

# Artículos originales



## Determinación de los coeficientes de digestibilidad ileal aparente y estandarizada de la proteína y aminoácidos de la torta de canola en lechones recién destetados<sup>¶</sup>

**R**evista  
Colombiana de  
Ciencias  
Pecuarias

*Determination of standardized and apparent ileal digestibility coefficients of protein and amino acids from canola meal in weaned piglets.*

*Estimação dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente das proteínas e aminoácidos do torta de canola em leitões recém-desmamados*

Gerardo Mariscal<sup>1</sup>, MV, PhD; Tércia C Reis<sup>2</sup>, MV, PhD; Jaime E Parra<sup>3\*</sup>, Zoot, MS.

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID Fisiología-INIFAP), Km 1 Carretera a Colón, Ajuchitlán Colón, Querétaro, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

<sup>3</sup>Grupo BIOGEM, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. AA 1779, Medellín, Colombia.

(Recibido: 14 enero, 2008; aceptado: 28 mayo, 2008)

### Resumen

*Para obtener los coeficientes de digestibilidad ileal aparente (CDIA) y estandarizada (CDIE) de la proteína y aminoácidos de pasta de canola (PC), se realizó un experimento en el que se utilizaron 24 lechones destetados a los 17 días de edad con un peso de 5.5 kg, a los cuales se les fijó una cánula simple en "T" al final del íleon distal. Los lechones recibieron uno de los tratamientos: Dieta de Referencia (DR) elaborada con caseína como única fuente de proteína y almidón de maíz, dietas CTC (caseína 10% de torta de canola) y CTCP (caseína- 10% de torta de canola peletizada). Los resultados mostraron que los CDIA de la DR fueron superiores ( $p < 0.05$ ) a los de la dieta CTCP y estos a los de la dieta CTC. Los CDIE fueron superiores en torta de canola paletizada (TCP) e inferiores en torta de canola (TC). Se concluye que la TCP puede utilizarse a un nivel de inclusión máximo del 10% en el alimento de lechones recién destetados, ya que el peletizado mejoró significativamente la digestibilidad ileal de proteína y aminoácidos.*

**Palabras clave:** aminoácido lisina, aminoácido metionina, cánula T, digestión en monogástrico, evaluación de alimentos

<sup>¶</sup> Para citar este artículo: Mariscal G, Reis TC, Parra JE. Determinación de los coeficientes de digestibilidad ileal aparente y estandarizada de la proteína y aminoácidos de la torta de canola en lechones recién destetados. Rev Colomb Cienc Pecu 2008; 21:201-209.

<sup>¶</sup> Este trabajo obtuvo el primer puesto al mejor trabajo de investigación en la convocatoria internacional del IX ENICIP, celebrado en la ciudad de Medellín del 1 al 3 de noviembre de 2007.

\* Autor para el envío de la correspondencia y la solicitud de reimpresos: Grupo BIOGEM, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. AA 1779, Medellín, Colombia. E-mail: jeparrasu@unal.edu.co

### Summary

To obtain the coefficients of apparent ileal digestibility (CAID) and standardized ileal digestibility (CSID) of protein and amino acid from canola, one experiment was carried out using 24 piglets weaned at 17 days of age, weighing 5.5 kg. Piglets were fitted with a simple "T" cannula at terminal ileum and were fed with one of three treatments: (RD) reference diet elaborated with casein as unique protein source and corn starch; casein-canola meal (CCM) and casein-pelletized canola meal (CPCM) diets. In those diets 10% CM or PCM was included. CAID were higher ( $p < 0.05$ ) in RD than in CPCM diet and these than in CCM. CSID were ranked in the same way, PCM had higher CSID than CM. It was concluded that PCM can be useful at maximum level inclusion of 10% in weaned piglet food, because the pelletized food significantly improve ileal digestibility of protein and amino acids.

**Key words:** food evaluation, lysine aminoacid, methionine aminoacid, monogastric digestion, T cannula

### Resumo

Para obter os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDI) e padronizados (CDI) das proteínas e aminoácidos massas canola (PC), foi conduzido um experimento no qual foram utilizados 24 leitões desmamados aos 17 dias de idade com um peso de 5,5 kg, que são fixadas uma cânula simples "T" no final do íleo distal. Os leitões foram um dos tratamentos: Dieta Referência (DR) desenvolvido com caseína como única fonte de proteína e de amido de milho, rações CTC (caseína-10% do bolo canola) e CTCP (caseína-10% do bolo canola pellets). Os resultados mostram que o CDI do DR foram superiores ( $p < 0.05$ ) para a dieta destes CTCP e aqueles na dieta CTC. CDI foram superiores e inferiores TCP CT. Concluímos que o TCP pode ser utilizado ao nível máximo de 10% no alimentos de leitões, devido a que o alimento pellets melhora substancialmente a digestibilidade de proteínas e aminoácidos.

