



Archivos de Zootecnia

ISSN: 0004-0592

pa1gocag@lucano.uco.es

Universidad de Córdoba

España

Rivera, A.; Figueroa, J.L.; Saldaña, E.; Zamora, V.; Sánchez-Torres, M.T.; Cordero, J.L.

Finalización de cerdos con baja proteína y manano-oligosacáridos o nucleótidos

Archivos de Zootecnia, vol. 59, núm. 227, septiembre, 2010, pp. 357-368

Universidad de Córdoba

Córdoba, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49518784004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## FINALIZACIÓN DE CERDOS CON BAJA PROTEÍNA Y MANANO-OLIGOSACÁRIDOS O NUCLEÓTIDOS

### FINISHING PIGS WITH LOW-PROTEIN DIETS SUPPLEMENTED WITH MANNAN-OLIGOSACCHARIDES OR NUCLEOTIDES

Rivera, A., Figueroa, J.L.\* , Saldaña, E., Zamora, V., Sánchez-Torres, M.T. y Cordero, J.L.

Programa de Ganadería. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Texcoco, 56230. Estado de México. México. \*jfigueroa@colpos.mx

#### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Sorgo. Soya. Urea en plasma.

#### ADDITIONAL KEYWORDS

Sorghum grain. Soybean. Plasmatic urea.

#### RESUMEN

Se evaluaron la respuesta productiva, canales y concentración de urea en plasma de cerdos en finalización alimentados con dietas con baja proteína adicionadas con manano-oligosacáridos o nucleótidos. En el experimento 1 se utilizaron 40 machos castrados de  $56,6 \pm 5,2$  kg de peso, alimentados con dietas estándar (14% proteína bruta; PB) o con baja proteína (9,5% PB), y cuatro niveles de manano-oligosacáridos (0; 0,25; 0,5 y 0,75%). En el experimento 2 se utilizaron 36 cerdos de  $58,4 \pm 5,4$  kg de peso para evaluar 3 niveles de proteína (14,1; 12,1 y 10,1%) con (0,75%) y sin inclusión de nucleótidos. Las dietas se formularon con base a sorgo-pasta de soya, complementadas con L-lisina-HCl, L-treonina, DL-metionina y L-triptófano hasta alcanzar los niveles de 0,66; 0,43; 0,40 y 0,14% respectivamente; la EM fue de 3,265 Mcal/kg y la duración de cada experimento fue de 35 días. Al disminuir la PB de la dieta en más de 2 unidades porcentuales se redujo la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento, el peso final, y la ganancia de carne magra, y se incrementó la conversión alimenticia. El área del músculo *longissimus* se redujo al disminuir a 9,5% la PB, y la grasa dorsal aumentó cuando se redujo hasta 12%. La concentración de urea en plasma fue bajando conforme disminuyó la proteína. Según los resultados la adición de oligomananos o nucleótidos no tiene efecto positivo sobre las variables analizadas cuando se agregan a dietas con baja proteína para cerdos en finalización, mientras que la reducción de PB en la dieta en esta etapa afecta las variables evaluadas.

#### SUMMARY

Growth performance, carcass, and plasma urea N concentration of finishing pigs fed low crude protein (PB) diets supplemented with mannan-oligosaccharides or nucleotides were evaluated. In experiment 1, 40 finishing ( $56.6 \pm 5.2$  kg of initial body weight) barrows were fed standard (14%) or low (9.5%) protein diets, and four levels of mannan-oligosaccharides (0, 0.25, 0.5 and 0.75%). In experiment 2, 36 finishing ( $58.4 \pm 5.4$  kg of initial body weight) barrows were used to evaluate 3 protein levels (14.1, 12.1 and 10.1%) with (0.75%) or without nucleotides addition. The diets were formulated with sorghum-soybean meal basis, supplemented with L-lysine-HCl, L-threonine, DL-methionine and L-triptophan to reach 0.66, 0.43, 0.40 and 0.14% levels; the dietary metabolizable energy was 3.265 Mcal/kg, and each experiment lasted 35 d. When PB was diminished more than 2%, the average daily gain and feed intake, final body weight, and fat free lean gain were reduced, and feed:gain ratio increased. The *longissimus* muscle area decreased when PB was reduced to 9.5%, and backfat thickness increased when PB was reduced to 12%. The plasma urea N concentration was lowered as PB was reduced. The addition of mannan-oligosaccharides or nucleotides do not improve the analyzed variables in finishing pigs fed low-protein diets, whilst the reduction of the PB affected them.

#### INTRODUCCIÓN

Para mejorar la rentabilidad y disminuir

las emisiones contaminantes de la porcicultura se debe incrementar la eficiencia de utilización de los nutrientes; una posibilidad es la reducción de la proteína bruta (PB) en las dietas sin afectar la respuesta productiva; sin embargo, en dietas sorgo-pasta de soya adicionadas con aminoácidos sintéticos (AA) los resultados han sido inconsistentes (Ward y Southern, 1995; Figueroa *et al.*, 2008) lo que podría deberse al nivel de reducción de la PB en la dieta (Ward y Southern, 1995: de 14,4% a 9,3%; Figueroa *et al.*, 2008: de 16,5% a 9,5%). Se han desarrollado dietas con niveles de proteína menores a los recomendados por el NRC (1998), encontrando que la proteína de la dieta en la etapa de finalización se puede disminuir de 14,2 a 12,8% con adición de aminoácidos cristalinos (lisina, treonina, metionina, y triptófano) sin afectar el comportamiento productivo de los cerdos (Tuitoek *et al.*, 1997); sin embargo, se puede disminuir hasta 3,5 (Knowles *et al.*, 1998) o 4,0 (Figueroa *et al.*, 2003) unidades porcentuales sin afectar el comportamiento productivo si además de adicionar lisina, treonina, metionina, y triptófano, también se agregan isoleucina, y valina (Knowles *et al.*, 1998) o isoleucina y histidina y valina sintéticos (Figueroa *et al.*, 2003). Estos resultados se deben principalmente a que en ese tipo de dietas hay un mejor balance de AA, lo cual es confirmado por los bajos niveles de urea encontrados en plasma (Kerr y Easter, 1995; Figueroa *et al.*, 2002; Shriver *et al.*, 2003), los cuales indican que hay una adecuada utilización de la proteína de la dieta (Knowles *et al.*, 1998) y una reducción en la excreción de N (Figueroa *et al.*, 2002; Shriver *et al.*, 2003).

