

Uso de la zeolita como absorbente de la zearalenona en la nutrición de terneros

S. Nešić¹, G. Grubić², M. Adamović³, N. Đorđević², B. Stojanović² y A. Božićković²

¹Instituto PKB Agroeconómico, Industrijsko naselje bb, 11213 Padinska Skela, Serbia

²Departamento de Zootecnia, Facultad de Agricultura, Universidad de Belgrado, Nemanjina 6 11081 Belgrado, Serbia.

³Instituto para la Tecnología de Materias Primas Minerales y Otras, Franchet d Esperey Calle 86, 11000 Belgrado, Serbia

Correo electrónico: goran.grubic@agrif.bg.ac.rs

El experimento tuvo como objetivo estudiar el efecto del uso de la zeolita modificada en la prevención de la influencia dañina de la zearalenona en el crecimiento, en los parámetros bioquímicos y hematológicos de la sangre y el valor de pH del fluido ruminal en terneros. Se condujo en 60 terneros Holstein en cinco grupos de 12 animales que eran uniformes en origen, edad, y peso corporal. Se usaron seis machos y seis hembras en cada grupo. Los tratamientos fueron los siguientes: A) Sin zearalenona ni zeolita, B) sin zearalenona con 2 g kg⁻¹ de zeolita agregada en el concentrado, C) con zearalenona (3.36 mg kg⁻¹ concentrado) y sin zeolita agregada en el concentrado, D) con zearalenona (2.86 mg kg⁻¹ concentrado) y 2 g kg⁻¹ zeolita agregada en el concentrado, y E) con zearalenona (3.34 mg kg⁻¹ concentrado) y 5 g kg⁻¹ zeolita agregada en el concentrado. Se puede concluir que no hubo efecto significativo al agregar 0.2 y 0.5 % de zeolita modificada en concentrados para terneros destetados, con o sin presencia de zearalenona (consumo 5.29-6.22 mg d⁻¹) en el comportamiento productivo de terneros, así como en los parámetros bioquímicos y hematológicos de la sangre. La zeolita afectó significativamente de forma positiva el pH ruminal, lo que confirma el uso de este absorbente de micotoxinas como agente bufferante. La presencia de zearalenona, con la excepción de la tendencia a disminuir la ganancia diaria de peso, no afectó significativamente los comportamientos productivos y registró parámetros fisiológicos de terneros destetados. No se puede llegar a conclusiones de forma precisa acerca del efecto detoxificante de la zeolita modificada debido a la falta de efecto significativo y negativo de la zearalenona.

Palabras clave: micotoxina, adsorbente, ganancia diaria, valor de pH.

La contaminación alimentaria con mohos y sus metabolitos secundarios (las micotoxinas) es un problema muy serio de la producción animal contemporánea. La zearalenona (F-2) es un amicotxina muy común, producida por *Fusarium spp.* La zearalenona se encuentra en todo el mundo en el maíz y en los productos del maíz, pero también en avena, arroz, centeno, sorgo y trigo. La zearalenona y sus metabolitos (incluyendo el α -zearalenol) se ligan a los receptores de estrógeno como mezclas de agonistas/antagonistas e inducen un síndrome en los animales descrito como hiperestrogenismo, el que puede observarse mediante cambios en los órganos reproductivos (Fink-Gremmels 2008). En condiciones normales, las concentraciones oscilan entre menos de 0.05 mg kg⁻¹ a unos pocos mg kg⁻¹ de pienso (EFSA 2004). Aunque los cerdos se consideran la especie animal más sensible, los síntomas de las intoxicaciones con zearalenona se han observado en terneros pre-rumiantes y en novillas jóvenes. Se cree que las micotoxinas que pertenecen a las clases químicas de lactonas cíclicas (patulina, zearalenona) son capaces de modificar la microflora del rumen a mediada que ejercen actividad antimicrobiana y antiprotozoaria (Fink-Gremmels 2008). La zearalenona se convierte en su mayoría en hidroximetabolitos α y β -zearalenol, predominantemente por protozoos del rumen, pero también por metabolismo hepático, donde el α -zearalenol es más tóxico que la molécula original, e incrementa la actividad estrogénica (Seeling *et al.* 2005). La casi completa recuperación de la zearalenona ingerida en el duodeno como α -zearalenol,

