

Digestibilidad de dietas con inclusiones de harina de girasol (*Helianthus annuus* L.) y un complejo enzimático en cerdos en crecimiento

Digestibility of diets with inclusions of sunflower meal (*Helianthus annuus* L.) and an enzymatic complex for growing pigs

María A. Araujo González^{1*}, Janeth J. Colina Rivero², Humberto E. Araque Molina³, Nelly López Brizuela⁴, Johanna P. Araujo González¹, Jesús E. Ramones Méndez¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP), Departamento de Producción Animal, Laboratorio de Nutrición Animal. Aragua, Venezuela. *Correo electrónico: marialecva@gmail.com. ²Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Producción Animal. ³Universidad Central de Venezuela (UCV) Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal. ⁴Alimentos Super S., Grupo La Caridad. Carabobo, Venezuela.

RESUMEN

Se evaluó el coeficiente de digestibilidad total aparente (CDTA) de la materia seca (DMS), proteína cruda (DAPC), nitrógeno (DAN), grasa cruda (DAGC), fibra de detergente neutro (DAFDN) y ácido (DAFDA), ceniza (DACEN), energía digestible aparente (EDA) y energía metabolizable (EME) de dietas con harina de girasol (HG) y un complejo enzimático (CE) para cerdos en crecimiento. Se utilizaron 48 cerdos Yorkshire × Landrace, con peso promedio de $37 \pm 0,5$ kg, alojados individualmente en jaulas metabólicas. Los cerdos se distribuyeron según un diseño de bloques completos al azar, en cada una de ocho dietas experimentales, con arreglo factorial de tratamientos 4×2 : cuatro niveles de HG (0, 5, 10 y 15%) y dos niveles de CE (0 y 0,05%) con cinco repeticiones por dieta. La DMS fue mayor ($P=0,02$) para las dietas con 5% HG, mientras que la DAFDN fue menor ($P=0,01$) en dietas con 5% de HG, con respecto al control. El CE redujo ($P=0,02$) la DACEN. Se determinó que se puede incluir HG en proporciones de hasta 15% sin afectar el CDTA de la energía y la mayoría de los nutrientes de la dieta, aunque con niveles de inclusión superiores al 5% la DMS disminuye.

Palabras clave: Porcinos, harina de girasol, crecimiento.

ABSTRACT

The apparent total tract digestibility coefficient (ATTD) of dry matter (DMD), crude protein (ADCP), nitrogen (ADN), crude fat (ADCF), neutral detergent fiber (DNDF) and acid (ADNF), ash (ADA), apparent digestible energy (ADE) and metabolic energy (DME) of diets with sunflower meal (SFM) and an enzyme complex (EC) for growing pigs was evaluated. Forty eight Landrace × Yorkshire pigs with an average body weight of 37 ± 0.5 kg were used, housed individually in metabolic cages. Pigs were distributed according to a completely randomized block design, in each of eight experimental diets in a factorial arrangement of treatments with 4×2 : four levels of SFM (0, 5, 10 and 15%) and two levels of EC (0 and 0.05%) with five replications per diet. The DMD was greater ($P=0.02$) for diets containing 5% SFM while DNDF was lower ($P=0.01$) in pigs fed with 5% SFM, compared to the control. The EC reduced ($P=0.02$) ADA. It was determined that SFM may be included in amounts up to 15% without affecting the energy ATTD and most dietary nutrients, although with levels above 5% including the DMD decreases.

Key words: Porcine, sunflower meal, growth.

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de la producción porcina es la obtención de carne de buena calidad, utilizando procedimientos que garanticen disponibilidad de proteína animal para consumo humano al menor costo, en virtud que los costos de producción asociados a la alimentación de cerdos son elevados. En Venezuela, el sistema porcino tiene desventajas en cuanto a opciones a bajo costo, principalmente porque la alimentación está basada en dietas formuladas a base de cereales y soya importados que compiten con el consumo humano (Tepper *et al.*, 2012), representando aproximadamente 75% del costo de producción, dando origen a una gran dependencia externa y fragilidad del sistema (González, 2000). Esta situación sugiere la búsqueda de alternativas para la evaluación del valor nutricional de materias primas disponibles, maximizando la eficiencia de utilización de los nutrientes.