Los antibióticos, como promotores de crecimiento en dietas para cerdos, incrementan la eficiencia de la proteína, disminuyendo hasta en 5% la excreción de N (Williams, 1995); sin embargo, debido a las controversias sobre su efecto en la salud humana, se están sustituyendo por prebióticos como los manano-oligosacáridos

(MOS) o de nucleótidos (NUC) como alternativa segura y saludable. Se ha observado que los MOS mantienen la integridad de las vellosidades intestinales, modulan la respuesta inmune y mejoran las variables productivas en cerdos (Rozeboom *et al.*, 2005). Por su parte, los NUC reducen la incidencia de diarreas en animales débiles o estresados por cambios ambientales o alimenticios debido a que modifican la microbiota intestinal, favoreciendo el desarrollo de bifidobacterias; además, promueven el crecimiento y la maduración del intestino en cerdos jóvenes, revierten parcialmente lesiones causadas por diarreas, y también se ha observado que pueden modular el funcionamiento del sistema inmunológico (Kulkarni *et al.*, 1994).

El objetivo de esta investigación fue analizar la respuesta productiva, las características de la canal y la concentración de urea en plasma de cerdos en finalización alimentados con dietas sorgo-pasta de soya con baja proteína adicionadas con manano-oligosacáridos o nucleótidos como promotores de crecimiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### EXPERIMENTO 1

Se utilizaron 40 machos castrados híbridos (Yorkshire x Duroc x Pietrain) con un peso inicial de  $56,6 \pm 5,2$  kg, para evaluar el efecto de la adición de manano-oligosacáridos (MOS) sobre el comportamiento productivo, características de la canal y la concentración de urea en plasma en cerdos alimentados con dietas sorgo-pasta de soya con proteína estándar (14%; NRC, 1998) o baja proteína (Figueroa *et al.*, 2008) adicionadas con aminoácidos (AA) cristalinos durante 35 d. Los cerdos fueron asignados a uno de ocho tratamientos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial ( $2 \times 4$ ) de tratamientos (dos niveles de PB: 14 y 9,5% y cuatro de MOS: 0; 0,25; 0,50 y 0,75%) con cinco repeticiones por tratamiento (un cerdo por repetición); el peso

## PREBIÓTICOS EN DIETAS PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN

inicial se utilizó como covariable en el análisis estadístico. Los cerdos se alojaron individualmente en corrales de 1,2 x 1,5 m con piso de concreto, equipados con comedero tipo tolva y bebedero de chupón. El alimento y el agua se proporcionaron *ad libitum*. El experimento se realizó en las instalaciones de la Unidad Porcina del Colegio de Postgraduados, en el Municipio de Tecámac, Estado de México, durante el mes de diciembre. Todas las dietas se formularon con la misma concentración de energía metabolizable (EM; 3,265 Mcal kg<sup>-1</sup>, NRC, 1998), y las dietas con baja proteína fueron adicionadas con AA sintéticos (L-lisina·HCl, L-treonina, DL-metionina y L-triptófano) hasta igualar la concentración de dichos AA en la dieta testigo (**tabla I**).

En el primero y el último día del experimento se tomaron muestras de sangre de la vena cava con tubos vacutainer con heparina (BD Vacutainer, Franklin Lakes, NJ, 07417, USA). Las muestras se colocaron en hielo hasta centrifugarse durante 20 min a 2500 rpm (1286 x g) para separar el plasma del paquete celular. El plasma se colocó en tubos de polipropileno y se congeló a -20°C hasta realizar las determinaciones de urea por espectrofotometría de absorción de rayos UV (Chaney y Marbach, 1962). En las dietas experimentales se realizaron las determinaciones en laboratorio de proteína bruta (PB) por el método de Kjendahl (AOAC, 1990), calcio por medio de espectrofotometría de absorción atómica y fósforo por espectrofotometría de absorción de rayos UV (Fick *et al.*, 1979).

Los cerdos se pesaron, desde el primer día del experimento, semanalmente, para determinar la ganancia media diaria (GMD). El consumo medio diario (CMD) de alimento de cada cerdo se midió semanalmente para calcular el índice de conversión (IC) alimenticio. Adicionalmente, el primero y el último día del experimento se midieron la grasa dorsal (GD) y el área del músculo *longissimus* (AML) a nivel de la décima costilla utilizando un ultrasonido de tiempo real Sonovet

600 (Medison, Inc., Cypress, California, USA). Estos datos, junto con los pesos inicial y final, se utilizaron para calcular la ganancia de carne magra (GCM) y el porcentaje de carne magra (PCM) en la canal utilizando la ecuación del NPPC (1991).

Los datos de las variables que se obtuvieron semanalmente se analizaron utilizando PROC MIXED de SAS (Littell *et al.*, 2004), en el cual se incluyó el tiempo (semana; SEM) como otro factor adicional, para determinar los efectos fijos (SEM, PB, MOS) y las interacciones que las afectaron; la comparación de medias se realizó utilizando una prueba de comparación múltiple de medias en pares utilizando la instrucción ADJUST=TUKEY. Los datos de las variables que sólo se midieron al inicio y al final del experimento se analizaron con PROC GLM y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey de SAS (1999). El peso inicial se utilizó como covariable para el análisis de varianza cuando este factor tuvo un efecto significativo sobre las variables analizadas.