β -zearalenol, y zearalenona en vacas lecheras sugiere solo una degradación completa menor en el rumen (Dänicke *et al.* 2005). Moeser (2001) utilizó como alimento avena contaminada con una concentración dietética de zearalenona de 1.25 mg/kg en novillas que eran clínicamente normales. No se detectó desviación en el ciclo de los celos reproductivos y no hubo alteraciones patológicas e histológicas de los órganos reproductivos. La alimentación de las vacas lecheras con trigo contaminado con toxinas de *Fusarium* (zearalenona y deoxinivalenol) alteró la utilización ruminal de proteína, la concentración postprandial de amoníaco fue consistentemente mayor, y el flujo de la proteína microbiana y la proteína utilizable en el duodeno se redujo (Dänicke *et al.* 2005).

Las sustancias adsorbtivas no-nutritivas se usan para disminuir los efectos dañinos de las micotoxinas (zeolita, bentonita, varios tipos de yesos) y los aditivos biológicos (levaduras). La zeolita se usa cada vez más debido a su propiedad de adsorber varias toxinas en los alimentos animales y particularmente la aflatoxina y la zearalenona (Piva y Galvano 1999). El objetivo es obtener productos animales con niveles bajos de micotoxinas. La estructura natural de la zeolita permite capturar solo moléculas orgánicas pequeñas. La modificación de la conductividad eléctrica de superficie y las propiedades hidrofóbicas de la zeolita incrementan la eficiencia de adsorción por encima de 90 % para las aflatoxinas, la zearalenona, la ocratoxina A y los alcaloides del ergot (Tomašević-

Èanovic *et al.* 2000). La zeolita modificada es un agente más eficiente comparado con los aditivos biológicos (pared celular de levadura de *S. cerevisiae*), que enlaza alrededor de 66.7 % de zearalenona (Devegowda *et al.* 1998). La adición de aluminosilicatos hidratados a la dieta de los animales en tasas de entre 5 y 50 g/kg se ha informado que mejoran el crecimiento y la utilización del alimento y reducen la incidencia y severidad de las diarreas (Mumpton 1999).

El objetivo de este experimento fue investigar los efectos del uso de la zeolita modificada para prevenir la influencia dañina de la zearalenona en los parámetros bioquímicos y hematológicos de la sangre, el pH del fluido ruminal, y los comportamientos productivos en terneros.

Materiales y Métodos

La investigación se diseñó como un experimento de un factorial con cinco tratamientos. Se usaron sesenta terneros Holstein destetados en este estudio. Se asignaron 12 terneros (6 hembras y 6 varones) a cada uno de los cinco tratamientos con concentrados. El experimento se realizó en 90 días. Hasta el destete a los 60 días, los terneros recibieron leche con grasa completa (6 kg día⁻¹), concentrado y heno *ad libitum*. Después de eso, la cantidad diaria de concentrado se restringió a 2 kg día⁻¹ y el heno *ad libitum* (tabla 1). Desde 61 hasta 90 días, recibieron ensilaje de planta completa de maíz y ensilaje de espigas de maíz *ad libitum*. Los concentrados usados para los tratamientos C, D, y E estaban contaminados naturalmente con zearalenona, mientras los grupos B, D y E recibieron zeolita-Minazel (tabla 2).

La zeolita usada en la investigación se produjo en Serbia, con el nombre comercial de Minazel. Se produjo usando procedimiento tecnológico especial por modificación de la conductividad eléctrica de la

superficie y las propiedades hidrofóbicas de la zeolita en el Instituto para la Tecnología Nuclear y Otras Materias Primas (Belgrado, Serbia). Las características más importantes de la zeolita usada fueron: 90 % de mineral de clinoptilolita, contenido de metales pesados (Cu, Zn, Pb, Cr, Mn, Sb, Cd) < 40.0 mg kg⁻¹, valor de pH neutral, blancura 61.2 % (comparada con estándar de MgO 97.5 %).

Los análisis químicos de los alimentos se realizaron según los métodos de AOAC (1984) en el laboratorio EKO-LAB (Belgrado, Serbia). La zearalenona en los alimentos se analizó mediante cromatografía de capa fina en el Centro Técnico Ecológico-Zrenjanin, en Serbia (Regulaciones de métodos de muestreo y métodos de análisis físico, químico y microbiológico del forraje, 1987). Los parámetros bioquímicos y hematológicos de las muestras de sangre se analizaron en el Instituto Científico Veterinario (Novi Sad, Serbia) mediante kits comerciales.

