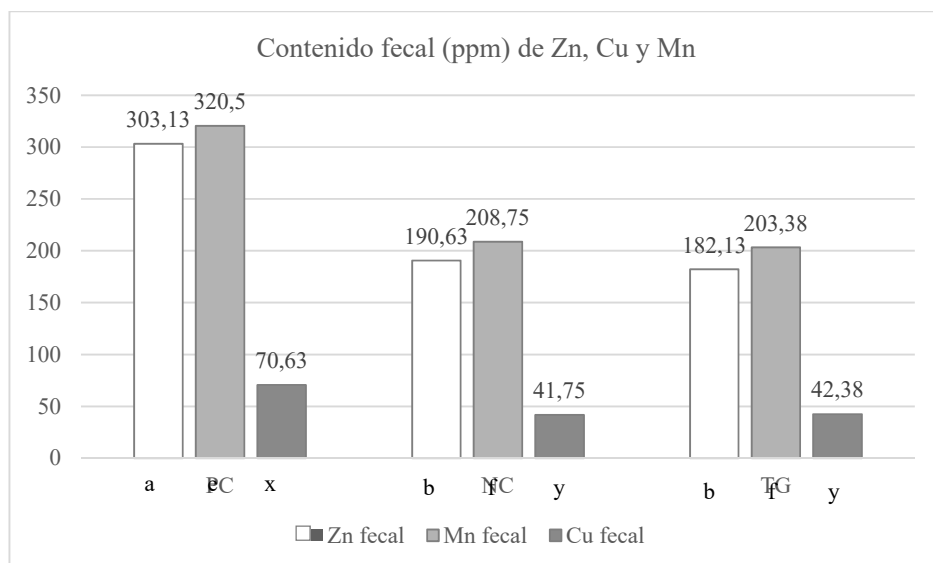
a, b: Superíndices diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($P < 0,05$)

Figura 2. GMD de broilers alimentados con diferentes niveles y fuentes de Zn, Cu y Mn (0-35d).



a, b: Superíndices diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($P < 0,05$)

Figura 3. Contenido fecal (ppm) de Zn, Cu y Mn en broilers alimentados con diferentes fuentes y niveles de Zn, Cu y Mn.



a, b, e, f y x, y: Superíndices diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($P < 0,05$)

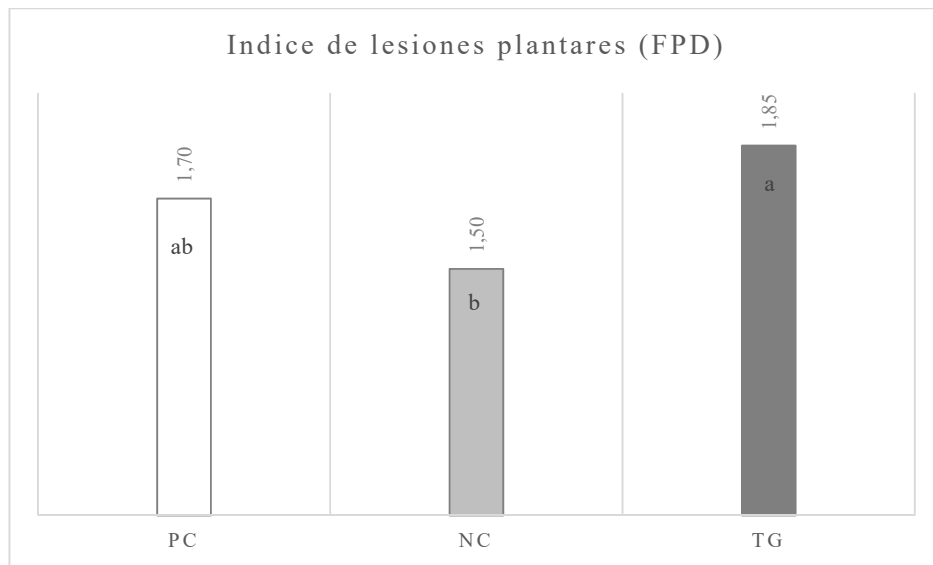
En relación al índice de lesiones plantares (FPD) y debido a la heterogeneidad entre los índices obtenidos entre los tres grupos, se decidió fusionar el índice 1 y 2 y el índice 3 y 4, para de esta manera dividir las lesiones plantares en dos grados de severidad únicamente. El índice 1 y 2 indica lesiones severas y los índices 3 y 4 aquellas lesiones leves o no aparentes. Mediante esta aproximación (Tabla 2) se observó que el grupo que recibió en la dieta minerales quelados con HTMBa (TG), mostró menor número de animales con lesiones severas que el grupo que recibió una dosis baja de minerales inorgánicos (NC; $P < 0,05$), siendo el grupo con valores altos de Zn, Cu y Mn en forma inorgánica el que presentó unos valores intermedios ($P < 0,05$).