## EXPERIMENTO 2

Se probaron tres niveles de proteína (14,1; 12,1 y 10,1%) con dos niveles de nucleótidos (0 y 0,75%). Se utilizaron 36 cerdos (machos castrados) híbridos (Yorkshire x Duroc x Pietrain) con 58,4±5,4 kg de peso inicial durante 35 d; los animales fueron alojados en las mismas condiciones e instalaciones del experimento 1, durante el mes de marzo. Las dietas experimentales se formularon con base a sorgo-pasta de soya, variando las concentraciones de proteína y nucleótidos (NUC; %) (**tabla II**). Los cerdos se distribuyeron a uno de seis tratamientos en un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2, con seis repeticiones por tratamiento, usando el peso inicial como covariable para el análisis estadístico. Las dietas a las que se disminuyó la proteína fueron adicionadas con AA cristalinos (L-lisina·HCl, L-treonina, DL-metionina y L-triptófano) hasta alcanzar las concentracio-

**Tabla I.** Composición (%) de las dietas experimentales para cerdos en finalización (50-80 kg peso vivo) adicionadas con oligomananos (experimento 1). (Composition (%) of the experimental diets for finishing pigs (50-80 kg body weight) added with mannan-oligosaccharides (experiment 1).

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Ingrediente								
Sorgo	83,680	83,415	83,145	82,885	96,370	96,080	95,840	95,570
Pasta de soya	13,800	13,800	13,800	13,800	--	--	--	--
Aceite de soya	0,380	0,390	0,410	0,420	0,550	0,590	0,590	0,600
L-Lisina+HCl	0,205	0,205	0,205	0,205	0,625	0,625	0,625	0,625
DL-Metionina	--	--	--	--	0,125	0,125	0,125	0,125
L-Triptófano	--	--	--	--	0,065	0,065	0,065	0,065
L-Treonina	0,010	0,010	0,010	0,010	0,185	0,185	0,185	0,185
Vitaminas <sup>a</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
<b>Microminerales<sup>b</sup></b>	<b>0,100</b>	<b>0,100</b>	<b>0,100</b>	<b>0,100</b>	<b>0,100</b>	<b>0,100</b>	<b>0,100</b>	<b>0,100</b>
Manano-oligosacáridos	--	0,250	0,500	0,75	--	0,250	0,500	0,750
Carbonato de calcio	0,780	0,780	0,780	0,780	0,830	0,830	0,830	0,830
Fosfato mono-dicálcico	0,600	0,600	0,600	0,600	0,700	0,700	0,700	0,700
Sal	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
<b>TOTAL</b>	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Análisis calculado, % (NRC, 1998)								
EM, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265
<b>Proteína bruta</b>	<b>14,000</b>	<b>14,000</b>	<b>14,000</b>	<b>14,000</b>	<b>9,500</b>	<b>9,500</b>	<b>9,500</b>	<b>9,500</b>
Calcio	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Fósforo total	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Fósforo disponible	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Lisina	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
Treonina	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430
Triptófano	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
Metionina+cistina	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,40	0,400	0,400
Arginina	0,690	0,690	0,690	0,690	0,320	0,320	0,320	0,320
Histidina	0,300	0,300	0,300	0,300	0,180	0,180	0,180	0,180
Isoleucina	0,510	0,510	0,510	0,510	0,310	0,310	0,310	0,310
Leucina	1,330	1,330	1,330	1,330	1,050	1,050	1,050	1,050
Valina	0,580	0,580	0,580	0,580	0,390	0,390	0,390	0,390
Fenilalanina+tirosina	1,090	1,090	1,090	1,090	0,710	0,710	0,710	0,710
Análisis determinado, %								
Proteína bruta	14,120	14,030	14,060	14,220	9,550	9,530	9,320	9,550
Calcio	0,520	0,510	0,500	0,530	0,510	0,500	0,520	0,520
Fósforo total	0,450	0,440	0,440	0,450	0,420	0,460	0,480	0,460

<sup>a</sup>Proporcionó por kg de alimento: 15000 UI vit. A; 2500 UI vit. D<sub>3</sub>; 37,5 UI vit. E; 2,5 mg vit K; 2,25 mg tiamina; 6,25 mg riboflavina; 50 mg niacina; 2,5 mg piridoxina; 0,0375 mg cianocobalamina; 0,13 mg biotina; 563 mg colina; 20 mg ácido pantoténico; 1,25 mg ácido fólico. <sup>b</sup>Aportó por kg de alimento: 150 mg Fe; 150 mg Zn; 150 mg Mn; 10 mg Cu; 0,15 mg Se; 0,9 mg I; 0,2 mg Cr.

## PREBIÓTICOS EN DIETAS PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN

**Tabla II.** Composición (%) de las dietas experimentales para cerdos en finalización (50-80 kg peso vivo) adicionadas con nucleótidos (experimento 2). (Composition (%) of the experimental diets for finishing swine (50-80 kg weight) added with nucleotides (experiment 2).

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Ingrediente						
Sorgo	83,485	83,080	89,815	89,315	95,905	95,355
Pasta de soya	14,000	13,100	7,350	6,500	0,750	--
Aceite de soya	0,210	0,700	0,110	0,630	0,030	0,530
Bio-Lys <sup>1</sup>	0,315	0,365	0,470	0,480	0,550	0,560
DL-Metionina	--	0,005	0,050	0,060	0,110	0,115
Tripto+Plus <sup>2</sup>	--	--	0,145	0,175	0,350	0,375
L-Treonina	0,010	0,010	0,010	0,010	0,185	0,185
Vitamina <sup>a</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Microminerales <sup>b</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
<b>Nucleótidos</b>	--	<b>0,750</b>	--	<b>0,750</b>	--	<b>0,750</b>
Carbonato de calcio	0,720	0,730	0,750	0,750	0,770	0,780
Fosfato mono-dicálcico	0,710	0,710	0,750	0,780	0,800	0,800
Sal	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
<b>TOTAL</b>	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Análisis calculado, % (NRC, 1998)						
EM, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265
<b>Proteína bruta</b>	<b>14,100</b>	<b>14,100</b>	<b>12,100</b>	<b>12,100</b>	<b>10,100</b>	<b>10,100</b>
Calcio	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Fósforo total	0,450	0,450	0,440	0,430	0,420	0,420
Fósforo disponible	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Lisina	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
Treonina	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430
Triptófano	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
Metionina+cistina	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Arginina	0,690	0,670	0,520	0,490	0,340	0,320
Histidina	0,300	0,290	0,250	0,240	0,190	0,180
Isoleucina	0,510	0,500	0,420	0,400	0,320	0,310
Leucina	1,330	1,300	1,200	1,170	1,070	1,040
Valina	0,580	0,570	0,490	0,470	0,400	0,390
Fenilalanina+tirosina	1,090	1,060	0,910	0,880	0,740	0,710
Análisis determinado, %						
Proteína bruta	14,080	14,180	12,170	12,130	10,190	10,180
Calcio	0,500	0,510	0,510	0,530	0,540	0,530
Fósforo total	0,420	0,450	0,450	0,470	0,450	0,440

