

Innovador. Resistente. Hecho para generar un valor superior y un mundo más sano.



Pasta de canola

Guía para la industria de forrajes

4ª edición, 2009



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

EDITADO POR:

DR. REX NEWKIRK
DIRECTOR DE BIOCOMBUSTIBLES Y ALIMENTOS BALANCEADOS
CANADIAN INTERNATIONAL GRAINS INSTITUTE



Canadian International Grains Institute
Institut international du Canada pour le grain

INTRODUCCIÓN

Esta guía técnica para el uso de la pasta de canola en los alimentos balanceados para animales es la última de una serie de publicaciones sobre la pasta de canola, producidas por el Consejo de la Canola de Canadá. Esta guía se actualiza periódicamente para incorporar la información reciente proveniente de las investigaciones que se hacen sobre la pasta de la canola y sobre los avances de la tecnología de los alimentos. Desde la última edición en 2001, se han realizado muchas investigaciones en todo el mundo sobre la alimentación a base de pasta de canola, especialmente provenientes de Canadá, Europa y Asia. Entre la información nueva y los cambios que incluye esta versión de la guía, están:

- Información revisada sobre el uso de la pasta de canola en la dieta de gallinas ponedoras
- Factores de procesamiento que influyen en la calidad de la pasta de canola, especialmente la biodisponibilidad de aminoácidos.
- Información acerca de pasta procesada expulsora.
- Información adicional sobre la inclusión de la pasta de canola en la dieta de peces
- Comparación del perfil nutricional de la pasta de canola canadiense con los granos secos de maíz de destilado

Se puede encontrar una copia de esta publicación en el sitio web del Consejo canadiense de la canola: www.canolacouncil.org. Por otra parte, se invita a los usuarios de la canola a que visiten el registro de la base de datos de literatura sobre alimentos de canola y leguminosas, "Pulse-canola Feed Literature Database Record", patrocinado en parte por la Comisión de desarrollo de la canola de Saskatchewan: www.infoharvest.ca/pcd.

CONTENIDO

ANTECEDENTES DE LA PASTA DE CANOLA Y MERCADO	3
PROCESAMIENTO DE LA PASTA DE CANOLA	5
COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES DE LA PASTA DE CANOLA	9
PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE AVES	18
PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE CERDOS	23
PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE GANADO BOVINO	28
PASTA DE CANOLA EN DIETAS ESPECIALES	36
ASPECTOS ECONÓMICOS DE ALIMENTAR CON PASTA DE CANOLA	39
REFERENCIAS	40
CUADROS DE LA COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES EN LA PASTA DE CANOLA	46



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

PASTA DE CANOLA ANTECEDENTES Y MERCADO

La canola es fruto de la colza (*Brassica napus* y *Brassica campestris/rapa*) que se obtuvo mediante técnicas estándar de cruzamiento para obtener niveles bajos de ácido erucico (<2%) en la porción de aceite y bajos niveles de glucosinolatos (<30 µmol/g) en la porción de pasta. La semilla de canola es pequeña y redonda, 1-2 mm de diámetro. Contiene aproximadamente 42-43% de aceite, que se extrae para utilizarse como aceite vegetal comestible de alta calidad. El resto de la pasta de canola es una fuente de proteínas de amplio uso en forrajes. Los glucosinolatos de la colza se redujeron porque son tóxicos y de mal sabor para la mayoría de los animales y, por lo tanto, limitan el nivel de inclusión de la pasta de colza en forrajes a niveles muy bajos. El término "canola" (aceite canadiense ó Canadian oil) se acuñó para distinguirlo de la colza o nabo. Algunos países, especialmente en Europa, usan el término "colza doble cero" (bajo ácido erucico, bajo glucosinolato) para identificar a las semillas, al aceite y a la pasta de "calidad canola".

Las pastas de canola y colza se usan comúnmente en forrajes en todo el mundo. Juntas representan la segunda fuente de proteínas que más se vende después de la pasta de soja. Los principales productores y usuarios de pastas de canola y colza son Australia, Canadá, China, la Unión Europea y la India. La producción de canola en Canadá ha ido aumentando constantemente y actualmente es de aproximadamente 9 millones de toneladas de semilla de canola al año. El Consejo canadiense de la canola tiene por objeto aumentar a 15 millones de toneladas al año para 2015. Aproximadamente la mitad de la semilla se exporta y la otra mitad se tritura en Canadá (Cuadro 1). La mayoría de los países que importan semilla de canola la usan para extraer el aceite, que es su componente más valioso. Trituran la semilla y después, por lo general, utilizan la pasta de canola para la industria de alimentos para animales en su propio país. La pasta de canola se obtiene y comercia fácilmente, y se vende usualmente a granel, como masa o pellets. La pasta de canola canadiense se vende según las reglas que se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 1. PRODUCCIÓN CANADIENSE, EXPORTACIONES Y USO INTERNO DE LA SEMILLA DE LA CANOLA Y LA PASTA DE CANOLA EN 000S DE T*

Producción y mercados de la semilla y la pasta de canola canadiense	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008
Producción de semilla de canola	7,728	9,483	9,000	9,530
Exportaciones de semilla de canola	3,412	5,409	5,451	5,595
Estados Unidos	430	617	602	854
Japón	1,746	1,954	1,958	2,131
China	275	614	860	659
Pakistán	0	590	539	223
México	944	1,274	946	1,231
Emiratos Árabes Unidos	0	181	281	348
Otros	17	358.7	265	149
Molienda nacional	3,031	3,423	3,579	4,144
Producción de pasta de canola	1,904	2,025	2,108	2,445
Exportaciones de pasta de canola	1,414	1,489	1,482	1,856
Estados Unidos	1,328	1,456	1,458	1,799
Otros	86	33	24	57
Uso en Canadá de canola canadiense	497	534	626	589

*Statistics Canada



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



Cuadro 2. REGLAS DE COMERCIO PARA LA PASTA DE CANOLA*

Características (alimentado)	Canadá y EUA	Exportación
Proteína, % mínimo (establecido por COPA o estándar de la industria al momento de envío)	36	-
Grasa (aceite), % mínimo típico	2	-
Proteína + grasa % mínimo	-	37
Humedad + grasa % máximo	-	15
Humedad % máximo	12	12
Fibra cruda % máximo	12	12
Glucosinolates, $\mu\text{mol/g}$ maximum	30	30
Arena y/o sílice % máximo	-	1
Análisis en criba (pellets) % retenidos en criba de 2 mm	-	90

*COPA, 2008

PASTA DE CANOLA PROCESAMIENTO

La semilla de canola se tritura de forma tradicional y se extrae el solvente a fin de separar el aceite de la pasta. Este proceso, llamado extracción del solvente antes del prensado, por lo general incluye:

- limpieza de la semilla
- pre acondicionamiento y descamado de la semilla
- cocción de la semilla
- prensado de la hojuela para remover mecánicamente una porción del aceite
- extracción del solvente de la torta presionada para quitar el resto del aceite
- desolventación y tostado de la pasta

La calidad de la pasta está influida por ciertas variables durante el proceso, especialmente por la temperatura.

LIMPIEZA DE LA SEMILLA

La semilla de la canola se clasifica de acuerdo con estrictas normas de clasificación de la Comisión canadiense de granos (Canadian Grain Commission). Entre estas normas están las especificaciones para el contenido máximo de humedad, el daño de la semilla y el nivel de clorofila. La semilla que llega a la planta de trituración contiene impurezas que se remueven mediante operaciones de limpieza antes del procesamiento.

PRE ACONDICIONAMIENTO Y DESCAMADO DE LA SEMILLA

En muchas plantas de trituración en climas más fríos, la semilla se calienta previamente con secadores de granos hasta llevarla a 35°C para prevenir roturas que pueden ocurrir cuando semillas frías del almacén entran a la unidad de descamado (Unger, 1990). La semilla limpia primero se descama en rodillos ajustados a una separación estrecha para retirar físicamente la cáscara de la semilla. El objetivo, por lo tanto, es romper el mayor número posible de paredes celulares sin dañar la calidad del aceite. El grosor de la hojuela es importante, con un óptimo de 0.3-0.38 mm. Las hojuelas de menos de 0.2 mm son muy frágiles en tanto que las hojuelas de más de 0.4 mm tienen un menor rendimiento de aceite.

COCCIÓN DE LA SEMILLA

Las hojuelas se cuecen/acondicionan pasándolas por una serie de cocinas de tambor calentado por vapor o tipo chimenea. La cocción sirve para romper térmicamente las células de aceite que hayan sobrevivido a la descamación, reducir la viscosidad del aceite y con ello promover la coalescencia de gotas de aceite, aumentar la velocidad de difusión de la torta de aceite preparada, y desnaturalizar las enzimas hidrolíticas. La cocción también ajusta la humedad de las hojuelas, lo que es importante para el buen éxito de las operaciones subsiguientes de preprensado. Al principio de la cocción, la temperatura se aumenta rápidamente a 80-90°C. Este rápido calentamiento sirve para desactivar a la enzima mirosinasa presente en la canola que puede hidrolizar a las pequeñas cantidades de glucosinolatos en la canola y producen productos derivados indeseables que afectan la calidad tanto del aceite como de la pasta.

El ciclo de cocción usualmente dura 15-20 minutos y la temperatura por lo general es de entre 80° y 105°C, con un óptimo de aproximadamente 88°C. En algunos países, especialmente en China, las temperaturas de cocción han sido tradicionalmente de hasta 120°C cuando se procesa la colza con altos glucosinolatos a fin de gasificar algunos de los compuestos de azufre que pueden producir olores en el aceite. Sin embargo, estas altas temperaturas pueden afectar negativamente la calidad de la proteína de la pasta.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



PRENSADO

A continuación, las hojuelas de las semillas cocidas de canola se prensan en una serie de prensas de tornillo o expulsoras. Estas unidades consisten en un eje con un tornillo en rotación dentro de un barril cilíndrico que contiene barras de acero planas, colocadas hacia el borde alrededor de la periferia y espaciadas para permitir que el aceite fluya entre las barras mientras que se detiene la torta dentro del barril. El eje en rotación presiona a la torta contra un obturador ajustable que constriñe parcialmente la descarga de la torta desde el extremo del barril. Esta acción remueve parte del aceite mientras que evita un exceso de presión y temperatura. El objetivo del prensado es remover todo el aceite que se pueda, por lo general de 50 a 60% del contenido de aceite en la semilla, al tiempo que maximiza la salida de las expulsoras y produce una torta ideal para la extracción del solvente.

EXTRACCIÓN DE SOLVENTES

Como el prensado por sí solo no puede remover todo el aceite de la semilla de la canola, se extraen los solventes de la torta para remover el resto del aceite. La torta de las expulsoras, que contiene 18-20% de aceite, en ocasiones se quiebra en piezas uniformes antes de la extracción de solventes en la que se utiliza un solvente (hexano) que se refina específicamente para uso en la industria del aceite vegetal. Se han producido varios diseños mecánicos de extractores de solventes para mover la torta y la miscella (solvente más aceite) en direcciones opuestas a fin de provocar una extracción de contracorriente. Para la canola se usan comúnmente extractores de canasta y lazo continuo. Los principios son los mismos – se deposita la torta en el extractor que luego se inunda con solvente o miscella. Una serie de bombas rocían la miscella sobre la torta y en cada etapa se utiliza una miscella sucesivamente más delgada, por lo que contiene un índice mayor de solvente en relación con el aceite. El solvente se filtra por gravedad a través del lecho de tortas, difundiendo en y saturando a los fragmentos de la torta. El sesecho (pasta saturada de hexano) que sale del extractor de solventes, luego de un lavado con solvente fresco, contiene menos de 1% de aceite.

DESOLVENTADO Y TOSTADO

Se remueve el solvente del sesecho en un desolventizador-tostador. En una serie de compartimentos o calderos se pasa rápidamente la mayor parte del solvente de la pasta calentándolo en varias placas calentadas con vapor. La remoción final del solvente se finaliza inyectando vapor vivo a través de la pasta, proceso conocido como tostado. Durante el proceso de desolventización-tostado se calienta la pasta a 95-115°C y la humedad aumenta a 12-18%. El tiempo total que se pasa en el desolventador-tostador es de aproximadamente 30 minutos. La pasta se enfría luego y se seca con aire hasta llevarla a una humedad de aproximadamente 12%. Luego se granula la pasta a una consistencia uniforme usando un molino de martillo y de ahí se hacen pellets o se envía directamente al almacén como masa.

EFFECTOS DEL PROCESAMIENTO EN LA CALIDAD DE LA PASTA

La calidad de la pasta se puede tanto aumentar como disminuir si se alteran las condiciones de procesamiento en la planta trituratora. Se necesitan temperaturas mínimas de procesamiento a fin de desactivar la enzima mirosinasa que, si no se destruye, va a descomponer a los glucosinolatos en sus metabolitos tóxicos (aglucones) en el aparato digestivo del animal. El proceso de trituración de la canola también puede causar degradación térmica de 30-70% de glucosinolatos en la pasta (Daun y Adolphe, 1997). Sin embargo, si las temperaturas son muy altas durante mucho tiempo, entonces la calidad de la proteína de la pasta puede disminuir. En Canadá, la mayoría de las plantas trituratoras tienen condiciones de procesamiento muy parecidas y la calidad de la pasta de canola no varía mucho. Sin embargo, en algunos países, puede haber variaciones considerables en las temperaturas que se utilizan durante el procesamiento de la canola. En estos casos, es importante para los usuarios de la pasta de canola medir de rutina la calidad de la proteína de la pasta o auditar y aprobar a los proveedores.

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

También, algunos derivados del procesamiento de la canola en ocasiones se regresan a la pasta de canola. En el caso de adición de gomas y grasas de jabón (soapstocks), estos componentes ricos en grasas aumentarán el contenido de energía de la pasta. En el caso de añadido de cribaduras y materia extraña, puede disminuir la calidad de la pasta. Un buen programa de control de calidad de los ingredientes podrá detectar estas diferencias en las prácticas de procesamiento.

TEMPERATURA

La desactivación de la enzima mirosinasa se logra sobre todo durante la etapa de cocción de la semilla de canola. Las primeras investigaciones de Youngs y Wetter (1969) respecto a los pasos para minimizar la hidrólisis de glucosinolatos por la mirosinasa se ha vuelto la práctica regular de procesadores en todo el mundo. El contenido de humedad de la semilla durante el procesamiento debe ser de 6-10%. Con humedad de más del 10% habrá una rápida hidrólisis de glucosinolatos y con humedad de menos del 6% la enzima mirosinasa se desactiva lentamente por el calor. Además, durante la cocción de la semilla, debe elevarse la temperatura a 80-90°C lo más rápidamente posible. La hidrólisis de glucosinolatos por mirosinasa catalizada continuará a medida que aumenta la temperatura hasta que se desactiva la enzima, de modo que una velocidad menor de calor favorece la hidrólisis de glucosinolatos.

‘El exceso de calor durante el procesamiento puede resultar en una menor digestibilidad de algunos de los aminoácidos, en particular la lisina.’

