

Pasta de canola como suplemento proteico en dietas para la finalización de cerdos^a

Alvaro Rojo Gómez^b, Víctor Gerardo Pérez Mendoza^b, Alejandro Bayardo Uribe^b, Héctor Jairo Correa Cardona^b, José Antonio Cuarón Ibargüengoytia^c

RESUMEN

Rojo GA, Pérez MVG, Bayardo UA, Correa CHJ, Cuarón IJA. *Téc Pecu Méx* 2001;39(3)179-192. Se condujeron dos experimentos para evaluar la sustitución de pasta de soya por pasta de canola (canola). En el Exp 1, 28 cerdos (63±9.1 kg), alojados individualmente, se aleatorizaron a cinco tratamientos: 1) Control, sorgo-soya; 2) Canola en harina; 3) Como 2+ saborizante; 4) Canola empastillada; 5) Como 4+ saborizante. Todas las dietas tuvieron un aporte similar de nutrimentos. En el Exp 2, se usaron 93 cerdos (51±5 kg) y se aleatorizaron a cinco tratamientos: 1) Control, sorgo-soya; 2) Sustitución de soya por canola al 50% de la proteína; 3) Sustitución de soya por canola al 100% de la proteína; 4) Como 3, formulando al contenido de aminoácidos totales; 5) Como 3, sin corregir la dilución energética. En el Exp 1, no se encontraron diferencias ($P > 0.10$), lo que sugiere que la canola puede reemplazar totalmente a la soya, siempre que se formule al perfil de aminoácidos digestibles y se mantenga la densidad energética de los alimentos. En el Exp 2, al permitir la dilución energética de la dieta por canola (tratamiento 5) el consumo fue mayor (3.18 vs 2.95 kg/día, $P < 0.05$) y la eficiencia alimenticia empeoró (0.27 vs 0.29 ganancia/consumo) ya que se lograron similares ($P > 0.10$) ganancias de peso. La grasa dorsal, fue similar entre tratamientos ($P > 0.64$) y el estudio de las canales mostró iguales rendimientos de cortes magros ($P > 0.19$). Para cerdos en finalización, canola puede reemplazar a la pasta de soya si se formula a los aminoácidos digestibles y se corrige la densidad energética de la ración.

PALABRAS CLAVE: Cerdos, Pasta de canola, Aminoácidos digestibles.

INTRODUCCIÓN

En la formulación actual de alimentos para cerdos, la pasta de soya es el suplemento proteico de elección para complementar a

los granos de cereales. Sin embargo, las fuentes alternas de proteína dan oportunidades para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos para alimentación y ofrecen interesantes posibilidades para incrementar la rentabilidad. En lo particular, es de notarse un rápido incremento en la oferta mundial de pasta de canola, entre otras razones, por la demanda de aceites ricos en ácido linolénico⁽¹⁾.

^a Recibido el 18 de junio de 2001 y aceptado para su publicación el 4 de septiembre de 2001.

^b Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, UNAM. Concentra Consorcio Agroindustrial SA de CV Km. 2 Av. Universitaria, Tulancingo, 43600, Hidalgo AP 168. Tel. (017) 755-02-20, Fax (017) 755-02-21. alvaro.rojo@correoweb.com. Correspondencia y solicitud de separatas al primer autor.

^c Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

Trabajo parcialmente financiado por PAIEPEME AC y ADM Bioproductos - México.

Canola es el nombre registrado para el nabo o colza (*Brassica campestris* y *B. napus*), cuando contiene menos del 2% de los ácidos grasos como ácido erúsico y menos de 30 mmoles de alcanil-glucosinolatos por gramo de materia seca de semilla libre de aceite^(2,3). Estos compuestos son tóxicos para los animales por lo que canola, siendo prácticamente libre de ellos, es un mejor alimento que la pasta de nabo. En los últimos 10 años el contenido de glucosinolatos en la pasta de canola se ha reducido importantemente. Sin embargo, por su contenido de energía y por el perfil de aminoácidos, la pasta de canola es de menor valor nutritivo (y por ende, comercial) que la pasta de soya^(3,4). Cuando se compara a la pasta de canola con la de soya, se puede apreciar en la primera una menor cantidad de energía digestible (2.6 vs 3.4 Mcal/kg) y un menor contenido de proteína cruda (9 a 13 unidades porcentuales), aunque la concentración relativa de treonina y aminoácidos azufrados es mayor en la pasta de canola⁽⁵⁾.

La pasta de canola ha reemplazado parcialmente a la pasta de soya en dietas para cerdos⁽⁴⁾; los resultados dependen de la etapa de crecimiento y del nivel de inclusión en la dieta. Cuando la pasta de canola se incluye en completa sustitución de la pasta de soya en dietas para cerdos en crecimiento, se observa un efecto adverso en el comportamiento productivo. Castell y Cliplef⁽⁵⁾, sustituyeron totalmente la pasta de soya con la de canola (en promedio, al 18.7 % de la ración) en dietas para cerdos en crecimiento y finalización cuyo grano base fue cebada. Los autores notaron pérdidas en la eficiencia alimenticia, notablemente cuando los cerdos tuvieron un peso vivo menor a los 63 kg.

Para evitar las consecuencias de la menor densidad energética y por el diferente aporte de aminoácidos, en particular la deficiencia de lisina, por la inclusión de pasta de canola en dietas para cerdos, ciertos autores^(2,4,6,7) han sugerido que la pasta de canola no deba de constituir más del 50 % de la proteína que complementa a la de los granos de cereales (9 a 12 % de la dieta). Hoy, la recomendación parece no tener sentido si los aportes de energía y aminoácidos disponibles para el animal se cuidan en el cálculo de las raciones.