Tabla 2. Distribución de broilers en función de la severidad de las lesiones plantares (FPD), agrupando índice 1 y 2, y 3 y 4.

Índice FPD	PC	NC	TG
1 ($\geq 7,5$ mm)	8	10	3
2 ($< 7,5$ mm)	12	10	17

Como se observa en la Figura 4, la media del índice de lesión plantar para TG fue significativamente mayor (1.85) que la del grupo NC (1.50). Esto indica que los animales alimentados con niveles bajos de minerales quelados con HTMBa presentaron menores lesiones plantares a día 35 de vida que aquellos animales alimentados con la misma dosis de minerales inorgánicos (NC). Estudios anteriores en han demostrado resultados similares tanto a nivel de salud y integridad tisular (Zhao *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2017), demostrando la importancia de estos minerales traza para una correcta integridad tisular (Iwata *et al.*, 1999; Zhao *et al.*, 2010) como a nivel de mejoras de parámetros productivos (Wang *et al.*, 2007; Zhao *et al.*, 2008; Yuan *et al.*, 2011).

Figura 4. Valores medios de lesiones plantares a día 35 en broilers alimentados con diferentes fuentes y niveles de Zn, Cu y Mn.



a, b: Superíndices diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($P < 0,05$)

Los resultados obtenidos de esta prueba nos permiten concluir que la inclusión de Zn, Cu y Mn en forma de quelado de HTMBa a mitad de dosis permite la sustitución de fuentes inorgánicas de estos minerales, sin afectar negativamente a la productividad, calidad de las heces y lesiones plantares.

Referencias

- BARBUT, S.** (2015) The science of poultry and meat processing. University of Guelph, Ontario Canada.
- CASKEY, C. D., GALLUP, W. D. and NORRIS, L. C.** (1939) The need for manganese in the bone development of the chick. *Journal of Nutrition* **17** (7): 407-417.
- CHEN, J., TELLEZ, G., ESCOBAR, J., and VAZQUEZ-AÑÓN, M.** (2017). Impact of Trace Minerals on Wound Healing of Footpad Dermatitis in Broilers. *Nature Science Reports* **7**: 1894.
- FERKET, P.R., OVIEDO-RONDÓN, E.O., MENTE, P. L., MENTE, D., BOHÓRQUEZ, A. A., SANTOS, J. L., GRIMES, J. D., RICHARDS, J. D., DIBNER, J. J. AND FELTS, V.** (2009) Organic trace minerals and 25-hydroxycholecalciferon affect performance characteristics, leg abnormalities, and biomechanical properties of leg bones of turkeys. *Poultry Science* **88**:118-131.
- HARRIS, E. D., RAYTON, J. K., BALTHROP J. E., DISILVESTRO, R. A., and GARCIA-DE-QUEVEDO, M.** (1980) Copper and the synthesis of elastin and collagen. *Ciba Found Symposium* **79**:163-82.
- IWATA, M., TAKEBAYASHI, T., OHTA, H., ALCALDE, R.E., ITANO, Y. AND MATSUMURA, T.** (1999). Zinc accumulation and metallothionein gene expression in the proliferating epidermis during wound healing in mouse skin. *Histochemistry and Cell Biology* **112**:283-280.
- KIDD, M. T., FERKET, P. R. and QURESHI, M. A.** (1996) Zinc metabolism with special reference to its role in immunity. *World's Poultry Science Journal* **52**: 309-324.
- LEESON, S. and SUMMERS, J. D.** (2001) Scott's Nutrition of the Chicken. 4th Ed. University Books, Guelph, Ontario.
- LI, S. F., LUO, X.G., LU, L. CRENSHAW, T. D., BU, Y.Q., LIU B., KUANG, X., SHAO, G.Z., and YU, S. X.** (2005) Bioavailability of organic manganese sources in broilers fed high dietary calcium. *Animal Feed Science and Technology* **124**: 703-715.
- LUSCOMBE, N. M., AUSTIN, S. E., BERMAN, H. M., and THORNTON, J. M.** (2000) Review: an overview of the structures of protein-DNA complexes. *Genome Biology* **1**: 001.1-001-10.

