

Efecto de los aluminosilicatos hidratados dietéticos en el crecimiento y los indicadores sanguíneos de cerdos

D. Prvulović¹, Slavica Košarèiæ², M. Popoviæ¹ y Gordana Grubor-Lajšić³

¹Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, 21000 Novi Sad, Serbia

²Scientific Veterinary Institute «Novi Sad», 21000 Novi Sad, Serbia

³Department of Biology and Ecology, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Novi Sad, 21000 Novi Sad, Serbia

Correo electrónico: dprvulovic@yahoo.com

El propósito de este estudio fue evaluar la influencia de los aluminosilicatos hidratados en la homeóstasis física y química de cerdos. Se usaron sesenta cerdos cruzados (Landrace x Yorkshire) de ambos sexos para investigar los efectos de la inclusión en la dieta de Antitoxic Nutrient (ATN), que es una mezcla de aluminosilicatos (zeolitas y arcillas) y carbón activado, en el crecimiento y los indicadores bioquímicos del suero sanguíneo. Los cerdos de un peso vivo promedio de 14.5 kg se distribuyeron en dos grupos experimentales: un grupo control y un grupo ATN que se le incluyó 5g kg⁻¹ de ATN en la dieta. El alimento y el agua se suministraron a libre acceso. Durante el período de 155 días, los cambios en la ganancia de peso diaria de los animales, la tasa de conversión alimentaria, y ciertos indicadores bioquímicos sanguíneos se examinaron a los 45, 90, y 135 días. Durante los primeros 45 días del experimento, los cerdos del grupo ATN tuvieron menor tasa de crecimiento comparados con el control, lo que significativamente mayor en la fase de finalización. Se observó desbalance en la actividad de la amino transferasa sanguínea (ALT y AST) y una concentración significativamente menor de la proteína total en el día 135 en el grupo de cerdos ATN. La concentración de potasio en el suero sanguíneo de los cerdos suplementados con ATN fue significativamente menor durante todo el experimento, y se registraron niveles altos de magnesio, calcio y cloruro en el día 45. Todos los indicadores bioquímicos medidos estuvieron, generalmente en el rango de referencia para cerdos durante todo el período experimental. Los resultados sugieren que la suplementación oral con ATN mejora el crecimiento de los cerdos en las etapas de finalización y no afecta las vías metabólicas normales de estos animales.

Palabras clave: *clinoptilolita, filosilicatos, crecimiento porcino, suero*

La mayoría de las arcillas y zeolitas se encuentran hidratadas y se componen fundamentalmente de aluminio y sílice. Además, pertenecen al grupo de los aluminosilicatos. Las arcillas poseen una estructura en capas distintiva y se les nombra filosilicatos. La montmorillonita, el principal constituyente del filosilicato bentonita, es un filosilicato trimórfico formado por una condensación 2:1 de capas con aluminio, coordinado en forma de octaedro entre dos capas de sílice, coordinado en forma tetraédrica que tiene cationes de sodio o calcio intercambiables y láminas expansibles (Serwicka y Bahrnowski 2004). Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos, hidratados, de cationes de tierra alcalinos, que tienen una estructura infinita, abierta, tridimensional y son capaces de ganar y perder agua reversiblemente e intercambiar cationes de marco extra sin cambio de estructura de cristal. La clinoptilolita es el miembro más abundante de este grupo (Mumpton 1999 y Papaioannou *et al.* 2005).

Los aluminosilicatos hidratados, tanto las arcillas como las zeolitas, se han usado en una amplia gama de aplicaciones en salud y nutrición animal. Se ha informado la adición de aluminosilicatos hidratados a la dieta de animales, en proporciones entre 5 y 50 g/kg para mejorar el crecimiento y la utilización de alimentos y para reducir la incidencia y severidad de las diarreas (Vrzgula y Bartko 1984, Pond 1995 y Mumpton 1999). Algunas zeolitas mejoran la calidad de la cáscara del huevo y reducen la discondroplasia en pollos (Elliot y Edwards 1991), pero disminuyen la utilización de fósforos dietéticos (Leach *et al.* 1990 y Thilsing-Hansen *et al.* 2002). La