En Venezuela, la planta de girasol es cultivada para la producción industrial de aceite para consumo humano, por lo que la harina generada tras el proceso de extracción de éste, podría ser utilizada como ingrediente proteico en la elaboración de alimentos concentrados, constituyendo una alternativa importante en la alimentación de animales monogástricos.

Los estudios realizados hasta ahora, indican que la harina de girasol (HG) es un ingrediente que puede ser aprovechado para la alimentación de cerdos incluyéndolo en la dieta hasta 21% Da Silva *et al.* (2002), sin efectos deletéreos sobre la respuesta productiva y las características de la canal (De Carvalho *et al.*, 2005), y aunque existe amplia información respecto al uso de enzimas exógenas en dietas para cerdos, mejorando con ello la utilización de los nutrientes presentes en varios ingredientes (Wang *et al.*, 2009; Ao *et al.*, 2010; Willamil *et al.*, 2012), pocos estudios han evaluado el efectos de estas enzimas conjuntamente con la HG en dietas para cerdos.

La adición de complejos enzimáticos (CE) con capacidad para degradar componentes de la pared celular difíciles de digerir como los polisacáridos no amiláceos en dietas contentivas de este ingrediente (Sredanovic *et al.*, 2005), podría contribuir a mejorar la digestibilidad de los nutrientes, por lo que la factibilidad

económica del uso de CE con HG también amerita ser evaluada. En tal sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar la digestibilidad total aparente de dietas para cerdos con diferentes niveles de inclusión de HG y CE.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El experimento se realizó en el Laboratorio sección porcino del Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela, Maracay, Edo. Aragua, a 10°17'5" N 64°13'28" O, a 480 m.s.n.m., con temperatura media de 25,5°C y humedad relativa de 77,5% (INIA, 2010).

Animales, infraestructura y manejo

Se utilizaron 48 cerdos machos enteros, cruzados de las razas Yorkshire × Landrace, con 37±0,5 kg de peso vivo y 67 días de edad en promedio, provenientes de una granja comercial. Los cerdos fueron alojados al azar en 24 jaulas metabólicas (65×120×50cm de alto, largo y ancho), semejantes a las descritas por Pekas (1968), las cuales estaban provistas de una bandeja para recolección de las heces, un comedero y un bebedero automático.

El experimento se realizó durante 18 días, dividido en dos períodos consecutivos de una duración de nueve días cada uno (seis días de adaptación y tres días de recolección de heces), representando cada período un bloque. Durante el experimento cada uno de los cerdos recibió el alimento en una cantidad inicial equivalente al 8% del peso metabólico (Parra *et al.*, 2002), suministrado en dos partes iguales, a las 8:00 y 16:00h, con ajustes posteriores en función del consumo del día anterior, colocándose el alimento rechazado en bolsas previamente identificadas. Así mismo, los cerdos tenían acceso *ad libitum* al agua.

Dietas experimentales

Para la formulación de las dietas experimentales se utilizó HG como subproducto, proveniente de una empresa que utiliza la semilla de girasol para extraer aceite destinado al consumo humano. La composición química de la HG (Cuadro 1)

fue determinada mediante los procedimientos de la AOAC (2000), mientras que el contenido de micotoxinas fue determinado utilizando el kit comercial VERATOX® con la metodología cuantitativa de Elisa propuesta por el fabricante y el ácido fítico según la metodología Makkar y Becker (1993). El CE adicionado en las

dietas, fue obtenido de cepas seleccionadas de *Trichoderma longibrachatum*, *Aspergillus oryzae* y *Aspergillus niger*, y está compuesto de las enzimas proteasas (7.500 HUG/g 3,4 million HUT/lb), y celulasas (44 CMCU/ 20.000 CMCU/lb /G Units/lb) según especificaciones del fabricante, (Allzyme Vegpro™, Alltech Inc., Nicholasville, KY).

Cuadro 1. Composición química y valores de micotoxinas de la harina de girasol utilizada en las dietas experimentales.