El exceso de calor durante el procesamiento puede resultar en una menor digestibilidad de algunos de los aminoácidos, en particular la lisina. Los procesadores deben ejercer un estricto control del proceso para cerciorarse de que el daño por aminoácidos se reduzca al mínimo, no sobrecalentando la pasta en el desolventador-tostador. Al examinar la calidad de la pasta en varias etapas de procesamiento en varias plantas trituradoras canadienses (Newkirk et al., 2003) se vio que la pasta de canola es un producto uniforme, de alta calidad hasta que entra en la fase del desolventador-tostador. En esta etapa se redujeron de manera significativa la digestibilidad de proteína cruda y lisina, así como el contenido de lisina. Esta investigación de Newkirk señala que las temperaturas comúnmente utilizadas en la etapa desolventador-tostador de 107°C causan cierto daño a la proteína. Procesar con una temperatura máxima de 100°C en el desolventador-tostador aumenta significativamente la digestibilidad de lisina a niveles parecidos a los que se encuentran en la pasta de soya. También, el tostado tradicional hace que el color de la pasta se oscurezca mucho. Esta es una desventaja para algunos fabricantes de alimentos que prefieren usar ingredientes de colores más claros por las preferencias de los clientes.

ADITIVOS

El aceite crudo de canola contiene una porción de material de fosfolípidos que se remueve durante el procesamiento del aceite. Este material se conoce comúnmente como “gomas” y en Canadá se vuelve a añadir a la pasta en el desolventador-tostador a un nivel de 1-2%. También, en las plantas trituradoras que además refinan el aceite, se pueden agregar los ácidos grasos acidulados a la pasta a un nivel de 1-2%. Estos añadidos sirven para reducir el polvo de la pasta y, lo que es más importante, aumentan su valor de energía metabolizable. En algunos países las gomas y grasas de jabón se utilizan para otros fines y no se añaden a la pasta. Esa es la razón principal por la que la pasta de canola canadiense tiene niveles más elevados de aceite que la pasta de otros países.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



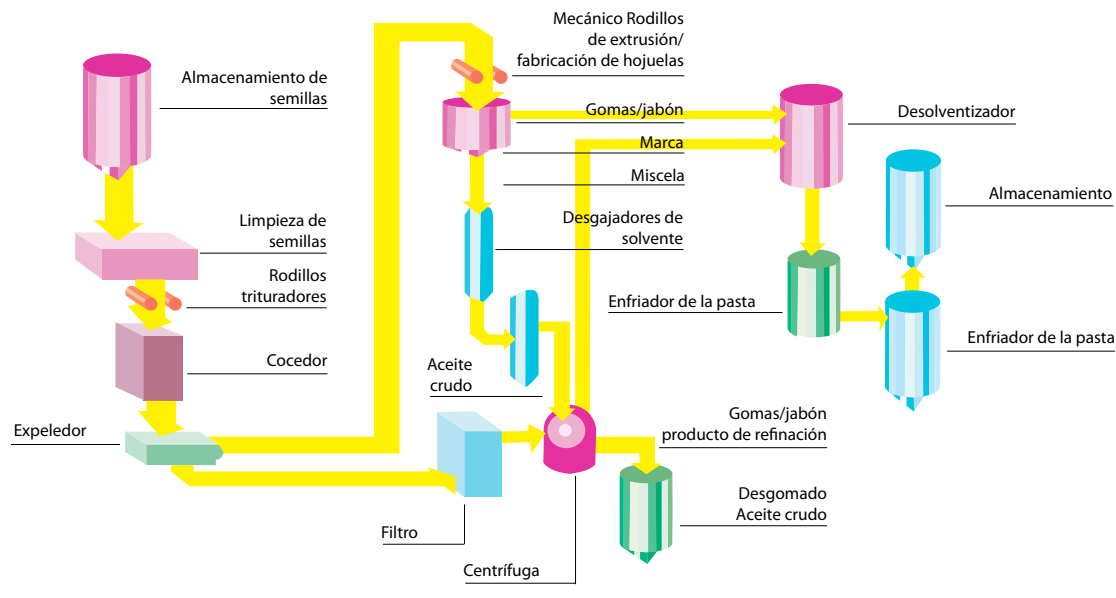
AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

Figura 1. ESQUEMA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL SOLVENTE ANTES DEL PRENSADO



CANOLA DE DOBLE PRENSADO

Una proporción pequeña de semilla de canola canadiense, aproximadamente 300,000 T/año se tritura actualmente por un proceso llamado de doble prensado. Se expulsa dos veces la semilla para extraer aceite en lugar de extraer el aceite residual. Hasta el momento de extracción del solvente, el proceso es parecido al proceso tradicional de extracción del solvente antes del prensado.

Sin embargo, excluye la extracción del solvente, la desolventación, y las etapas de secado y enfriamiento. La pasta que resulta de este proceso tiene un mayor contenido de aceite que puede ser de 8 a 11% y por lo tanto tiene mayor contenido metabolizable, digerible y de energía neta que la pasta que se ha sometido al tradicional extracto de solvente pre prensado. La pasta no se somete a desolventación/tostado, la principal fuente de calor que puede afectar a la pasta sometida a la extracción tradicional de solvente; sin embargo, sigue está sometida a los posibles efectos del calor durante la fricción generada durante el proceso de expulsión. Las temperaturas de la pasta pueden llegar hasta 160°C pero debido al bajo contenido de humedad y la corta duración, la calidad de la proteína por lo general se conserva. Sin embargo, en casos extremos o si la pasta no se enfría rápidamente después de la extracción, se puede afectar la calidad de la proteína.

‘La pasta que resulta de este proceso tiene un mayor contenido de aceite que puede ser de 8 a 11% y por lo tanto tiene mayor contenido metabolizable, digerible y de energía neta que la pasta que se ha sometido al tradicional extracto de solvente pre prensado.’



PASTA DE CANOLA

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

La pasta de canola canadiense está hecha de una mezcla de semillas de *Brassica napus*, *Brassica rapa* y *Brassica Juncea*, mediante una extracción del solvente antes del prensado. La mayoría (> 95%) de la semilla producida en Canadá es *Brassica napus*. La composición nutricional de la pasta de canola se puede ver influida por condiciones ambientales durante el cultivo, las condiciones de la cosecha y, en menor medida, por el *cultivar* y procesamiento de la semilla y la pasta. La composición básica de nutrientes de la pasta de canola figura en el cuadro 1.

PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS

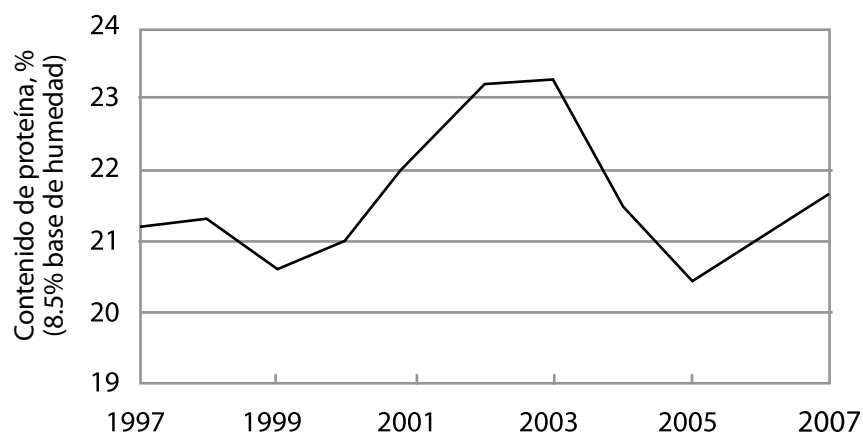
El mínimo de proteína cruda que garantiza la pasta de canola canadiense es de 36.0% (humedad 8.5%), aunque el contenido real de proteína es por lo general de 36-39%. El mínimo permite una variación anual en la composición de la semilla de canola debida a condiciones de cultivo. Además, el triturador de canola tiene cierta influencia en la composición de proteína de la pasta de canola cuando ajusta el nivel de aceite y carbohidratos. La influencia de las condiciones de clima y el suelo en el contenido de proteína de la semilla de canola de 1997 a 2007 se muestra en la Figura 1. Esta publicación utiliza un valor predeterminado de 36% de proteína cruda sobre una base de 88% de materia seca en las tablas de composición nutricional.

Cuadro 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA DE LA PASTA DE CANOLA (HUMEDAD 12%)

Componente	Promedio
Proteína cruda (N x 6.25 : %)	36
Proteína desviada del rumen (%)	35
Aceite (%)	3.5
Ácido linoléico (%)	0.6
Ceniza	6.1
Fibra cruda (%)	12.0
Taninos (%)	1.5
Sinapina	1.0
Ácido fítico (%)	3.3
Glucosinolatos (µmol/g)	7.2 ¹

¹Newkirk *et al.*, 2003a

Figura 1. CONTENIDO DE PROTEÍNA DE LA SEMILLA DE CANOLA 1997-2007 (8.5% DE HUMEDAD) *



*CGC, 2007



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



La pasta de canola tiene un buen perfil de aminoácidos para alimento de animales (Cuadro 2). Al igual que muchas fuentes de proteína vegetal, la pasta de canola está limitada en lisina pero se destaca por tener altos niveles de metionina y cistina. El contenido de aminoácidos varía con el contenido de proteína y se puede calcular multiplicando el contenido de proteína cruda de la pasta por una proporción de amino como porcentaje de la proteína, como se muestra en el Cuadro 2. La digestibilidad biológica de los aminoácidos esenciales para absorción en el intestino delgado de cerdos y aves se presenta en el Cuadro 3. Para los cerdos, la verdadera digestibilidad ileal varía 82-100%. Estos valores por lo general son 10% menos que para la pasta de soya. La situación para aves es similar.

Cuadro 2. COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DE LA PASTA DE CANOLA SOBRE UNA BASE DE SEGÚN SE RECIBIÓ*

Aminoácido	Promedio % (36% base PC)	Proporción, como % de PC
Alanina	1.57	4.36
Arginina	2.08	5.78
Aspartato + Asparagina	2.61	7.25
Cistina	0.86	2.39
Glutamato + Glutamina	6.53	18.14
Glicina	1.77	4.92
Histidina	1.12	3.11
Isoleucina	1.56	4.33
Leucina	2.54	7.06
Lisina	2.00	5.56
Metionina	0.74	2.06
Metionina + cistina	1.60	4.44
Fenilalanina	1.38	3.83
Prolina	2.15	5.97
Serina	1.44	4.00
Treonina	1.58	4.39
Triptófano	0.48**	1.33**
Tirosina	1.16**	3.22**
Valina	1.97	5.47

*Newkirk et al., 2003a

** Degussa, Aminodat®3.0 www.aminoacidsandmore.com

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD



Cuadro 3. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LOS AMINOÁCIDOS PARA CERDOS Y AVES

Amino-ácidos	Cerdos digestibilidad ileal aparente (%) ¹	Cerdos digestibilidad ileal estándar (%) ¹	Pollo de engorda digestibilidad ileal aparente (%) ²	Pavo digestibilidad ileal aparente (%) ³	Pato digestibilidad ileal aparente (%) ³
Alanina	78	80	79	75	66
Arginina	86	87	86	79	71
Aspartato + asparagina	74	76	75	72	60
Cistina	80	81	74	67	67
Glutamato + glutamina	85	87	82	86	81
Glicina	76	78	73	72	59
Histidina	83	84	84		
Isoleucina	77	78	72	75	65
Leucina	81	82	76	79	73
Lisina	74	75	78	76	66
Metionina	86	87	79	86	80
Fenilalanina	81	83	81	75	73
Prolina	76	78	75	n/a	n/a
Serina	76	78	71	74	70
Treonina	72	75	69	73	64
Triptófano	77	80	78 ⁴	n/a	n/a
Tirosina	77	80	58 ⁵	n/a	n/a
Valina	75	77	76	72	62

¹Sauvant et al., 2002

²Newkirk et al., 2003a

³Kluth and Rodehutschord, 2006

⁴Ravindran et al 2006

⁵Perttilä et al 2002

La proteína desviada del rumen de la pasta de canola es 35% (Cuadro 1) y se discute con más detalle en la sección "La pasta de canola en la dieta del ganado".

Como se indica en la sección "Procesamiento de la pasta de canola", las investigaciones de Newkirk et al. (2003^a) y Newkirk et al. (2003 b) han demostrado que las temperaturas en el procesamiento son la razón principal de una menor bio-disponibilidad de aminoácidos. Aunque las temperaturas en el procesamiento son relativamente constantes en las compañías trituradoras de canola canadiense, es prudente que los usuarios de la pasta de canola hagan un monitoreo de la bio-disponibilidad como parte de sus programas de control de calidad.

Hay dos pruebas rápidas in vitro que se correlacionan con la digestibilidad de aminoácidos: la prueba de solubilidad de nitrógeno KOH y la prueba NDIN, detergente neutro nitrógeno insoluble. Anderson-Haferman et al. (1993) hicieron los primeros intentos de calcular rápidamente la disponibilidad de aminoácidos en la pasta de canola adaptando la prueba de solubilidad de nitrógeno KOH que se ha usado ampliamente en la pasta de soja. Daun y Kisilowsky (1999) mejoraron todavía más la metodología de la prueba KOH. Recientemente, sin embargo, Newkirk et al. (2000) evaluaron la NDIN como medida de la digestibilidad de la proteína y aminoácidos de la pasta de canola y encontraron que los valores de NDIN (expresados como porcentaje de la proteína total) por debajo del 10% indican una pasta de canola con más de 85% de disponibilidad de lisina. EL método NDIN, al parecer, ofrece mayor exactitud en la predicción que el índice de solubilidad KOH ($R^2 = 0.77$ vs. 0.59). También reportaron que se podía usar una espectroscopia de reflectancia casi infrarroja, NIR, como herramienta rápida y precisa para predecir la disponibilidad de lisina en la pasta de canola ($R^2 = 0.92$).



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

ACEITE

El contenido de aceite de la pasta de canola canadiense es relativamente alto al 3.5% (Cuadro 1) comparado con el 1-2% en las pastas de canola que se produce en la mayoría de los demás países, sobre todo porque en Canadá se devuelven las gomas de canola a la pasta de canola a 1-2%. Las gomas se obtienen durante la refinación del aceite de canola y consiste en glicolípidos, fosfolípidos y cantidades variables de triglicéridos, esteroides, ácidos grasos, etc. Añadir gomas a la pasta de canola aumenta el valor energético de la pasta de canola. Se ha mostrado que añadir hasta 6% de gomas a la pasta de canola no va en detrimento del valor alimenticio de la pasta de canola para los pollos de engorda o las gallinas ponedoras (Summers et al., 1978) y los cerdos (McCuaig y Bell, 1981), cuando se agregan gomas a la pasta de canola a niveles más altos que los que agregan los procesadores canadienses de semilla de canola no tuvo efectos adversos en el valor alimenticio de la pasta para estos animales. Asimismo, los procesadores en Canadá también le devuelven a la pasta 1-2% de los ácidos grasos acidulados que se derivan de la refinación del aceite de canola.

CARBOHIDRATOS Y FIBRA

La matriz de carbohidratos de la pasta de canola es bastante compleja. Los niveles de almidón, azúcares libres y polisacáridos solubles, no fécula en la pasta de canola tienen un total de cerca del 15% (Cuadro 4), lo que debería dar como resultado una aportación significativa a la energía digerible. Sin embargo, parece que estos carbohidratos están protegidos por paredes celulares y que su aportación real a la energía digerible es modesta (Bell, 1993; Slominski y Campbell, 1990). El 11.7% de fibra cruda es mayor que en la pasta de soya porque, a diferencia de la pasta, la cáscara de la canola se queda con la pasta y la cáscara es una proporción relativamente elevada de la semilla de canola. La pasta de canola contiene una cantidad moderada de fibra detergente ácido (FDA), pero un nivel relativamente bajo de fibra detergente neutro (FDN). Esta relación relativamente baja FDN/FDA puede ser benéfica cuando se alimenta a los rumiantes con pasta de canola.