Por otro lado, en México se sigue temiendo al uso de canola porque puede resultar en alimentos de baja aceptación por los animales. En efecto, con la pasta de nabo los glucosinolatos pueden provocar un efecto adverso en gustosidad (¿una respuesta a la toxicidad?). Al respecto, Bell *et al.*⁽⁸⁾ señalaron que con canola, por la ausencia de glucosinolatos, no se observan rechazos a la oferta de alimento y la capacidad de consumo de los animales puede llegar a compensar las diferencias en el contenido de energía, lo que se contrapone a la percepción de que con canola los animales repelen el consumo de alimento. En cambio, cuando se adicionaron glucosinolatos purificados a dietas con pasta de canola⁽⁸⁾, se llegó a deprimir el consumo de alimento en cerdos. Por lo tanto, si la pasta es efectivamente de canola, no deben temerse fallas en el consumo por problemas de gustosidad.

También existe la creencia de que la presencia de niveles altos de canola en la dieta oscurecen la carne. No hay ninguna mención a este riesgo cuando se usaron pastas de nabo ricas en ácido erúsico y glucosinolatos^(6,7,8). Por esto, las posibi-

lidades de generar carne oscura deben ser menores con canola. Sin embargo, debe aceptarse la posibilidad, porque en el mercado nacional la pasta de canola se comercializa en forma de harina (generalmente de semillas importadas y procesadas en el país), mientras que en el resto del norte de América y en Europa, se distribuye empastillada⁽⁹⁾, ya que en esa forma se reducen los gastos de transporte al aumentar la densidad física de la pasta. Es probable, por el perfil de los ácidos grasos o porque el peletizado inactiva algunas enzimas (en particular las mirosinas), que la pasta de canola en harina pueda favorecer condiciones para la oxidación de las grasas y de mioglobina^(7,10); probablemente el peletizado de la pasta de canola, como la adición de un saborizante a las dietas que la contengan, otorgue un mayor valor a las dietas en que se incluyera el subproducto.

Así, los objetivos de este trabajo fueron definir las condiciones en las que la pasta de canola disponible en el país puede sustituir a la pasta de soya en dietas para cerdos, desde los 50 kg de peso y hasta su venta para el abasto. Se indagaron los niveles de inclusión, la forma de cálculo de las dietas (al corregir el perfil nutritivo por el aporte de energía y aminoácidos digestibles), la influencia de la forma física de la canola (en harina o empastillada) y la adición de un saborizante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA) del Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

La materia prima usada para la elaboración de las dietas experimentales fue adquirida comercialmente de proveedores conocidos y calificados. En el caso de la pasta de canola, primero se hizo un muestreo del mercado en el centro del País, aprovechando para ello los procedimientos de compra y control de calidad de la División de alimentos balanceados de la Unión ganadera regional de poricultores del estado de Guanajuato (UGRPEG), en Irapuato, Gto. Los proveedores fueron siete compañías aceiteras del centro, occidente y norte de México; en todos los casos la semilla de canola provino esencialmente del extranjero. Identificado por proveedor, se tenían en archivo los datos de dos años, con tres a seis lotes mensuales, con la composición de la pasta de canola, típicamente: humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasa cruda y en ocho casos, los aminogramas.

La pasta de canola que se usó provino de una mezcla indeterminada (en bodega) de tres proveedores. A la muestra recibida para la fabricación de las dietas experimentales, se le analizó bromatológicamente⁽¹¹⁾ y con los datos de proteína cruda (ajustada al 90% de materia seca) se calcularon los aminoácidos. Para ello, se usaron ecuaciones de regresión lineal, basadas en la concentración de los aminoácidos en función del contenido de proteína ($N \times 6.25$). Los valores de digestibilidad ileal verdadera se obtuvieron al multiplicar el contenido total de cada aminoácido por los coeficientes sugeridos por Mariscal *et al.*⁽¹²⁾.

Las ecuaciones de predicción se calcularon de un banco de datos que incluyó los resultados de los aminogramas de muestras tomadas en el país (las que proveyó la UGRPEG y 17 acopiados de otras fuentes), así como una colección de aminogramas de muestras tomadas en plantas canadienses y de los Estados Unidos de Norteamérica (ADM Bioproductos); adicionalmente, se usaron datos publicados por Nutriquest⁽¹³⁾, Degussa⁽¹⁴⁾, NRC⁽⁶⁾ y AmiPig⁽¹⁵⁾, resultando en un total de 171 observaciones.

Todos los datos de composición de las pastas de canola se ajustaron al 90% de materia seca y se agruparon en tres categorías: muestras mexicanas, canadienses y estadounidenses o recopiladas de la literatura, mismas que se compararon por los métodos de mínimos cuadrados, usando los Modelos Lineales Generales⁽¹⁶⁾. Las 171 muestras se sometieron a un análisis de regresión "paso a paso"⁽¹⁶⁾, incluyendo las variables proteína cruda y su expresión al cuadrado y al cubo, y aumentar la precisión. No se incluyeron otros elementos, posiblemente útiles para aumentar la precisión de las predicciones (como podrían ser fracciones de fibra, solubilidad en KOH, lisina químicamente disponible), porque los datos fueron muy limitados.

Se realizaron dos experimentos con un total de 121 cerdos (66 hembras y 55 machos castrados) producto de un cruzamiento alterno de las razas Landrace y Duroc, los cuales se distribuyeron al azar en corraletas individuales, en un edificio de tipo frente abierto, con piso sólido de concreto y una superficie útil de 1.2 m²; todas las corraletas contaron con un comedero tipo tolva y un bebedero automático de chupón. En todo momento los animales fueron

alimentados a saciedad en dos comidas (0730 y 1800).