Ítem	Harina de girasol
Materia Seca, %	93,19
Ceniza, %	7,14
Proteína Cruda, %	36,66
Nitrógeno, %	5,86
Grasa Cruda, %	1,76
Fibra Cruda, %	22,54
Fibra en detergente neutro, %	33,05
Fibra en detergente neutro α -amilasa, %	29,75
Fibra en detergente ácido, %	20,87
Lignina, %	7,31
Celulosa, %	13,56
Hemicelulosa, %	12,18
Ácido fítico, %	0,71
Actividad fitásica UF (nmoles de P/min./g.muestra)	130,65

En el Cuadro 2, se presenta la actividad enzimática analizada de la mezcla de la HG con el CE utilizado en las dietas experimentales y del CE sin HG, según metodologías específicas para cada enzima. Se determinó la actividad de la amilasa (Hophins y Bird, 1954), celulasas y pectinasas: (Olmos, 1987) y xilanasas (Loera y

Córdova, 2003). Las dietas, cuya composición se muestra en los Cuadros 3 y 4, fueron formuladas para cubrir o exceder las recomendaciones de la NRC (1998) y su composición analizada de acuerdo a los procedimientos sugeridos por la AOAC (2000).

Cuadro 2. Actividad enzimática de la mezcla de harina de girasol más complejo enzimático y del complejo enzimático.

Enzimas/Actividad enzimática	HG+CE	CE
¹ Amilasas (FAU/g)	70,52±3,23	81,47±0,88
Celulasas (UI/g)	3,83±0,34	48,29±3,70
Pectinas (UI/g)	² NR	² NR
Xilanasas (BXU/g)	136,98±19,77	1.384,4±73,35
Proteasas (UI/g)	² NR	33,88 ± 0,21

¹FAU/g = g de almidón/min, UI/g= micromoles de glucosa/min, BXU/g= nanomoles de xilosa/min, UI/g= micromoles de tirosina/min.

²NR: No reportó actividad enzimática. HG: Harina de girasol; CE: Complejo enzimático (0,05%).

Recolección de heces

La recolección total de heces se realizó dos veces al día antes del suministro de cada ración (entre las 7:00 y las 15:00h). Las heces se colocaron en una bolsa plástica identificada con el tratamiento, seguidamente se pesaron utilizando una balanza electrónica (capacidad de 15 kg y precisión de 0,001g), se tomó una cantidad equivalente al 10% y luego se congelaron a -15°C. Una vez

culminado el período experimental se procedió a descongelar las muestras, se llevaron a estufa de aire forzado a 65°C por un período de 72 h, hasta peso constante, seguidamente se procedió a molerlas a través de un molino con criba de 1 mm para formar una muestra compuesta homogénea, y posteriormente se realizaron los análisis respectivos en el laboratorio.

Cuadro 3. Composición de las dietas experimentales utilizadas para la determinación de la digestibilidad de los nutrientes y la energía.

Ingrediente, %	Sin Complejo Enzimático				Con Complejo Enzimático			
	0,00	5,00	10,00	15,00	0,00	5,00	10,00	15,00
Harina de girasol	0,00	5,00	10,00	15,00	0,00	5,00	10,00	15,00
Maíz amarillo	63,44	59,67	55,91	52,10	63,33	59,56	55,80	51,99
Harina de soya (46,5% PC)	31,11	28,92	26,69	24,47	31,13	28,94	26,71	24,49
Sebo bovino	1,58	2,65	3,72	4,81	1,62	2,69	3,76	4,85
L-Lisina HCl (78%)	0,00	0,02	0,07	0,11	0,00	0,02	0,06	0,11
Cl de Colina	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
DL-Metionina	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Carbonato de calcio	1,06	1,10	1,15	1,18	1,06	1,10	1,15	1,18
Fosfato dicálcico	1,93	1,76	1,58	1,45	1,93	1,76	1,59	1,45
Sal iodada	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Premezcla Vit.+ Min. ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Complejo Enzimático ²	-	-	-	-	0,05	0,05	0,05	0,05
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

¹Proporciona las siguientes cantidades por kg de dieta según el fabricante: Vitamina A 7.000 UI; Vitamina D3 2.000; Vitamina E 5UI; Vitamina K3 2 mg; Tiamina 1.5 mg; Ribo flavina 4 mg; Piridoxina 3 mg; Vitamina C 70 mg; Ácido nicotínico 20 mg; Ácido pantoténico 8 mg; Colina 130 mg; Se 0.23mg; Mn 50 mg; Zn 60 mg; Cu 40 mg; Fe 80 mg; Co 0.10 mg.

²Actividad del complejo enzimático según especificaciones del fabricante:

Proteasa 7.500 HUG/g (3.4 million HUT /lb), Celulasa (44 CMCU/ 20.000 CMCU/ lb/ G Units /lb).

Cuadro 4. Composición química de las dietas experimentales utilizadas para la determinación de la digestibilidad de los nutrientes y la energía.