MINERALES

La mayoría de las referencias sobre el contenido mineral de la pasta de canola usan los valores derivados por Bell y Keith (1991) que fueron reconfirmados en un estudio de Nell et al. (1999). Los datos muestran que la pasta de canola es una fuente relativamente buena de minerales esenciales (Cuadro 5) comparada con otras pastas de oleaginosas de origen vegetal.

La pasta de canola es una fuente especialmente buena de selenio y fósforo. Igual que otras fuentes vegetales de fósforo donde está presente como fitato, la biodisponibilidad se calcula

que es de 30-50% del nivel total de fósforo. El contenido de sodio de la canola puede variar algo según si las grasas de jabón de la refinación (usualmente sales de sodio de los ácidos grasos) se agregan a la pasta.

Cuadro 4. COMPONENTES DE CARBOHIDRATOS EN LA PASTA DE CANOLA (12% DE HUMEDAD)

Componente	Promedio
Almidón (%)	5.1
Sucrosa (%)	6.7**
Sucrose (%)	6.2**
Fructosa + glucosa (%)	0.5**
Celulosa (%)	4.5
Oligosacáridos (%)	2.2
Polisacáridos no amiláceos (%)	15.7
Polisacáridos no amiláceos solubles (%)	1.4
Polisacáridos no amiláceos insolubles (%)	14.4
Fibra cruda (%)	11.7
Fibra detergente ácido (%)	16.8
Lignina detergente ácido (%)	5.1
Fibra detergente neutro (%)	20.7
Total fibra alimentaria (%)	32.3

*Bell, 1993; Slominski y Campbell, 1990; **Classen, 2005, datos no publicados

Cuadro 5. CONTENIDO DE MINERALES DE LA PASTA DE CANOLA (12% DE HUMEDAD)*

Mineral	Promedio
Calcio (%)	0.62
Fósforo (%)	1.06
F disponible (%)	0.3-0.5**
Sodio (%)	0.10
Cloro (%)	0.10
Potasio (%)	1.20
Azufre (%)	0.83
Magnesio (%)	0.53
Cobre (mg/kg)	5.7
Hierro (mg/kg)	162
Manganesio (mg/kg)	51
Molibdeno (mg/kg)	1.4
Zinc (mg/kg)	57
Selenio (mg/kg)	1.1***
Balance de electrolitos Meq/kg (K+Na-Cl)	324***
Diferencia cation-anion en la diet mEq/kg (K+Na-Cl-S)	-193****

*Bell and Keith, 1991; Bell et al., 1999

** Puede ser preferible un valor más elevado para aves maduras

***Sauvant, 2002

****Valor aproximado basado en contenido promedio de minerales. Calculado como lo describe Sauvant, 2002 usando las ecuaciones: Balance de electrolitos = $1000 * (K/39 + N/23 - Cl/35.5)$, Diferencia cation-anion en la dieta = $1000 * (k/39 + N/23 - Cl/35.5 - S/16)$ donde K, N, Cl y S se expresan en g/kg

VITAMINAS

La información del contenido de vitaminas de la pasta de canola es muy limitada, pero al parecer la pasta es rica en colina, biotina, ácido fólico, niacina, riboflavina y tiamina (Cuadro 6). Como se recomienda para la mayoría de las fuentes naturales de vitaminas en los forrajes, los usuarios no deben depender demasiado en estos valores y deben utilizar premezclas con suplementos de vitaminas.

Cuadro 6. CONTENIDO DE VITAMINAS DE LA PASTA DE CANOLA (HUMEDAD 12%)*

Vitamina	Cantidad
Biotina (mg/kg)	0.96
Colina (mg/kg)	6500
Ácido fólico (mg/kg)	0.8
Niacina (mg/kg)	156
Ácido pantotenico (mg/kg)	9.3
Piridoxina (mg/kg)	7.0
Riboflavina (mg/kg)	5.7
Tiamina (mg/kg)	5.1
Vitamina E (mg/kg)	13

*Valores reportados por la NRC, 1998



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

ENERGÍA

Los valores de energía de la pasta de canola para varios tipos de animales figuran en el Cuadro 7. Se reconoce que los niveles de energía varían según varíe la composición nutricional – especialmente la proteína, el aceite y la fibra. Los valores de energía en el Cuadro 7 reflejan la composición de la pasta de canola producida en Canadá. Para los pollos de engorda, los valores apropiados AMEn y TME para la pasta de canola son 2000 y 2070 kcal/kg (NRC, 1994), respectivamente. Las gallinas ponedoras maduras pueden derivar aproximadamente 25% más energía de la pasta de canola que las aves jóvenes y por lo tanto tienen un valor estimado AMEn de 2390 kcal/kg (Perez-Maldonado, 2003). Los valores AMEn reportados van desde 1410 (Sauvant et al., 2002) hasta 2390 kcal/kg (Perez-Maldonado, 2000). Los valores reportados por la NRC (1994) son 2000 Kcal/kg, que representan la mitad del rango y son los que se utilizan en esta publicación.

Para los cerdos, hay cierta variabilidad en niveles de energía, según lo reportado en distintas bases de datos. Estudios realizados en Canadá y en Europa señalan que la fracción de energía de la pasta es 68-73% digerible (Bell et al., 1991; Bell y Keith, 1989; Sauvant, 2002). Para el ganado, se adoptaron los valores TDN, DE, ME y NE de la 7ª edición de los Requerimientos de nutrientes para el ganado lechero, (NRC, 2001). Estos valores coinciden con las ediciones anteriores de esta guía y con los citados por Hill (1991). Valores menores a los mostrados pueden aplicarse a terneras con desarrollo inmaduro del rumen.

GLUCOSINOLATOS

El bajo contenido de glucosinolatos de la canola, comparado con cultivares anteriores de colza, constituye la principal mejoría en la calidad de la pasta que lograron los fitogenetistas. Los glucosinolatos de la canola se componen de dos tipos principales, alifáticos e indolyl. Los glucosinolatos alifáticos comprenden aproximadamente un 85% de los glucosinolatos presentes en la pasta de canola, mientras que los glucosinolatos de indolyl representan otro 15% (Newkirk et al., 2003a). El contenido total de glucosinolatos en la pasta de canola canadiense es de aproximadamente 7.2 µmol/g (Newkirk et al., 2003a). En comparación, la pasta de colza tradicional contiene 120-150 µmol/g de glucosinolatos en total.

El problema de los glucosinolatos es que se descomponen en aglucones tóxicos, que tienen una serie de efectos negativos en los animales. Hay muchos tipos de glucosinolatos con distintos productos derivados – tiocianato, isotiocianato, oxazolidinotione (goitrina) y nitrilos. Cada uno de estos productos va a tener efectos singulares en el animal – la mayoría inhibe la producción de la hormona tiroidea pero algunos afectan el hígado. La razón por la que los glucosinolatos se expresan en unidades moleculares (µmol/g) y no en peso (mg/kg) es que los glucosinolatos tienen pesos moleculares significativamente distintos, según el tamaño de su cadena de conexión alifática. Como el efecto negativo en el animal es a nivel molecular, el cálculo más exacto de este efecto se puede calibrar expresando la concentración de glucosinolatos en una base molecular. Además de los efectos tóxicos de los glucosinolatos, su sabor amargo provoca menos ingestión por parte de los animales. El nivel de glucosinolatos en la canola canadiense ha seguido disminuyendo en los últimos años debido a la presión de los fitogenetistas canadienses para que haya una selección, de modo que ha dejado de ser problema. Los niveles de glucosinolatos en la semilla de canola canadiense antes de procesarse se pueden ver en la Figura 2.

Cuadro 7. VALORES DE ENERGÍA EN LA PASTA DE CANOLA (12% DE HUMEDAD)

Animal		Valor promedio
Pollos de engorda*	AMEn (kcal/kg)	2000
	TME (kcal/kg)	2070
Gallinas ponedoras**	AMEn (kcal/kg)	2390
Cerdos ***	DE (kcal/kg)	3100
	ME (kcal/kg)	2900
	NE (kcal/kg)	1750
Ganado bovino ****	TDN (%)	63.0
	DE (kcal/kg)	3100
	ME (kcal/kg)	2480
	NEM (Mcal/kg)	1.690
	NEG (Mcal/kg)	1.130
	NEL Mcal/kg)	1.580

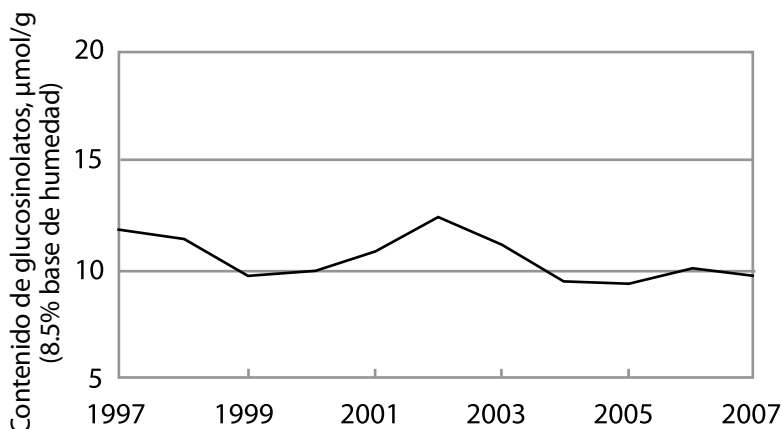
*NRC, 1994

** Perez-Maldonado, 2003

*** Bell et al., 1991; Bell and Keith, 1989; Bourdon and Aumaitre, 1990; Ajinomoto, 1996

****NRC, 2001

Figura 2. CONTENIDO DE GLUCOSINOLATOS EN LA SEMILLA DE CANOLA, 1997-2007
($\mu\text{MOL/G}$, 8.5% DE HUMEDAD)*



*CGC, 2007

OTROS COMPONENTES MENORES

Hay unos cuantos componentes menores en la pasta de canola que pueden tener efectos anti nutricionales (Bell, 1993). Los taninos están presentes en la pasta de canola en un rango de 1.5-3.0%, y las variedades de semilla color café tienen niveles más altos que las semillas de color amatillo. Al parecer, los taninos en la pasta de canola no tienen los mismos efectos negativos de mal sabor y digestibilidad de la proteína que tienen en otras plantas.

La pasta de canola contiene 0.6-1.8% de sinapina, que puede resultar en un sabor a pescado en los huevos de gallinas de ciertas cepas. Tradicionalmente se ha pensado que la sinapina da un sabor amargo a la canola y que, por lo tanto, puede afectar la ingestión de alimento o el rendimiento de los pollos de engorda (Clandini, 1961). Las obras recientes de Oiao y Classen (2003) mostraron que aunque la sinapina puede tener un sabor amargo, a los niveles que existe en la pasta de canola no afectó ni la ingestión ni el índice de crecimiento. Es interesante señalar que los extractos de sinapina purificada mejoraron el metabolismo de la energía en la dieta y la digestibilidad de la proteína, lo que sugiere que puede no ser anti nutriente, sino que por el contrario puede tener efectos positivos singulares en el aprovechamiento de los nutrientes y la función intestinal. La pasta de canola contiene también aproximadamente 0.85% de fósforo unido al ácido fítico lo que no es muy digerible para los animales con un solo estómago.

COMPARACIÓN DE NUTRIENTES DE PASTAS DE CANOLA DE DISTINTAS FUENTES

La mayoría de las bases de datos de ingredientes de forrajes en el mundo contienen listas de los valores nutricionales de la pasta de canola y/o colza. No es de sorprender que haya diferencias en los valores nutritivos de las referencias, tal y como se ilustra en el Cuadro 8. Algunas de estas diferencias se deben a las variaciones de la composición nutricional de la semilla entre los países. Mientras que otras se deben al procesamiento. La pasta de canola que se produce en Canadá generalmente tiene un nivel más alto de aceite y un nivel más bajo de proteína que la pasta de canola/colza europea o asiática, sobre todo porque las compañías trituradoras de canola en Canadá acostumbran añadir algo de las gomas que resultan de la trituración y algunas grasas de jabón luego de la refinación del aceite. Este contenido extra de aceite de 1.0% en la pasta de canola canadiense aumenta su valor de metabolismo de energía para cerdos y aves en aproximadamente 100 kcal/kg. También existen diferencias entre las referencias respecto a los niveles de NDF, donde los niveles canadienses son, por lo general más bajos. No está claro por qué hay discrepancia en esto, pero los valores canadienses son uniformes entre distintos laboratorios y distintas muestras. Además, el nivel de lisina en la pasta de canola china es más baja que en otras referencias, no obstante que tiene un alto nivel de proteína cruda. Las altas temperaturas que se usan en el procesamiento de la canola en China probablemente den como resultado valores más bajos de lisina.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

Cuadro 8. COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PASTA DE CANOLA ENTRE DISTINTAS BASES DE DATOS EN LA LITERATURA Y DIFERENTES ORÍGENES DE LA PASTA DE CANOLA/COLZA

Nutriente, Como se recibe (%)	Canadá	Australia*	China**	Europa**	Pakistán***	alimentos 2008****	NRC Aves 1994	NRC Cerdos 1998	NRC Ganado lechero 2001
Proteína cruda	36	37.3	37.0	34.0	40.11	38.0	36.9	35.6	33.9
Aceite	3.5	3.4	2.3	2.50	2.03	3.8	3.7	3.5	3.1
Fibra cruda	11.7	9.9	12.1	12.4	12.8	11.1	11.6	-	9.7
Ceniza	6.1	7.3	8.6	7.0	10.1	7.8	-	-	6.2
FDA	16.8	16.4	21.9	18.2	-	-	-	17.2	16.8
FDN	20.7	24.1	35.1	28.1	-	-	-	21.2	32.1
Calcio	0.62	0.56	0.71	0.76	-	0.68	0.66	0.63	0.79
Fósforo	1.06	0.96	1.04	1.13	-	1.17	1.13	1.01	1.06
Lisina	2.00	2.02	1.64	1.86	1.86	2.02	1.71	2.08	1.85
Met + Cis	1.60	1.60	1.62	1.49	1.77	1.74	1.39	1.65	1.56
Thr	1.58	1.56	1.49	1.49	1.56	1.50	1.35	1.59	1.41
Trp	0.48	5.1	0.45	0.42	-	0.46	0.39	0.45	0.35

*Spragg and Mailer, 2007

**Feedbase, 2001

***Nadeem et al., 2005

****2008 Feedstuffs Reference Issue & Buyers Guide

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ACEITE Y DE LA SEMILLA DE CANOLA

Los valores de nutrientes fundamentales para el aceite y la semilla de canola figuran en el Cuadro 9. La mayoría de los valores de nutrientes de la semilla de canola se pueden calcular a partir de los valores de nutrientes en la pasta y el aceite de canola, sabiendo que aproximadamente el 57% de la semilla es pasta y el 43% es aceite. La excepción es el contenido de energía, porque el valor de energía de la semilla de canola no se puede calcular de manera confiable simplemente sumando los valores para el aceite y la pasta. Para cerdos y aves la semilla tiene menos energía que la suma de sus componentes de aceite y pasta. Esto se debe probablemente a que la semilla entera de canola no se procesa al mismo grado que el aceite y la pasta de canola y, por ello, no se digiere tan bien. Para aumentar su digestibilidad de energía, con frecuencia se usa un tratamiento de calor y la reducción del tamaño de la partícula de la semilla de canola por micronización, extrusión o expansión.