Experimento 1

En un periodo de 40 días, se utilizaron 28 cerdos (13 machos castrados y 15 hembras) con un peso promedio inicial de 63± 9.1 kg hasta alcanzar un peso promedio de 99± 10.4 kg. Los cerdos fueron asignados aleatoriamente a uno de cinco tratamientos: una dieta control (SOY) basada en sorgo y pasta de soya, y cuatro dietas en las que la pasta de canola reemplazó completamente a la pasta de soya: pasta de canola en harina (CAH), canola en harina + saborizante (CAHS), canola en pastilla (CAP) y canola en pastilla + saborizante (CAPS). Todas las dietas fueron isoenergéticas, isoproteicas e isolisínicas y se procuró mantener un perfil de aminoácidos digestibles similar al patrón de Proteína Ideal recomendado por Baker⁽¹⁷⁾, evitando excesos de nitrógeno al mantener la relación lisina a proteína cruda entre el 5.2 y el 6%⁽¹⁸⁾. La composición y análisis calculado de las dietas se muestran en el Cuadro 1.

La pasta de canola en harina o en pastilla fue la misma, sólo que la última se sometió al proceso de empastillado y posterior molienda, antes de ser transportada al Centro de Investigación para su incorporación a las dietas experimentales. Aún cuando se tuvo cuidado de asegurar que las dos formas de canola fueran de un mismo lote, su composición proximal se verificó al arribo de la muestra.

El experimento se condujo bajo un esquema de bloques incompletos al azar (seis repeticiones en los tratamientos 1, 2 y 4; cinco repeticiones en los tratamientos 3 y 5), en donde el criterio de bloqueo

PASTA DE CANOLA PARA LA FINALIZACIÓN DE CERDOS

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales (Exp 1)

	Soya	Canola ^a	
		Sin saborizante	Con saborizante
<u>Ingredientes, %</u>			
Sorgo, grano molido	80.380	71.392	70.823
Soya, pasta	15.540	- -	- -
Canola, pasta	- -	22.270	22.760
Sebo	1.420	3.720	3.800
L-Lisina HCL	0.130	0.202	0.201
L-Treonina	0.043	0.034	0.034
DL-Metionina	0.007	- -	- -
Fosfato mono-di cálcico	0.920	1.022	1.022
Carbonato de Ca	0.750	0.550	0.550
Sal, NaCl-I	0.360	0.360	0.360
Vitaminas, UC-10 ^b	0.100	0.100	0.100
Minerales, UC-35 ^b	0.350	0.350	0.350
<u>Análisis Calculado</u>			
EM, Mcal/kg	3.220	3.220	3.220
Proteína cruda, %	14.200	14.190	14.190
Lisina digestible ^c , %	0.650	0.650	0.650
Metionina digestible, %	0.206	0.246	0.246
Treonina digestible, %	0.460	0.455	0.455
Triptófano digestible, %	0.147	0.130	0.130

^a Producción nacional. Harina y empastillada

^b Aportes por kilogramo de premezcla: I 0.11g, Mn 7.7g, Zn 20g, Se 0.06g, Cu 52g, Fe 20g, pantotenato de Ca 2.98g, B1 0.2g, B6 0.4g, B2 0.8g, Ac. fólico 0.12g, nicotinamida 5g, biotina 16 mg, B12 4mg, K3 0.4g, E 6,000 UI, D3 300,000 UI y A 1,600,000 UI. (NRC,1998).

^c Digestibilidad ileal verdadera.

fue el sexo (hembras y machos castrados). El arreglo de los tratamientos corresponde a la aproximación factorial por la forma física, o tratamiento previo de la pasta de canola (harina o pastilla) y la adición o no del saborizante; la dieta sorgo-pasta de soya se consideró como control positivo. Las variables de respuesta fueron el consumo diario de alimento (CDA), la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia alimenticia (ganancia/consumo).

Las comparaciones planeadas fueron los efectos mayores de la forma física de la

canola (empastillada o no), del saborizante, y su interacción, así como la respuesta promedio a la inclusión de canola vs el control con pasta de soya. Todos los análisis estadísticos se realizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS⁽¹⁶⁾, usando las rutinas de los modelos lineales generales.

Experimento 2

Se usaron 93 cerdos (51 hembras y 42 machos castrados), con un peso inicial promedio de 51± 5 kg y por un período

de 56 días. Las demás condiciones de alojamiento y manejo de los animales fueron similares a las del experimento previo.

Los animales fueron asignados aleatoriamente a cinco grupos experimentales (para un mínimo de 18 unidades experimentales por tratamiento). Los cerdos del grupo control (SOY) recibieron una dieta sorgo-pasta de soya, formulada con base en el perfil de aminoácidos digestibles. En el segundo grupo (CAN 50 %), los animales recibieron una dieta que contenía una cantidad similar de nutrimentos que la dieta control, pero formulada para sustituir el 50 % de la proteína suplementaria (al sorgo) con pasta de canola. A los cerdos del tratamiento 3 (CAN 100 %) se les ofreció una dieta similar a la anterior, pero formulada a partir de pasta de canola y sorgo, sustituyendo el 100 % de la pasta de soya. Los cerdos de los tratamientos 4 y 5 recibieron una dieta constituida por pasta de canola y sorgo, formulada para destacar la importancia del aporte de aminoácidos digestibles o de la energía metabolizable. La dieta del tratamiento 4 (AAT), se formuló a proteína total manteniendo una cantidad de PC, lisina y de EM similar a la dieta control, sin considerar el aporte de aminoácidos digestibles; los cerdos del tratamiento 5 (EM Libre), recibieron una dieta a partir de pasta de canola, con la misma cantidad y relación de aminoácidos que la dieta SOY, pero sin corregir la dilución energética, consecuencia de la inclusión de la pasta de canola. La composición de las dietas y su análisis calculado se muestran en el Cuadro 2.

Al inicio del periodo experimental y cada 14 días, los cerdos se pesaron para seguir

los cambios acumulados de peso corporal, con lo que se calculó la ganancia diaria de peso (GDP); se registró el consumo diario de alimento (CDA) y se calculó el consumo diario de energía metabolizable (CDE), consumo diario de lisina (CDL) y la eficiencia alimenticia.