clinoptilolita es estable en el tracto gastrointestinal y se ha demostrado que reduce la acumulación de plomo en los tejidos y protege a los animales contra la anemia inducida por cadmio (Pond y Yen 1983 y Papaioannou *et al.* 2005). Los efectos fisiológicos de las zeolitas naturales parecen estar relacionados con su alta capacidad de intercambio catiónico que afecta la absorción de tejido y utilización de iones de amonio (Pond 1995). Se ha demostrado que los aluminosilicatos hidratados reducen la absorción de radionucleótidos del alimento (Chelishchev 1995, Åhman 1996 y Viæentijevia *et al.* 2006). Muchos estudios han demostrado que los aluminosilicatos hidratados, usados comúnmente como agentes anti-torta en los alimentos animales, disminuyen significativamente los efectos adversos de las aflatoxinas en los animales (Harvey *et al.* 1993, Pimpukdee *et al.* 2004, Stojšić *et al.* 2004 y Bailey *et al.* 2006). Los aluminosilicatos son también efectivos como portadores de lenta liberación para muchos medicamentos (Dyer *et al.* 2000 y Cerri *et al.* 2004).

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de un nutriente antitóxico, basado en los aluminosilicatos hidratados que ocurren de forma natural en el status bioquímico del suero y en el comportamiento del crecimiento de cerdos.

Materiales y Métodos

Alimentación animal y alojamiento. Sesenta cerdos cruzados (Landrace x Yorkshire) de ambos sexos a una edad de 55 días y con peso corporal de 14.5 kg se separaron aleatoriamente en dos grupos: grupo control y

grupo ATN (Antitoxic Nutrient). El ATN es un polvo fino que contiene fundamentalmente mineral de zeolita (con más de 90 % de clinoptilolita) y bentonita (con más de 83 % de montmorillonita), conjuntamente con pequeñas cantidades de carbón activado. Todos los cerdos se alimentaron a libre acceso con la dieta apropiada. Se formularon las dietas basales, a base fundamentalmente de maíz, cebada, y harina de soya (tabla 1), según los requerimientos de nutrientes para cerdos (INRA 1989). Los cerdos se alimentaron a libre acceso con una dieta de tres fases con transición de inicio a crecimiento cuando el peso corporal promedio fue de 35.0 kg, y de crecimiento a finalización cuando el peso corporal promedio fue de 70.0 kg. El alimento se evaluó para analizar posibles residuos de plomo, cadmio, mercurio, micotoxinas, antibióticos, medicamentos contra la coccidiosis, y microorganismos patógenos y se encontró que estaba libre de las sustancias anteriores. El grupo ATN se alimentó con dieta basal con 5 g de ATN/kg de dieta. Todos los cerdos tuvieron acceso libre al agua suministrada en bebederos de tetina cercanos al comedero. Los animales se alojaron en una nave comercial destinada a la etapa de crecimiento en piso de concreto con ranuras y un sistema de ventilación controlada automáticamente.

Se registró el consumo de alimento cada 5 días. Los cerdos se pesaron al final de cada período de 45 días durante el experimento de 155 días.

Muestreo y análisis de la sangre. Se recolectaron las muestras de sangre, de la vena cava anterior, y se tomó el suero sanguíneo a los 45, 90 y 135 días. Se determinó la concentración de proteína mediante espectrofotómetro (Jenway 6505 UV/Vis., Reino Unido)

por el método de Bradford (1976), con albúmina de suero bovino como proteína estándar. Se midieron las concentraciones de glucosa, nitrógeno ureico, creatinina, colesterol total, triglicéridos totales, y la actividad de la aspartato aminotransferasa (AST), alanino aminotransferasa (ALT), fosfatasa alcalina (ALP), amilasa (AMY), y gamma glutamiltransferasa (GGT) en el suero sanguíneo mediante un analizador químico clínico (Microlab 200, Merck), según los procedimientos recomendados por el fabricante. Se determinó fósforo inorgánico, calcio, magnesio, y cloruros mediante kits disponibles comercialmente (Randox Laboratories, Ltd., Reino Unido). Las concentraciones de sodio y potasio se midieron por espectrofotometría de absorción atómica de llama (SpectraAA-10, Varian, Australia).