<sup>1</sup>Bio-Lys contiene: 50,7% lisina; 0,20% metionina; 0,10% cistina; 0,23% metionina+cistina; 0,40% treonina; 0,14% triptófano; 0,6% arginina; 0,4% isoleucina; 0,7% leucina; 0,7% valina; 0,16% fósforo; 75% PC y 4,220 Mcal kg<sup>-1</sup> energía metabolizable.

<sup>2</sup>Tripto+Plus contiene: 70% L-lisina•HCl; 15% triptófano; 1,75% metionina; 0,5% valina; 0,15% treonina; 95% PC y 3,300 Mcal kg<sup>-1</sup> energía metabolizable.

<sup>a</sup>Proporcionó por kg de alimento: 15000 UI vit. A; 2500 UI vit. D3; 37,5 UI vit. E; 2,5 mg vit K; 2,25 mg tiamina; 6,25 mg riboflavina; 50 mg niacina; 2,5 mg piridoxina; 0,0375 mg cianocobalamina; 0,13 mg biotina; 563 mg colina; 20 mg ácido pantoténico; 1,25 mg ácido fólico. <sup>b</sup>Aportó por kg de alimento: 150 mg Fe; 150 mg Zn; 150 mg Mn; 10 mg Cu; 0,15 mg Se; 0,9 mg I; 0,2 mg Cr.

nes de la dieta testigo (NRC, 1998). El nivel de energía metabolizable fue igual en todas las dietas experimentales ( $3,265 \text{ Mcal kg}^{-1}$  EM, **tabla II**). El alimento y agua se ofrecieron *ad libitum*. Los datos se registraron y analizaron de la misma manera que en el experimento 1. Para el análisis estadístico de los datos, el peso inicial se utilizó como covariable cuando este factor tuvo efecto significativo sobre ellas. Para el caso de la grasa dorsal final (GDF), la grasa dorsal inicial se utilizó como covariable para su respectivo análisis estadístico.

## RESULTADOS

Los resultados del experimento 1 se muestran en los **tablas III y IV**. La respuesta productiva no fue afectada ( $p>0,05$ ) por los MOS o por la interacción PB x MOS, pero fue afectada ( $p=0,05$ ) por el nivel de PB de la dieta, observándose una mayor GMD (+27,3%), CMD (+13,4%), PF (+7,7%) y GCM (+39,3%) y un menor IC (-11%), en los cerdos que consumieron las dietas con 14% de PB. La comparación de medias mostró diferencias ( $p=0,05$ ) entre tratamientos en GMD, PF y GCM, a pesar de que no se observó interacción entre niveles de proteína y de MOS. El tiempo (SEM) afectó ( $p=0,01$ ) la GMD, CMD e IC, observándose un incremento en estas variables para todos los tratamientos conforme transcurrió el tiempo. Adicionalmente, la GMD fue afectada ( $p=0,01$ ) por la interacción PB x SEM, aumentando al transcurrir el tiempo. Se observaron diferencias semanales entre medias ( $p=0,05$ ) para GMD, CMD e IC; GMD y CMD aumentaron, y el IC se redujo al avanzar el tiempo. En cuanto a las variables de las características de la canal, la GDF, AMLF y %CMF no fueron afectadas por los MOS o la interacción PB x MOS. La concentración de PB de la dieta afectó ( $p=0,05$ ) el AMLF, siendo 11,7% mayor en los cerdos alimentados con las dietas con 14% de PB. La concentración de UREA plasmática sólo fue afectada ( $p=0,01$ ) por el nivel de PB de la

dieta, disminuyendo en 54,2% en los cerdos que consumieron 9,5% de PB en comparación con 14%. En promedio se bajó 12% la urea por cada unidad porcentual en que se redujo la proteína en la dieta.

En las **tablas V y VI** se presentan los resultados de la inclusión de nucleótidos a la dieta (experimento 2). Los NUC no afectaron ( $p>0,05$ ) la respuesta productiva de los cerdos. El nivel de PC afectó la GMD ( $p=0,05$ ), CMD ( $p=0,03$ ), PF ( $p=0,01$ ) y GCM ( $p=0,02$ ). Se observó una menor GMD, CMD, PF, y GCM en los cerdos que consumieron dietas con más baja PB; sin embargo, los cerdos que consumieron las dietas con 12,1 y 14,1% de PB mostraron un comportamiento productivo similar. El tiempo (SEM) afectó ( $p=0,01$ ) la GMD, CMD e IC; además, la GMD y el IC presentaron una influencia ( $p=0,01$ ) de la interacción PB x SEM, aumentando al avanzar el tiempo en cerdos alimentados con proteína estándar. La comparación de medias entre semanas indicó diferencias ( $p=0,05$ ) en las variables productivas analizadas. Las características de la canal (**tabla VI**) no fueron afectadas por la adición de los NUC en la dieta, ni por la interacción PB x NUC ( $p>0,05$ ). Al disminuir la PB de la dieta redujo ( $p=0,05$ ) la GDF. La UREA en plasma disminuyó ( $p=0,01$ ) en 11,3% conforme se redujo la PB en la dieta. La adición de NUC a la dieta y la interacción PB x NUC no afectaron la concentración de UREA en plasma ( $p>0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las variables productivas y de la calidad de la canal con la adición de MOS o NUC a la dieta de cerdos en finalización indican que estos aditivos alimenticios no mejoran estas variables. Esto coincide con lo reportado por Chiquieri *et al.* (2006) para cerdos en crecimiento-finalización, aunque se han obtenido mejores resultados en animales más jóvenes, estresados o con desequilibrios en su microbiota intestinal (Davis *et al.*, 2002;

## PREBIÓTICOS EN DIETAS PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN

**Tabla III.** Comportamiento productivo de cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con dos niveles de proteína y cuatro niveles de oligomananos. (Growth performance of finishing barrows fed two protein levels and four mannan-oligosaccharides levels).