Al inicio de los experimentos y antes de enviar los cerdos al abasto, se midió la profundidad de la grasa dorsal y del músculo largo dorsal a la altura de la décima y última costillas, ambos en el punto dos (P₂): a 6.5 cm de la línea media, usando para ello un equipo de ultrasonografía Aloka® modelo SSD-500 con un transductor lineal de 3.5 MHz y 96 mm de longitud^(19,20).

Al final de la prueba de comportamiento, los cerdos se sacrificaron en un rastro Tipo Inspección Federal, en donde se realizaron mediciones directas en la canal, tomando como variables de respuesta: peso del animal dietado por 8 horas antes del traslado (257 km) y antes del sacrificio; el ayuno total no fue superior a las 17 horas. Se obtuvieron los pesos de la canal caliente y fría (20 h a 4°C), con y sin cabeza; el largo de la canal medido por la distancia entre el borde anterior de la sínfisis púbica y el borde posterior de la primera costilla; la profundidad, sobre la línea media y en P₂, de la capa dorsal de grasa en cuatro puntos: primera costilla, décima y última costillas, última vértebra lumbar; el área del ojo de la chuleta se midió entre la décima y onceava costillas, usando una gradilla transparente graduada en centímetros^(21,22).

Al despiece de las canales se registró el peso del jamón deshuesado y desengrasado,

PASTA DE CANOLA PARA LA FINALIZACIÓN DE CERDOS

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales (Exp 2)

	Tratamientos ^a				
	SOY	CAN 50%	CAN 100%	AAT	EM Libre
<u>Ingredientes, %</u>					
Sorgo, grano molido	81.988	74.977	71.260	71.585	75.091
Soya, pasta	11.740	5.870	- -	- -	- -
SOA, harina ^b	3.390	- -	- -	- -	- -
Canola, pasta ^c	- -	13.980	22.580	22.520	21.630
Sebo	0.570	2.460	3.380	3.330	0.570
L-lisina HCL	0.233	0.208	0.230	0.185	0.239
L-Treonina	0.074	0.035	0.170	- -	0.020
DL-Metionina	0.005	- -	- -	- -	- -
Fosfato mono-di cálcico	0.290	1.010	1.010	1.010	0.980
Carbonato de Ca	0.900	0.650	0.560	0.560	0.660
Sal, NaCl-I	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360
Vitaminas UC-10 ^d	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Minerales UC-35 ^d	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
<u>Análisis Calculado</u>					
EM Mcal/kg	3.200	3.200	3.200	3.200	3.070
Proteína Cruda, %	14.500	14.500	14.500	14.440	14.500
Lisina total, %	0.766	0.787	0.800	0.766	0.798
Lisina digestible ^e , %	0.650	0.650	0.650	0.636	0.650
Metionina digestible, %	0.195	0.229	0.249	0.249	0.248
Treonina digestible, %	0.455	0.455	0.455	0.438	0.455
Triptófano digestible, %	0.125	0.132	0.129	0.129	0.128

^a SOY= dieta sorgo-soya; CAN 50%= sustitución del 50% de soya por canola; CAN 100%= dieta sorgo-canola; AAT= dieta sorgo-canola sin corregir aminoácidos; EM Libre= dieta sorgo-canola sin corregir energía metabolizable.

^b Harina de subproductos de origen animal.

^c Producción nacional.

^d Aportes por kilogramo de premezcla: I 0.11g, Mn 7.7g, Zn 20g, Se 0.06g, Cu 52g, Fe 20g, Pantotenato de Ca 2.98g, B1 0.2g, B6 0.4g, B2 0.8g, Ac. Fólico 0.12g, Nicotinamida 5g, Biotina 16 mg, B12 4mg, K3 0.4g, E 6,000 UI, D3 300,000 UI y A 1,600,000 UI (NRC, 1998).

^e Digestibilidad ileal verdadera.

y se calificó el color de la masa muscular de la pierna por un panel de tres observadores independientes, asignando valores del uno al cuatro⁽²¹⁾ según el siguiente criterio: 1= pálida, suave y exudativa; 2= rosada, suave y exudativa; 3= rosada, firme no exudativa; 4= roja, seca y firme.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar con un mínimo de 18 repeticiones por tratamiento; el peso inicial se usó como covariable. El análisis estadístico se facilitó por el uso de los modelos lineales generales del paquete estadístico SAS⁽¹⁶⁾; las comparaciones planeadas consideraron los

efectos mayores de la dieta, sexo, la interacción sexo tratamiento; la comparación de la dieta baja en energía (EM libre) o de la dieta formulada a PC y lisina total (AAT) vs el resto de los tratamientos con pasta de canola (CAN 50% y CAN 100%) y los contrastes ortogonales de los efectos lineal y cuadrático (por el nivel de pasta de canola en las dietas).

RESULTADOS

El perfil de aminoácidos de la pasta de canola se presenta en el Cuadro 3 y las ecuaciones de predicción del contenido de aminoácidos, en el Cuadro 4. La muestra usada en el experimento es similar al promedio de composición en el país y ésta, a su vez, es similar a la del promedio de la información recopilada; de hecho, no se encontraron diferencias ($P > 0.25$) por el origen de la información. El componente lineal fue el que mejor predijo el contenido de cada uno de los aminoácidos y, a

excepción de cistina ($P < 0.06$), todas las ecuaciones fueron significativas ($P < 0.02$).