Ítems	Sin Complejo Enzimático				Con Complejo Enzimático			
Proteína cruda, %	20,18	20,25	20,31	20,12	20,18	20,25	20,37	20,12
Nitrógeno, %	3,23	3,24	3,25	3,22	3,23	3,24	3,26	3,22
Lisina total, %	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Calcio total, %	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Fósforo total, %	0,50	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50	0,50	0,51
Fósforo disponible, %	0,26	0,25	0,23	0,23	0,26	0,25	0,24	0,23
Fibra cruda, %	3,72	3,77	3,67	4,73	3,05	3,97	4,42	5,15
FDN, %	19,94	17,23	21,55	20,87	16,81	19,57	20,36	22,17
FDA, %	5,47	5,33	6,31	7,80	5,08	5,96	6,42	6,98
Grasa cruda, %	6,41	8,23	7,28	7,77	6,18	7,74	8,88	9,93
Materia seca, %	89,86	90,35	90,01	90,48	90,06	90,08	90,42	90,44
Ceniza, %	4,73	4,95	5,20	5,61	4,88	4,69	5,09	5,13
EB, kcal/kg	3.893	3.919	3.913	3.953	3.889	3.894	3.975	3.929
ED, kcal/kg	3.667	3.634	3.291	3.440	3.469	3.343	3.422	3.491
EM, kcal/kg	3.538	3.477	3.300	3.305	3.332	3.211	3.286	3.392

FDN: Fibra de detergente neutro, FDA: Fibra de detergente ácido, EB: Energía bruta, ED: Energía digestible, EM: Energía Metabolizable.

Análisis químicos

Las muestras de alimento y heces fueron analizadas para determinar la EB utilizando una bomba calorimétrica adiabática y el nitrógeno (N) total a través del método Kjeldahl (AOAC, 2000), mientras que la determinación de la fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN); fibra detergente ácido (FDA); hemicelulosa; celulosa y lignina se realizó de acuerdo a la metodología sugerida por Van Soest y Wine (1967).

Variabes evaluadas

El cálculo de la energía digestible aparente (EDA) se realizó utilizando las ecuaciones sugeridas por Soria *et al.* (2009), considerando la EB y

se calculó la energía metabolizable estimada (EME) utilizando la ecuación de Noblet y Pérez (1993), donde PC representó la proteína cruda.

$$EDA = EB \text{ dieta} - EB \text{ Heces} \times 100 / EB \text{ dieta}$$

$$EME = EDA \times \{1,003 - (0,0021 \times PC)\}$$

Se calculó el coeficiente de digestibilidad total aparente (CDTA) de la materia seca (DMS), digestibilidad aparente de la fibra de detergente neutro y ácido (DAFDN, DAFDA), digestibilidad aparente de la grasa cruda (DAGC), digestibilidad aparente de la ceniza (DACEN) y nitrógeno (DAN), y digestibilidad aparente de la proteína (DAPC) de las dietas experimentales utilizando la fórmula sugerida por Adeola (2001):

CDTA (%) = $100 \times [\text{Cantidad del componente consumido} - \text{Cantidad del componente fecal} / \text{Cantidad del componente consumido}]$.

Diseño Experimental

Se aplicó un diseño en bloque completos al azar con dos períodos, donde cada uno representó un bloque (período de evaluación), se diseñó con arreglo factorial de tratamientos 4×2 correspondientes a la dieta con cuatro niveles de HG (0, 5, 10 y 15%), con o sin CE (0 y 0,05%), para un total de ocho dietas experimentales (Cuadro 3), con seis repeticiones por dieta (tres en cada período), y 48 unidades experimentales (UE).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANAVAR) para el grupo de datos con igual número de repeticiones y un nivel de significancia ($P < 0,05$) según Steel *et al.* (1997), utilizando PROC MIXED (SAS, 2002). Para el procesamiento de los resultados se aplicó el siguiente modelo lineal aditivo, para evaluar el efecto de los factores principales y de su interacción:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación de la variable respuesta asociada con el i-ésimo nivel de HG y el j-ésimo nivel de CE en el k-ésimo bloque.

μ = Media general de la población.

α_i = efecto del i-ésimo nivel de HG.

β_j = Efecto del j-ésimo nivel de CE.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de HG con el j-ésimo nivel de CE.

γ_k = Efecto del k-ésimo bloque (período, 1 y 2).