TRAT	PB	MOS	Comportamiento productivo					
			GMD <sup>1</sup>	CMD <sup>1</sup>	IC <sup>1</sup>	PI	PF	GCM <sup>2</sup>
1	14,0	0,00	1,08 <sup>a</sup>	3,38	3,38	56,45	94,32 <sup>a</sup>	351,06 <sup>a</sup>
2	14,0	0,25	0,97 <sup>ab</sup>	3,01	3,34	56,45	90,50 <sup>ab</sup>	306,41 <sup>ab</sup>
3	14,0	0,50	0,96 <sup>ab</sup>	3,13	3,47	55,82	89,35 <sup>ab</sup>	296,34 <sup>ab</sup>
4	14,0	0,75	0,91 <sup>ab</sup>	2,94	3,44	56,27	88,17 <sup>ab</sup>	284,07 <sup>ab</sup>
5	9,5	0,00	0,78 <sup>b</sup>	2,81	3,83	57,10	84,55 <sup>ab</sup>	234,87 <sup>ab</sup>
6	9,5	0,25	0,85 <sup>ab</sup>	3,00	3,73	56,70	86,47 <sup>ab</sup>	249,20 <sup>ab</sup>
7	9,5	0,50	0,75 <sup>b</sup>	2,54	3,65	56,25	82,80 <sup>b</sup>	202,38 <sup>b</sup>
8	9,5	0,75	0,72 <sup>b</sup>	2,64	4,09	57,40	82,70 <sup>b</sup>	202,30 <sup>b</sup>
EEM	-	-	0,12	0,38	0,47	5,85	4,32	55,71
Efectos principales								
14	-	0,98 <sup>a</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,41 <sup>b</sup>	56,25	90,59 <sup>a</sup>	309,47 <sup>a</sup>	
9,5	-	0,78 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	3,83 <sup>a</sup>	56,86	84,13 <sup>b</sup>	222,19 <sup>b</sup>	
	0,00	0,93	3,10	3,61	56,78	89,44	292,97	
	0,25	0,91	3,01	3,54	56,58	88,49	277,81	
	0,50	0,86	2,84	3,56	56,04	86,08	249,36	
	0,75	0,82	2,79	3,77	56,84	85,44	243,19	
Semana								
	1	0,73 <sup>b</sup>	2,79 <sup>ab</sup>	4,10 <sup>a</sup>				
	2	1,00 <sup>a</sup>	2,78 <sup>b</sup>	2,91 <sup>b</sup>				
	3	0,89 <sup>ab</sup>	3,19 <sup>a</sup>	3,85 <sup>a</sup>				
	4	0,84 <sup>ab</sup>	2,91 <sup>ab</sup>	3,70 <sup>a</sup>				
	5	0,92 <sup>ab</sup>	3,01 <sup>ab</sup>	3,53 <sup>b</sup>				
Fuente de variación			valor de p					
PB		0,01	0,01	0,01		0,01	0,01	
MOS		0,24	0,39	0,68		0,26	0,28	
PBxMOS		0,52	0,42	0,76		0,54	0,75	
Semana		0,01	0,01	0,01				
PBxSEM		0,01	0,44	0,07				
MOSxSEM		0,69	0,26	0,96				
PBxMOSxSEM		0,61	0,05	0,73				
PI*		0,01	0,01	0,01		0,01	0,01	

<sup>abc</sup>Medias de tratamiento o efecto principal con distinta letra indican diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ). TRAT= tratamiento, PB= proteína bruta, MOS= manano-olicosacáridos, SEM= semana, EEM= error estándar de la media, PI= peso inicial (kg), PF= peso final (kg), GMD= ganancia media diaria (kg/d), CMD= consumo medio diario (kg/d), IC= índice de conversión, GCM= ganancia de carne magra (g/d). Variables analizadas usando: <sup>1</sup>PROC MIXED de SAS, <sup>2</sup>PROC GLM de SAS. \*Covariable.

Rozeboom *et al.*, 2005). En cerdos en crecimiento-finalización, la adición de MOS mejoró el crecimiento, aunque esta respuesta fue dependiente de sulfato de cobre tam-

bién adicionado (Davis *et al.*, 2002).

La disminución de cuatro o más unidades porcentuales de la PB en dietas sorgopasta de soya para cerdos en finalización

**Tabla IV.** Características de la canal y concentración de urea en plasma en cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con dos niveles de proteína y cuatro niveles de manano-oligosacáridos. (Carcass characteristics and plasma urea nitrogen concentration of finishing barrows fed two protein levels and four mannan-oligosaccharides levels).