Análisis estadístico. Los valores obtenidos para los indicadores estudiados se procesaron por el modelo lineal general de Statistica para Windows (sistema de programas de análisis de datos), versión 6.0 (StatSoft 2001) y por el Programa Microsoft Excel. Todos los resultados se expresaron como medias y diferencias con respecto al grupo control en % - para los resultados del comportamiento, y la media \pm error estándar (EE) para los indicadores bioquímicos del suero. Se realizaron los análisis estadísticos mediante análisis de varianza (ANOVA), mientras que a consecuencia de esto se hicieron comparaciones con el uso de la dócima de comparación múltiple de Duncan (1955). Se asignó significación estadística al nivel de * $P < 0.05$ y ** $P < 0.01$.

Resultados

Ganancia de peso corporal y tasa de conversión. Durante el período experimental, todos los cerdos que

Tabla 1. Composición y análisis de las dietas basales (en base seca)

Rango de peso vivo	12-35 kg	35-60 kg	60-100 kg
Maíz (g kg ⁻¹)	625	590	560
Cebada (g kg ⁻¹)	150	200	250
Harina de soya (g kg ⁻¹)	200	180	160
Cloruro de sodio (g kg ⁻¹)	5	5	5
Fosfato dicálcico (g kg ⁻¹)	5	10	10
Carbonato de calcio (g kg ⁻¹)	5	5	5
Premezcla (g kg ⁻¹)	10	10	10
Proteína bruta (PB) (g kg ⁻¹ MS)	191.1	162.4	143.7
Extracto etéreo (g kg ⁻¹ MS)	74.1	67.2	65.3
Fibra bruta (g kg ⁻¹ MS)	48.2	59.0	65.2
Cenizas (g kg ⁻¹ MS)	68.5	68.3	74.0
Calcio (g kg ⁻¹ MS)	7.7	7.1	5.5
Fósforo total (g kg ⁻¹ MS)	6.4	5.8	5.9
Sodio (g kg ⁻¹ MS)	2.1	2.2	1.7
Lisina (g kg ⁻¹ MS)	11.9	9.2	6.8
Metionina y cisteína (g kg ⁻¹ MS)	7.6	5.1	5.3
Energía metabolizable (MJ/kg)	13.8	13.5	13.2

^a Premezcla de vitamina comercial y minerales traza con cantidades adecuadas de sustancias activas para cada fase de crecimiento.

se alimentaron de dietas suplementadas con ATN estaban tan saludables como los que consumieron la dieta control. Todos los animales crecieron normalmente. El cambio de peso corporal (CPC), la ganancia de peso corporal diaria (GPC) y la tasa de conversión alimentaria (TCA) de los cerdos aparecen en la tabla 2. La alimentación con 5 g de ATN/kg de dieta no tuvo aparentemente influencia en el apetito de los cerdos. Una tendencia a disminuir el CPC y la GPC se observó para el grupo con ATN comparado con el grupo control para los días 1-90. En los días 90-135, el CPC y la GPC fueron semejantes entre los grupos experimentales, pero los valores de éstos fueron significativamente altos en el grupo que consumió la dieta suplementada con ATN en los días 135-155. No obstante, el CPC y la GPC generales fueron similares en ambos grupos experimentales. La TCA no se afectó por el tratamiento dietético.

Discusion

La suplementación de ATN incrementó la actividad de la ALT, la ALP, y la GGT y disminuyó la actividad de la AMY en el suero sanguíneo en el día 45. En el día 135, se registró actividad significativamente mayor de AST y significativamente menor de ALT en el suero sanguíneo de cerdos del grupo con ATN. Los efectos de la suplementación de ATN en las dietas mostraron que no hubo efecto en las concentraciones de sodio y fósforo inorgánico en el suero sanguíneo. En el día 45, se registró una concentración significativamente mayor de magnesio, calcio y cloruros en el suero sanguíneo de cerdos suplementados con ATN, pero las concentraciones de éstos fueron similares a las del grupos control en los días 90 y 135. Sin embargo, la concentración de potasio en el suero sanguíneo del grupo con ATN disminuyó significativamente durante todo el período experimental.