ε_{ijk} = Error experimental para los efectos principales del CE y la HG, debido a las medidas repetidas, normal e independientemente distribuido con media 0 y varianza σ^2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, la interacción HG \times CE (efecto de la dieta) no afectó las variables evaluadas por lo que se muestran solamente los efectos principales de los factores considerados. En el Cuadro 5 se

muestra el efecto principal de la HG sobre los valores de digestibilidad, evidenciándose que la inclusión de HG a la dieta afectó ($P < 0,05$) la DMS observándose superioridad de 4,38 y 4,76% en las dietas experimentales con 0 y 5% de HG, respectivamente, con respecto a los tratamientos con 10 y 15% de HG. Asimismo, la DAFDN varió en respuesta a la adición de 5% HG a la dieta la cual disminuyó en 14,89% con respecto al control ($P < 0,05$), sin diferencias con los valores obtenidos para las dietas con 10 y 15% de HG (Cuadro 5).

Por el contrario, para el resto de las variables, la inclusión de HG no afectó el coeficiente de digestibilidad total aparente, de la energía y el resto de los nutrientes. El coeficiente de DMS está directamente relacionado con el contenido de fibra presente en la HG, lo que explica la respuesta observada de disminución de la DMS a medida que aumenta la HG (Da Silva *et al.*, 2003).

Los resultados obtenidos se pueden cotejar con otros estudios realizados para determinar la digestibilidad del girasol en dietas para cerdos (Da Silva *et al.*, 2002; Da Silva *et al.*, 2003; Antoszkiewicz *et al.*, 2004). Da Silva *et al.* (2002) observaron un coeficiente de DMS del 56,57% en cerdos en crecimiento alimentados con dietas que contenían hasta 20% de HG, mientras que Da Silva *et al.* (2003), observaron que la DMS fue de 60,43% al evaluar dietas convencionales (maíz-soya) con 20% de semilla entera de girasol. Aunque los estudios citados señalan valores de DMS inferiores a los encontrados en este estudio, específicamente en el realizado por Da Silva *et al.* (2002) se utilizó HG con niveles de inclusión superiores a los evaluados, a lo cual podría atribuirse la diferencia observada. Además, es oportuno mencionar que Da Silva *et al.* (2003) evaluaron semillas enteras de girasol, lo que obviamente repercute sobre las variaciones en los valores de DMS y DAFDN obtenidos y tiene relación con el tipo de subproducto utilizado (Antoszkiewicz *et al.*, 2004).

Comúnmente, aunque la mayoría de los valores de digestibilidad no variaron con las dietas que contenían hasta 15% HG, se evidencia que este ingrediente puede ser incluido hasta esta proporción sin afectar el coeficiente de digestibilidad de la energía y de la mayoría de

Cuadro 5. Efecto de la harina de girasol en dietas para cerdos en crecimiento sobre la digestibilidad total aparente de la energía y los nutrientes.

Variable	Harina de Girasol, %					ET	Probabilidad
	0	5	10	15			
DMS, %	78,48 ^a	78,54 ^a	74,10 ^b	73,78 ^b	1,38	0,02	
DAN, %	72,72	66,27	67,88	74,38	2,40	0,08	
DAGC, %	69,93	72,94	68,48	76,20	2,71	0,21	
DAPC, %	78,90	76,99	76,17	77,71	1,81	0,75	
DAFDN, %	64,91 ^a	50,02 ^b	56,45 ^{ab}	54,91 ^{ab}	2,85	0,01	
DAFDA, %	47,12	35,32	36,23	34,23	4,40	0,16	
DACEN, %	19,56	18,97	20,71	15,35	5,05	0,85	
EDA, kcal/kg/MS	3.446,32	3.554,34	3.378,65	3.447,24	53,26	0,19	
EME, kcal/kg/MS	3.316,18	3.389,47	3.210,94	3.288,43	47,86	0,10	

^{ab} Letras diferentes indican diferencias significativas.