TRAT	PB	MOS	Características de la canal <sup>1</sup>						Urea <sup>1,2</sup>
			GDI	GDF	AMLI	AMLF	CMI	CMF	
1	14,0	0,00	5,00	10,75	18,23	27,19	39,96	36,96	22,57 <sup>abc</sup>
2	14,0	0,25	5,25	11,00	19,23	26,78	40,37	36,97	26,42 <sup>ab</sup>
3	14,0	0,50	5,75	12,00	20,54	27,89	40,94	37,19	19,84 <sup>abc</sup>
4	14,0	0,75	5,00	11,50	16,85	24,58	39,26	36,40	26,87 <sup>a</sup>
5	9,5	0,00	5,25	10,50	17,98	23,25	39,57	36,54	11,11 <sup>bc</sup>
6	9,5	0,25	5,50	10,75	18,45	23,15	39,74	36,12	9,45 <sup>c</sup>
7	9,5	0,50	5,50	10,00	20,38	23,70	40,94	36,12	11,61 <sup>abc</sup>
8	9,5	0,75	5,25	10,25	19,24	25,16	40,20	37,67	11,63 <sup>abc</sup>
EEM	0,85	1,65	1,38	3,27	0,66	1,33	6,61		
<b>Efectos principales</b>									
	14,0		5,25	11,31	18,71	26,61 <sup>a</sup>	40,13	36,88	23,93 <sup>a</sup>
	9,5		5,38	10,38	19,01	23,82 <sup>b</sup>	40,11	36,61	10,95 <sup>b</sup>
		0,00	5,13	10,63	18,11	25,22	39,77	36,75	16,84
		0,25	5,38	10,88	18,84	24,97	40,06	36,55	17,94
		0,50	5,63	11,00	20,46	25,80	40,94	36,66	15,73
		0,75	5,13	10,88	18,05	24,87	39,73	37,04	19,25
<b>Fuente de variación</b>									
PB					valor de p				
					0,08		0,02		0,97
MOS					0,93		0,88		0,86
PBxMOS					0,65		0,48		0,40
PI*					0,01		0,01		0,56

<sup>abc</sup>Medias de tratamiento o efecto principal con distinta literal indica diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ). TRAT=tratamiento, PB=proteína bruta, MOS=manano-oligosacáridos, EEM=error estándar de la media, GDI=grasa dorsal inicial (mm), GDF=grasa dorsal final (mm), AMLI=área del músculo *longissimus* inicial ( $\text{cm}^2$ ), AMLF=área del músculo *longissimus* final ( $\text{cm}^2$ ), CMI=carne magra inicial (%), CMF=carne magra final (%); <sup>2</sup>urea en plasma (mg/dl); PI=peso inicial.

<sup>1</sup>Variables analizadas usando PROC GLM de SAS. \*Covariable.

con o sin adición de MOS o NUC afecta negativamente el comportamiento productivo de los cerdos. Esta reducción en las variables productivas coincide con la reportada por Gomez *et al.*, 2002 (reducción de 14,22 a 10,21% PB) y Ward y Southern, 1995 (disminución desde 14,4 a 9,3% PB) para GMD, PF y GCM. Dicho comportamiento productivo puede deberse a un desequilibrio entre AA con respecto al perfil ideal de AA, ya que ese perfil cambia conforme au-

menta el peso de los animales, pudiendo verse limitados otros AA esenciales y no esenciales; además de alterarse la disponibilidad de otros nutrientes de la dieta (Figueroa *et al.*, 2004).

La GMD tiende a disminuir cuando se reduce gradualmente la PB en la dieta desde 14,2 hasta 11% (Tuitoek *et al.*, 1997), lo cual coincide con los resultados obtenidos en el experimento 2. Se ha observado un comportamiento productivo similar en cerdos ali-

## PREBIÓTICOS EN DIETAS PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN

**Tabla V.** Comportamiento productivo de cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con tres niveles de proteína y dos niveles de nucleótidos. (Growth performance of finishing barrows fed three protein levels and two nucleotide levels).

TRAT	PB	NUC	Comportamiento productivo					
			GMD <sup>1</sup>	CMD <sup>1</sup>	IC <sup>1</sup>	PI	PF	GCM <sup>2</sup>
1	14,1	0,00	1,02 <sup>ab</sup>	3,25 <sup>a</sup>	3,20	59,18	94,88 <sup>ab</sup>	366,24
2	14,1	0,75	0,95 <sup>ab</sup>	2,97 <sup>ab</sup>	3,22	59,36	92,66 <sup>ab</sup>	313,24
3	12,1	0,00	1,06 <sup>a</sup>	3,01 <sup>ab</sup>	2,87	59,92	96,92 <sup>a</sup>	348,54
4	12,1	0,75	1,08 <sup>a</sup>	3,15 <sup>ab</sup>	3,15	60,02	97,72 <sup>a</sup>	374,13
5	10,1	0,00	0,93 <sup>ab</sup>	2,94 <sup>ab</sup>	3,30	56,72	88,56 <sup>b</sup>	306,32
6	10,1	0,75	0,83 <sup>b</sup>	2,56 <sup>b</sup>	3,50	58,76	87,66 <sup>b</sup>	276,54
EEM			0,11	0,32	0,41	4,93	3,67	51,78
Efectos principales								
	14,1		0,99 <sup>ab</sup>	3,11 <sup>a</sup>	3,21	59,27	93,77 <sup>a</sup>	339,74 <sup>ab</sup>
	12,1		1,07 <sup>a</sup>	3,08 <sup>ab</sup>	3,02	59,97	97,37 <sup>a</sup>	362,76 <sup>a</sup>
	10,1		0,88 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	3,40	57,74	88,11 <sup>b</sup>	291,43 <sup>b</sup>
	0,00		0,99	3,07	3,14	58,61	93,21	339,78
	0,75		0,95	2,89	3,28	59,38	92,68	321,30
Semana								
	1		0,78 <sup>b</sup>	2,67 <sup>b</sup>	3,63 <sup>a</sup>			
	2		1,11 <sup>a</sup>	2,94 <sup>b</sup>	2,85 <sup>b</sup>			
	3		0,90 <sup>ab</sup>	2,75 <sup>b</sup>	3,26 <sup>ab</sup>			
	4		1,03 <sup>ab</sup>	3,49 <sup>a</sup>	3,41 <sup>ab</sup>			
	5		1,07 <sup>a</sup>	3,03 <sup>ab</sup>	2,92 <sup>ab</sup>			
Fuente de variación								
PB			0,01	0,03	0,15		0,01	0,02
NUC			0,26	0,15	0,39		0,22	0,33
PBxNUC			0,52	0,19	0,75		0,47	0,26
Semana			0,01	0,01	0,01			
PBxSEM			0,01	0,01	0,11			
NUCxSEM			0,72	0,94	0,83			
PBxNUCxSEM			0,05	0,26	0,63			
PI*							0,01	