El análisis estadísticos de los datos se llevó a cabo usando el procedimiento de ANOVA y STATISTICA v. 6 (StatSoft 2003). La significación se declaró a $P < 0.05$. Todos los resultados se expresaron como medias y media \pm error estándar (EE).

Resultados y Discusión

En el experimento, el peso corporal de los terneros al comienzo, 30, 60, y 90 días del ensayo y la ganancia promedio diaria no tuvieron diferencias estadísticas (tabla 3). Las mayores ganancias diarias se observaron en los tratamientos D y E, donde los terneros recibieron concentrado con zearalenona y con Minazel. Las menores ganancias diarias se observaron en el tratamiento C, donde los terneros recibieron concentrado con zearalenona pero sin zeolita.

Tabla 1. Programa de alimentación de terneros usados en el experimento, kgdía⁻¹

Edad, días	Calostro	Eche con grasa completa	Concentrado	Heno de alfalfa	Ensilaje de planta completa de maíz	Ensilaje de espiga de maíz
0-4	<i>Ad libitum</i>	-	-	-	-	-
5-7	-	5	<i>Ad libitum</i>	<i>Ad libitum</i>	-	-
8-60	-	6	<i>Ad libitum</i>	<i>Ad libitum</i>	-	-
61-120	-	-	To 2 kg	<i>Ad libitum</i>	<i>Ad libitum</i>	<i>Ad libitum</i>

Tabla 2. Contenido de Zearalenona y Minazel en el concentrado y dietas para terneros

Ingrediente	Tratamiento ¹				
	Control	ZLT (2gkg ⁻¹)	ZEA	ZEA +ZLT (2gkg ⁻¹)	ZEA +ZLT (5gkg ⁻¹)
Zearalenona en concentrado, mg kg ⁻¹	0.00	0.00	3.36	2.86	3.34
Zearalenona por animal, mg día ⁻¹	0.00	0.00	6.22	5.29	6.18
Zearalenona total por animal, mg	0.00	0.00	559.80	476.10	556.20
Minazel en concentrado, g kg ⁻¹	0.00	2.00	0.00	2.00	5.00

¹Tratamientos: ZLT-con zeolita (2g kg⁻¹); ZEA-con zearalenona; ZEA+ZLT-con zearalenona y zeolita (2g kg⁻¹ and 5g kg⁻¹)

Tabla 3. Peso corporal y ganancia diaria en terneros

Parámetros	Control	ZLT1 (2gkg ⁻¹)	ZEA	ZEA +ZLT (2gkg ⁻¹)	ZEA +ZLT (5gkg ⁻¹)	Significación
Peso corporal, kg						
Día de comienzo	63.92 ± 0.99	64.04 ± 2.03	63.79 ± 1.84	63.96 ± 2.09	63.87 ± 1.61	NS
30 día del experimento	89.70 ± 1.46	85.50 ± 2.56	91.62 ± 2.20	92.79 ± 2.96	93.87 ± 2.47	NS
60 día del experimento	121.17 ± 2.91	122.25 ± 6.02	121.95 ± 3.37	121.55 ± 3.71	120.71 ± 3.18	NS
90 día del experimento	147.33 ± 3.79	148.46 ± 6.70	147.17 ± 4.60	152.21 ± 4.38	153.38 ± 4.35	NS
Ganancia diaria promedio, g	935.0 ± 38.82	928.0 ± 59.87	917.0 ± 45.52	973.0 ± 34.99	979.0 ± 43.99	NS

¹Tratamientos: ZLT-con zeolita (2g kg⁻¹); ZEA-con zearalenona; ZEA+ZLT-con zearalenona y zeolita (2g kg⁻¹ and 5g kg⁻¹).