- MANANGI, M. K., VAZQUEZ- AÑÓN, M., RICHARDS, J. D., CARTER, S., BURESH, R. W. and CHRISTENSEN, Y K. D.** (2012) Impact of feeding lower levels of chelated trace minerals vs. industry levels of inorganic trace minerals on broilers performance, yield, foot pad health and litter mineral concentration. *Journal of Applied Poultry Research* **21**:881-890.
- PARK, S. Y., BIRKHOLO, S. G., KUBENA, L. F., NISSBET, D. J. and RICHE, N. C.** (2004). Review on the role of dietary zinc in poultry nutrition, immunity and reproduction. *Biological Trace Element Research* **101**: 147-163.
- RICHARDS, J. D., FISHER, P., WINEMAN, T. D., ATWELL C.A. and WEDEKIND K.J.** (2010) Estimation of the Zn bioavailability of a Zn chelate relative to Zn sulfate based on tibia Zn and small intestinal metallothionein expression. *International Poultry Scientific Forum*, Atlanta.
- RUCKER, R. B., KOSONENE, T., CLEGG, M. S., MITCHELL, A. E., RUCKER, B. R., URIUHARE, J. Y. and KEEN, C. L.** (1998) Copper, lysyl oxidase, and extracellular matrix protein cross-linking. *American Journal of Clinical Nutrition* **67(S)**: 996-1002.
- UNDERWOOD, E. and SUTTLE N.** (2001). The mineral nutrition of livestock. CABI Publishing, London, UK.
- WANG, Z. S., CERRATE, C., COTO, F., YAN, F., and WALDROUP, P. W.** (2007). Evaluation of Mintrex Cu as a source of copper in broiler diets. *International Journal of Poultry Science* **6**: 308-313.
- WEDEKIND, K. J., HORTIN, A. E., and BAKER, D. H.** (1992). Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate and zinc oxide. *Journal of Animal Science* **70**: 178-187.
- YUAN, J., ZHIHONG, X., HUANG, C., ZHOU, S. and GUO, Y.** (2011). Effect of dietary Mintrex-Zn/Mn on performance, gene expression of Zn transfer proteins, activities of Zn/Mn related enzymes and fecal mineral excretion in broilers chickens. *Animal Feed Science and Technology* **168**: 72-79.
- ZHAO, J., SHIRLEY, R. B., VAZQUEZ-AÑÓN, M., DIBNER, J. J., RICHARDS, J. D., FISHER, P., HAMPTON, T., CHRISTENSEN, K. D., ALLARD, J. P., and GIESEN A. F.** (2010). Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield and footpad health in commercial meat broilers. *Journal of Applied Poultry Research* **19**: 365-372.
- ZHAO, J., SHIRLEY, R.B., RICHARDS, J. J., DIBNER, K., CHRISTENSEN, D., ALLARD, J. P., KNIGHT, C. D. and GIESEN, A. F.** (2008). Improved growth performance and bone health with organic trace mineral supplementation in broilers. *Poultry Science* **87 (S1)**: 179.