Cuadro 9. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA SEMILLA Y DEL ACEITE DE CANOLA (BASE: COMO SE ALIMENTÓ)

Nutriente, base: tal cual es	Aceite de canola	Semilla de canola
Materia seca	100	93
Proteína cruda	0	20
Aceite	100	43
Fibra cruda	0	7.2
Aves TME _n	9210*	4487**
Cerdo DE	8760***	5231****
Cerdo ME	8410***	5087****
Cerdo NE	5365***	3989****
Rumiantes TDN*****	184	118
Humeantes NEmanten*****	5650	3050
Remantes NEengorda*****	3890	2213
Humeantes NELact*****	5650	3274
Ácido linoleico (C18:2)	21.0	9.0
Ácido linolenico (C18:3)	12.0	5.1

*NRC, 1994

** Barbour and Sim, 1991

***NRC, 1998

****Sauvant et al., 2004

*****NRC, 2001

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PASTA DE CANOLA DE EXPULSOR

Las plantas de oleaginosas más pequeñas, como algunas asociadas con ciertas plantas de bio-combustible, o en regiones donde hay poca semilla de canola disponible, se usa un procesamiento de doble prensado y expulsora en lugar de extracción de solvente debido a un menor costo de capital. Sin embargo, como el aceite se extrae simplemente por medios mecánicos, la pasta resultante contiene mucho más aceite que la pasta de canola obtenida por el método estándar de extracción de solvente. El perfil nutricional de la pasta es parecido al de la pasta de canola, sólo que contiene 8-15% de grasa y por lo tanto valores de energía mucho más elevados. Se usan varios términos para diferenciar las pastas por extracción de solvente o extraídas en expulsora. Los términos que se usan comúnmente para describir a la pasta son, entre otros, pasta de expulsora, pasta de prensa doble y torta prensada. La composición nutricional de la pasta de expulsora aparece en los Cuadros 10-12. El contenido de grasa puede variar ampliamente, de modo que es importante que se analice la torta de la expulsora para saber cuál es el valor de grasa y se pueda ajustar la energía según convenga.

Cuadro 10. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PASTAS DE EXPULSORA (SEGÚN SE RECIBE)*

Nutriente	Unidades
Humedad (%)	7.1
Proteína pura (%)	36.3
Grasa pura (extracto de éter) (%)	11.1
Ácido linoléico (%)	2.4
Fibra cruda (%)	10.6
Fibra detergente neutro (%)	24.1
Fibra detergente ácido (%)	16.9
Azúcares libres (%)	9.8
No almidones (%)	13.7
Cenizas (%)	6.3
Glucosinolatos (umol/g)	5.3
Rumen desviado (% of protein)	30
Proteína no degradable (%)	10.8

* Spragg and Mailer, 2007

Cuadro 11. CONTENIDO Y DISPONIBILIDAD DE AMINOÁCIDOS (% SEGÚN SE RECIBIÓ Y % DE PC) EN LA PASTA DE CANOLA DE EXPULSORA*

Aminoácido	%	% de PC	Digestibilidad ileal aparente en aves %	Digestibilidad ileal aparente en cerdos %
Metionina	0.70	1.98	78	86
Cistina	0.86	2.44	73.5	80
Met + Cis	1.56	4.43	75	83
Lisina	1.97	5.59	78	74
Treonina	1.50	4.25	68.9	72
Triptófano	0.49	1.37	78	77
Arginina	2.15	6.09	86.2	86
Isoleucina	1.39	3.92	71.6	77
Leucina	2.43	6.88	76.2	81
Valina	1.79	5.08	75.7	75
Histidina	0.95	2.68	83.5	83
Fenilalanina	1.41	3.99	81.1	81

*Spragg and Mailer, 2007

Cuadro 12. VALORES DE ENERGÍA DISPONIBLE PARA PASTA DE CANOLA DE EXPULSORA (11% GRASA, 12% HUMEDAD)

Animal	Valores promedio
Pollos*	AMEn (kcal/kg) 2340
Cerdos**	DE (kcal/kg) 3320
Ganado bovino***	TDN (%) 69.0
	DE (Mcal/kg) 3.44
	ME (Mcal/kg) 2.75
	NEM (Mcal/kg) 1.76
	NEG (Mcal/kg) 1.25
	NEL (Mcal/kg) 1.76

*Perez-Maldonado, 2003

** Van Barneveld, 1998

***NRC, 2001- es necesario observar que estos valores son para una pasta que contiene 5.4% de grasa y debe ajustarse según el contenido real de grasa



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD



PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE AVES

Se usa pasta de canola en todo tipo de alimentos para aves. Sin embargo, dado el relativamente bajo valor de energía para las aves, se favorece por razones económicas en las gallinas ponedoras y en pavos, más que en los alimentos de alta energía para pollos de engorda. Además, algunos usuarios de forraje han expresado ciertas opiniones en contra de usar pasta de canola en el alimento de las aves por razones de salud y rendimiento, incluso hemorragias en el hígado en las ponedoras, tamaño reducido de los huevos, problemas en las piernas de los pollos de engorda, menor ingestión de alimento y menor índice de crecimiento. La opinión negativa de la pasta de canola es inmerecida ya que casi todos estos problemas se pueden eliminar, o por lo menos manejar con eficiencia, una vez entendidos ciertos puntos fundamentales en las áreas de digestibilidad de aminoácidos, efectos de glucosinolatos y balance de minerales en la dieta.

DISPONIBILIDAD DE AMINOÁCIDOS

Esencial en el uso de altos niveles de pasta de canola en el alimento de aves es equilibrar las dietas a mínimos digeribles de aminoácidos. La digestibilidad de aminoácidos esenciales es menor en la pasta de canola que en la pasta de soya, tal y como figura en el Cuadro 1.

Cuadro 1. COEFICIENTES VERDADEROS DE DIGESTIBILIDAD EN LAS AVES DE ALGUNOS AMINOÁCIDOS ESENCIALES EN LA PASTA DE CANOLA Y LA PASTA DE SOYA

Aminoácido	Digestibilidad de pasta de canola (%)	Digestibilidad de pasta de soya (%)
Lisina*	0.79	0.90
Metionina*	0.92	0.93
Cistina**	0.82	0.82
Treonina*	0.71	0.81
Triptófano***	0.78	0.84

*Huang et al., 2006

**Nadeem et al., 2005

***Ravindran et al., 2006

Estas diferencias en digestibilidad de aminoácidos pueden ser significativas en la formulación práctica del forraje y, en los casos de altos niveles de inclusión de pasta de canola, si no se da el margen necesario, pueden resultar en una disminución del 5-10% del rendimiento de las aves (índice de crecimiento). El asunto de la menor digestibilidad de aminoácidos en la pasta de canola, comparada con la pasta de soya, ya no es importante. Desde principios de los años 90 la mayoría de los usuarios de forraje en el mundo han estado balanceando las dietas en función de la digestibilidad en lugar de en función del total de niveles de aminoácidos.

ENZIMAS

Varios investigadores han usado enzimas en la dieta tratando de aumentar la digestibilidad de proteínas, fósforo y carbohidratos en la pasta de canola. (Kocher et al., 2000; Mandal et al., 2005; Meng et al., 2005; Meng and Slominski, 2005; Meng et al., 2006; Ravindran et al., 1999; Ramesh et al., 2006; Simbaya et al., 1996; Slominski and Campbell, 1990).

La adición de fitasa microbiana a la dieta para elevar la disponibilidad de fósforo es ya lugar común debido al alto costo del fósforo y por razones ambientales. Se ha demostrado también que la fitasa aumenta la digestibilidad de aminoácidos. Ravindran et al. (1999) observaron en promedio un aumento del 2% en la digestibilidad de aminoácidos en la pasta de canola cuando se le pone el suplemento de 1,200 FTU/kg de fitasa. En su mayoría, los estudios sobre el uso de celulasas o enzimas que degradan los polisacáridos no amiláceos (NSP) para mejorar la pasta de canola no han logrado demostrar que haya mejorías significativas. Meng y Slominski (2005) examinaron los efectos de añadir un complejo multi-enzimas (xilanasas, glucanasas, pectinasas, celulasas, mannanasas y galactonasas) a la dieta de los pollos de engorda. La combinación de enzimas aumentó la digestibilidad total de polisacáridos no amiláceos en el tracto en la pasta de canola, pero no se observaron mejorías en la digestibilidad de nutrientes o en el rendimiento de los animales. En la práctica es común el uso de enzimas dietéticas en los forrajes de las aves, especialmente en los que contienen cebada y trigo, pero el beneficio de usarlos en la pasta de canola no ha quedado claramente demostrado hasta ahora.

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

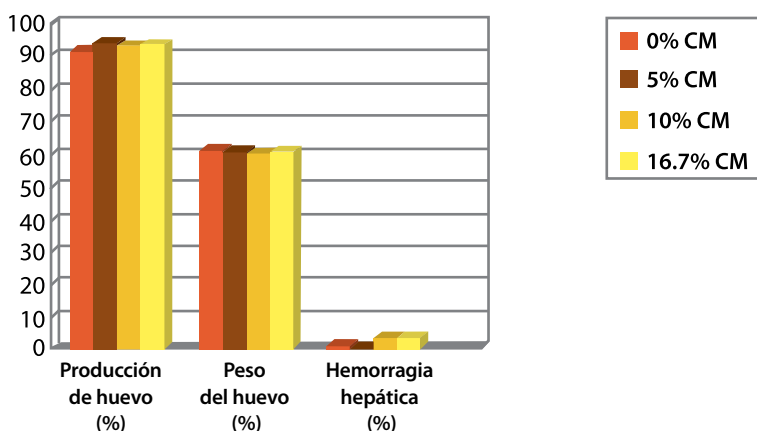
ESPECIALIDAD

GALLINAS PONEDORAS

Las pasta de canola es un ingrediente del alimento de las gallinas ponedoras comerciales, de uso común y eficaz en términos económicos. Se han realizado varios estudios sobre los efectos de la pasta de canola en la producción de huevos y en otros parámetros (Pérez-Maldonado y Barram, 2004; Kaminska, 2003; Badshah et al., 2001; Kiiskinen, 1989; Nasser et al., 1985; Robblee et al., 1986). La pasta de canola es un apoyo para los niveles altos de producción de huevos y no tiene ningún efecto sobre la cantidad de huevos que se producen. Tampoco se vio ninguna diferencia significativa en la ingestión de alimento ni en el tamaño del huevo cuando se incluye pasta de canola, aunque en algunos casos parece haber una pequeña disminución numérica en ambos cuando se añade la pasta de canola a la dieta. En particular, en estudios anteriores se observó un efecto negativo en el tamaño de los huevos (Summers et al., 1988 a,b), pero en experimentos más recientes no ha sido así (Pérez-Maldonado y Barram, 2004; Marcu et al., 2005; Badshah et al., 2001, Classen 2008, datos no publicados Figura 1). Hay una excepción notable: Kaminska (2003) observó una disminución lineal en el peso del huevo pero no en la producción cuando se sustituyó la pasta de canola por pasta de soja. Un escrutinio mayor de este estudio revela que las dietas se formularon sobre una base de proteína cruda y no se dio cuenta de las diferencias en contenido y disponibilidad de aminoácidos cuando se sustituyó la pasta de canola por pasta de soja. El contenido total de lisina fue de 0.75% en el control de soja pero sólo de 0.72% en los tratamientos con pasta de canola.

Según parece, la reducción en el peso del huevo en este estudio y en los estudios anteriores probablemente se debió a una deficiencia marginal en aminoácidos esenciales, posiblemente lisina. El trabajo de Novak et al. (2004) apoya esta hipótesis. Aumentaron la ingestión de lisina de 860 mg a 959 mg/d y observaron un aumento de 59.0-60.2 g en el peso del huevo, pero la lisina añadida no tuvo ningún efecto en los índices de producción de huevo. Basándose en estos hallazgos parecería que la pasta de canola se puede usar eficazmente a niveles elevados en la dieta de las gallinas ponedoras sin afectar de modo negativo el rendimiento o el peso del huevo, siempre y cuando la formulación de la dieta se haga sobre un contenido de aminoácidos digerible. La Figura 1 muestra los resultados de un estudio reciente realizado en la Universidad de Saskatchewan en el que se indica un rendimiento excelente al tiempo que se mantiene el peso del huevo durante las 40 semanas de duración del estudio.

Figura 1. EFECTOS SOBRE PRODUCCIÓN DE HUEVO, PESO DEL HUEVO Y MORTALIDAD POR HEMORRAGIA HEPÁTICA CUANDO SE ALIMENTA CON PASTA DE CANOLA (CM) A GALLINAS PONEDORAS (PROMEDIO DE 40 SEMANAS DE PRODUCCIÓN – CLASSEN 2008, DATOS NO PUBLICADOS)



Tradicionalmente, la inclusión de pasta de canola en la dieta de las gallinas ponedoras se limitaba a un máximo de 10% debido a una posible relación entre un bajo nivel de mortalidad por hemorragia hepática y la pasta de canola en el alimento (Butler et al., 1982; Campbell y Slominski, 1991). Sin embargo, según parece esto era el resultado de glucosinolatos residuales encontrados en las variedades iniciales de canola. (Campbell y Slominski, 1991). La ingeniería genética de las plantas ha reducido el nivel de glucosinolatos a un punto en el que actualmente son una tercera parte de los que había en las primeras variedades de canola y que se usaron en estos estudios. En estudios más recientes con variedades bajas en glucosinolatos no se observaron aumentos estadísticamente significativos de las hemorragias hepáticas incluso cuando se incluye hasta un 17% de pasta de canola en la dieta (Classen, 2008, datos no publicados); sin embargo, hubo un pequeño aumento numérico (Figura 1).

Un efecto interesante de la pasta de canola y la pasta de colza en las gallinas ponedoras de huevos color café es la incidencia de sabor a pescado en los huevos (Butler et al., 1982). Algunas gallinas ponedoras de huevos color café al parecer producen niveles más bajos de trimetilamina oxidasa que los legornos



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



blancos. Por lo tanto, la trimetilamina no puede oxidarse y en vez de ello pasa a la yema, dándole un sabor a pescado. La canola y la colza son susceptibles porque tienen niveles más altos de colina y sinapina (precursores de la trimetilamina) que otros ingredientes. También, la goitrina y los taninos inhiben la enzima. Por lo consiguiente, en Norteamérica debe usarse un límite de 3% de pasta de canola o pasta de colza en las dietas de las gallinas ponedoras de huevo color café. En algunos otros países se usan niveles más altos (5-10%) porque históricamente se han usado niveles más altos de pasta de pescado en los piensos y los consumidores no protestan por el sabor de pescado en los huevos (Pérez-Maldonado y Barram, 2004). Últimamente, los investigadores han logrado identificar el defecto genético que lleva a la producción de huevos con color y están buscando la eliminación de este defecto en la producción de cría (Honkatukia et al., 2005; Classen, 2008, comunicación personal). Es posible que esto ya no sea problema en los próximos años si los programas de cría de aves logran implementar un proceso para separar a los animales que tengan este defecto.