Tabla 2. Efectos de la suplementación dietética de ATN en el cambio del peso corporal, la ganancia de peso corporal y la tasa de conversión alimentaria en cerdos

Parámetro	Grupo experimental	Período (día)				
		1-45	45-90	90-135	135-155	1-155
CPC (kg)	Control	13.22 ± 1.23	33.03 ± 2.94	30.67 ± 3.14	14.73 ± 1.68	91.65 ± 9.26
	ATN	11.24 ± 1.12*	35.33 ± 3.36	30.66 ± 2.89	14.73 ± 1.52	91.57 ± 8.94
CCC (%)		-14.98	+ 6.96	-0.04	0.00	-0.09
GPC (g)	Control	0.489 ± 0.054	0.545 ± 0.042	0.696 ± 0.077	0.566 ± 0.045	0.606 ± 0.059
	ATN	0.320 ± 0.036**	0.527 ± 0.056	0.696 ± 0.070	0.757 ± 0.068**	0.605 ± 0.068
CCC (%)		-34.56	-3.30	0.00	+33.74	-0.16
TCA (kg kg ⁻¹)	Control	3.51 ± 0.32	3.42 ± 0.32	3.35 ± 0.35	3.34 ± 0.31	3.41 ± 0.35
	ATN	3.62 ± 0.32	3.40 ± 0.36	3.30 ± 0.34	3.22 ± 0.32	3.38 ± 0.34
CCC (%)		+3.13	-0.58	-1.49	-3.59	-0.88

Los datos son las medias de 15 animales en cada grupo (n = 15)

* Valores sin los mismos superíndices difieren significativamente (* = P< 0.05, ** = P<0.01)

CPC, cambio de peso corporal; GPC, ganancia de peso corporal; TCA, tasa de conversión alimentaria; CCC, cambio comparado con el control.

Indicadores bioquímicos del suero sanguíneo. Los indicadores bioquímicos del suero sanguíneo de todos los cerdos experimentales estuvieron, en general, dentro de los rangos de referencia (table 3). La suplementación de ATN no tuvo influencia significativa en las concentraciones de suero sanguíneo de creatinina y nitrógeno ureico. Las concentraciones en suero de colesterol total y de triglicéridos fueron significativamente altas el día 90 en las muestras de sangre de los cerdos que consumieron la dieta suplementada con ATN. Los cerdos alimentados con ATN tuvieron valores significativamente menores de proteína en el día 135 y de glucosa en el día 45, comparados con los del grupo control.

Los experimentos con animales que consumen aluminosilicatos hidratados en sus dietas han producido efectos variables en el consumo alimentario, la eficiencia de la conversión alimentaria y la tasa de crecimiento. Los estudios anteriores demostraron que la suplementación con aluminosilicatos hidratados tuvo efectos positivos en cerdos (Vrzgula y Bartko 1984, Papaioannou *et al.* 2004 y Prvuloviæ *et al.* 2007) y aves de corral (Olver 1989 y Harvey *et al.* 1993). Opuestos a estos resultados, otros autores encontraron que la ganancia de peso diaria no se afectaba por los aluminosilicatos hidratados (Elliot y Edwards 1991, Öztürk *et al.* 1998 y Bailey *et al.* 2006). La concentración y el tipo de aluminosilicato hidratado

Tabla 3. Efectos de la suplementación dietética de ATN en los parámetros bioquímicos del suero sanguíneo en cerdos