NS = no significativo

En general, no hubo influencia significativa de la zearalenona y de la zeolita en el comportamiento productivo de los terneros. La influencia de las micotoxinas en los animales jóvenes se puede explicar con el decrecimiento de la eficiencia del sistema inmune y la ocurrencia de enfermedades secundarias, o el deterioro de las enfermedades que ya se habían manifestado (Đorđević and Dinic 2007). Aunque las concentraciones altas de zearalenona pueden alterar varios parámetros inmunológicos *in vitro* (WHO 2000), no se ha informado potencia inmunotóxica convincente después de la administración *in vivo* de zearalenona. Según Dänicke *et al.* (2005), la alimentación de vacas lecheras con zearalenona (0.26 mg kg⁻¹) y trigo contaminado (50 % in MS dietética) con deoxinivalenol (8.05 mg kg⁻¹) disminuyó el flujo de proteína microbiana al duodeno en 21 % y la energía metabolizable y, además, la MO fermentada en el rumen también se redujo en 24 %, 20 % menos proteína fue utilizable en el duodeno (PB-flujo al duodeno-proteína endógena) cuando se suministró el trigo contaminado con la micotoxina.

La falta de mejora en el comportamiento de los terneros en esta investigación fue consecuencia probablemente de la relativa baja dosis de zeolita adicionada y la falta de efecto negativo de la presente zearalenona en el concentrado. Pajovic *et al.* (1998) encontraron efectos positivos al adicionar Minazel en varias concentraciones (0, 5, 6, 7, 8 y 9 g día⁻¹) en terneros desde el nacimiento hasta 75 días de edad. La mejor ganancia y digestibilidad se observaron con 6 g día⁻¹ de zeolita, mientras que estos parámetros fueron menores en el tratamiento que no se le agregó zeolita. Talanov *et al.* (1994) observaron las mayores ganancias diarias en ganado de carne con 50 g día⁻¹ de zeolita agregada. Guglya y Eranov (1994) adicionaron en las dietas de toros jóvenes 0, 35, y 55 g de sulfato de diamonio (SDA) y 0 y 175 g de zeolita. La actividad celulolítica y amilolítica de los microorganismos en el rumen fue la mayor en el tratamiento con 55 g de

SDA y 175 g de zeolita. La ganancia diaria promedio fue de 778, 838 y 878, respectivamente.

Cuando se usaron 5 g kg⁻¹ de nutriente antitóxico (mezcla de zeolita y bentonita) en el concentrado de cerdos disminuyó la ganancia de peso corporal (GPC) para los días 1 hasta 90, no se afectó la GPC en los días desde los 90 hasta 135, y la GPC fue significativamente mayor en los días desde 135 hasta 155 (Prvulovic *et al.* 2009). Sin embargo, Sinovec *et al.* (2006) han demostrado un efecto beneficioso de una clinoptilolita modificada (0.2 % en el alimento) en el crecimiento de cerditos alimentados con dieta contaminada con zearalenona (0.84 ppm). Pero si se redujeran los efectos dañinos de la zearalenona en el consumo alimentario, la ganancia de peso, y la eficiencia alimentaria, el diseño experimental (falta de «control positivo») no permite concluir con una reducción de la toxicidad de la zearalenona o en un efecto directo del agente que absorbe el mineral en el uso del alimento. Sin embargo, Coenen y Boyens (2001) han demostrado reducción en la ganancia de peso del útero inducido por zearalenona (0.18-0.36 ppm) en los cerditos que reciben una dieta contaminada con zearalenona que se le agrega zeolita (2 % in el alimento). Según Dakovic *et al.* (2007) al incrementar el nivel de la fase orgánica en la superficie de zeolita de la organozeolita incrementó significativamente la absorción de zearalenona.

Según el estudio de Döll *et al.* (2005) cuando se han monitoreado los efectos específicos del agente destoxicante (montmorillonita modificada con organofil, 0.4 % en el alimento) en cerditos alimentados con dieta contaminada con zearalenona (1.2 ppm), el agente absorbente del mineral parece ser inefectivo para reducir la absorción de zearalenona. La concentración en fluido biliar de la zearalenona, el α -zearalenol y el β -zearalenol permaneció estable a pesar de la incorporación de aluminosilicato modificado en el alimento contaminado. Una zeolita natural (0.5 % en el alimento) no es capaz de reducir los efectos dañinos de las micotoxinas de

Fusarium en el comportamiento de pollos de engorde, las anormalidades orgánicas y los parámetros inmunológicos (Curtui 2000).