Los efectos de la completa sustitución de la pasta de soya por pasta de canola, así como su posible interacción con el empastillado y la adición de saborizante, sobre el comportamiento productivo de los cerdos en finalización (Exp 1) se presentan en el Cuadro 5. No se encontraron efectos ($P > 0.05$) por la completa sustitución de soya por canola en ninguna de las variables consideradas. Ni el empastillado (CAH, CAP), ni la adición o no de saborizante (CAH, CAHS) o sus combinaciones (CAH, CAP, CAHS, CAPS) manifestaron alguna diferencia ($P > 0.05$). Los efectos de sexo fueron los esperados e irrelevantes para los objetivos de este estudio; no se presentan por el error de restricción asociado al proceso de aleatorización (*i.e.*, se incluyeron en el modelo como bloques para remover la variación asociada).

Los resultados del comportamiento productivo de los cerdos en el Exp. 2 se

Cuadro 3. Medidas de tendencia central y puntos de dispersión de 171 aminogramas de pasta de canola^{a,b}

	Aminoácidos													
	PC	Lys	Thr	Trp	Met	Cys	TAA ^c	Ile	Val	Arg	His	Phe	Leu	Gly
Media	36.26	1.96	1.51	0.46	0.72	0.92	1.64	1.38	1.82	2.18	0.97	1.46	2.52	1.79
Desv. Est.	0.96	0.09	0.06	0.04	0.03	0.06	0.08	0.06	0.09	0.10	0.03	0.06	0.08	0.08
Mínimos	34.00	1.78	1.40	0.35	0.66	0.80	1.49	1.25	1.65	1.96	0.90	1.34	2.36	1.66
Máximos	38.65	2.18	1.64	0.55	0.78	1.10	1.82	1.51	2.02	2.38	1.04	1.58	2.75	2.23
Como % PC		5.41	4.18	1.26	2.00	2.53	4.53	3.81	5.02	6.01	2.68	4.02	6.97	4.96
Como % Lys			77.2	23.3	36.9	46.8	83.7	70.3	92.7	111.0	49.4	74.2	128.8	91.5

^a No existe efecto ($P > 0.05$) asociado al origen de la pasta de canola (muestras mexicanas, canadienses o estadounidenses).

^b Los datos se ajustaron al 90% de materia seca.

^c Total de aminoácidos azufrados (Met+Cys).

Cuadro 4. Ecuaciones de predicción, aminoácidos totales en pasta de canola, en función del contenido de proteína cruda (n = 171)

	Intercepto	B1	R ²	P <
Lisina	-1.2017	0.0872	0.65	0.0002
Metionina	0.0970	0.0172	0.42	0.0002
Met + Cys	0.5994	0.0283	0.23	0.0003
Cistina	0.5024	0.0111	0.07	0.0600
Arginina	-0.5369	0.0745	0.57	0.0002
Treonina	-0.0131	0.0423	0.48	0.0002
Triptófano	-0.4853	0.0262	0.45	0.0002
Histidina	-0.0309	0.0275	0.50	0.0030
Isoleucina	-0.1410	0.0418	0.36	0.0040
Leucina	0.4247	0.0578	0.46	0.0002
Fenilalanina	-0.0255	0.0408	0.40	0.0002
Valina	-0.2252	0.0563	0.34	0.0030
Glicina	0.0256	0.0484	0.59	0.0002

resumen en el Cuadro 6. Cuando las dietas se formularon a un mismo contenido de energía metabolizable y aminoácidos digestibles, como en el Exp 1, tampoco se observó ningún efecto de la sustitución (total o parcial) de la pasta de soya por la de canola ($P > 0.05$). Los animales que recibieron la dieta con pasta de canola formulada a proteína cruda y aminoácidos

totales (AAT) disminuyeron ligeramente ($P < 0.13$) su ingesta, quizá por los niveles de lisina digestible en la dieta (6.36 vs 6.50 g/kg de alimento), aún cuando para alcanzar los niveles planteados de este aminoácido se tuvo que recurrir al uso de lisina cristalina. Esto subraya el carácter limitante de la pasta de canola en este aminoácido, que se agudiza si se consideran

Cuadro 5. Comportamiento productivo de cerdos en finalización: sustitución de pasta de soya por pasta de canola (Exp 1)^a

	Tratamientos ^b					EEM ^c
	SOY	CAH	CAHS	CAP	CAPS	
Peso inicial, kg	65.700	66.200	60.860	62.950	58.580	4.090
Consumo, kg/día	2.950	3.200	2.900	2.860	2.900	0.140
Ganancia de peso, kg/día	0.810	0.960	0.940	0.840	0.949	0.060
Ganancia/consumo, kg	0.280	0.302	0.313	0.295	0.314	0.010

^a $P > 0.05$. Medias de mínimos cuadrados.

^b SOY= dieta sorgo-soya; CAH= dieta sorgo-canola en harina; CAHS= como CAH + saborizante; CAP= dieta sorgo-canola empastillada; CAPS= como CAP + saborizante.

^c Error estándar de la media.

Cuadro 6. Comportamiento productivo de cerdos en finalización: respuesta a la forma de sustitución de la pasta de soya por pasta de canola (Exp 2)^a

	Tratamientos ^b					
	SOY	CAM 50%	CAN 100%	AAT	EM Libre	EEM ^c
Peso inicial, kg	51.100	51.500	52.200	50.800	50.800	1.440
Consumo, kg/día ^v	2.990	3.000	2.960	2.870	3.180	0.070
Consumo EM, Mcal/día ^w	9.570	9.600	9.470	9.180	9.780	0.079
Consumo Lys digestible, g/día ^x	19.440	19.500	19.240	18.250	20.670	0.047
Ganancia de peso, kg/día ^y	0.870	0.900	0.820	0.800	0.860	0.039
Ganancia/consumo ^z	0.291	0.300	0.278	0.277	0.271	0.003

^a Medias de mínimos cuadrados.

^b SOY= dieta sorgo-soya; CAN 50%= sustitución del 50% de soya por canola; CAN 100%= dieta sorgo-canola; AAT= dieta sorgo-canola sin corregir aminoácidos; EM libre= dieta sorgo-canola sin corregir energía metabolizable.