POLLOS DE CRÍA

La pasta de canola no tiene ningún efecto negativo en la fecundidad o incubación del huevo en el caso de legornos de cría (Kiiskinen, 1989; Nasser et al., 1985). Los resultados del primer estudio de incubación figuran en el Cuadro 2. El peso promedio del pollo de un día de nacido disminuyó a medida que se aumentó la pasta de canola y el peso de la tiroides de pollos de una semana aumentó a medida que se aumentaron los niveles de pasta de canola. La disminución en el peso del pollo no resultó en un deterioro de la función productiva de las aves en su producción de huevo posterior. Un estudio más reciente de Ahmadi et al. (2006) se ocupó de los efectos de agregar 0, 10, 20 o 30% de pasta de canola a la dieta de pollos de cría. Llegaron a la conclusión de que es posible usar eficazmente la pasta de canola en la dieta de los pollos de cría sin afectar la producción, el peso del huevo o la calidad del pollo. Sin embargo, el resumen se consigue únicamente en inglés así que el documento no fue revisado por el autor en detalle. Dado el posible efecto en el huevo y peso del pollo y en vista de la falta de estudios actuales sobre el uso de la pasta de canola en la dieta de los pollos de cría, muchos fabricantes de forraje no usan la pasta de canola, o la limitan a bajos niveles de inclusión en los alimentos de pollos de cría.

Cuadro 2. EFECTOS SOBRE LA FECUNDIDAD E INCUBACIÓN DEL HUEVO Y CALIDAD DEL POLLO QUE TIENE LA PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE POLLOS DE CRÍA*

Medida	Control	Canola 5%	Canola 10%
Producción de huevo (%)	79.5	79.8	80.3
Peso del huevo, g	58.9	58.2	57.7
Fecundidad (%)	95.9	94.4	94.0
Incubación (%)	86.8	88.8	87.8
Pollos vivos/365 d	242	244	242
Peso del polluelo, g	40.1	38.5	37.5
Peso de tiroides, mg/100g BW	7.53	8.30	8.97

*Kiiskinen et al., 1989

POLLOS DE ENGORDA

Los bajos niveles de glucosinolatos que quedan en la pasta de canola no afectan de manera negativa la mortalidad o ingestión de alimento de los pollos de engorda. Hay dos estudios recientes que muestran que es posible usar eficazmente la pasta de canola en la dieta de los pollos de engorda hasta en 30% sin afectar el rendimiento, siempre y cuando las dietas se formulen sobre una base de aminoácidos digeribles (Newkirk y Classen, 2002; Ramesh et al. 2006). Sin embargo, en el Oeste de Canadá no se usa la pasta de canola en los forrajes de pollos de engorda más que de manera muy limitada. Normalmente, la menor energía en la pasta de canola comparada con otras fuentes de proteína como la pasta de soya limita su uso por razones económicas en los alimentos de pollos de engorda de alta energía. En las dietas a base de cebada y trigo, la pasta de canola se usa normalmente a menos de 10% debido a su nivel más bajo de energía. En los alimentos a base de maíz, el nivel de inclusión de la pasta de canola que conviene por razones económicas es más alto.

Se ha sabido desde hace mucho que incluir en el alimento de pollos de engorda la pasta de colza (alta en glucosinolatos) puede resultar en una mayor incidencia de problemas en las piernas, especialmente discondroplasia de la tibia. Los problemas en las piernas se han aliviado hasta cierto punto, pero no totalmente, cuando se incluye la pasta de canola. Esto nos indica que los glucosinolatos eran responsables en parte pero no totalmente. Summers et al. (1990, 1992) mostraron que esta condición está más relacionada

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

con los niveles de azufre (componente de los glucosinolatos) más que con el efecto tóxico de los glucosinolatos. Observaron que si se alimenta azufre orgánico, en forma de cistina, se provoca una mayor incidencia de problemas de piernas. Es bien sabido que el azufre interfiere con la absorción de calcio. Al dar calcio extra como suplemento se ayuda en cierta medida, pero se aconseja tener cuidado ya que demasiado calcio en la dieta deprime la ingestión de alimento. Otros trabajos de Summers y Bedford (1994) mostraron que el problema se complica aún más por el balance de electrolitos, o más exactamente el balance catión-anión en las dietas de pasta de canola. La pasta de canola contiene menos potasio (1.2%) que la pasta de soya (1.9%), de modo que el balance de electrolitos es menor en una dieta basada en pasta de canola, comparada con pasta de soya. Más aún, cuando se considera el balance total catión-anión los niveles más altos de azufre y fósforo en la pasta de canola resultan en un balance positivo aún menor de cationes en la dieta. Los autores mostraron que la ingestión de alimento en los pollos de engorda está correlacionado de manera positiva con el balance catión-anión. Esto sugiere que la disminución que se observa comúnmente en la ingestión de alimento cuando se incluye pasta de canola en los alimentos de los pollos de engorda está relacionada con los niveles de catión y anión en la dieta. Esto nos lleva entonces a pensar que si se aumentan los niveles de cationes en la dieta se corregirá el problema. Los intentos de lograr esto agregando carbonato de calcio extra han tenido un éxito marginal, probablemente por los efectos depresores de ingestión que tiene el calcio.

‘...la ingestión de alimento en los pollos de engorda está correlacionado de manera positiva con el balance catión-anión.’

Si se añade bicarbonato de potasio a la dieta probablemente es preferible ya que corrige el problema en la fuente. Una última preocupación respecto a dar como alimento la pasta de canola a los pollos de engorda tiene que ver con el procesamiento del pollo. La pasta de canola tiene cáscara de semilla de canola y estas partículas cóncavas se llegan a pegar en la parte interna del tracto digestivo. Si el tracto gastrointestinal se rasga durante el procesamiento, entonces las cáscaras negras de la canola se pueden pegar a la canal ocasionando una degradación. La solución común en la industria es excluir la pasta de canola del alimento durante los cinco días anteriores al mercado. Esto se consigue por lo general no poniendo pasta de canola en el alimento del animal en finalización para retirar coccidiostatos.

PAVOS

Un estudio de Waibel et al. (1992) demostró que la pasta de canola es excelente fuente de proteína para los pavos en crecimiento. En efecto, es práctica comercial común alimentar con altos niveles de pasta de canola a los pavos en crecimiento y etapa de finalización. El estudio de Waibel ilustra la importancia de balancear las raciones de forma apropiada cuando se sustituyen las fuentes de proteína. Cuando se añadió la pasta de canola a un 20% a la dieta sin mantener niveles de energía iguales a los niveles esenciales de aminoácidos, disminuyeron el crecimiento y la eficiencia en conversión del alimento. Sin embargo, cuando se agregó grasa animal extra y se mantuvieron constantes los niveles de aminoácidos, el rendimiento fue igual o mayor a la dieta control. Al igual que con otras especies, es importante que las dietas estén formuladas sobre una base de aminoácidos digerible. Las digestibilidades ileales de los aminoácidos figuran en el cuadro 3, Coeficientes de digestibilidad de aminoácidos para cerdos y aves en la sección de composición nutricional. En algunas regiones la pasta de canola a menudo se incluye en la dieta de pavos a niveles muy por encima del 20%. En este caso, es importante cerciorarse de que el balance de electrolitos de la dieta final se encuentra en el rango apropiado. El balance de electrolitos de la pasta de canola (Na+ K-Cl) es de aproximadamente 324 mEq/kg. Sin embargo, la pasta de canola contiene una cantidad importante de azufre y esto también debe considerarse (Na+K-Cl-S = -193 mEq/Kg).

PATOS Y GANSOS

La pasta de canola forma parte del alimento de los patos y de los gansos de manera común y no hay problema cuando se agrega al alimento de otras aves. De hecho, los gansos tienen una capacidad digestiva mayor que otros tipos de aves y al parecer digieren la pasta de canola de manera más eficiente (Jamroz et al., 1992). La digestibilidad de aminoácidos de la pasta de canola en patos figura en el Cuadro 3 en la sección de Composición nutricional de la pasta de canola. La pasta de canola y la pasta de soya tienen una digestibilidad similar en los patos (Kluth y Rodehutschord, 2006).



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



LA PASTA DE CANOLA DE EXPULSORAS EN LAS RACIONES DE LAS AVES

La pasta de canola es excelente fuente de proteína para las aves, pero el contenido de energía de la pasta de canola donde se ha extraído el solvente puede ser una limitante para su uso en las dietas de aves de crecimiento rápido. Debido al alto contenido de aceite, la pasta de canola de expulsora contiene aproximadamente 32% más de energía que la pasta donde se ha extraído el solvente (Cuadro 12, p. 17) y se puede usar como fuente única de proteína en la dieta sin añadir grasas adicionales a la dieta. La pasta de expulsoras también contiene altos niveles del ácido graso esencial, el ácido linoléico, con lo que cumple los requisitos del ave sin suplemento adicional de grasas. La pasta de canola de expulsoras puede también usarse como fuente de proteína eficaz para los pavos. Palander et al. (2004) estudiaron los efectos de dar pasta de canola a pavos en crecimiento en digestibilidad de proteína y encontraron coeficientes de digestibilidad iguales a los de la pasta estándar con solvente extraído, pre prensada. El contenido de grasa de la pasta es distinto en cada fuente, de modo que es necesario hacer pruebas de rutina al producto y se debe ajustar el valor de energía consecuentemente. La AMEn de la pasta se puede calcular mediante la ecuación $1800 + (\% \text{ de grasa} * 80) = \text{kcal/kg}$. Por ejemplo, una pasta con 10% de grasa tendría una AMEn aproximada de $1800 + (10*80) = 2600 \text{ kcal/kg}$.

‘La pasta de canola es excelente fuente de proteína para las aves, pero el contenido de energía de la pasta de canola donde se ha extraído el solvente puede ser una limitante para su uso en las dietas de aves de crecimiento rápido.’

ALIMENTO CON SEMILLA Y ACEITE DE CANOLA

De rutina se agrega al alimento el aceite de canola como fuente de energía de los pollos en engorda. Además de su valor de energía, es buena fuente de ácido linoléico. Las dietas de los pollos de engorda en la primera etapa, basadas en cebada o trigo en lugar de maíz pueden resultar deficientes en ácido linoléico especialmente cuando las demás fuentes de grasa alimentaria están saturadas, como el cebo, por ejemplo. En estas situaciones, es común añadir 1.0-1.5% de aceite de canola a la dieta. La grasa entera de canola, luego del tratamiento con calor y la reducción del tamaño de la partícula, es un sustento protéico y un ingrediente de energía muy importante en los alimentos de pollos de engorda en países como Dinamarca.

NIVELES MÁXIMOS DE INCLUSIÓN DE PASTA DE CANOLA

Los niveles máximos de inclusión que se recomiendan y las razones para limitar el uso de la pasta de canola en las dietas de las aves figuran en el Cuadro 3 a continuación. Se trata de recomendaciones de cautela, pero basadas en técnicas de formulación del alimento – donde se da cuenta de la digestibilidad de aminoácidos y el balance catión-anión. Es posible garantizar niveles de inclusión de pasta de canola más elevados, si son atractivos desde el punto de vista económico.

Cuadro 3. NIVELES MÁXIMOS RECOMENDADOS DE INCLUSIÓN DE PASTA DE CANOLA (%) EN DIETAS DE AVES

Tipo de dieta animal	Nivel máximo de inclusión	Razones para el nivel máximo de inclusión
Pollos de iniciación	10	-
Pollos en crecimiento	20	Nivel de energía
Pavo en crecimiento	30	-
Gallina ponedora	10	Posibles efectos en mortalidad
Ave de cría	5	Menor tamaño de huevos y de peso del polluelo
Pato y ganso	15	-

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

PASTA DE CANOLA EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

INTRODUCCIÓN

La gestación de la canola a partir de la colza ha hecho de la pasta de canola un alimento convencional para los cerdos, en especial para los cerdos en desarrollo-finalización. Los esfuerzos de ingeniería genética en la canola para reducir las concentraciones de los principales factores anti-nutritivos, glucosinolatos y ácido eurístico fueron revolucionarios. Estos adelantos produjeron una pasta de canola con un valor nutricional mayor que la pasta de colza. La pasta de canola es mejor aceptada por los cerdos, pero todavía quedan ciertas limitaciones en el perfil nutritivo digestible de la pasta de canola, especialmente por lo que se refiere a la energía. Por lo tanto, la pasta de canola se incluye actualmente en las dietas de los cerdos principalmente para ofrecer aminoácidos.

La adopción en Norteamérica de sistemas más exactos de evaluación de la calidad para energía y aminoácidos compensará una reducción inesperada de rendimiento que se había relacionado en el pasado con la pasta de canola. Concretamente, los aminoácidos se deben caracterizar como aminoácidos estandarizados o de verdadera digestión ileal (Stein et al., 2007). Más aún, el sistema de energía neta caracteriza con mayor precisión el valor de energía de la pasta de canola en comparación con otros alimentos. La implementación del sistema NE parece crucial para el uso efectivo de derivados como la pasta de canola en la dieta de los cerdos (Noblet et al., 1993), aunque la pasta de canola se ha introducido con buen éxito en las dietas de cerdos usando los sistemas DE y ME para la evaluación de la energía alimentaria. Las restricciones para niveles de inclusión de la pasta de canola se van a mantener para garantizar que no ocurran reducciones en la ingestión voluntaria.

Según la relación entre precio y valor nutritivo, va a variar la inclusión de la pasta de canola en la dieta de los cerdos. El valor nutricional de la pasta de canola se entiende razonablemente bien, y la principal limitante para valor e inclusión de la pasta de canola en la dieta de los cerdos es el contenido de energía disponible, especialmente cuando se mide como energía neta.

La pasta de canola es un ingrediente rentable en la dieta de los cerdos en todo el mundo. Hay informes recientes de Australia, Alemania y Sudáfrica que indican que la creación de la marca canola ha sido un éxito y que el término 'pasta de canola' se ha vuelto algo común en todo el mundo (Brand et al., 2001; Mullan et al.; Roth-Maier, 2004). En algunos países, sin embargo, se mantienen las restricciones al uso de la pasta de canola debido a una falta de entendimiento de la diferencia entre pasta de canola y pasta de colza. La pasta de colza sigue teniendo un alto contenido de glucosinolatos y hay razones válidas para preocuparse por su toxicidad y mal sabor, mientras que la pasta de canola tiene un bajo contenido de glucosinolatos y no es tóxica. En el pasado, una mala información sobre la evaluación de la calidad del alimento para el nutriente digerible de la pasta de canola ha dado como resultado algunos problemas de mal rendimiento de los cerdos. Los datos actuales muestran claramente que las dietas que contienen pasta de canola, cuando están bien formuladas, van a apoyar altos niveles de rendimiento eficiente en cuanto al crecimiento.

DIGESTIBILIDAD DE AMINOÁCIDOS

Elemento fundamental para usar altos niveles de pasta de canola en la dieta de los cerdos es tener un balance correcto de la dieta para aminoácidos digeribles. Más aún, es necesario monitorear la proteína cruda y el contenido de humedad de la pasta de canola. Hay experimentos recientes que sugieren claramente que los aminoácidos en la dieta de los cerdos deben formularse sobre la base de la digestibilidad verdadera o estandarizada de los aminoácidos (Nyachoti et al., 1997). La digestibilidad de los aminoácidos esenciales es menor en la pasta de canola que en la pasta de soya [National Research Council (NRC), 1998].