DMS: Digestibilidad aparente de la materia seca. DAN: Digestibilidad aparente del nitrógeno. DAGC: Digestibilidad aparente de la grasa cruda. DAPC: Digestibilidad aparente de la proteína cruda. DAFDN: Digestibilidad aparente de la fibra de detergente neutro. DAFDA: Digestibilidad de la fibra de detergente ácido. DACEN: Digestibilidad aparente de la ceniza. EDA: Digestibilidad aparente de la energía digestible. EME: Energía metabolizable estimada. ET: Error típico.

los nutrientes de la dieta. No obstante, debe considerarse que el elevado contenido de fibra de la HG está relacionado con bajos niveles de energía digestible y puede comprometer la densidad energética de la dieta, o requerir mayor cantidad de grasa o aceite, tal como se observó en la dietas experimentales utilizadas, para compensar esta deficiencia, lo que puede incrementar los costos (Da Silva *et al.*, 2003), y es una limitante del uso de este ingrediente.

El Cuadro 6, muestra los valores de digestibilidad aparente de la energía y de los nutrientes, donde no se evidencian diferencias significativas atribuibles a la adición del CE, a excepción de la DACEN; la cual disminuyó en 12,06% (P=0,02) al compararla con las dietas sin el CE. Esta disminución en la DACEN contrasta con los resultados de Soria *et al.* (2009), quienes afirman que la adición de enzimas fibrolíticas (pectinasas, α -glucanasas y hemicelulasas) mejoró la digestibilidad de las cenizas en dietas para cerdos en crecimiento basadas en sorgo y pasta de canola, logrando valores superiores (28-36%) a los obtenidos para esta variable en el presente estudio. Este resultado podría

relacionarse con el ingrediente y tipos de enzimas utilizados.

La ausencia de efecto del CE en la dieta sobre los valores de digestibilidad de los nutrientes se ha evidenciado en estudios previos (Ruiz *et al.*, 2008; Farfán 2010). Aunque el CE utilizado está compuesto de enzimas como proteasas y celulasas que promueven la hidrólisis de las proteínas, así como de los polisacáridos no amiláceos solubles, permitiendo mejorar la actividad de las enzimas digestivas endógenas y por consiguiente aumentando la digestibilidad de los nutrientes (Malathi y Devegowda, 2001), no se observó efecto favorable de su adición a la dieta. Probablemente el CE no mejoró los valores de digestibilidad debido a variaciones en la composición de la dieta, y modo de acción de las enzimas en el tracto gastrointestinal (Jo *et al.*, 2012).

Además, se ha señalado que es necesario que el CE disponga de un sustrato adecuado para que exprese la actividad de las enzimas presentes en el mismo (Wenk, 1992, Sredanovic *et al.*, 2005, Jacela *et al.*, 2010) por lo que es probable

Cuadro 6. Efecto del complejo enzimático en dietas para cerdos en crecimiento sobre la digestibilidad total aparente de la energía y los nutrientes.

Variable	Complejo Enzimático, %			
	0	0,05	ET	Probabilidad
DMS, %	76,24	76,21	1,00	0,98
DAN, %	72,58	68,04	1,74	0,08
DAGC, %	73,50	70,27	1,96	0,25
DAPC, %	78,50	76,39	1,31	0,26
DAFDN, %	59,09	54,06	2,06	0,09
DAFDA, %	40,78	35,67	3,24	0,27
DACEN, %	24,68 ^a	12,62 ^b	3,45	0,02
EDA, kcal/kg/MS	3.464,00	3.449,27	38,59	0,78
EME, kcal/kg/MS	3.321,86	3.280,64	35,08	0,41

^{ab} Letras diferentes indican diferencias significativas.

DMS: Digestibilidad aparente de la materia seca. DAN: Digestibilidad aparente del nitrógeno. DAGC: Digestibilidad aparente de la grasa cruda. DAPC: Digestibilidad aparente de la proteína cruda. DAFDN: Digestibilidad aparente de la fibra de detergente neutro. DAFDA: Digestibilidad de la fibra de detergente ácido. DACEN: Digestibilidad aparente de la ceniza. EDA: Digestibilidad aparente de la energía digestible. EME: Energía metabolizable estimada. ET: Error típico.

que la falta de variación en la mayoría de los valores de coeficientes de digestibilidad entre dietas, se deba a que la HG no es el sustrato más adecuado para el CE utilizado. Adicional a esto, de acuerdo a lo encontrado en el análisis realizado para determinar la actividad enzimática del CE sin HG (Cuadro 2), se observa actividad de las proteasas, lo cual no se evidencia al evaluar la actividad con la HG, lo que podría explicar que no haya variación en la DAPC.