^c Error estándar de la media.

^v $P < 0.001$, EM libre. Machos (3.190) y hembras (2.810) son diferentes ($P < 0.05$).

^w $P > 0.05$. Machos (10.13) y hembras (8.92) son diferentes ($P < 0.05$).

^x $P < 0.001$, AAT y EM libre. Machos (20.65) y hembras (18.18) son diferentes ($P < 0.05$).

^y $P > 0.05$. Machos (0.822) y hembras (0.817) son diferentes ($P < 0.05$).

^z $P < 0.05$, EM libre. Machos (0.292) y hembras (0.274) son diferentes ($P < 0.05$).

los consumos de otros aminoácidos y al atender al aporte en base digestible. El natural imbalance en la complementación del grano de sorgo se acrecienta cuando se corrige lisina pero se desdeñan otros aminoácidos.

Cuando la densidad energética no se corrigió por el uso de la pasta de canola (EM Libre), el consumo voluntario de alimento se incrementó ($P < 0.05$) en 6 % o más al comparar la respuesta con aquella de los cerdos alimentados con las dietas más densas en energía: los animales efectivamente pudieron incrementar su ingesta para satisfacer sus demandas de EM.

Ya que se lograron similares ganancias de peso en todos los tratamientos ($P > 0.10$), la eficiencia alimenticia se empeoró por efecto de la dieta con pasta de canola, en

la que no se corrigió la dilución del nivel de EM libre.

El estudio de las canales mostró rendimientos similares de cortes magros y primarios ($P > 0.19$, Cuadro 7). Los efectos de sexo fueron los esperados, en general, los machos castrados tuvieron una mayor ($P < 0.05$) profundidad de grasa dorsal (2.8 vs 2.4), pero el área del ojo de la chuleta fue similar. El rendimiento de cortes primarios y magro libre de grasa fueron muy similares entre tratamientos y con ambos sexos y no se encontró ninguna interacción con los tratamientos ($P > 0.05$). El estudio del color de la carne (facilitado por el empleo de un análisis de frecuencias), no mostró diferencias ($P > 0.05$); en la mayoría de los casos la carne se clasificó dentro de los valores 2 y 3.

Cuadro 7. Características de la canal de los cerdos por efecto de la pasta de canola en la dieta (Exp 2)^a

	Tratamientos ^b					
	SOY	CAN 50%	CAN 100%	AAT	EM Libre	EEM ^c
Peso canal caliente, kg	83.56	85.69	81.46	79.23	83.43	1.70
Cortes primarios, kg	45.90	45.58	44.43	45.52	46.34	0.88
Magro libre de grasa, kg	45.07	45.13	45.20	45.78	41.90	1.28
Músculo desengrasado de la pierna, kg	5.31	5.08	4.86	5.12	5.01	0.22
Profundidad, grasa dorsal, cm ^d	2.51	2.63	2.64	2.53	2.72	0.11
Área de la chuleta, cm ²	38.10	37.00	36.90	36.80	36.40	0.84
Color	2.80	2.40	2.60	2.50	2.10	0.17

^a ($P>0.05$)

^b SOY= dieta sorgo-soya; CAN 50%= sustitución del 50% de soya por canola; CAN 100%= dieta sorgo-canola; AAT= dieta sorgo-canola sin corregir aminoácidos; EM Libre= dieta sorgo-canola sin corregir energía metabolizable.

^c Error estándar de la media.

^d Machos (2.83) y hembras (2.41) son diferentes ($P<0.05$).

DISCUSIÓN

Los resultados de estos experimentos concluyentemente muestran que la pasta de canola, como único suplemento proteico para cerdos con un peso superior a 50 kg, no deprime el consumo voluntario de alimento y, por lo tanto, no afecta la respuesta productiva de los animales. Esta aseveración contrasta con los hallazgos de Baldoo *et al.* (23), quienes demostraron una reducción en la productividad de los cerdos en la medida en que incrementaron los niveles de pasta de canola; la respuesta de los animales se asoció a fallas en el consumo de alimento. Sin embargo, debe notarse que estas observaciones se realizaron con animales más ligeros, además de que en el cálculo de las dietas no consideraron la diferencia en digestibilidad inducida por la sustitución de la pasta de soya.

Los aminoácidos de la pasta de canola son menos digestibles que en la pasta de soya (13,14,15), por lo que, si no se considera la digestibilidad al reemplazar la pasta de soya por la de canola, se puede incurrir en deficiencias, particularmente de lisina. Si la sustitución se hiciera con base en el aporte de aminoácidos totales, típicamente lisina, lo más común en los trabajos revisados (23,24,25), se incurre en deficiencias de los segundos y terceros aminoácidos limitantes (en particular treonina), por lo tanto, la sola adición de lisina para corregir la deficiencia puede provocar imbalances que reducen la ganancia de peso, aún cuando no altere el consumo de alimento (Exp 2) (26).

Al formular con canola para satisfacer la demanda de lisina digestible, cuidando su relación con otros amino ácidos esenciales

(y permitiendo el uso de fuentes cristalinas), además de proveer suficiente nitrógeno total, permite alcanzar un mejor balance, por lo que, aún cuando la pasta de canola sustituya totalmente a la de soya, si se hace con base en el aporte de amino ácidos digestibles, la respuesta productiva de los cerdos en finalización no se alterará significativamente. Entonces, el mayor riesgo al formular con canola, es que por alcanzar los niveles de lisina, se excedan las concentraciones de nitrógeno. Si se reduce la relación lisina (total) a PC, se podrá afectar el consumo y disminuir la ganancia de peso⁽²⁷⁾. En estos experimentos, particularmente en el Exp 2, se cuidó la relación lisina a PC, razón por la que en la dieta del tratamiento AAT se tuvo que recurrir al uso de lisina cristalina para llegar al nivel de lisina total. Por lo anterior, es necesaria una nota de precaución, ya que es factible que al permitir incrementos en la proteína para llegar a la concentración deseada de lisina total, no se cubran las demandas de lisina digestible, o bien que se lleguen a provocar excesos de otros amino ácidos y nitrógeno, que impidan la mejor respuesta animal.