**Palavras chave:** aminoácido lisina, aminoácido metionina, avaliação dos alimentos, cânula T, digestão em monogástricos

### Introducción

La canola o colza 00 se desarrolló a partir de la colza (*Brassica napus* y *Brassica campestris/rapa*) con el fin de obtener menores niveles de ácido eurúico (<2%) en la porción aceitosa y bajos niveles de glucosinolatos (<30  $\mu\text{mol/g}$ ) en la porción de la pasta (6). La torta de canola después de la extracción del aceite queda con un porcentaje alto (35-40%) de proteína cruda (32), la cual se caracteriza por tener un menor contenido de lisina y un mayor contenido de aminoácidos azufrados (metionina y cistina) que el de la torta de soya (10); y su utilización se vuelve estratégica cuando los precios de la pasta de soya son altos. Su contenido de fibra en detergente neutro (FDN) es mayor que el de la torta de soya, debido a que la cascarilla de la semilla está presente en la torta, representando casi el 30% de la misma; lo que ocasiona que el contenido de energía digestible de la torta de canola sea menor (2.6 vs 3.4 Mcal/kg) que el de la torta de soya (7).

La torta de canola es una fuente proteica que se utiliza ampliamente en la alimentación del cerdo en

crecimiento (30, 32, 41) y su empleo está apoyado en la publicación de los coeficientes de digestibilidad ileal de la proteína (14, 36, 43). La torta de canola también puede ser utilizada en la alimentación de lechones recién destetados (40); sin embargo, en la actualidad no existen reportes de la digestibilidad de su proteína en lechones destetos, por lo que los objetivos del presente trabajo fueron determinar los coeficientes de digestibilidad ileal aparente (CDIA) y estandarizada (CDIE) de la proteína (PC) y aminoácidos (AA) de torta de canola, en lechones recién destetados y poder estimar la viabilidad de su empleo en esa fase de alimentación.

### Materiales y métodos

#### *Aval de Comité de ética*

Los animales utilizados en el experimento fueron ubicados en unidades metabólicas en la granja experimental del Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Fisiología Animal, México (CENID-Fisiología) de acuerdo con las normas "The Guidelines of the International Guiding Principles

for *Biomedical Research Involving Animals*”, y a la “Norma Oficial Mexicana para la Producción, Protección y uso de los Animales de Laboratorio” (12).

#### Tipo de estudio

El experimento se realizó en la unidad metabólica de la granja experimental del CENID-Fisiología. Como fuentes de proteína se emplearon caseína (proteína de referencia) y torta de canola, la cual se obtuvo de un lote de semilla procesado por la empresa “Fábrica de Jabón La Corona”. Una parte de la torta de canola se peletizó en la planta de la Unión Ganadera Regional de Porcicultores del Estado de Guanajuato (UGRPEG). Finalmente la torta de canola (TC) y torta de canola paletizada (TCP) se molieron en un molino de martillos utilizando una criba de 3 mm. La composición química de la caseína y de las tortas de canola se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Composición química de las materias primas empleadas<sup>a</sup>.

	Caseína	Pasta de canola	Pasta de canola peletizada
Materia seca	904.1	929.3	934.2
PC	144.6	60.4	60.4
Lisina	60.4	19.9	20.0
Arginina	31.6	23.0	23.4
Histidina	21.8	8.7	8.7
Leucina	83.8	27.0	27.6
Isoleucina	49.3	14.9	14.8
Valina	64.6	20.6	20.4
Fenilalanina	43.9	15.9	16.2
Metionina	25.8	7.2	7.4
Treonina	41.4	16.2	15.8
Acido aspártico	63.8	27.9	28.2
Acido glutámico	208.0	70.5	71.0
Serina	48.1	14.2	13.9
Glicina	14.5	18.7	19.2
Alanina	25.8	16.6	17.0
Tirosina	47.9	10.2	10.7
Cistina	5.3	9.3	9.6
Prolina	92.4	26.5	26.9

<sup>a</sup>En g/kg de materia prima.

#### Población y muestra

En el estudio se utilizaron lechones duroc x landrace destetados a los  $17 \pm 0.5$  días de edad, con un peso de  $5.5 \pm 0.9$  kg ( $n = 24$ ). Los lechones se alojaron individualmente en unidades

metabólicas provistas de comedero de tolva y bebedero de chupón localizadas en un cuarto con temperatura controlada a  $26 \pm 2$  °C. Entre los días 17 y 20 de edad, con la finalidad de que los lechones comenzaran a comer alimento sólido y se modificará lo menos posible su perfil enzimático de animal lactante, se les proporcionó tres veces al día (0800, 1300 y 1800 h) una mezcla de leche en polvo (80%) y almidón de maíz (20%). El día 21 de edad se les implantó quirúrgicamente una cánula simple en “T” en el íleon distal (39). A partir del día posterior a la cirugía se les proporcionó uno de tres tratamientos (véase Tabla 2), los cuales fueron: dieta de referencia (DR) con 200 g de PC/kg de alimento, utilizando caseína como única fuente de proteína y lactosa cristalina como fuente de lactosa; dieta caseína-torta de canola (CTC) y dieta caseína-torta de canola peletizada (CTCP). Estas dietas se conformaron con la dieta de referencia, en la cual se incluyeron 100 g de torta de canola que sustituyeron 100 g de caseína y almidón de maíz. La relación de caseína a sustituir se estableció en función del aporte de proteína de la torta de canola.