Las dietas de los cerdos deben formularse para aminoácidos digeribles. Cuando la pasta de canola sustituye a la pasta de soya en la dieta, los niveles globales de aminoácidos digeribles, especialmente lisina y treonina, disminuirán si la dieta está balanceada a niveles totales de aminoácidos. Actualmente, las dietas de los cerdos se formulan de rutina a niveles de aminoácidos más que total de aminoácidos. Las dietas en ensayos anteriores de alimentación con pasta de canola estaban balanceadas a los mismos niveles de proteína cruda, aminoácidos totales esenciales y energía. Sin embargo, se observó un índice menor de crecimiento en el cerdo, comparado con los animales alimentados con pasta de soya (Baidoo et al., 1987; Bell et al., 1991; McIntosh et al., 1986), porque los niveles de lisina digerible disminuyeron en la medida en que aumentó el nivel de inclusión de pasta de canola en la dieta. Desde entonces, los ensayos de alimentación con pasta de canola en cerdos en etapa de crecimiento-finalización, donde las dietas estaban balanceadas a los mismos niveles de lisina digerible, (Hickling, 1994; Hickling, 1996; King et al., 2001; Mateo et al., 1998; Mullan et al., 2000; Patience et al., 1996; Raj et al., 2000; Robertson et al., 2000; Roth-Maier, 2004; Siljander-Rasi et al., 1996) resultaron en un índice de crecimiento equivalente a la pasta de soya, hasta en niveles muy altos de inclusión de pasta de canola.

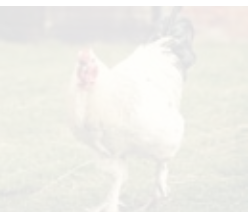


AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



TOLERANCIA A LOS GLUCOSINOLATOS

Los glucosinolatos son un factor principal anti-nutricional para los cerdos. Durante el desarrollo de la pasta de canola, varios investigadores definieron el nivel máximo de glucosinolatos que los cerdos pueden tolerar. En una revisión de las primeras investigaciones sobre la pasta de canola, se sugirió un nivel máximo de 2.5 $\mu\text{mol/g}$ de glucosinolatos (Bell 1993). Dos estudios subsecuentes apoyaron esta recomendación en general (Schone et al., 1997 a, 1997 b). En el primer estudio, cerdos en desarrollo con un peso aproximado de 20-50 kg fueron alimentados con una serie de dietas que contenían los mismos niveles de pasta de canola, pero que variaban en el contenido total de glucosinolatos de 0-19 $\mu\text{mol/g}$ (Schone et al., 1997a). Un nivel mayor de a los 2.4 $\mu\text{mol/g}$ de glucosinolatos en la dieta tuvo efectos negativos en la ingestión de alimento, el índice de crecimiento y función tiroidea. En el segundo estudio, el máximo nivel inocuo se determinó a 2.0 $\mu\text{mol/g}$ de la dieta (Shone et al., 1997b). Dado que la pasta de canola canadiense contiene en promedio 6 $\mu\text{mol/g}$ de glucosinolatos, esto correspondería a un nivel máximo de inclusión de canola de 33% en la dieta de cerdos en desarrollo. Estudios recientes han demostrado que los cerdos en desarrollo-finalización tendrán un buen rendimiento con dietas que contengan hasta 25% de pasta de canola (por ej. Brand et al., 2001), lo que resultaría en un contenido de glucosinolatos en la dieta de aproximadamente 1.5-2 $\mu\text{mol/g}$. El glucosinato de la canola y por ende el de la dieta que contiene pasta de canola varía. Un estudio reciente con dietas que contienen 26% de pasta de canola midió 2.2 $\mu\text{mol/g}$ de glucosinolatos. El nivel máximo tolerable de glucosinolatos en las dietas de los cerdos sigue siendo de interés, y los esfuerzos de los fitogenetistas en la canola seguirán enfocados a una mayor reducción que garantice que los glucosinolatos no sean factor limitante para alcanzar niveles de inclusión de pasta de canola más altos de 25%.

‘Estudios recientes han demostrado que los cerdos en desarrollo-finalización tendrán un buen rendimiento con dietas que contengan hasta 25% de pasta de canola...’

INGESTIÓN DE ALIMENTO

El efecto que tiene un ingrediente en el alimento balanceado sobre la ingestión de alimento en los cerdos es algo difícil de evaluar objetivamente porque son muchos los factores involucrados (Nyachoti et al., 2004). Variables como el mal sabor del ingrediente, el nivel de inclusión en la dieta, otros ingredientes en la mezcla del alimento, energía del alimento y contenido de fibra (densidad a granel) y balance de minerales en el alimento van a tener influencia sobre la ingestión de alimento. Para la pasta de canola, hay varios factores con la posibilidad de influir de forma negativa en la ingestión de alimento, como glucosinolatos, taninos, sinapina, fibra y balance mineral. Sin duda, la principal influencia negativa que tiene el alto contenido de glucosinolatos de la pasta de colza sobre la ingestión de alimento es la que producen los glucosinolatos. Además de sus efectos anti-nutricionales, los glucosinolatos tienen un sabor amargo para muchos animales. La pasta de canola, con sus niveles muy bajos de glucosinolatos, tiene un sabor mucho más neutro. Otras causas además de los glucosinolatos probablemente tienen un efecto en las situaciones donde se observa una reducción en la ingestión de la dieta con pasta de canola (los lechones, por ejemplo).

CERDOS DE INICIACIÓN (6-20 KG)

Para cerdos en iniciación, es necesario limitar los niveles de pasta de canola en la dieta. El rendimiento en cuanto a peso de los lechones vivos muestra una tendencia a disminuir en la medida en que aumentan los niveles de pasta de canola en la dieta. El menor rendimiento de los lechones probablemente se debe a los niveles de fibra y a la presencia de taninos, sinapina y (tal vez) glucosinolatos en la pasta (Bourdon y Aumaitres, 1990; Lee y Hill, 1983). Generalmente, los productores se resisten a usar pasta de canola en la dieta de los cerdos en iniciación hasta un peso de 20 kg, pero les gusta introducir la pasta de canola a niveles de hasta 5% en etapas posteriores del periodo de iniciación para facilitar la transición a dietas que contienen niveles más elevados de pasta de canola.

CERDOS EN DESARROLLO Y FINALIZACIÓN (20-100 KG)

En las etapas de desarrollo y finalización de los cerdos, se puede usar la pasta de canola a niveles más elevados y será un apoyo para un rendimiento excelente. Una serie de estudios han mostrado que cuando las dietas están balanceadas para niveles de aminoácidos digeribles, el rendimiento es el mismo que con la pasta e soya con niveles de inclusión de la pasta de canola de hasta 25% (Brand et al., 2001; Hickling, 1994; Hickling, 1996; King et al., 2001; Mateo et al., 1998; Patience et al., 1996; Raj et al., 2000; Robertson et al., 2000; Siljander-Rasi et al., 1996; Roth-Maier, 2004). Dos de estos estudios se presentan en detalle. El

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

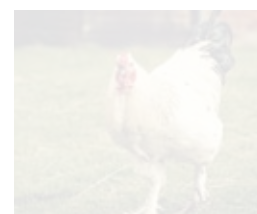
Consejo canadiense de la canola patrocinó una serie de ensayos de alimentación en cerdos en desarrollo y finalización en Canadá, México y las Filipinas para demostrar que con dietas balanceadas para aminoácidos digeribles se mejoran los resultados e rendimiento.

ENSAYOS DE ALIMENTACIÓN CANADIENSES

Se llevaron a cabo tres ensayos de alimentación en el Oeste de Canadá – en Manitoba, Saskatchewan y Alberta. Los ensayos se realizaron en distintas épocas del año y en cerdos de distinta genética. Las composiciones globales de la dieta fueron las mismas en los tres lugares. Las dietas se balancearon para mínimos digeribles de lisina y treonina, considerados como el primer y segundo aminoácido limitante (se balancearon las dietas para la composición ideal de proteína aminoácido). Se usó lisina en suplemento HCl para cumplir con los mínimos de lisina digerible. Los mínimos de treonina digerible se cumplieron a partir de fuentes naturales más elevadas en la dieta – el nivel de proteína cruda aumentó en las dietas de tratamiento con pasta de canola. Las dietas fueron isocalóricas, cosa que se logró mediante el aumento de la cantidad de trigo en relación con la cebada en las dietas de tratamiento con pasta de canola. La composición de la dieta y los resultados combinados de los ensayos de alimentación aparecen en el cuadro 1 (Hickling, 1994). El rendimiento de los cerdos fue equivalente, tanto numéricamente como estadísticamente, para las tres dietas. Al contrario de lo que se cree comúnmente, no hubo disminución de la ingestión de alimento cuando se aumentaron los niveles de pasta de canola en la dieta. No hubo diferencia en la calidad del canal del cerdo, medido por rendimiento porcentual y por índice de grasa dorsal.

Cuadro 1. RESULTADOS DEL ENSAYO ALIMENTARIO CANADIENSE – PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE CERDOS EN DESARROLLO (20-60 KG) Y EN FINALIZACIÓN (60-100 KG) DIETAS SUPLEMENTADAS CON PASTA DE SOYA (PSOYA) Y PASTA DE CANOLA (P C) (HICKLING, 1994)

Ingredientes	En desarrollo			Finalización		
	P Soya	MED P C	Alta P C	P Soya	MED P C	Alta P C
Cebada	62	53	48	60	48	40
Trigo	13	20	24	19	29	35
Pasta de soya	20	16	13	16	10	5
Pasta de canola	-	6	10	-	8	15
Aceite de canola	1	1	1	1	1	1
L-lisina	.04	.07	.10	.06	.12	.15
Otros	4	4	4	4	4	4
Nutrientes						
Proteína cruda (%)	17.6	17.8	17.9	16.4	16.5	16.6
DE (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Lisina total (%)	.94	.94	.95	.81	.82	.83
Lisina digerible (%)	.75	.75	.75	.65	.65	.65
Total met + cist (%)	.61	.64	.66	.54	.59	.63
Met + cist digerible (%)	.49	.52	.54	.43	.48	.51
Treo total (%)	.66	.66	.67	.56	.58	.59
Treo digerible (%)	.47	.47	.47	.40	.40	.40
Rendimiento						
Prom.diario alim. kg	1.905	1.928	1.887	3.061	3.113	3.083
Prom.diario aumento kg	.456	.765	.767	.841	.830	.822
Relación alimento/aumento	2.52	2.52	2.46	3.64	3.75	3.75
Periodo total (20-100 KG)						
Prom.diario alim. kg	2.461		2.498		2.465	
Prom.diario aumento kg	.799		.798		.795	
Relación alimento/aumento	3.08		3.13		3.10	
Rendimiento porcentual (%)	78		78		78	
Índice de grasa dorsal	107		107		107	



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

ENSAYOS DE ALIMENTACIÓN EN MÉXICO

Se hicieron tres ensayos alimenticios en los estados de Nuevo León, Sonora y Michoacán en México (Hickling, 1996). El objetivo fue duplicar el rendimiento que se encontró en los ensayos de alimentación en Canadá, pero utilizando ingredientes mexicanos (en dos de los ensayos de alimentación se empleó sorgo como grano base en la dieta y en el tercero se usó maíz) y condiciones mexicanas (medio ambiente, genética y gestión de los cerdos). Además, la pasta de canola que se usó en los ensayos se produjo a partir de semillas de canola canadiense triturada en México. El diseño fue muy semejante al de los ensayos canadienses. Se emplearon tres tratamientos dietéticos – un control, una dieta con contenido medio de pasta de canola y uno con alto contenido de pasta de canola. Se balancearon las dietas para un mínimo de aminoácidos digeribles, proteína ideal y niveles de energía iguales. El Cuadro 2 muestra las dietas y los resultados. Al igual que con los resultados canadienses, se observó crecimiento, eficiencia del alimento y rendimiento de calidad de canal equivalentes. El rendimiento entre las locaciones varió debido principalmente a la genética de los cerdos y a los efectos de las estaciones.

Cuadro 2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ALIMENTACIÓN EN MÉXICO: RENDIMIENTO PROMEDIO DE LOS CERDOS EN INICIACIÓN (20-60 KG) Y EN INICIACIÓN (60-100 KG) ALIMENTADOS CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON PASTA DE SOYA (P SOYA) Y PASTA DE CANOLA (P C) (HICKLING, 1996)

Ingredientes	Desarrollo						Finalización					
	P Soya		MED P C		Alta P C		P Soya		MED P C		Alta P C	
Sorgo	72	-	68	-	667	-	76	-	72	-	70	-
Maíz	-	72	-	67	-	66	-	76	-	72	-	70
Pasta de soya	24	24	19	20	16	17	20	19	13	12	10	9
Pasta de canola	-	-	8	8	12	12	-	-	10	10	15	15
Cebo	-	-	1	1	2	1	-	-	1	1	2	1
L-lisina	-	-	.33	-	.47	-	-	-	.50	.50	.70	.70
Otro	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	3	5

Nutrientes

Proteína cruda (%)	17.6	17.7	17.9	16.0	16.2	16.4
DE (kcal/kg)	3150	3150	3150	3160	3160	3160
Total lisina (%)	.92	.93	.94	.81	.82	.83
Lisina digerible (%)	.75	.75	.75	.65	.65	.65
Total met + cist (%)	.58	.63	.65	.55	.58	.61
Met + cist digerible (%)	.45	.47	.49	.41	.44	.46
Total Tre (%)	.71	.71	.72	.63	.63	.64
Tre digerible (%)	.53	.53	.53	.47	.47	.47

Rendimiento

Prom. diario alim. kg	2.17	2.23	2.18	3.22	3.21	3.12
Prom. diario aumento, kg	.778	.773	.764	.851	.833	.824
Rel. Alim/aumento	2.78	2.87	2.86	3.79	3.85	3.79

Periodo total (20-100 kg)

	P Soya	Med P C	Alta P C
Prom. diario alim. kg	2.72	2.74	2.67
Prom. diario aumento, kg	.818	.807	.797
Rel. Alim/aumento	3.32	3.39	3.35
Rendimiento de carne, %	48.6	48.8	49.3
Grasa dorsal en canal, cm	2.38	2.33	2.15



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

CERDOS DE CRÍA

La pasta de canola se ha aceptado de buena gana para las dietas de las cerdas y las cerdas jóvenes tanto en periodos de gestación como de lactancia. Flipot y Dufour (1977) no encontraron ninguna diferencia en el rendimiento reproductor entre cerdas alimentadas con dietas con o sin 10% de pasta de canola. Lee et al. (1985) no encontró ninguna diferencia en el rendimiento reproductor de cerdas jóvenes de una misma camada. Estudios realizados en la Universidad de Alberta (Lewis et al., 1978) no encontraron ninguna diferencia en el rendimiento reproductor de cerdas jóvenes en dos ciclos de reproducción cuando se les alimentó con dietas que contenían hasta 12% de pasta de canola. Últimamente, niveles de 20% de pasta de canola no afectaron el rendimiento de cerdas lactantes (King et al., 2001). Los resultados sugieren que la pasta de canola puede ser la principal fuente suplemental en la dieta de cerdas y cerdas jóvenes para todas las etapas de reproducción. La pasta de canola puede estar restringida en la dieta de cerdas cuando la fórmula se hace para un máximo de niveles de fibra para limitar la fermentación en el epigastrio. En su mayoría, los productores actualmente aceptan la pasta de canola como fuente de proteína alternativa suplemental para las cerdas. Existe sin embargo todavía cierta preocupación infundada acerca de la ingestión diaria de alimento de las cerdas lactantes a las que se alimenta con dietas a base de pasta de canola. Estas preocupaciones no se apoyan en investigaciones.