Cuando se descuida la densidad energética en la formulación de raciones, las consecuencias son mucho más severas que por fallas en el aporte de amino ácidos, porque los cerdos empeoran la conversión alimenticia, o bien, si no incrementan el consumo para llegar al nivel de energía total que alcanzarían con una dieta más densa en EM, reducirían la ganancia de peso hasta el límite impuesto por la disponibilidad de la energía⁽⁶⁾. Recientemente⁽²⁸⁾ se usó pasta de canola como única fuente de proteína suplementaria en dietas basadas en maíz para cerdos desde los 30 kg de

peso. Estas dietas se formularon para cubrir la demanda de lisina digestible y los resultados durante el crecimiento bien ilustran algunos de los puntos discutidos: aún cuando se mantuvo una relación lisina a energía de 3.0 (g/Mcal de EM) en todas las dietas, los cerdos recibiendo canola consumieron menos energía, en especial a menor peso corporal, y tuvieron menores ganancias acumuladas de peso. Al observar la respuesta en el tiempo, los cerdos pudieron compensar (con el consumo) la dilución de la energía dietaria (2.95 vs 3.28 Mcal de EM/kg) hasta después de los 70 kg de peso corporal, fue entonces cuando se recuperó la ganancia diaria de peso.

Canola diluye la energía y podría argumentarse que los relativamente altos contenidos de fibra en la pasta^(6,8,23) pueden prevenir el consumo compensatorio de alimento cuando no se corrigen los niveles de EM, pero no fue el caso con cerdos en finalización (Exp 2)⁽²⁸⁾. Además del posible impedimento físico en el consumo por la fibra, debe aceptarse que durante la engorda, el crecimiento es una función energía-dependiente^(6,29), razón por la cual la densidad energética de las dietas con canola se convierte en una preocupación mayor.

Considerando una EB igual a 4.47 ± 0.05 Mcal/kg⁽²³⁾ y que la fracción de energía de la pasta de canola será digerida cuando menos en un 70 %, con una metabolización cercana al 95 %^(8,24,25), los niveles de EM serán siempre menores a las 3 Mcal/kg; el NRC en 1998⁽⁶⁾ publicó un valor de EM igual a 2.64 Mcal/kg. Como sea, al combinar la pasta de canola con cualquiera de los granos de cereales comunes en dietas

para cerdos, la EM de las raciones difícilmente rebasará las 3.10 Mcal de EM/kg, a no ser que se adicione grasa.

Lo anterior es relevante porque aún en las mejores condiciones, los cerdos menores a 50 kg de peso corporal difícilmente alcanzarán su máximo consumo de EM, si las dietas contienen menos de 3.2 Mcal de EM/kg; con cerdos en el rango de peso de las observaciones en estos experimentos, el límite quizá sea cercano a las 3.1 Mcal de EM/kg^(28,29). Por lo tanto, es factible que en el campo se observen fallas en la producción de los cerdos si, en el cálculo de las dietas conteniendo pasta de canola, no se pone atención al contenido de EM. El caso se agravará si además se incurre en deficiencias o imbalances de aminoácidos, porque los excesos de nitrógeno empeorarán la eficiencia de utilización de la energía^(18,26,27).

CONCLUSIONES

En dietas para cerdos en finalización, la pasta de canola efectivamente puede sustituir a la pasta de soya, como único suplemento proteico del sorgo, siempre que la formulación de las dietas se haga al perfil de aminoácidos digestibles, se eviten excesos de nitrógeno y se mantenga la concentración de EM. Para controlar la variación en el aporte de aminoácidos, las ecuaciones de predicción son una buena alternativa. La pasta de canola no provoca aversión de los cerdos al alimento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al MVZ Francisco Báez Medina y MVZ Francisco Guerrero

Avendaño de ADM-Bioproductos, así como a la UGRPEG (Ing. Sergio Antonio González) por el muestreo de canola en el mercado y el proceso (empastillado).

CANOLA MEAL AS A PROTEIN SUPPLEMENT IN DIETS FOR FINISHING PIGS

ABSTRACT

Rojo GA, Pérez MVG, Bayardo UA, Correa CHJ, Cuarón IJA. *Téc Pecu Méx* 2001;39(3)179-192. Two experiments were conducted to evaluate the substitution of Soybean meal for Canola meal in diets for finishing pigs. In Exp 1, 28 pigs individually housed (initial weight, 63± 9.1 kg) were used. Canola meal was as such or pre-pelleted and the addition of a flavoring agent was tested. Treatments were: 1) A fortified sorghum-soybean meal diet; 2) Canola meal; 3) Canola meal plus flavoring agent; 4) Pre-pelleted canola meal; 5) As 4 plus flavoring agent added. Diets were similar in nutrient profile. In Exp 2, 93 pigs (average initial weight, 51± 5 kg) were used. Individually housed pigs, were randomly allotted to five treatments: 1) A sorghum-soybean meal diet; 2) A 50 % substitution of the soy protein by canola; 3) As 2, but 100% substitution; 4) As 3, but feed formulation to total amino acids; 5) As 3, but ME was not corrected. No differences ($P > 0.10$) were found in Exp 1, thus canola meal could totally replace soy protein in diets for finishing pigs, provided that diets are formulated to digestible amino acids. In Exp 2, dietary energy dilution by canola (treatment 5), resulted in greater ($P < 0.05$) feed intake (3.18 vs 2.95 kg/day). Because average daily gain was similar ($P > 0.10$), gain/feed was deteriorated ($P < 0.05$) by the lower energy canola diet (0.27 vs 0.29). Backfat was similar ($P > 0.64$), carcass primal and lean cuts were unaltered ($P > 0.19$). It is concluded that canola meal can totally replace soybean meal, if feed formulation to satisfy digestible amino acids and ME of the diet is maintained.