El grado de inclusión de torta de canola (100 g/kg de alimento) se determinó en función de lo reportado por Baidoo *et al* (4), quienes mencionan que con grados mayores de inclusión se afecta negativamente el consumo de alimento en lechones. Todas las dietas contenían almidón y aceite de maíz, carbonato de calcio, ortofosfato, sal y premezcla de vitaminas y minerales. El óxido de cromo se utilizó como marcador de digestibilidad (a razón de 3 g/kg), y el óxido de zinc se incluyó como promotor de crecimiento (4 g/kg de alimento). Las dietas experimentales se proporcionaron durante catorce días a partir del día 22 en los horarios previamente descritos. El agua se proporcionó a libertad a través de un bebedero de chupón localizado en la pared de la jaula metabólica. Los periodos de obtención de la digesta ileal fueron: periodo 1 (P1), los días 28 y 29 de edad; y periodo 2 (P2), los días 35 y 36 de edad.

#### Preparación de muestras y análisis químicos

Las muestras de digesta del experimento se liofilizaron y posteriormente se molieron a través de una malla de 0.5 mm en un molino de laboratorio (Arthur H. Thomas Co. Philadelphia,

PA). Los análisis que se realizaron en las dietas experimentales y en las muestras de digesta ileal fueron: MS (materia seca) y PC de acuerdo a los métodos 934.01 y 976.05 del AOAC (3), y óxido de cromo según Fenton y Fenton (16). La preparación de las muestras para la determinación de AA se realizó según el método 994.12 del AOAC (3), el cual consiste en hidrolizar las muestras a 110 °C/24 h en HCl 6N; en el caso de metionina y cisteína se realizó una oxidación previa con ácido per fórmico. Los análisis de AA se realizaron por medio de cromatografía en fase reversa según el método descrito por Henderson *et al* (21), en un HPLC de marca Hewlett Packard, modelo 1100.

**Tabla 2.** Composición de las dietas experimentales en g/kg de alimento.

Componente	Tratamientos <sup>1</sup>		
	DR	CTC	CTCP
Almidón de maíz	554.0	495.3	495.3
Caseína	221.3	180.0	180.0
Torta de canola		100.0	
Torta de canola peletizada			100.0
Lactosa	126.3	126.3	126.3
Aceite de maíz	40.0	40.0	40.0
Otros <sup>2</sup>	95.4	95.4	95.4
Oxido de cromo	3.0	3.0	3.0
Proteína (g/kg)	203.5	207.3	205.0
ED (MJ/kg <sup>3</sup> )	16.5	16.0	16.0

<sup>1</sup>DR = dieta de referencia, CTC = dieta caseína-torta de canola, CTCP = dieta caseína-torta de canola peletizada.

<sup>2</sup> Sal, ortofosfato, óxido de zinc, premezcla de vitaminas y minerales, antioxidante.

<sup>3</sup> Estimado de tablas del INRA (1984).

### Procesamiento y análisis de los datos

*Cálculos para estimar los CDIA de la PC y AA de las dietas experimentales.* Los CDIA de PC y AA de las dietas experimentales se calcularon empleando la siguiente ecuación:

$$CDIA = 1 - [(I_D \times A_F) / (A_D \times I_F)]$$

Donde: *CDIA* es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de un nutrimento en la dieta,  $I_D$  es la concentración del indicador en la dieta (mg/kg de MS),  $A_F$  es la concentración del nutrimento en la digesta ileal (mg/kg de MS),  $A_D$  es la concentración

del nutrimento en la dieta (mg/kg de MS), e  $I_F$  es la concentración del indicador en la digesta ileal (mg/kg de MS).

*Cálculos para estimar los CDIA de la PC y AA de las tortas de canola.* La caseína se utilizó como ingrediente basal para estimar por el método de diferencia los CDIA de las tortas de canola (ingredientes ensayo), según el método propuesto por Fan y Sauer (14):

$$CDIA_{NA} = [CDIA_{DA} - (CDIA_{DB} \times L_{NB})] / L_{NA}$$

Donde:  $CDIA_{NA}$  es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de un nutrimento en el ingrediente ensayo,  $CDIA_{DA}$  es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de la dieta ensayo,  $CDIA_{DB}$  es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de la dieta basal,  $L_{NB}$  es el nivel de contribución de un nutrimento del ingrediente basal a la dieta ensayo (en proporción decimal), y  $L_{NA}$  es el nivel de contribución de un nutrimento del ingrediente ensayo a la dieta ensayo (en proporción decimal).

*Cálculos para estimar los CDIE de la PC y AA de las tortas de canola.* Los coeficientes de digestibilidad ileal estandarizada (CDIE) de PC y AA de las materias primas se calcularon utilizando los valores de proteína endógena reportados por Aguilera *et al* (1), empleando la fórmula propuesta por Furuya y Kaji (18):

$$CDIE_N = CDIA_N + (Endo_N / Cons_N)$$

Donde:  $CDIE_N$  es el coeficiente de digestibilidad ileal estandarizada de un nutrimento;  $CDIA_N$  es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de un nutrimento;  $Endo_N$  es la cantidad endógena excretada del nutrimento en mg/kg de MS consumida; y  $Cons_N$  es la cantidad de nutrimento consumido en mg/kg de materia seca consumida.