<sup>abc</sup>Medias de tratamiento o efecto principal con distinta literal indica diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ). TRAT= tratamiento, PB= proteína bruta, NUC= nucleótidos, SEM= semana, EEM= error estándar de la media, PI= peso inicial (kg), PF= peso final (kg), GMD= Ganancia media diaria (kg/d), CMD= consumo medio diario (kg/d), IC= índice de conversión, GCM= ganancia de carne magra (g/d). <sup>1</sup>Variables analizadas usando PROC MIXED de SAS. <sup>2</sup>Variables analizadas usando PROC GLM de SAS. \*Covariable.

mentados con dietas con baja proteína adicionadas con ácido glutámico, glicina, isoleucina, valina o histidina además de lisina, treonina, triptófano y metionina, que en cerdos alimentados con dietas con proteína estándar (Kerr y Easter, 1995; Kerr *et*

*al.*, 1995; Tuitoek *et al.*, 1997, Knowles *et al.*, 1998; Shriver *et al.*, 2003). Al parecer, otros AA que se encontraban por arriba de los requerimientos en la dieta estándar se convierten en limitantes al reducir la proteína en la dieta; ambos aspectos dependerán

**Tabla VI.** Características de la canal y concentración de urea en plasma en cerdos machos castrados en finalización, alimentados con dietas con tres niveles de proteína y dos niveles de nucleótidos. (Carcass characteristics and plasma urea nitrogen concentration of finishing barrows fed three protein levels and two nucleotide levels).

TRAT	PB	NUC	Características de la canal <sup>1</sup>							Urea <sup>1,2</sup>
			GDI	GDF	AMLI	AMLF	CMI	CMF		
1	14,1	0,00	5,40	11,20	19,67	32,40	40,03	38,50	25,20 <sup>a</sup>	
2	14,1	0,75	6,00	11,00	20,21	28,55	40,01	37,41	23,98 <sup>ab</sup>	
3	12,1	0,00	6,00	12,25	21,63	31,57	40,64	37,67	19,51 <sup>bc</sup>	
4	12,1	0,75	5,60	11,60	21,85	33,78	40,91	38,51	18,97 <sup>bc</sup>	
5	10,1	0,00	5,80	10,60	19,40	28,15	40,16	37,82	15,88 <sup>cd</sup>	
6	10,1	0,75	5,40	9,60	20,59	28,23	40,56	38,27	12,32 <sup>d</sup>	
EEM			0,87	1,33	1,75	3,79	0,67	1,08	2,77	
<b>Efectos principales</b>										
1	4,1		5,70	11,10 <sup>ab</sup>	19,94	30,47	40,02	37,95	24,60 <sup>a</sup>	
1	2,1		5,78	11,89 <sup>a</sup>	21,76	32,79	40,79	38,14	19,21 <sup>b</sup>	
1	0,1		5,60	10,10 <sup>b</sup>	19,99	28,19	40,36	38,04	14,09 <sup>c</sup>	
	0,00		5,71	11,29	20,13	30,64	40,24	38,02	20,25	
	0,75		5,67	10,73	20,87	30,19	40,49	38,06	18,42	
<b>Fuente de variación</b>										
PB				0,04			0,22		0,96	0,01
NUC				0,27			0,51		0,87	0,09
PBxNUC				0,95			0,24		0,14	0,47
PI*						0,01				
GDI*						0,01				

<sup>abcd</sup>Medias de tratamiento o efecto principal con distinta literal indica diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ). TRAT=tratamiento, PC=proteína bruta, NUC=nucleótidos, EEM=error estándar de la media, GDI=grasa dorsal inicial (mm), GDF= grasa dorsal final (mm), AMLI= área de músculo *longissimus* inicial ( $\text{cm}^2$ ), AMLF= área del músculo *longissimus* final ( $\text{cm}^2$ ), CMI= carne magra inicial (%), CMF= carne magra final (%); <sup>2</sup>urea en plasma (mg/dl); PI=peso inicial. <sup>1</sup>Variables analizadas usando PROC GLM de SAS.  
\*Covariables.

de los ingredientes utilizados para formular la dieta.

La reducción del CMD al disminuir el nivel de PB en la dieta coincide con los resultados de Ward y Southern (1995), Gomez *et al.* (2002) y Le Bellego *et al.* (2002). El incremento en el IC al disminuir la PB de la dieta, obtenido en el experimento 1, es similar al encontrado en otras investigaciones (Ward y Southern, 1995; Knowles *et al.*, 1998; Gomez *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2004); dicho incremento puede ser explicado por la disminución en el CMD y por la

menor concentración de algunos AA esenciales en dietas con menor concentración de PB.

La menor área del músculo *longissimus* (AML) encontrada en el experimento 1 al reducir la PB, concuerda con una tendencia reportada por otros investigadores (Kerr *et al.*, 1995; Knowles *et al.*, 1998; Shiver *et al.*, 2003; Figueroa *et al.*, 2004); dicha tendencia puede ser explicada por la menor concentración de algunos AA en las dietas con baja proteína (valina, isoleucina e histidina), lo cual limita la síntesis de proteína corporal.

## PREBIÓTICOS EN DIETAS PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN

La disminución de la GDF en el experimento 2, no coincide con lo observado por Kerr y Easter (1995), Tuitoek *et al.* (1997) y Le Bellego *et al.* (2002), los cuales indican que la retención de energía en forma de grasa se incrementa al disminuir la PB de la dieta, debido a que se reduce el exceso de AA que se tienen que catabolizar para ser desechados en forma de urea en la orina. Esto indicaría que la reducción de la PB también afecta la partición de la energía de la dieta, lo que se refleja en mayor concentración de energía disponible para la síntesis de tejido adiposo. Por otro lado, la falta de efecto sobre el %CMF y la disminución de la GCM al reducir la PB coincide con lo encontrado por otros autores (Ward y Southern, 1995; Knowles *et al.*, 1998; Figueroa *et al.*, 2004).