Los valores de los parámetros bioquímicos y hematológicos de la sangre y el pH del fluido ruminal se compararon a los valores de referencia normal dados por Jazbec (1990). Dentro de los parámetros bioquímicos y hematológicos de la sangre en la mayoría de los tratamientos, se observaron valores bajos de glucosa y fósforo (tabla 4). La proporción Ca/P fue más bien de amplio rango (1.70 hasta 1.82). En todos esos parámetros, las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas. Esto muestra que la zearalenona y la zeolita no tuvieron influencia en ellos. El valor de pH del fluido ruminal fue significativamente mayor en el tratamiento B, donde la zeolita agregada se comparó con otros tratamientos.

Los resultados obtenidos generalmente confirman que tanto la zearalenona como la zeolita no tuvieron influencia en los parámetros bioquímicos y hematológicos de la sangre. La falta del efecto final del uso de la zeolita en las dietas para terneros en los niveles sanguíneos de Ca y P y en la proporción de Ca y P se puede explicar por la relativamente baja concentración de la zeolita en las dietas. Con la dosis usada de zeolita, se podría esperar

finalmente un decrecimiento del nivel sanguíneo de Ca, según la habilidad de la zeolita de ligarse con el calcio dietético. La concentración dietética de zeolita no fue lo suficientemente alta como para inducir un balance negativo de Ca y activar el mecanismo homeostático que resulta de la asimilación de Ca del hueso e incrementar la concentración de Ca plasmática. Según Thilising-Hansen *et al.* (2002), la suplementación de zeolita en las dietas para vacas secas (0.7 kg de zeolita pura por día, durante las últimas dos semanas de preñez) incrementó significativamente el nivel de calcio en el plasma. La capacidad la zeolita de unirse con el calcio fue 110 mg de Ca/g de zeolita a pH de 11. La suplementación de nutriente antitóxico (zeolita y bentonita) en concentrado para cerdos en crecimiento disminuyó significativamente la concentración en suero sanguíneo de proteína total (en el día 135), glucosa (en el día 45), incrementó la concentración de triglicéridos y colesterol (en el día 90), y no tuvo influencia significativa en las concentraciones de suero sanguíneo de creatinina y nitrógeno ureico (Prvulovic *et al.* 2009).

El efecto significativo del uso de la zeolita incrementó el pH del fluido ruminal. Esto se puede explicar por las características amortiguadoras de la zeolita (Adamovic *et al.* 2004). El mecanismo de acción amortiguadora de

Tabla 4. Parámetros bioquímicos y hematológicos de la sangre y el pH del fluido ruminal en terneros

Parámetros	Control	ZLT1 (2gkg ⁻¹)	ZEA	ZEA +ZLT (2gkg ⁻¹)	ZEA +ZLT (5gkg ⁻¹)	Significación	Valores de referencia, Jazbec, 1990.
Glucosa, mol L ⁻¹	4.02 ± 0.12	4.31 ± 0.31	4.02 ± 0.13	4.23 ± 0.17	4.24 ± 0.14	NS	4.44-6.38
Triglicéridos, mmol L ⁻¹	0.47 ± 0.08	0.42 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.41 ± 0.02	0.49 ± 0.08	NS	0.17-0.51
Proteínas, g L ⁻¹	63.66 ± 1.97	57.77 ± 1.28	62.32 ± 1.81	64.36 ± 2.07	64.87 ± 1.90	NS	52.00-69.00
Urea, mmol L ⁻¹	4.25 ± 0.27	4.18 ± 0.35	3.60 ± 0.29	3.52 ± 0.21	4.02 ± 0.35	NS	2.50-6.66
Calcio, mmol L ⁻¹	2.21 ± 0.06	2.20 ± 0.05	2.25 ± 0.05	2.25 ± 0.06	2.18 ± 0.08	NS	2.00-3.00
Fósforos, mmol L ⁻¹	1.30 ± 0.05	1.23 ± 0.05	1.33 ± 0.06	1.30 ± 0.06	1.20 ± 0.03	NS	2.36-2.91
Tasa Ca/P	1.70 ± 0.09	1.79 ± 0.07	1.69 ± 0.07	1.73 ± 0.1	1.82 ± 0.08	NS	0.75-1.50
Hemoglobina, g L ⁻¹	106.47 ± 6.69	110.06 ± 5.46	101.68 ± 6.42	110.68 ± 7.97	98.90 ± 7.64	NS	85.0-135.0
Eritrocitos, T L ⁻¹	5.92 ± 0.32	6.36 ± 0.25	5.85 ± 0.23	6.33 ± 0.16	6.16 ± 0.27	NS	5.0-9.0
Leucocitos, G L ⁻¹	7.06 ± 0.50	8.12 ± 0.63	7.50 ± 0.55	9.14 ± 0.72	8.85 ± 0.46	NS	5.0-12.0
Hematocritos, l L ⁻¹	0.38 ± 0.011	0.38 ± 0.013	0.39 ± 0.014	0.37 ± 0.013	0.36 ± 0.012	NS	0.27-0.45
pH ruminal	6.05 ^b ± 0.09	6.50 ^a ± 0.06	6.20 ^{ab} ± 0.07	6.30 ^{ab} ± 0.09	6.10 ^{ab} ± 0.12	*	6.20-7.20