### Análisis estadístico

Los datos de los CDIA y CDIE del N y AA del experimento se analizaron de acuerdo con un modelo en parcelas divididas en el tiempo. Las

medias de tratamientos se compararon empleando el método de Tukey (47).

### Resultados

Como se puede apreciar en la tabla 3, los CDIA de PC y AA de DR fueron superiores ( $p < 0.05$ ) a los de las dietas CTC y CTCP, con excepción de cistina en la dieta CPCP que tuvo un CDIA superior ( $p < 0.05$ ) que en las otras dietas (0.845 vs. 0.762 y 0.756 para las dietas CTCP, DR y CTC, respectivamente), y de los AA arginina, treonina, ácido aspártico, glicina y alanina los cuales tuvieron CDIA similares ( $p > 0.05$ ) a los de la dieta de referencia. Con excepción de metionina que tuvo un menor CDIA en P2 (0.894 vs 0.904 para P2 y P1, respectivamente), no se observó un efecto ( $p > 0.05$ ) del periodo (tiempo posdestete) sobre los CDIA de la proteína y aminoácidos. Los CDIA y CDIE de la proteína y aminoácidos de la TCP fueron superiores ( $p < 0.05$ ) a los de TC (véase Tabla 4), con excepción de cistina, aminoácido en el que no se observaron diferencias ( $p > 0.05$ ).

### Discusión

#### *Digestibilidad ileal aparente de las dietas experimentales*

La disminución en la digestibilidad ileal aparente de la PC y AA de las diferentes dietas experimentales (véase Tabla 3), es el resultado directo de sustituir una fuente de proteína altamente digestible (caseína) con una de menor digestibilidad (torta de canola). La reducción en los CDIA de PC y AA cuando TC y TCP fueron incluidas en las dietas experimentales puede ser atribuida a la alta cantidad de fibra (28). Esta característica ha sido asociada con altas pérdidas de compuestos nitrogenados en cerdos (37). de Lange *et al* (11) y Grala *et al* (19) demostraron que la fibra (FDN) de la canola, afecta considerablemente las pérdidas ileales de nitrógeno dietario y endógeno en cerdos, ya que estos compuestos no son digeridos por la enzimas intestinales (5). Los animales jóvenes son más susceptibles a estos factores y muestran depresiones más severas cuando son expuestos a ellos.

**Tabla 3.** Coeficientes de digestibilidad ileal aparente de las dietas experimentales.

Tratamientos <sup>1</sup>	Dietas experimentales						
	DR	CTC	CTCP	EEM	P1	P2	EEM
PC	0.862 <sup>a</sup>	0.766 <sup>b</sup>	0.839 <sup>c</sup>	0.006	0.822	0.824	0.004
Lisina	0.950 <sup>a</sup>	0.826 <sup>b</sup>	0.895 <sup>c</sup>	0.006	0.890	0.890	0.004
Arginina	0.879 <sup>a</sup>	0.763 <sup>b</sup>	0.862 <sup>c</sup>	0.007	0.828	0.840	0.006
Histidina	0.932 <sup>a</sup>	0.784 <sup>b</sup>	0.875 <sup>c</sup>	0.008	0.862	0.865	0.006
Leucina	0.926 <sup>a</sup>	0.806 <sup>b</sup>	0.879 <sup>c</sup>	0.009	0.871	0.869	0.006
Isoleucina	0.897 <sup>a</sup>	0.776 <sup>b</sup>	0.868 <sup>c</sup>	0.008	0.843	0.851	0.005
Valina	0.906 <sup>a</sup>	0.794 <sup>b</sup>	0.865 <sup>c</sup>	0.008	0.854	0.856	0.006
Fenilalanina	0.922 <sup>a</sup>	0.814 <sup>b</sup>	0.883 <sup>c</sup>	0.006	0.870	0.875	0.004
Metionina	0.936 <sup>a</sup>	0.810 <sup>b</sup>	0.904 <sup>c</sup>	0.007	0.894 <sup>A</sup>	0.874 <sup>B</sup>	0.005
Treonina	0.863 <sup>a</sup>	0.752 <sup>b</sup>	0.855 <sup>a</sup>	0.007	0.828	0.819	0.005
Aspártico	0.874 <sup>a</sup>	0.792 <sup>b</sup>	0.874 <sup>a</sup>	0.005	0.843	0.850	0.003
Glutámico	0.919 <sup>a</sup>	0.787 <sup>b</sup>	0.879 <sup>c</sup>	0.006	0.858	0.865	0.004
Serina	0.884 <sup>a</sup>	0.755 <sup>b</sup>	0.853 <sup>c</sup>	0.007	0.832	0.829	0.005
Glicina	0.835 <sup>ab</sup>	0.795 <sup>b</sup>	0.873 <sup>a</sup>	0.010	0.839	0.829	0.007
Alanina	0.862 <sup>a</sup>	0.748 <sup>b</sup>	0.860 <sup>a</sup>	0.011	0.821	0.825	0.008
Tirosina	0.945 <sup>a</sup>	0.809 <sup>b</sup>	0.887 <sup>c</sup>	0.009	0.876	0.885	0.007
Cistina	0.762 <sup>a</sup>	0.756 <sup>a</sup>	0.845 <sup>b</sup>	0.010	0.783	0.793	0.007
Prolina	0.916 <sup>a</sup>	0.807 <sup>b</sup>	0.891 <sup>c</sup>	0.006	0.872	0.871	0.004