La reducción en la concentración de urea plasmática observada en los dos experimentos al disminuir la PB de la dieta, coincide con otras investigaciones en las cuales encontraron que este metabolito se reduce entre 8 y 12% por cada unidad porcentual en que se disminuye la PB en la dieta (Kerr y Easter, 1995; Ward y Southern, 1995; Knowles *et al.*, 1998; Shriner *et al.*, 2003; Figueroa *et al.*, 2004). Una baja concentración de urea plasmática indica un menor exceso o mejor balance de AA en la dieta, lo

cual se refleja en una menor excreción de nitrógeno en la orina. Por otra parte, una alta concentración indica un uso ineficiente de la proteína, exceso o desequilibrio de AA (Knowles *et al.*, 1998). Lo anterior sugiere que los cerdos alimentados con dietas con baja proteína tienen una mejor utilización de la PB de la dieta con similar retención de nitrógeno que la que tienen los cerdos que son alimentados con dietas estándar (Le Bellego *et al.*, 2002; Shriner *et al.*, 2003; Otto *et al.*, 2003).

## CONCLUSIONES

La reducción de la proteína en la dieta permite disminuir la excreción de nitrógeno en las excretas porcinas y, con reducción de 2 unidades porcentuales, las variables productivas son similares a los de la dieta estándar. Por su parte, la adición de manano-oligosacáridos o nucleótidos a dietas sorgo pasta de soya tanto con nivel estándar como con baja proteína adicionadas con aminoácidos sintéticos, no mejora la respuesta productiva ni mantiene las características de la canal obtenidas en cerdos en finalización alimentados con dieta estándar. No se justifica la inclusión de estos aditivos alimenticios a este tipo de dietas para cerdos en finalización.

## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. pp. 37-38.
- Chaney, A.L. and Marbach, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.*, 8: 130-132.
- Chiquieri, J.M.S., Soares, R.T.R.N., Souza, J.C.D., Hurtado, V.L., Ferreira, R.A. y Ventura, B.G. 2006. Probiótico y prebiótico en la alimentación de cerdos en crecimiento y terminación. *Arch. Zootec.*, 55: 305-308.
- Davis, M.E., Maxwell, C.V., Brown, D.C., Rodas, B.Z., Johnson, Z.B., Kegley, E.B., Hellwig, D.H. and Dvorak, R.A. 2002. Effect of dietarymannan oligosaccharides and (or) pharmacological additions of copper sulfate on growth perfor-
- mance and immunocompetence of weanling and growing/finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 80: 2887-2894.
- Fick, K.R., McDowell, L.R., Miles, R.H., Wilkins, N.S., Funk, J.D., Conrad, J.H. y Valdivia, R. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2<sup>a</sup> edición. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. E.E.U.U. pp. 601-701.
- Figueroa, J.L., Lewis, A.J., Miller, P.S., Fischer, R.L., Gómez, S. and Diedrichsen, R.M. 2002. Nitrogen metabolism and growth performance of gilt fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 80: 2911-2919.
- Figueroa, J.L., Lewis, A.J., Miller, P.S., Fischer,

RIVERA, FIGUEROA, SALDAÑA, ZAMORA, SÁNCHEZ-TORRES Y CORDERO

- R.L. and Diedrichsen, R.M. 2003. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine and valine. *J. Anim. Sci.*, 81: 1529-1537.
- Figueredo, J.L., Cervantes, M., Cuca, M. y Méndez, M. 2004. Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. *Agrociencia*, 38: 383-393.
- Figueredo, J.L., Martínez, M., Trujillo, J.E., Zamora, V., Cordero, J.L. and Sánchez-Torres, M.T. 2008. Plasma urea nitrogen concentration and growth performance of finishing pigs fed sorghum-soybean meal, low-protein diets. *J. Appl. Anim. Res.*, 33: 7-12.
- Gomez, S., Lewis, A.J., Miller, P.S. and Chen, H.Y. 2002. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.*, 80: 644-653.
- Kerr, B.J., McKeith, F.K. and Easter, R.A. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 73: 433-440.
- Kerr, B.J. and Easter, R.A. 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *J. Anim. Sci.*, 73: 3000-3008.
- Knowles, T.A., Southern, L.L., Bidner, T.D., Kerr, B.J. and Friesen, K.G. 1998. Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 76: 2818-2832.
- Kulkarni, A.D., Rudolph, F.B. and van Buren, C.T. 1994. The role of dietary sources of nucleotides in immune function: a review. *J. Nutr.*, 124: 1442S-1446S.
- Le Bellego, L., van Milgen, J. and Noblet, J. 2002. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 80: 691-701.
- Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroupe, W.W. and Wolfinger, R.D. 2004. SAS System for mixed models. SAS Publishing. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. 633 pp.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of swine. 10<sup>th</sup> ed. National Academy Press. Washington, D.C. USA. pp. 110-123.
- NPPC. 1991. Procedures to evaluate market hogs. 3<sup>rd</sup> ed. National Pork Producers Council, Des Moines. Iowa.
- Otto, E.R., Yokoyama, M., Ku, P.K., Ames, N.K. and Trottier, N.L. 2003. Nitrogen balance and ileal amino digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. *J. Anim. Sci.*, 81: 1743-1753.
- Rozeboom, D.W., Shaw, D.T., Tempelman, R.J., Miguel, J.C., Pettigrew, J.E. and Connolly, A. 2005. Effects of mannan-oligosaccharides and an antimicrobial product in nursery diets on performance of pigs reared on three different farms. *J. Anim. Sci.*, 83: 2637-2644.
- SAS. 1999. The SAS system for windows V8. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Shriver, J.A., Carter, S.D., Sutton, A.L., Richer, B.T., Senne, B.W. and Pettey, L.A. 2003. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 81: 492-502.
- Tuitoeck, J.K., Young, L.G., de Lange, C.F.M. and Kerr, B.J. 1997. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: An evaluation of the ideal protein concept. *J. Anim. Sci.*, 75: 1575-1583.
- Ward, T.L. and Southern, L.L. 1995. Sorghum amino acid-supplemented diets for the 50- to 100-kg pigs. *J. Anim. Sci.*, 73: 1746-1753.
- Williams, P.E. 1995. Animal production and european pollution problems. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 53: 135-144.