Período	Día 45		Día 90		Día 145	
	Control	ATN	Control	ATN	Control	ATN
Proteína total (g/L)	84.53 ±3.32	78.02 ±2.64	79.19 ±2.20	74.18 ±1.66	78.49 ±1.57	70.43 ±2.10**
Glucosa (mmol/L)	4.95 ±0.09	4.02 ±0.17**	4.88 ±0.16	4.92 ±0.17	4.01 ±0.13	4.39 ±0.13
Colesterol total (mmol/L)	3.20 ±0.17	3.51 ±0.23	2.42 ±0.07	2.82 ±0.09**	2.30 ±0.07	2.31 ±0.11
Triglicéridos totales (mmol/L)	0.64 ±0.04	0.57 ±0.06	0.40 ±0.05	0.54 ±0.03*	0.26 ±0.02	0.30 ±0.03
AST (U/L)	77.01 ±3.68	84.69 ±5.08	31.77 ±3.10	32.78 ±2.32	90.29 ±4.14	114.83 ±3.94**
ALT (U/L)	55.97 ±2.77	68.10 ±4.57*	28.08 ±1.80	29.19 ±2.00	56.35 ±2.24	45.66 ±1.62**
ALP (U/L)	378.82 ±24.93	559.71 ±44.44**	289.63 ±20.94	290.72 ±26.72	298.15 ±12.37	321.34 ±17.52
AMY (U/L)	1942.86 ±55.7	1613.38 ±105.32**	2207.84 ±86.56	2202.24 ±117.21	1767.08 ±91.97	1785.40 ±128.77
GGT (U/L)	51.99 ±5.20	80.48 ±6.88**	40.07 ±2.26	43.54 ±3.81	30.95 ±3.15	31.98 ±2.90
Potasio (mmol/L)	7.26 ±0.09	6.93 ±0.11*	6.88 ±0.19	5.47 ±0.13**	5.03 ±0.13	4.63 ±0.11*
Magnesio (mmol/L)	0.87 ±0.02	0.98 ±0.04*	1.43 ±0.09	1.42 ±0.06	1.25 ±0.09	1.42 ±0.05
Calcio (mmol/L)	2.32 ±0.07	2.91 ±0.07**	3.00 ±0.06	2.95 ±0.11	2.54 ±0.05	2.50 ±0.05
Cloruro (mmol/L)	99.36 ±1.35	110.31 ±3.01**	101.78 ±1.61	102.46 ±1.18	102.23 ±0.83	101.92 ±0.65

Los datos son las medias de 30 animales en cada grupo (n = 60)

* Valores sin el mismo superíndice difieren significativamente (* = P < 0.05, ** = P < 0.01)

AST, aspartato amino transferasa; ALT, alanino amino transferasa; ALP, alcalino fosfatasa; AMY, amilasa; GGT, gamma glutamil transferasa

suplementado a la dieta pudieran ser los factores más importantes que afectan a los aluminosilicatos hidratados. La especie animal, las condiciones ambientales y el nivel nutricional pudieran también interferir con estos efectos. La sepiolita (silicato de magnesio) pudiera prolongar el tiempo de retención de la digesta en el tracto de los animales (Ouhida *et al.* 2000). Un pasaje más lento del alimento ingerido a través del tracto gastrointestinal y un tiempo de retención más prolongado, conjuntamente con una actividad microbiana incrementada en el intestino delgado pudieran llevar a la mejor utilización de los nutrientes y por lo tanto influir en la ganancia de peso. En este estudio se encontró que la administración oral de ATN disminuyó el crecimiento en cerdos durante la fase de crecimiento pero tuvo efectos positivos en el comportamiento de cerdos en la fase de finalización.

Mayor actividad de la ALT, la ALP y la GGT del suero y menor de la AMY en el día 45, conjuntamente con bajo crecimiento, pueden ser las consecuencias de la adaptación de los animales a la suplementación con ATN en el alimento. Para la concentración significativamente menor en suero de proteína total y cambios en la actividad de la amino transferasas (ALT

y AST) en el día 135 es difícil suministrar una explicación clara en este momento. Se pudiera conectar con la mejor utilización del aspartato que de la alanina en el tracto digestivo, con metabolismo proteínico disminuido, o con algunos procesos metabólicos que requieren transformación de alanina en aspartato. Se informó un patrón similar anterior por Eraslan *et al.* (2006), aunque sin diferencia significativa. Sin embargo, la concentración de proteína total en el suero y la actividad de las amino transferasas estuvieron dentro del rango de referencia para cerdos en ambos grupos experimentales y no indicaron ninguna afectación en el estado de salud.