<sup>1</sup> DR: dieta de referencia, CTC: dieta caseína-torta de canola, CTCP: dieta caseína-torta de canola peletizada, P1: período 1, P2 : período 2, EEM: error estándar de la media

<sup>abc</sup> : Diferencias entre tratamientos ( $p < 0.05$ )

<sup>AB</sup>: Diferencias entre periodos ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 4.** Coeficientes de digestibilidad ileal aparente (CDIA) e ileal estandarizada (CDIE) de las tortas de canola.

Tratamientos <sup>1</sup>	CDIA			CDIE		
	TC	TCP	EEM	TC	TCP	EEM
PC	0.441 <sup>a</sup>	0.731 <sup>b</sup>	0.027	0.525 <sup>x</sup>	0.818 <sup>y</sup>	0.015
Lisina	0.472 <sup>a</sup>	0.731 <sup>b</sup>	0.021	0.494 <sup>x</sup>	0.754 <sup>y</sup>	0.013
Arginina	0.650 <sup>a</sup>	0.850 <sup>b</sup>	0.015	0.740 <sup>x</sup>	0.940 <sup>y</sup>	0.010
Histidina	0.470 <sup>a</sup>	0.762 <sup>b</sup>	0.023	0.499 <sup>x</sup>	0.791 <sup>y</sup>	0.012
Leucina	0.449 <sup>a</sup>	0.763 <sup>b</sup>	0.031	0.488 <sup>x</sup>	0.802 <sup>y</sup>	0.015
Isoleucina	0.449 <sup>a</sup>	0.807 <sup>b</sup>	0.023	0.551 <sup>x</sup>	0.859 <sup>y</sup>	0.013
Valina	0.426 <sup>a</sup>	0.721 <sup>b</sup>	0.032	0.508 <sup>x</sup>	0.705 <sup>y</sup>	0.012
Fenilalanina	0.529 <sup>a</sup>	0.733 <sup>b</sup>	0.022	0.572 <sup>x</sup>	0.818 <sup>y</sup>	0.014
Metionina	0.405 <sup>a</sup>	0.821 <sup>b</sup>	0.028	0.438 <sup>x</sup>	0.855 <sup>y</sup>	0.018
Treonina	0.534 <sup>a</sup>	0.838 <sup>b</sup>	0.018	0.644 <sup>x</sup>	0.908 <sup>y</sup>	0.016
Aspártico	0.599 <sup>a</sup>	0.860 <sup>b</sup>	0.014	0.670 <sup>x</sup>	0.931 <sup>y</sup>	0.012
Glutámico	0.491 <sup>a</sup>	0.800 <sup>b</sup>	0.017	0.525 <sup>x</sup>	0.834 <sup>y</sup>	0.012
Serina	0.417 <sup>a</sup>	0.774 <sup>b</sup>	0.024	0.499 <sup>x</sup>	0.856 <sup>y</sup>	0.020
Glicina	0.754 <sup>a</sup>	0.910 <sup>b</sup>	0.018	0.978 <sup>x</sup>	10.150 <sup>y</sup>	0.017
Alanina	0.618 <sup>a</sup>	0.873 <sup>b</sup>	0.017	0.712 <sup>x</sup>	0.967 <sup>y</sup>	0.013
Tirosina	0.438 <sup>a</sup>	0.744 <sup>b</sup>	0.031	0.471 <sup>x</sup>	0.778 <sup>y</sup>	0.016
Cistina	0.755 <sup>a</sup>	0.904 <sup>b</sup>	0.015	0.877 <sup>x</sup>	10.028 <sup>y</sup>	0.016
Prolina	0.466 <sup>a</sup>	0.805 <sup>b</sup>	0.026	0.579 <sup>x</sup>	0.921 <sup>y</sup>	0.010

<sup>1</sup>TC : torta de canola, TCP : torta de canola peletizada, EEM: error estándar de la media.

<sup>abxy</sup> : Diferencias entre tortas de canola (p<0.05).

La inclusión de pectinas en la dieta disminuye los valores de digestibilidad ileal aparente de AA, debido a que sus propiedades de viscosidad y gelificación disminuyen la digestión y absorción de nutrientes por reducir la mezcla de los contenidos intestinales, interfiriendo con la unión de enzima-sustrato y por formar una capa de agua estática, que crea una barrera física a la absorción de nutrientes (2). Además, estos componentes pueden interactuar con los AA liberados durante la hidrólisis de la proteína, favoreciendo que algunos AA puedan escapar a la absorción en el intestino delgado llegando al íleon distal y luego al intestino grueso (18). Debido a lo anterior, estos componentes pueden disminuir los CDIA de los AA (8, 29) por aumentar los niveles de PC y AA endógenos en íleon distal (13), incrementando la descamación y pérdida de células de la mucosa (27), y la proliferación de células epiteliales y de la mucosa (8, 23).