KEY WORDS: Canola meal, Finishing pigs, Digestible amino acids.

LITERATURA CITADA

1. Leskanich CO, Mathews KR, Warkup CC, Noble RC, Hazzledine M. The effect of dietary oil containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical and organoleptic characteristics of pig meat. *J Anim Sci* 1997;75:673-317.
2. Bell JM. Nutrients and toxicants rapeseed meal: a review. *J Anim Sci* 1984;58:996-1010.
3. Bell JM. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Can J Anim Sci* 1993;73:679-697.
4. Thacker PA. Canola meal. In: Thacker PA, Kirkwood RN editors. *Non traditional feed source for use in swine production*. Stoneham, MA, Butterworths; 1990:69-78.
5. Castell AG, Cliplef RL. Evaluation of pea screenings 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.
6. NRC. National Research Council. *Nutrient requirements of swine*. 10th ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1998.
7. Hertzmann CL, Goransson H, Ruderush. Influence of fish meal, rapeseed and rapeseed meal in the feed on the fatty acid composition and storage stability of porcine adipose tissue. *Meat Science* 1988;23(37):53-64.
8. Bell JM, Keith MO, Hutcheson DS. Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. *Can J Anim Sci* 1991;71:497-506.
9. Hickling D. *Pasta de canola, guía de la industria alimenticia*. Consejo de canola de Canadá y Aceites grasas y derivados SA de CV. 1998.
10. Pethick DW, Warner RD, D'Souza DN, Dunshea FR. Nutritional manipulation of meat quality. In: Cranwell PD, Australasian Pig Science Association editors. *Manipulating pig production VI*. Werribee, Australia; 1997:91-99.
11. Tejada de Hernández I. *Manual de laboratorio para el análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal*. Tercera reimpresión, México: Sistema de educación continua en producción animal, AC.; 1992.
12. Mariscal G, Ávila E, Tejada I, Cuarón J, Vásquez C. *Contenido de aminoácidos totales y digestibles verdaderos para cerdos*. 1ª ed. Querétaro, México: CNIFyMA, INIFAP; 1998.
13. Southern LL. Digestible amino acids and digestible amino acid requirements for swine. *Biokyowa Technical Review-2*. Chesterfield, MO, USA: Nutri-Quest, Inc.; 1991.
14. Degussa AG. *AminoDat 1.0*. Frankfurt, Alemania: Degussa AG. 1996.
15. *AmiPig*. Ileal standardized amino acid digestibility in feedstuffs for pigs. CD-ROM data base. Association Française de Zootechnie, Ajinomoto-Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, Institut National de la Recherche Agronomique-UMRVP, Institut Technique des Céréales et des Fourrages. 2000.
16. SAS. *SAS/STAT User's Guide (Release 6.12)*. Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1996.
17. Baker DH. *Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation*. Biokyowa Technical Review-9. Chesterfield, MO, USA: Nutri-Quest, Inc.; 1997.
18. Cuarón JA. *Proteína y aminoácidos para cerdos en crecimiento y acabado*. En: Watt Publishing Co editores. *El Foro-99*. Miami, Florida. 1999:119-127.
19. Mejía GC, Montaña BM, Velásquez MA, Cuarón IJA. Estimación in vivo del rendimiento de las canales porcinas mediante ultrasonografía. *Téc Pecu Méx* 1999;37(2):31-38.
20. Cisneros F, Ellis M, Miller KD, Novakofski J, Wilson ER, McKeith FK. Comparison of transverse and longitudinal real time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. *J Anim Sci* 1996;74:2566-2576.
21. NPPC. *National Pork Producers Council. Procedures to evaluate marketing hogs*. 2nd ed. Illinois, USA: National Pork Producers Council; 1988.
22. *Norma mexicana para evaluación de la carne de cerdo en canal*. NMX-FF-81-1993-SCFI. *Diario Oficial de la Federación*. 1993: Tomo CDLXXVII No. 7.
23. Baldoo SK, Mitaru BN, Aherne FX, Blair R. The nutritive value of canola meal for early-weaned pigs. *Anim Feed Sci Technol* 1987;18:45-53.
24. Bell JM, Keith MO. Factors affecting the digestibility by pigs of energy and protein in wheat, barley and sorghum diets supplemented with canola meal. *Anim Feed Sci Technol* 1989;24:253-265.
25. Bell JM, Keith MO. A survey of variation in the chemical composition of commercial canola meal produced in western Canadian crushing plants. *Can J Anim Sci* 1991;71:469-480.
26. Edmons MS, Gonyou WH, Baker HD. Effect of excess levels of methionine, tryptophan, arginine, lysine or threonine on growth and dietary choice in the pig. *J Anim Sci* 1987;65:179.
27. Castañeda SEO, Cuarón IJA. Lysine to protein ratios in growing-finishing pigs [resumen]. *J Anim Sci* 2001;79(Suppl 1):321.
28. Shelton JL, Hermann MD, Strode RM, Brashear GL, Ellis M, McKeith FK, Bidner TD, Southern LL. Effect of different protein sources on growth and carcass traits in growing-finishing pigs. *J Anim Sci* 2001;79:2428-2435.
29. Rojo GA, Balderas OMB, Cuarón IJA. Capacidad de consumo para compensar bajas densidades energéticas en la dieta de cerdos en finalización. *Memorias del Congreso de la Asociación mexicana de especialistas en nutrición animal (AMENA, AC)*. Puerto Vallarta, Jal. [en prensa] 2001.