Las zeolitas pudieran inducir cambios en la absorción mineral y en el balance de electrolitos (Watkins y Southern 1991). La clinoptilolita, el principal constituyente del ATN, tiene una alta selectividad por cationes de potasio y una relativamente baja selectividad por los cationes de calcio y magnesio (Mumpton 1999), lo que explica la concentración significativamente menor de potasio en suero durante todo el experimento y las significativamente altas concentraciones de magnesio y calcio en el día 45. Estos resultados están en contradicción con los del estudio de Martin-Kleiner *et al.* (2001) en ratones. En

ese trabajo, la concentración de potasio sérico se incrementó en 20 % debido a la suplementación con clinoptilolita. El ATN podría haber absorbido los cationes de potasio en el tracto gastrointestinal y haber desprendido cationes intercambiables de calcio y magnesio de su propia estructura provocando entonces un cambio en el estado de los electrolitos séricos. Es importante destacar, en cambio, que las concentraciones de todos los electrolitos medidos estuvieron dentro del rango de referencia para cerdos y que el cambio mencionado en el estado de los electrolitos no afectó la homeostasis fisiológica de los animales.

En conclusión, este estudio ha demostrado los efectos positivos del suministro oral de ATN en el crecimiento de cerdos en la fase de finalización y su influencia en los parámetros bioquímicos del suero sanguíneo. Se sugiere que el ATN se puede usar con éxito en la nutrición de cerdos en las etapas finales del crecimiento.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado financieramente por el Ministerio para la Ciencia y la Protección Ambiental de la República de Serbia y por la compañía «Eko-Kec», Belgrado.