Lo anterior podría estar asociado a que la actividad enzimática no es el único factor determinante, pues la estabilidad de las enzimas también tiene influencia (Sredanovic *et al.*, 2005). Estos aspectos, pueden explicar en parte, la falta de variación significativa entre tratamientos atribuible a la adición del CE a las dietas.

Otros autores han encontrado resultados opuestos a los obtenidos en este estudio (Omogbenigun *et al.*, 2004; Ji *et al.*, 2008; Emiola *et al.*, 2009) demostrándose que la digestibilidad de los nutrientes (DMS, DAN, EDA, DAPC, FADN, entre otros), mejora significativamente con la adición del CE lo que podría estar

asociado a la actividad enzimática presente y el ingrediente de la dieta utilizado como sustrato.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que es posible incluir HG en proporciones de hasta 15% sin afectar el coeficiente de digestibilidad total aparente de la energía y la mayoría de los nutrientes de la dieta, aunque con niveles de inclusión superiores al 5% la DMS disminuye. Esta respuesta fue independiente de la adición de un CE a la dieta, cuyo efecto sobre el coeficiente de digestibilidad no se evidenció, lo que puede atribuirse a que el sustrato utilizado no fue adecuado para expresar la actividad de las enzimas presentes en el mismo.

AGRADECIMIENTOS

A Alltech Venezuela S.C.S por el financiamiento otorgado para la realización de este estudio, así como al personal técnico y obrero de la Sección Laboratorio Porcino de la Facultad de Agronomía en la Universidad Central de

Venezuela (FAGRO-UCV) por su apoyo en las actividades de campo.

LITERATURA CITADA

- Adeola, O. 2001. Digestion and Balance Techniques in Pigs. In: Swine Nutrition, 2nd. Ed. A. J. Lewis and L. L. Southern, (Eds). NewYork. pp. 903-916.
- Antoszkiewicz, Z., J. Tywónczuk and P. Matuszewicz. 2004. Effect in inclusion of sunflower cake and enzymatic preparartions diets for growing pigs. *Vet. Med. Zoot.* 26:17-22.
- Ao, X., Q. Meng, L. Yang, H. Kim, S. Hong, J. Cho and I. Kim. 2010. Effects of non- starch polysaccharide-degrading enzymes on nutrient digestibility, growth performance and blood pro files of growing pigs fed a diet based on corn and soybean meal. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23:1.632-1.638.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 16thed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington DC, USA.
- Da Silva, C., J. Pinheiro, N. Fonseca, L. Cabrera, V. Novo, M. Silva, R. Canterie e E. Hoshi. 2002. Farelo de girassol na alimentação de suíno sem crescimento determinação: digestibilidade, desempenho e efeits na qualidade de carcaça. *Rev. Bras. Zootec.* (Suppl 2): 31. Viçosa.
- Da Silva, C., J. Pinheiro, N. Fonseca, L. Cabrera, E. Hoshi, J. Sarubbi, M. Da Costa, G. Pacheco, H. Telles, C. Hidesimae e N. Souza. 2003. Grao de girassol na alimentacao de suínos em crescimento e terminacao: disgestibilidae, desenpenho e efeitos na qualidae de carcaca. *Rev. Cienc. Agr. Londrina.* 24:93-102.
- De Carvalho, D., J. De Freitas, E. Fialho, R. Fonseca, H. Oliveira, P. Azevedo, Z. De Souza and J. Vieira. 2005. Evaluation of sunflower meal on growth and carcass traits of finishing pigs. *Ciênc. Agrotec. Lavras.* 29:208-215.
- Emiola, I., F. Opapeju, B. Slominskiand and C. Nyachoti. 2009. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with soluble-based diets supplemented with a multicarbohydrase enzyme. *J. Anim. Sci.*, 87: 2315-2322.
- Farfán, Ch. 2010. Determinación de la digestibilidad de la energía y del nitrógeno de una mezcla de sorgo nacional utilizando un complejo enzimático en gallos adultos y cerdos en crecimiento. Tesis de MSc. Universidad central de Venezuela. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. 41 p.
- González, C. 2000. La batata, una alternativa tropical para la alimentación de cerdos en Venezuela. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 191 p.
- Hophins, R. and R. Bird. 1954. The action of some amylase son amylase. *Bioch. J.* 56:86-96.
- INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 2010. Unidad Agroclimatológica. Reporte de Estación Climatológica. Maracay, Venezuela.
- Jacela, J., S. Dritz, J. De Rouchey, M. Tokach, R. Goodband and J. Nelssen, 2010. Effects of supplemental enzymes in diets containing distillers dried grains with soluble son finishing pig growth Performance. *The Professional Animal Scientist* 26:412-424.
- Ji, F., D. Casper, P. Brown, D. Spangler, K. Haydon and J. Pettigrew. 2008. Effects of dietary supplementation of enzyme blend on the ileal and fecal digestibility of nutrients in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 86:1533-1543.
- Jo, J., S. Ingale, J .Kim, Y. Kim, K. Kim, J. Lohakare, J. Lee and B. Chae. 2012. Effetcs of exogenous enzyme supplementation to corn-and soybean meal-based or complex diet son growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 90:3041-3048.
- Loera, O. and J. Córdova. 2003. Improvement of xylanase production by a parasexual cross between *Aspergillus niger* strains. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 46:177-181.