Algunos factores antinutricionales presentes en la cáscara de la canola, en especial taninos (6), pueden disminuir los CDIA de la torta de canola, como lo mencionan para el caso del sorgo y del

fríjol. Los taninos dietarios pueden disminuir la digestibilidad de la PC y AA a través de diferentes mecanismos, incluyendo la formación de puentes de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas de sus grupos hidróxilos con los grupos carbonilo de las proteínas dietarias, disminuyendo la actividad de la pepsina gástrica, la tripsina y la quimotripsina pancreática, y de las peptidasas intestinales del borde en cepillo, cambiando la morfología de la mucosa gastrointestinal, disminuyendo la absorción transmembranal de nutrientes, e incrementando las secreciones endógenas de proteína (22).

Al igual que en esta prueba, Nyachoti *et al* (35) encontraron que la glicina obtuvo los menores CDIA, debido posiblemente a sus bajos contenidos en la caseína (38). La diferencia en el efecto período encontrada en los CDIA de metionina puede deberse a un incremento en las secreciones endógenas, lo que corresponde a un aumento en el consumo (9). Estudios realizados por Souffrant (46) muestran que la proteína secretada en los jugos pancreáticos e intestinales contiene una alta concentración de ácido aspártico, ácido glutámico, leucina y treonina,

aunque los contenidos de aminoácidos azufrados en los jugos pancreáticos y en las mucinas son usualmente inferiores (33).

#### *Digestibilidad ileal estandarizada de las tortas de canola*

La TC presentó los menores CDIE de PC y AA (véase Tabla 4), esto puede deberse al contenido de proteína que se encuentra dentro de la fracción de fibra (componentes de la pared celular), ya que la cáscara de canola contiene aproximadamente 22.5% de PC (7), donde las enzimas digestivas tienen acceso restringido para la digestión (8). La mayor digestibilidad ileal estandarizada de la PC y AA de la TCP puede deberse a que el peletizado (tratamiento térmico y proceso hidrotermal), pudo romper la matriz de las paredes celulares y modificar la estructura química de sus constituyentes, volviéndolos más susceptibles a la degradación enzimática en el intestino delgado, mejorando la digestibilidad y la utilización de los nutrientes, especialmente la de los AA (31).

Los bajos CDIE de algunos AA de la TC como glicina, treonina y serina, se debe principalmente a sus concentraciones relativamente altas en las secreciones endógenas. La glicina es el mayor constituyente (ácido glicocólico) de las sales biliares, conformando más del 90% del contenido total de AA secretados en el jugo biliar de porcinos; las sales biliares son degradadas en el íleon distal por las bacterias intestinales y aproximadamente el 90% es reabsorbida vía transporte activo, entrando a la circulación entero-hepática (46). Sin embargo, la glicina deconjugada escapa a esta reabsorción (15). La baja digestibilidad de treonina, puede deberse en parte, a su baja tasa de absorción en el intestino delgado; además, basados en la especificidad de proteasas y peptidasas endógenas, treonina es el último AA liberado por la hidrólisis enzimática en la proteína (26). El nivel y tipo de fibra afectan la digestibilidad aparente de AA, ya que incrementan sus pérdidas endógenas. La adición de altos contenidos de FDN al alimento, incrementa la descamación de las células de la mucosa intestinal y aumenta la producción de mucinas. En lechones las pérdidas de nitrógeno endógeno por descamación son altas al destete y cuando

comienzan a consumir alimentos secos (20, 48). Las mucinas representan cerca de un 95% de las glucoproteínas encontradas en íleon, las cuales son ricas en treonina, serina y prolina (33). Todos estos factores pueden tener grandes repercusiones en los lechones, ya que estos tienen una baja absorción en esta área (20). Esto podría explicar los altos CDIE de TCP sobre la TC observados en lechones, ya que el paletizado puede mejorar la matriz fibrosa de la TC, y reducir las pérdidas de nitrógeno endógeno (25). Un efecto similar fue observado cuando la TC fue descascarillada (24). No es posible hacer comparaciones entre los CDIE de pasta de canola y pasta de canola peletizada reportados en este trabajo con los coeficientes de digestibilidad ileal de pasta de soya reportados en lechones destetados (17, 42, 44, 45, 49), ya que estos son CDIA de las dietas experimentales y no de la materia prima y la digestibilidad de la dieta está influenciada por el nivel de inclusión de la pasta y por la composición de la dieta de referencia (14).

En conclusión, los resultados del presente trabajo permiten concluir que la torta de canola tiene una baja digestibilidad en los lechones recién destetados, sin embargo, el peletizado mejora sustancialmente la digestibilidad ileal de la proteína y aminoácidos de esta, pero teniendo en cuenta que estos resultados se obtuvieron con un nivel de inclusión de 10% de torta de canola peletizada en el alimento de los lechones, se recomienda que este sea el máximo nivel de inclusión y que se empleen los coeficientes reportados en este trabajo para formular el alimento bajo el concepto de proteína ideal en base digestible.

#### **Agradecimientos**

Los autores expresan sus agradecimientos a la MS. Mariela Camacho, por los análisis específicos de aminoácidos; al Químico Juan Guillermo Cervantes Huerta, por los análisis generales de laboratorio; a la “Unión Ganadera Regional de Porcicultores del Estado de Guanajuato (UGRPEG)”; al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); y al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, por el apoyo financiero ofrecido.