Referencias

- Åhman, B. 1996. Effect of bentonite and ammonium-ferric(III)-hexacyanoferrate(II) on uptake and elimination of radiocaesium in reindeer. *J. Environ. Radioactiv.* 31:29
- Bailey, C.A., Latimer, G.W., Barr, A.C., Wigle, W.L., Haq, A.U., Balthrop, J.E. & Kuben, L.F. 2006. Efficacy of montmorillonite clay (NovaSil PLUS) for protecting full-term broilers from aflatoxicosis. *J. Appl. Poult. Res.* 15:198
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248
- Cerri, G., de' Gennaro, M., Bonferoni, M.C. & Caramella, C. 2004. Zeolites in biomedical application: Zn-exchanged clinoptilolite-rich rock as active carrier for antibiotics in anti-acne topical therapy. *Appl. Clay Sci.* 27:141
- Chelishchev, N.F. 1995. Use of natural zeolites at Chernobyl. En: *Natural Zeolites '93*. 1st Edition. Ming, D.W. & Mumpton, F.A. Eds. International Community of Natural Zeolites, Brockport, New York, USA, p. 525
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1
- Dyer, A. Morgan, S. Wells, P. & Williams, C. 2000. The use of zeolites as slow release anthelmintic carriers. *J. Helminth.* 74:137
- Elliot, M.A. & Edwards Jr., H.M. 1991. Comparison of the effects of synthetic and natural zeolite on laying hen and broiler chicken performance. *Poult. Sci.* 70:2115
- Eraslan, G., Essiz, D., Akdogan, M., Karaoz, E., Oncu, M. & Ozyildiz, Z. 2006. Efficacy of dietary sodium bentonite against subchronic exposure to dietary aflatoxin in broilers. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 50:107
- Harvey, R.B., Kubena, L.F., Elisalde, M.H. & Phillips, T.D. 1993. Efficacy of zeolitic ore compounds on the toxicity of aflatoxin to growing broiler chickens. *Avian Dis.* 37:67
- INRA 1989. L'alimentation des monogastriques: porc, lapin et volaille. INRA, Paris
- Leach Jr., R.M., Heinrichs, B.S. & Burdette, J. 1990. Broiler chicks fed low calcium diets. 1. Influence of zeolite on growth rate and parameters of bone metabolism. *Poult. Sci.* 69:1539
- Martin-Kleiner, I., Flegar-Meštrić, Z., Zadro, R., Breljak, D., Stanovića Janda, S., Stojkovića, R., Marušić, M., Radačić, M. & Boranić, M. 2001. The effect of the zeolite clinoptilolite on serum chemistry and hematopoiesis in mice. *Food Chem. Toxicol.* 39:717
- Mumpton, F.A. 1999. La roca mágica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96:3463
- Olver, M.D. 1989. Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) the three strains of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 30:115
- Ouhida, I., Pérez, J.F., Piedrafita, J. & Gasa, J. 2000. The effects of sepiolite in broiler chicken diets of high, medium and low viscosity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85:183
- Öztürk, E., Erener, G. & Sarica M. 1998. Influence of natural zeolite on performance of laying hens and egg quality. *Turk. J. Agric. For.* 22:623
- Papaioannou, D., Katsoulos, P.D., Panousis, N. & Karatzias, H. 2005. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: A review. *Micropor. Mesopor. Mater.* 84:161
- Papaioannou, D.S., Kyriakis, C.S., Alexopoulos, C., Tzika, E.D., Polizopoulou, Z.S. & Kyriakis, S.C. 2004. A field study on the effect of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff, alone or in combination with certain antimicrobials, on the health status and performance of weaned, growing and finishing pigs. *Res. Vet. Sci.* 76:19
- Pimpukdee, K., Kubena, L.F., Bailey, C.A., Huebner, H.J., Afriyie-Gyawu, E. & Phillips, T.D. 2004. Aflatoxin-induced toxicity and depletion of hepatic vitamin A in young broiler chicks: protection of chicks in the presence of low levels of NovaSil PLUS in the diet. *Poult. Sci.* 83:737
- Pond, W.G. 1995. Zeolites in animal nutrition and health: a review. En: *Natural Zeolites '93*. 1st Edition. Ming, D.W. & Mumpton, F.A. Eds. International Community of Natural Zeolites, Brockport, New York, USA, p. 449
- Pond, W.G. & Yen, J.T. 1983. Protection by clinoptilolite or zeolite NaA against cadmium-induced anemia in growing swine. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 173:332
- Prvulović, D., Jovanović-Galović, A., Stanić, B., Popović, M. & Grubor-Lajšić, G. 2007. Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. *Czech J. Anim. Sci.* 52:159
- Serwicka, E.M. & Bahranowski, K. 2004. Environmental catalysis by tailored materials derived from layered minerals. *Catal. Today* 90:85
- Stojšić, D., Stojković, M., Daković, A., Adamović, M. & Tomašević-Āanović, M. 2004. Efficacy of organozeolite to ameliorate the toxic effects of zearalenone in lambs. *Acta Veterinaria (Beograd)* 54:53
- Thilting-Hansen, T., Jørgensen, R.J. & Enemark, J.M.D. 2002. The effect of zeolite. A supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus and magnesium homeostasis. *J. Dairy Sci.* 85:1855
- Viaentijević, M., Mitrović, R. & Vitorović, G. 2006. Efficiency of clinoptilolite in case of multiple alimentary contamination of the pheasants with ¹³⁷Cs. *Biotechnol. Anim. Husband.* 22:58

Vrzgula, L. & Bartko, P. 1984. Effects of clinoptilolite on weight gain and some physiological parameters in swine. En: *Zeo-Agriculture*. 1st Edition. Pond W.G. & Mumpton, F.A. Eds. International Community of Natural Zeolites, Brockport, New York, USA, p. 161

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 43, Número 1, 2009.

Watkins, K.L. & Southern, L.L. 1991. Effect of dietary sodium zeolite A and graded levels of calcium on growth, plasma, and tibia characteristics of chicks. *Poult. Sci.* 70:2295

Recibido: 4 de febrero de 2008.