- Noblet, J. and J. M. Pérez. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.* 71:3389-3398.
- NRC.1998. Nutrient Requirements of Swine. National Research Council. Subcommittee on swine nutrition.10threv.ed. Natl. Acad Press, Washington, D. C: 179 p.
- Makkar, H. P. S. and K. Becker. 1993. Vanillin-HCl method for condensed tannins: effect of organic solvents used for extraction of tannins. *J. Chem. Ecology*, 19: 613-621.
- Malathi, V. and G. Devegowda. 2001. In vitro evaluation of non starch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. *J. Poult. Sci.* 80:302-305.
- Olmos, A. 1987. Enzimas. Reportes de biotecnología. Biotecnología. Edit. Universidad Autónoma Metropolitana de Iztalapa. México. 5.36-39.
- Omogbenigun, F., C. Nyachotiand and B. Slominski. 2004. Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 82:1053-1061.
- Parra, F., I. Díaz, C. González, E. Hurtado, S. Garbati y H. Vecchionacce. 2002. Efecto de tres tipos de presentación de alimento preparado con raíz y follaje de yuca (*Manihot esculenta crantz*) sobre la digestibilidad aparente en cerdos. *Rev. Científica, FCV-LUZ.* XII:471-474.
- Pekas, J. 1968. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. *J. Anim. Sci.* 27:1.303-1.306.
- Ruíz, U., M. Thomaz, M. Hannas, A. Fraga, P. Watanabe e S. Da Silva. 2008. Complexo enzimático para suínos: digestao, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. *R. Bras. Zootec.* 37:458-468.
- SAS. 2002. SAS User's Guide. System for Mixed Models. 5thed. SAS Institute. Cary, EUA.
- Soria, A., G. Mariscal, S. Gómez y J. Cuarón. 2009. Efecto de la adición de enzimas fibrolíticas y una fitasa para cerdos en crecimiento sobre la digestibilidad de nutrientes. *Tec. Pecu. Mex.* 47:1-14.
- Sredanovic, S., J. Levicand and O. Duragic. 2005. Enzyme enhancement of the nutritional value of sunflower meal. *Biotech. Anim. Husb.* 21:197-202.
- Steel, G., H. Torrie and D. Dickey. 1997. Principles and procedures of statistic. A Biometrical Approach. 3thEd. McGraw-Hill Series. pp. 141-155.
- Tepper, R., C. González, R. Figueroa, H. Araque y L. Sulbarán.2012. Efecto de la alimentación con recursos alternativos sobre la cría de cerdos en cama profunda. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 16(2): 23-33.
- Van Soest, P. J. and R. H. Wine. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assn. Offic. Anal. Chem.* 50: 50-55.
- Willamil, J., I. Badiola, E. Devillard, P. Geraert and D. Torrallardona. 2012. Wheat-barley-rye-or corn-fed growing pigs respond differently to dietary supplementation with a carbohydrase complex. *J. Anim. Sci.* 90:824-832.
- Wang, J. P., S. M. Hong, L. Yan, J. S. Yoo, J. H. Lee, H. D. Jang, H. J. Kim and I. H. Kim. 2009. Effects of single or carbohydrases cocktail in low-nutrient-density diets on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and carcass traits in growing-finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 126:215-220.
- Wenk, C. 1992. Enzymes in the nutrition of growing pig. *Profiting Tough Times* (Eds.). In: *PorkTalk.* 2000. Similaridade socioeconômica e desempenho na produção de leite do vaca em municípios do Vale do Taquari – RSBrazil.