ALIMENTACIÓN CON PASTA DE CANOLA DE EXPULSORA

La pasta de canola de expulsora es una excelente fuente de energía y proteína en las porciones de los cerdos. Brand et al. (2001) estudiaron los efectos de añadir tortas de canola de expulsoras en las porciones de los animales en desarrollo- finalización. Las dietas estaban compuestas de hasta 29.2% de pasta de expulsora y no se encontraron efectos en la ingestión de alimento, la conversión del alimento o el aumento de peso vivo, lo que indica que la pasta es un ingrediente efectivo. En Manitoba, Canadá, una planta de doble prensado procesa aproximadamente 1000 T/día de canola y la pasta resultante se utiliza mucho como fuente de proteína para todas las especies de animales, pero se usa mucho en la región en las porciones para los cerdos y en muchos casos sustituye por completo a la soya en la dieta. Al igual que con otras especies es importante que se analice el contenido de grasa de la pasta antes de la formulación y que se asigne el contenido de energía consecuentemente.

El contenido de grasa de la pasta de expulsora varía entre cada una de las fuentes, de manera que es necesario probar el producto de rutina y ajustar el valor de energía consecuentemente. El contenido de energía de la pasta en Kcal/kg se puede calcular como $DE=2464 + (\% \text{grasa} * 63)$, $ME = 2237 + (\% \text{grasa} * 62)$ y $NE=$ se calcula usando la siguiente ecuación $1800 + (\% \text{grasa} * 70) = \text{kcal/kg}$. Por ejemplo, una pasta con 10% de grasa tendría NE de $1800 + (10 * 70) = 2500 \text{ kcal/kg}$.

ALIMENTACIÓN CON SEMILLA Y ACEITE DE CANOLA

El aceite de canola se da de rutina a todo tipo de cerdos. El aceite crudo de canola es a menudo una fuente de energía muy económica, además de ser supresor de polvo en el alimento. La semilla de canola también se da como fuente de proteína y energía aunque por lo general se limita a 10% de inclusión en la dieta puesto que los niveles elevados van a resultar en una grasa más blanda en la canal (Kracht et al., 1996). La semilla de canola se debe moler antes de darse como alimento. Puede darse cruda, pero el tratamiento térmico es benéfico, siempre y cuando no se use calor excesivo durante el procesamiento, porque ello reduce la digestibilidad de aminoácidos.

NIVELES MÁXIMOS DE INCLUSIÓN DE PASTA DE CANOLA

Los máximos niveles recomendados de inclusión de pasta de canola en la dieta de cerdos, junto con las razones para ello, aparecen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. NIVELES MÁXIMOS RECOMENDADOS DE INCLUSIÓN DE PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE CERDOS (%)

Tipo de dieta animal	Máximo nivel de inclusión	Razones para el máximo nivel de inclusión
Cerdo en iniciación	5	Mal sabor
Cerdo en desarrollo/finalización	Sin límite	-
Cerda lactancia	15	Reducir fermentación en epigastrio
Cerda gestación	Sin límite	-



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DEL GANADO BOVINO

La pasta de canola se usa mucho en los forrajes para ganado bovino y ganado lechero y se le considera un ingrediente 'premium' gracias a su buen sabor y alta calidad de su proteína para la producción de leche.

BUEN SABOR

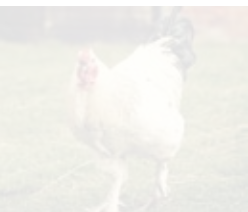
La pasta de canola es una fuente de proteína de muy buen sabor para los rumiantes. Spörndly y Åsberg, (2006) examinaron el buen sabor de las fuentes de proteína comparando la velocidad y preferencia de comida de las vaquillas. Cuando se alimentaron con una dieta de masa, las vaquillas consumieron 221 g de pasta de canola en los primeros tres minutos, en tanto que las que recibieron pasta de soya sólo consumieron 96 g, con lo que se demuestra el muy buen sabor de la pasta de canola. Las razones de este buen sabor no se conocen pero pueden estar relacionadas con el alto contenido de sucrosa.

'La pasta de canola es una fuente de proteína de muy buen sabor para los rumiantes.'

Cuando se alimenta con pasta de canola es importante cerciorarse de que la pasta se deriva de variedades modernas con bajo contenido de glucosinolatos. Algunas regiones como China y la India siguen produciendo colza y mostaza con niveles relativamente altos de glucosinolatos que pueden reducir la ingestión de alimento. Ravichandiran et al. (2008) indicaron el impacto de ofrecer pastas de colza o mostaza con distintos niveles de glucosinolatos a becerros de cinco meses de edad. Los becerros que recibían un concentrado de pasta de canola con bajo contenido de glucosinato (<20 $\mu\text{mol/g}$) consumieron la misma cantidad que los controles sin pasta de canola (1.10 vs. 1.08 kg, respectivamente). Sin embargo, los becerros alimentados con un concentrado que contenía pasta de mostaza con niveles altos de glucosinolatos (>100 $\mu\text{mol/g}$) sólo consumieron 0.76 kg.

DEGRADABILIDAD EN EL RUMEN

La degradabilidad en el rumen de la proteína en la pasta de canola se ha estudiado extensamente. El Cuadro 1 contiene un resumen de la degradabilidad efectiva de la materia seca y las fracciones de proteína cruda de la pasta de canola, suponiendo un índice de rotación en el rumen de 5% por hora. Ha y Kennelly (1984) informan que la degradabilidad efectiva de la proteína en la pasta de canola era de 65.8%. La degradabilidad efectiva de la pasta de soya y de la alfalfa deshidratada fue de 53.6 y 41.4% respectivamente. Kendall et al. (1991) encontraron que la degradabilidad efectiva de la pasta de canola era en promedio de 51.5% comprada con 59.1% para la pasta de soya. Woods et al. (2003) reportaron que la degradabilidad efectiva de la proteína en la pasta de canola fue de 66.8% en tanto que la de la pasta de semilla de algodón fue de 73.7%, de pasta de soya 73.8% y del gluten del maíz 73.4%. Piepenbrink y Schingoethe (1998) reportaron que la pasta de canola tenía una degradabilidad en el rumen de 53.1%. Cheng et al. (1993) informaron que la degradabilidad efectiva de la pasta de canola fue de 62.5% con dietas concentradas y de 72 a 74% con dietas de heno o paja. Cuando se aumenta la velocidad de rotación ruminal de 2-5% y 10%/hora se redujo la degradabilidad efectiva de 79.3-65.2 y 56.9% (Sadeghi y Shawrang, 2006). Por lo tanto, es importante al evaluar estos resultados para fines de formulación de la ración considerar el tipo de dieta al que se va a incorporar el suplemento de proteína. Las investigaciones en la Universidad de Manitoba se han enfocado en la digestibilidad de los aminoácidos presentes en la pasta de canola. Kendall et al. (1991) observaron que las siguientes 12 horas de incubación en el rumen, la digestibilidad total en el tracto de los aminoácidos presentes en la pasta de canola se acercó al 85% o más. Se vio una variación importante entre las muestras y entre los aminoácidos en la proporción degradada ruminalmente o absorbida postruminalmente. Boila y Ingalls (1992) reportaron que el perfil de aminoácidos de la proteína en la pasta de canola que se desvía del rumen era superior en valina, isoleucina, treonina, fenilalanina, serina, aspartato y alanina, relativas a la pasta no incubada. La magnitud del enriquecimiento en la fracción desviada varió de 14-33%. Los resultados, en combinación con los datos presentados en el Cuadro 1, sugieren que una fracción considerable aunque variable de la proteína en la pasta de canola se desvía del rumen. A la luz del contenido enriquecido de aminoácidos en la fracción desviada que observaron Boila y Ingalls (1992), parecería que la pasta de canola contribuye de manera importante a las necesidades de proteína microbiana del rumen y a los aminoácidos digeribles que se requieren para el crecimiento y lactancia del animal.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

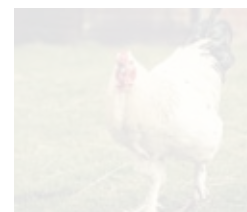
ESPECIALIDAD

Cuadro 1. RESUMEN DE LA DEGRADABILIDAD EFECTIVA DE LA MATERIA SECA Y FRACCIONES DE PROTEÍNA DE LA PASTA DE CANOLA EN RUMEN (VELOCIDAD DE SALIDA DEL RUMEN 5% POR HORA)

	Degradabilidad efectiva del rumen (%)	
	Dry matter	Crude protein
Ha y Kennelly (1984)		
Ensayo 1	57.1	68.5
Ensayo 2	57.7	65.5
Kirkpatrick y Kennelly (1987)		
Ensayo 1	63.0	63.2
Ensayo 2	64.2	72.0
Kendall et al. (1991)		
	53.5	51.5
Cheng et al. (1993)		
Ensayo 1 (dieta de heno)	-	74.9
Ensayo 2 (dieta de paja)	-	72.3
Ensayo 3 (dieta de granos)	-	62.5
Piepenbrink y Schingoethe (1998)		
	65.1	53.1
Woods et al. (2003)		
	60.5	66.7
Sadeghi y Shawrang (2006)		
2%/hr vel. de paso	78.1	79.3
5%/hr vel. de paso	66.5	65.2
10%/hr vel. de paso	59.5	56.9

USO DE LA PASTA DE CANOLA EN PORCIONES PARA GANADO LECHERO

La pasta de canola es excelente suplemento de proteínas para las vacas lactantes (Cuadro 2). En un resumen de 24 ensayos de investigación con pasta de canola (Cuadro 2), la respuesta media fue +1.0 kg/d cuando se comparó con dietas que contenían pasta de semilla de algodón o pasta de soya. Investigaciones recientes en vacas que producían ≥ 40 kg/d (Brito y Broderick, 2007) indicaron claramente que incluso a altos niveles de producción, la pasta de canola es suplemento de proteínas superior cuando se le compara con la pasta de soya o de semilla de algodón.

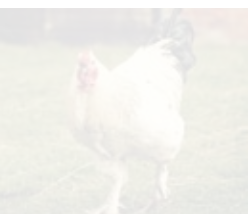


AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



Cuadro 2. PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS ALIMENTADAS CON PASTA DE CANOLA, COMPARADA CON PASTA DE SOYA O DE SEMILLA DE ALGODÓN

	Producción de leche (kg/día)	
	Control	Canola
Ingalls y Sharma (1975)	23.0	23.7
Fisher y Walsh (1976)	24.4	23.0
Laarveld y Christensen (1976)	24.9	26.4
Sharma et al. (1977)	20.7	20.9
Sharma et al. (1977)	21.5	21.8
Papas et al. (1978)	24.3	25.2
Papas et al. (1978)	23.9	24.6
Papas et al. (1979)	21.8	22.2
Laarveld et al. (1981)	26.4	27.7
Sanchez y Claypool (1983)	33.4	37.7
DePeters y Bath (1986)	39.8	41.4
Vincent y Hill (1988)	28.5	28.6
Vincent et al. (1990)	25.1	26.7
McLean y Laarveld (1991)	28.9	30.7
MacLeod (1991)	17.2	16.9
Emmanuelson et al. (1993)	21.0	21.9
Dewhurst et al. (1999)	24.0	24.5
Dewhurst et al. (1999)	23.7	25.5
Whales et al. (2000)	21.8	22.3
White et al. (2004)*	21.7	22.7
Maesoomi et al. (2006)	27.0	28.0
Johansson y Nadeau (2006)**	35.4	38.4
Brito y Broderick (2007)	40.0	41.1
Mulrooney et al. (2008)***	34.3	35.2
Promedio de producción de leche	26.4^a	27.4^b

*Pasta de canola con protección ruminal vs. lupina

**Pasta de canola de expulsora vs. concentrado comercial

***Pasta de canola vs. DDGS

^{a, b} Prueba de estudiantes T P<0.0001

PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE PASTA DE CANOLA PARA PRODUCCIÓN DE LECHE

El Cuadro 3 muestra el contenido de aminoácidos de los microbios del rumen, pasta de canola, pasta de soya, pasta de gluten de maíz y pasta de girasol expresados como porcentaje de la composición de aminoácidos de la proteína en la leche. La pasta de canola es excelente fuente de histidina, metionina, cistina y treonina. La abundancia de estos aminoácidos y el grado al que suplementan los aminoácidos de otras fuentes de proteína bien puede explicar en parte la respuesta de producción constante que se ha encontrado cuando se incluye pasta de canola en las porciones diarias de las vacas. De todas las fuentes de proteína que se enumeran en el Cuadro 3, la pasta de canola tiene el mejor balance de aminoácidos, como lo indica el nivel relativamente alto de su primer aminoácido limitante.

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

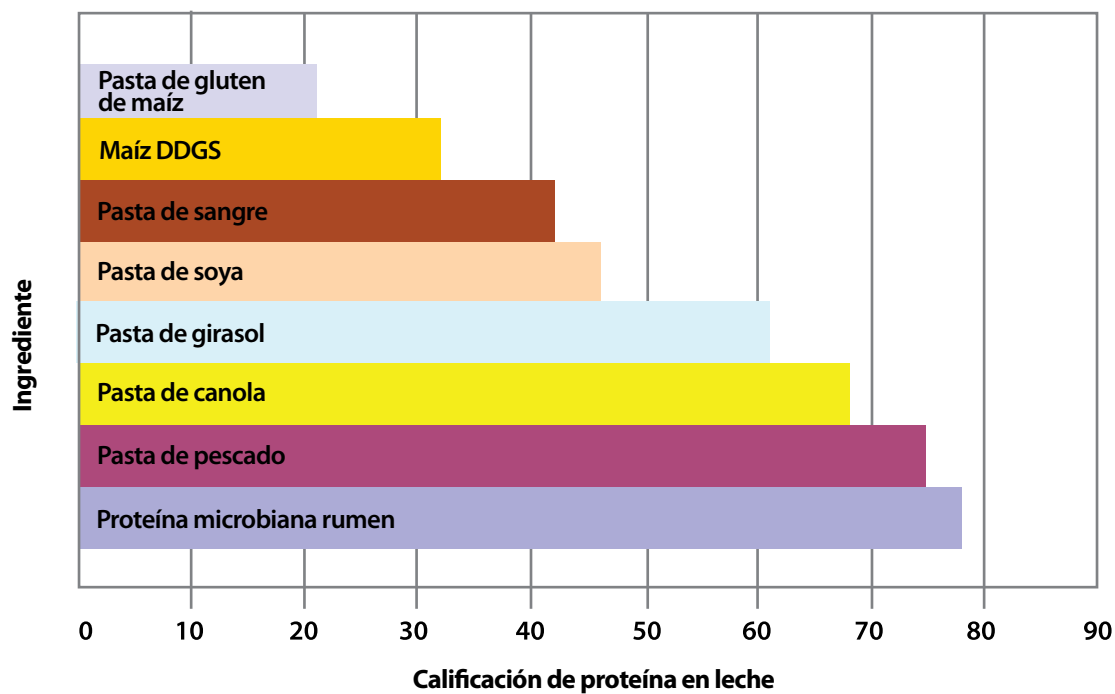
Cuadro 3. INGREDIENTE Y COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDO MICROBIANO EN RUMEN COMPARADO CON PROTEÍNA EN LA LECHE* (EL PRIMER AMINOÁCIDO LIMITANTE DE CADA FUENTE DE PROTEÍNA ESTÁ EN NEGRITAS)

	Aminoácido como porcentaje de proteína en leche								
	Leche % EAA	Rumen microbio	Pasta canola	Pasta soya	Pasta gluten maíz	Pasta semilla algodón	Pasta girasol	Maíz DDGS	
Arg	7.2	139	197	225	99	361	288	149	
His	5.5	73	138	111	85	120	113	120	
Ile	11.4	107	83	89	80	64	87	86	
Leu	19.5	81	82	88	190	71	133	130	
Lis	16.0	119	84	87	23	61	50	37	
Met	5.5	84	95	58	95	67	102	87	
Fen	10.0	104	103	116	141	125	110	34	
Tr	8.9	121	113	98	84	85	98	102	
Trp	3.0	90	115	93	40	93	97	77	
Valina	13.0	85	88	78	79	77	90	96	

*NRC, 2001

Otra medida que se usa comúnmente para la calidad de la proteína en el ganado lechero es “calificación de la proteína en leche” que relaciona la composición de aminoácidos de las fuentes de proteína, comparada con la composición de aminoácidos de la proteína de la leche. La Figura 1 muestra la calificación de proteína de los ingredientes comunes – según los cálculos de Schingoethe (1991) para una dieta basada en maíz, ensilaje de maíz y alfalfa . La pasta de canola tiene la calificación más alta de todas las fuentes de suplemento de proteína (excepto la pasta de pescado)

Figura 1. CALIFICACIÓN DE LA PROTEÍNA EN LECHE DE LOS INGREDIENTES QUE COMÚNMENTE SE DAN COMO ALIMENTO AL GANADO LECHERO (SCHINGOETHE, 1991)



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD



APORTACIÓN DE LA PASTA DE CANOLA A LA PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA MICROBIANA

La pasta de canola optimiza la cantidad de aminoácidos absorbibles para las vacas lactantes porque proporciona cantidades adecuadas de proteína degradable en rumen que estimula la producción de proteína microbiana en el rumen. La proteína microbiana es una proteína de alta calidad que representan tanto como el 60% de los requerimientos de la vaca lechera de proteína metabolizable para síntesis de la leche. La alta degradabilidad de proteína en el rumen que tiene la pasta de canola proporciona eficientemente amoníaco, aminoácidos y péptidos, que son factores esenciales de crecimiento para las bacterias del rumen que pueden incorporarse fácilmente a la proteína microbiana. Un estudio comparativo que investiga a la pasta de canola, la pasta de semilla de algodón y la pasta de soya como suplementos de proteínas para vacas lecheras de alta producción demostró numéricamente un mayor flujo post rumen de proteína microbiana en vacas alimentadas con pasta de canola, en comparación con las que fueron alimentadas con pasta de semilla de algodón y pasta de soya (Brito et al., 2007).