¹Tratamientos: ZLT-con zeolita (2g kg⁻¹); ZEA-con zearalenona; ZEA+ZLT-con zearalenona y zeolita (2g kg⁻¹ and 5g kg⁻¹)

NS = no significativo *P < 0.05

la zeolita es posible porque se une a iones H^+ y libera cationes intercambiables, hasta que el valor de pH llega a 7.0. Por el contrario, Grabherr *et al.* (2009) encontraron que la adición de zeolita en raciones de vacas lecheras (10 y 20 g/kg MS) no afectó el pH ruminal, y la concentración de ácidos grasos totales, mientras que la proporción molar de acetato en el rumen se incrementó, y la de propionato disminuyó significativamente después de la suplementación con zeolita. Dänicke *et al.* (2005) encontraron significativamente mayor concentración ruminal de amoníaco en vacas lecheras alimentadas con dietas contaminadas con toxinas de *Fusarium*, mientras que no hubo efecto significativo en el pH ruminal.

Se puede concluir que no hubo efecto significativo al adicionar 0.2 y 0.5 % de zeolita modificada en los concentrados para terneros destetados, con o sin la presencia de zearalenona (consumo de 5.29-6.22 mg día⁻¹) en el comportamiento productivo de los terneros, así como en los parámetros bioquímicos y hematológicos de la sangre. La zeolita afectó significativamente de forma positiva el pH ruminal, pero no en los tratamientos con zearalenona. La presencia de zearalenona, con la excepción de la tendencia a disminuir la ganancia diaria promedio, no afectó significativamente el comportamiento productivo y los parámetros fisiológicos de los terneros. No se puede concluir de forma precisa sobre el efecto desintoxicante de la zeolita modificada debido a la falta de efecto negativo significativo de la zearalenona.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia y Medioambiente de la República de Serbia, que financió este estudio a través del proyecto TR-20016.