## Referencias

1. Aguilera BA, Mariscal LG, Souza RTC. Efecto de niveles crecientes de caseína sobre la excreción endógena de nitrógeno y la actividad pancreática. X Congreso Nacional de AMENA. 2001. pag. 65-66.
2. Anderson JW, Deakins DA, Floore TL, Smith BM, Whitis SE. Dietary fiber and coronary hearth disease. *Food Sci Nutr* 1990; 29:95-147. [Abstract]
3. AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 17<sup>th</sup> ed. Arlington, VA. 2002.
4. Baidoo SK, Mitaru BN, Aherne EX, Blair R. The nutritive value of canola meal for early-weaned pigs. *Anim Feed Sci Technol* 1987; 18:45-53. [Abstract]
5. Bell JM. Nutrients and toxicants in rapessed meal: A review. *J Anim Sci* 1984; 58:996-1010. [Abstract] [Pdf]
6. Bell JM. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Can J Anim Sci* 1993; 73:679-697.
7. Bell JM. Nutritional evaluation of dehulled canola meal for swine. En: in Research on canola seed, oil, and meal. The Tenth Project Report. Canadian Council of Canola Research. Winnieg. 1993, p. 64-67.
8. Bjerregaard C, Eggum BO, Jensen SK, Sorensen H. Dietary fibers in oilseed rape: Physiological and antinutritional effects in rats of isolated IDF and SDF added to diet. *J Anim Physiol Anim Nutr* 1991; 66:69-79.
9. Caine WR, Sauer WC, Tamminga S, Verstegen MW, Schulze H. Apparent ileal digestibilities of amino acids in newly weaned pigs fed diets with protease-treated soybean meal. *J Anim Sci* 1997; 75:2962-2969. [Abstract] [Pdf]
10. Castell AG, Cliplef, RL. Evaluation of pea screening and canola meal as a supplementary protein source in barley-based diets fed to growing- finishing pigs. *Can J Anim Sci* 1993; 73:129-139.
11. de Lange CMM, Souffrant WB, Sauer WC. Real ileal protein and amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs as determined with the 15N-Isotope dilution technique. *J Anim Sci* 1990; 68:409-418. [Abstract] [Pdf]
12. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana -NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación, 2001.
13. Fan MZ, Sauer WC, Gabert VM. Variability of apparent ileal amino acid digestibility in canola meal for growing-finishing pigs. *Can J Anim Sci* 1996; 76:563-569. [Abstract]
14. Fan MZ, Sauer WC. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. *J Anim Sci* 1995; 73:2364-2374. [Abstract] [Pdf]
15. Fan MZ, Sauer WC, de Lange CMF. Amino acid digestibility in soybean meal, extruded soybean and full-fat canola for early- weaned pigs. *Anim Feed Sci Technol* 1995; 52:189-203. [Abstract]
16. Fenton TW, Fenton M. An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and faeces. *Can J Anim Sci* 1979; 59:631-634.
17. Friesen KG, Nelssen JL, Goodband RD, Behnke KC, Kats LJ. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. *J Anim Sci* 1993; 71:2099-2109. [Abstract] [Pdf]
18. Furuya S, Kaji Y. Estimation of true ileal digestibility of amino acids and nitrogen from their apparent values for pigs. *Anim Feed Sci Technol* 1989; 26:271-285. [Abstract]
19. Grala W, Verstegen MWA, Jansman AJM, Huisman J, van Leeusen P. Ileal apparent protein and amino acid digestibilities and endogenous nitrogen losses in pigs fed soybean and rapessed products. *J Anim Sci* 1998; 76:557-568. [Abstract] [Pdf]
20. Grala W, Verstegen MWA, van Leeuwen P, Huisman J, Jansman AJM, et al. Nitrogen balance of pigs as affected by feedstuffs causing different endogenous nitrogen flow at the terminal ileum. *Livest Prod Sci* 1997; 48:143-155. [Abstract]
21. Hedemann MS, Højsgaard S, Jensen BB. Small intestinal morphology and activity of intestinal peptidases in piglets around weaning. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2003; 87:32-41. [Abstract]
22. Henderson JH, Ricker RD, Bidlingmeyer BA, Woodward C. Rapid, accurate and reproducible HPLC analysis of amino acids. Amino acid analysis using Zorbax Eclipse AAA columns and the Agilent 1100 HPLC. Agilent technologies Part N° 5980-1193E; 2000.
23. Jansman AJM. Tannins in feedstuffs for single-stomached animals. *Nutr Res Rev* 1993; 6:209-236.
24. Jin L, Reynolds LP, Redmer DA, Caton JC, Crenshaw JD. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. *J Anim Sci* 1994; 72:2270-2278. [Abstract] [Pdf]
25. Kracht W, Dänicke S, Kluge H, Keller K, Matzke W, et al. Effect of dehulling of rapeseed on feed value and nutrient digestibility of rape products in pigs. *Arch Anim Nutr* 2004; 58:389-404. [Abstract]
26. LaHaye L, Ganier P, Thibault JN, Sève B. Technological processes of feed manufacturing affect protein endogenous losses and amino acid availability for body protein deposition in pigs. *Anim Feed Sci Technol* 2004; 113:141-156. [Abstract]
27. Low AG. Nutrient absorption in pigs. *Sci Food Agric* 1990; 31:1087-1130.
28. Mariscal-Landín, G. Facteurs de variation de l'utilisation digestive des acides amines chez le porc. PhD Thesis, Rennes University, Rennes; 1992. 134p.
29. Mińkowski K. Influence of dehulling of rape seed on chemical composition of meal. *Anim feed Sci Technol* 2002; 96:237-244. [Abstract]
30. Mosenthin RH, Sauer WC, Ahrens F. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretions in growing pigs. *J Nutr* 1994; 24:222-229. [Abstract] [Pdf]