Referencias

- Adamovic, M., Lemic, J., Tomašević-Āanovic, M., Jovicin, M. & Kovačević, M. 2004. The influence of buffers on production and composition of milk and metabolic profile in cows. *Biotehnologija u stočarstvu*, 20, 5-6: 195-202. [In Serbian]
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 1984. Official methods of analysis. 14th ed. Washington, DC.
- Coenen, M. & Boyens, B., 2001. Capacity of zeolite to depress the oestrogenic effects of zearalenone. *Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology*, 10:177.
- Curtui, V.G., 2000. Effects of feeding a *Fusarium poae* extract and a natural zeolite to broiler chickens. *Mycotoxin Research*, 16.
- Dakovic, A., Matijašević, S., Rottinghaus, G.E., Dondur, V., Pietrass, T., Clewett, C.F.M. 2007. Adsorption of zearalenone by organomodified natural zeolitic tuff. *Journal of Colloid and Interface Science* 311 (2007): 8-13.
- Dänicke, S., Matthaus, K., Lebzien, P., Valenta, H., Stemme, K., Ueberschar, K.H., Razzazi-Fazeli, E., Bohm, J. & Flachowsky, G. 2005. Effects of *Fusarium* toxin-contaminated wheat grain on nutrient turnover, microbial protein synthesis and metabolism of deoxynivalenol and zearalenone in the rumen of dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 89: 303-315.
- Devegowda, G., Raju, M. V. I. N. & Swamy, H. V. L. N. 1998. Mycotoxins: Novel solutions for their counteraction. *Feedsuffs*, 70 (50): 12-15.
- Döll, S., Gericke, S., Dänicke, S., Raila, J., Ueberschar, K.H., Valenta, H., Schnurrbusch, U., Schweigert, F.J. & Flachowsky, G., 2005. The efficacy of a modified aluminosilicate as a detoxifying agent in *Fusarium* toxin contaminated maize containing diets for piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 89: 342-358.
- Dordevic, N. & Dinic, B. 2007. Feed for animals. *Cenzone Tech-Europe, Arandjelovac*: pp. 615-622. [In Serbian]
- EFSA-European Food Safety Authority 2004. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Zearalenone as undesirable substance in animal feed. *The EFSA Journal* 89: 1-35.
- Grabherr, H., Spolders, M., Lebzien, P., Hüther, L., Flachowsky, G., Füll, M. & Grün, M. 2009. Effect of zeolite A on rumen fermentation and phosphorus metabolism in dairy cows. *Arch. Anim. Nutr.* 63: 321-336
- Guglya, V. G. & Eranov, A. M. 1994. Replacing concentrates with diammonium phosphate during fattening of young bulls. *Zootekhnija*, 6: 18-19.
- Fink-Gremmels, J. 2008. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. *The Veterinary Journal*, 176: 84-92.
- Jazbec, I. 1990. Clinical laboratory diagnostics. *Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani. Veterinarska fakulteta*. [In Slovenian]
- Moeser, S., 2001. Einfluss von Zearalenon und Zeranol bei Kalbinnen. *Dissertation, Veterinaermedizinische Universität Wien*.
- Mumpton, F.A. 1999. La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96:3463.
- Pajovic, M., Radovanovic, T., Radovic, V. & Vukićević, O. 1988. The use of prepared zeolite „Minazel” in suckling calves. VIII simpozijum tehnologije stocne hrane. *Zbornik radova*, 164-171. [In Serbian]
- Piva, A. & Galvano, F. 1999. Managing mycotoxin impact: Nutritional approaches to reduce the impact of mycotoxins, in: Lyons T.P., Jacques K.A. (Eds.), *Proceeding of Alltech's 15th Annual Symposium*, Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 381-399.
- Prvulovic, D., Košarčić, S., Popovic, M. & Grubor-Lajšić. 2009. Effects of dietary hydrated aluminosilicates on growth performance and blood parameters of pigs. *Cuban J.Agr. Sci.* 43(1): 59-63.
- Regulations of sampling methods and methods of physical, chemical and microbiological analyses of fodder 1987. *Official Gazzete of SFRJ*, No. 15/87.
- Seeling, K., Dänicke, S., Ueberschar, K., Lebzien, P. & Flachowsky, G. 2005. Effects of *Fusarium* toxin-contaminated wheat and the feed intake level on the metabolism and the carry over of zearalenone in dairy cows. *Food Additives and Contaminants* 22: 847-855.
- Sinovec, Z.J., Nesic, K.V. & Sefer, D.S. 2006. Alleviating zearalenone effects on piglet performances by different adsorbents. *Proceedings of the 19th IPVS Congress*, Copenhagen, Denmark, 1: 297.
- StatSoft, Inc. 2003. *STATISTICA* (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com

Talanov, G. A., Chupakhina, O. K., Brichko, N. V., Ustenko, V. V. & Skvortsov, F. F. 1994. Effect of zeolite and its product on natural resistance and productivity in finishing chickens and cattle. *Problemy Veterinarnoi Sanitari i Ekologii*, 94: 14-20.

Thilsing-Hansen, T., Jørgensen, R. J., Enemark, J. M. D. & Larsen, X. 2002. The Effect of Zeolite A Supplementation in the Dry Period on Periparturient Calcium, Phosphorus, and Magnesium Homeostasis. *J. Dairy Sci.* 85:1855-1862

Tomašević-Canović, M., Daković, A., Marković, V., Radosavljević-Mihajlović, A. & Vukićević, O. 2000.

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 3, 2010.

Adsorption effects of mineral adsorbents: Parts III: Adsorption behavior in the presence of vitamin B₆ and microelements, *Acta Veterinaria*, 50 (1): 23-30.

WHO, 2000. Zearalenone. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Prepared by the Fifty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO Food Additives Series 44, World Health Organization, Geneva, Switzerland, pp 393-482.

Recibido: 28 de julio de 2009