31. Mullan BP, Pluske JR, Allen J, Harris DJ. Evaluation of western Australian canola meal for growing pigs. *Aust J Agric Res* 1996; 51:547-553. [Abstract]
32. Näsi M. Digestibility and protein utilization responses of soybean and rapeseed meal to physical and enzymatic treatments in diets for growing pigs. *J Agr Sci Finland* 1991; 57:263-269.
33. Näsi M. and Siljander-Rasi, H. Effects of thermal processing on digestibility and protein utilization of rapeseed meal of medium and low glucosinolate type in diets for growing pigs. *J Agr Sci Finland* 1991; 63:475-482.
34. Neutra MR, Forstner JT. Gastrointestinal mucus: synthesis, secretion and function. In: Johnson LR. *Physiology of gastrointestinal tract*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Raven Press; 1987. p. 975-1009.
35. NRC. National Research Council. *Nutrients requirement of swine*, 10<sup>th</sup> revised ed. Washington: National Academy Press; 1998. 189p.
36. Nyachoti CM, de Lange CF, Schulze H. Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs using the homoarginine method. *J Anim Sci* 1997; 75:3206-3213. [Abstract] [Pdf]
37. Pedersen C, Boisen S. Establishment of tabulated values for standardized ileal digestibility of crude protein and essential amino acids in common feedstuffs for pigs. *Acta Agric Scand A Anim Sci* 2002; 52:121-140. [Abstract]
38. Pedersen C, Boisen S, Fernández JA. **Studies on the effect of dietary crude protein supply on the composition of ileal endogenous crude protein loss in growing pigs.** *Acta Agric Scand A Anim Sci* 2002; 52:141-149. [Abstract]
39. Reeds PJ, Burrin DG, Davis TA, Fiorotto ML, Stol B, et al. Plenary lecture: Protein nutrition of the neonate. *Proc Nutr Soc* 2000; 59:89-97. [Abstract]
40. Reis de Souza TC, Mar BB, Mariscal LG. Canulación de cerdos posdestete para pruebas de digestibilidad ileal: desarrollo de una metodología. *Tec Pecu Mex* 2000; 38:143-150. [Abstract] [Pdf]
41. Reis de Souza TC, Melcion JP, Bourdon D, Giboulot G, Peiniau J, et al. La graine de colza entière crue ou extrudée: une nouvelle source d'énergie et des protéines dans l'alimentation des porcelets. *Journées Rech Porcine France* 1990; 22:151-158.
42. Rojo GA, Pérez MVG, Bayardo UA, Correa CHJ, Cuarón IJA. Pasta de canola como suplemento proteico en dietas para la finalización de cerdos. *Tec Pecu Mex* 2001; 39:179-192. [Abstract] [Pdf]
43. Salgado P, Freire JPB, Mourato M, Cabral F, Toullec R, et al. **Comparative effects of different legume protein sources in weaned piglets: nutrient digestibility, intestinal morphology and digestive enzymes.** *Livest Prod Sci* 2002; 74:191-202. [Abstract]
44. Sauer WC, Ozimek L. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications. A review. *Livest Prod Sci* 1986; 15:367-388. [Abstract]
45. Sohn KS, Maxwell CV, Buchanan DS, Southern LL. **Improved soybean protein sources for early-weaned pigs: I. Effects on performance and total tract amino acid digestibility.** *J Anim Sci* 1994; 72:622-630.a [Abstract] [Pdf]
46. Sohn KS, Maxwell CV, Southern LL, Buchanan DS. **Improved soybean protein sources for early-weaned pigs: II. Effects on ileal amino acid digestibility.** *J Anim Sci* 1994; 72:631-637.b [Abstract] [Pdf]
47. Souffrant WB. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: Verstegen MWA, Huisman J, den Hartog LA (eds). *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Digestive Physiology in Pigs*. Pudoc, Wageningen, Netherlands; 1991. p. 147-166.
48. Steel RG, Torrie JH. *Principles and procedures of statistics*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: McGraw-Hill; 1980. p633.
49. Vente-Spreeuwenberg MAM, Verdonk JMAJ, Koninkx JFJG, Beynen AC, Verstegen MWA. Dietary protein hydrolysates vs. the intact protein do not enhance mucosal integrity and growth performance in weaned piglets. *Livest Prod Sci* 2004; 85:151-164. [Abstract]