PROTEÍNA NO DEGRADABLE EN RUMEN DE LA CANOLA

La fracción de proteína no degradable en rumen (RUP; proteína desviada) en la pasta de canola contiene un perfil de aminoácidos esenciales que corresponde muy de cerca con el de la proteína de la leche. Recientes ensayos con vacas lecheras lactantes demostraron que la pasta de semilla de algodón > pasta de canola > pasta de soya en el flujo post rumen de RUP y que el total de proteína y pasta de canola > pasta de soya > pasta de semilla de algodón en la leche y las proteína en la leche (Brito y Broderick, 2007; Brito et al., 2007). La mejor producción de leche que se observa con la pasta de canola se atribuye al perfil de aminoácidos en la fracción desviada de la pasta de canola, que es complementaria a la proteína microbiana (Brito et al., 2007). El abasto post rumen de aminoácidos totales, AA esenciales, aminoácidos ramificados y aminoácidos limitantes (metionina, lisina, histidina y treonina) cuando se usa la pasta de canola como suplemento de proteínas es numéricamente más alto o, por lo menos, comparable a cuando se suplementa las dietas con pasta de soya o pasta de semilla de algodón (Brito et al., 2007). Hay datos inequívocos de investigaciones que indican que cuando se usa como suplemento de las dietas de las vacas lecheras, la pasta de canola puede satisfacer los requerimientos de proteína degradable en rumen y de proteína no degradable en rumen de las vacas lecheras, lo que se refleja en un aumento de la producción de leche.

‘Hay datos inequívocos de investigaciones que indican que cuando se usa como suplemento de las dietas de las vacas lecheras, la pasta de canola puede satisfacer los requerimientos de proteína degradable en rumen y de proteína no degradable en rumen de las vacas lecheras, lo que se refleja en un aumento de la producción de leche.’

USO DE PASTA DE CANOLA COMBINADA CON GRANOS SECOS DESTILADOS

El reciente aumento en la producción de etanol ha dado como resultado grandes cantidades de granos secos de destilería con solubles (DDGS) a disposición de la industria de forrajes. Usados como fuente de energía y proteína, típicamente sustituyen parte de la pasta de maíz y soya en la dieta. La composición de aminoácidos de los DDGS (Cuadro 4) es muy parecida a la del grano del que se deriva el producto, usualmente maíz, trigo o sorgo y, por lo tanto es deficiente en aminoácidos esenciales como la lisina. Los estudios han mostrado que la pasta de canola puede usarse eficazmente en combinación con DDGS para restaurar el balance de aminoácidos y maximizar el rendimiento de los animales. Mulrooney et al. (2008) examinaron la posibilidad de usar la pasta de canola en combinación con los granos secos de destilería con solubles en las porciones de las vacas lecheras lactantes. Las dietas que contenían 3.24% DDGS y 4.6% de pasta de canola en general produjeron los niveles más altos de producción de leche (Cuadro 5).

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

Cuadro 4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PASTA DE CANOLA Y DE LOS GRANOS SECOS DE DESTILERÍA

Aminoácido	Pasta de Canola	Granos secos de destilería de maíz con soluble ¹	Granos secos de destilería de trigo con solubles ²
PC (% en alimento)	36	28.5	34
Extracto de eter (%) ²	3.5	9.5	2.7
Fibra detergente ácido (%)	16.8	17.5	13.5
Fibra detergent neutro (%)	20.7	44.0	39.5
Aminoácido (% of CP)			
Metionina	2.06	2.1	1.9
Cistina	2.39	1.1	2.4
Met + Cis	4.45	3.2	4.2
Lisina	5.56	2.5	3.1
Treonina	4.39	3.3	3.4
Triptófano	1.33	0.7	1.5
Arginina	5.78	3.7	4.5
Isoleucina	4.33	5.3	3.3
Leucina	7.06	7.8	4.7
Valina	5.47	5.7	3.6
Histidina	3.11	2.5	2.0
Fenilalanina	3.83	5.29	4.7

¹Distillers Grains Technology Council www.distillersgrains.org

²Zijlstra et al., 2003

Cuadro 5. EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DEL USO DE PASTA DE CANOLA EN COMBINACIÓN CON DDGS

Dieta	DDGS (% de DM)	Pasta de canola (% of DM)	Producción de leche (kg/d)	Ingestión de materia seca (kg/d)
1	10.41	0	34.31	25.10
2	6.69	2.35	34.51	25.94
3	3.24	4.60	35.84	25.41
4	0	6.63	35.18	25.24

GANADO BOVINO

La pasta de canola ha ganado una amplia aceptación como suplemento de proteína para el ganado bovino. Esta aceptación se basa en parte en el creciente conocimiento que el ganadero tiene del producto y de una serie de ensayos de investigación que han demostrado el valor de la pasta de canola para promover el crecimiento de becerros y ganado en desarrollo y finalización.

PASTA DE CANOLA PARA VACAS

La pasta de canola se puede usar como suplemento de proteína en las vacas gestantes o lactantes. Patterson et al. (1999) examinaron la posibilidad de usar la pasta de girasol o la pasta de canola como suplemento de proteína para vacas que estaban pastando en pasturas de invierno autóctonas, de baja proteína. La pasta de canola dio como resultado una calificación de condiciones corporales, peso al nacer de terneras y peso al destete semejante a la del control de suplemento de pasta de girasol.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

PASTA DE CANOLA PARA TERNERAS

Se ha visto que las terneras en destete se desempeñan muy bien cuando se usa la pasta de canola como suplemento de proteína. Claypool et al. (1985) encontraron que las terneras Holstein de 45 días aumentaban de 0.6 a 0.9 kg al día cuando se le ofrecía una porción de iniciación basada en pasta de canola durante un periodo de siete semanas antes del destete y ocho semanas después del destete, respectivamente. El rendimiento de las terneras alimentadas con pasta de canola fue semejante al de las alimentadas con raciones de iniciación a base de pasta de semilla de algodón o pasta de soya. En estudios realizados en la Gran Bretaña, no se observó ninguna influencia adversa sobre la ingestión de alimento en terneras de 160 kg comparado con animales que recibieron suplemento con pasta de soya (Hill et al., 1990).

LA PASTA DE CANOLA PARA EL GANADO EN DESARROLLO Y FINALIZACIÓN

La mayoría de los estudios que han observado la adición de pasta de canola como suplemento de la dieta para bovinos no han sido iso-nitrógenos. La respuesta usual en rendimiento puede atribuirse frecuentemente a la proteína extra más que a la fuente de proteína. Petit y Veira (1994) mostraron

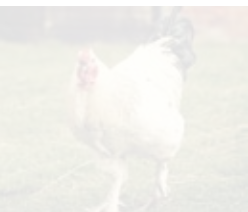
‘Generalmente, no hay problemas cuando se alimenta el ganado bovino con canola.’

que la pasta de canola dio como resultado un mayor aumento diario promedio (ADG) en novillos producidos con cruce de razas (aprox. 225 kg de peso) cuando los niveles de proteína fueron constantes. Koenig y Beauchemin (2005) examinaron la eficacia de la pasta de canola en raciones de alimentos basados en maíz. La pasta de canola dio como resultados un aumento de peso similar al del control iso-nitrógeno (1.48 kg/d vs. 1.40 kg/d, respectivamente). Sin embargo, la adición de pasta de canola en la dieta de baja proteína subió el aumento de peso de 1.29 kg/d a 1.48 kg/d, como era de esperarse. Generalmente, no hay problemas cuando se alimenta el ganado bovino con canola.

ALIMENTACIÓN CON PASTA DE CANOLA DE EXPULSORA

Hay pocas investigaciones respecto al uso de pasta de canola de expulsora en la dieta de rumiantes. El valor nutricional es semejante al de la pasta con extracción de solvente, excepto por los valores más altos de energía y posible menor degradabilidad en rumen. El Cuadro 6 compara los efectos en la producción de leche de alimentar con pasta de canola, pasta de canola de expulsora o pasta de canola de expulsora calentada, en una investigación realizada en la Universidad de Saskatchewan. Los resultados indican que la inclusión de la pasta de canola de expulsora en la dieta de vacas lecheras lactantes resulta en niveles semejantes de producción de leche (Beaulieu et al., 1990), o en 0.9-2.3 kg/d más de leche (Jones et al., 2001), cuando se comparó con alimentación con pasta de canola.

Calentar la pasta de canola de expulsora a fin de reducir su degradabilidad en rumen aumentó la producción de leche en vacas primíparas. Johansson y Nadeau (2006) examinó los efectos de reemplazar un suplemento comercial de proteína con pasta de canola de expulsora en dietas orgánicas y observó un aumento en la producción de leche de 35.4 a 38.4 kg/día. En este estudio y en otros, dar pasta de canola de expulsora tiende a reducir el contenido de grasa saturada en la leche y eleva el nivel de ácido oléico. Johansson y Nadeau (2006) observaron una reducción en el contenido de ácido palmítico (C16:0) de 30.3 a 21.9% de la grasa y un aumento en ácido oléico de 15.7 a 20.9%. Asimismo, Jones et al. (2001) observaron un cambio en el perfil de ácidos grasos cuando se dio pasta de canola de expulsora. Esto podría sugerir que la grasa que queda en la pasta de expulsora es de alguna manera resistente a la degradación en el rumen y por lo tanto una porción es absorbida directamente del intestino delgado.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

Cuadro 6. PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS LECHERAS ALIMENTADAS CON PASTA DE CANOLA, PASTA DE CANOLA DE EXPULSORA O PASTA DE CANOLA DE EXPULSORA CALENTADA

Referencia	Paridad	Periodo de muestra	Tratamiento	Producción de leche, kg/d
Beaulieu et al., 1990	Mixto ¹	Desconocido	Pasta de canola	28.9
			Pasta de canola de expulsora	28.8
Jones et al., 2001	Multíparas	70 ± 17 DIM al principio del ensayo	Pasta de canola	28.6
			Pasta de canola expulsora	30.9
			Pasta de canola expulsora calentada	30.0
Jones et al., 2001	Primíparas	73 ± 17 DIM al principio del ensayo	Pasta de canola	23.6
			Pasta de canola expulsora	24.5
			Pasta de canola expulsora calentada	25.2

¹Vacas primíparas y multíparas.

ALIMENTACIÓN CON SEMILLA Y ACEITE DE CANOLA

Hay un gran interés por alimentar a las vacas lecheras con semilla de canola y aceite de canola. Los objetivos son aumentar el contenido de energía de la dieta y también, en el caso de la semilla, proporcionar una proteína alimentaria de alta calidad. Además, hay interés por aumentar el nivel de ácidos grasos insaturados y el ácido linoléico conjugado (CLA) en la leche para hacerla “más sana” para consumo humano. El tratamiento con calor y/o químico de la semilla y del aceite se usan para ayudar tanto a la proteína como al aceite a que se desvíen del rumen (el aceite está sujeto a bio-hidrogenación en el rumen). Un estudio reciente de Chicholowski et al. (2005) demostró los beneficios de alimentar a los rumiantes con semilla molida de canola comparado con pasta de canola de expulsora. Suplementos de semilla de canola molida dio como resultado una disminución de la relación omega-6 a omega 3 y una mayor proporción de CLA y ácido vaccénico (precursor del CLA) en la leche, lo que sugiere que se puede lograr un producto más sano de esta manera al tiempo que no se afecta la producción de leche. Johnson et al. (2002) observaron también un aumento en CLA y ácido oléico en la leche cuando se complementó la dieta con semilla entera de canola y algodón. Bayouthe et al., (2000) observaron reducciones significativas en la grasa saturada en la leche cuando se alimento con semilla entera, molida o extrusionada: Observaron también reducciones similares en el contenido de ácidos grasos saturados en la leche cuando se añadieron a la dieta sales de calcio o ácidos grasos de canola. A excepción de la semilla entera de canola, complementar con productos de canola altos en grasas mejoró también la producción de leche, lo que indica que si se añade semilla de canola procesada o aceite de canola protegida es posible alterar el perfil del ácido graso de los productos lácteos.

MÁXIMOS NIVELES DE INCLUSIÓN DE LA PASTA DE CANOLA

Los máximos niveles de inclusión de pasta de canola que se recomienda usar en la dieta del ganado bovino aparecen en el Cuadro 7.

Cuadro 7. MÁXIMOS NIVELES DE INCLUSIÓN (%) QUE SE RECOMIENDA USAR EN LAS DIETAS DEL GANADO BOVINO

Tipo de dieta animal	Nivel máximo de inclusión
Tenera	Sin límite
Vaca lechera	Sin límite
Para carne	Sin límite



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

PASTA DE CANOLA EN DIETAS ESPECIALES

En vista de que la pasta de canola es sumamente accesible, los fabricantes de forrajes la han utilizado en muchos alimentos especiales. Como es tan limitada la investigación en algunas de estas áreas, la aplicación comercial de la pasta de canola se ha demostrado y aceptado algunas veces sin el beneficio de una investigación formal. Hay muy pocas áreas de alimentación especial, si es que hay alguna, donde la pasta de canola no sea aceptada. La pasta de canola es cada vez más utilizada en los alimentos para acuicultura para salmón, trucha, bagre, carpa, tilapia, camarón y especies menores. Se usa de rutina en la dieta de caballos, ovejas, conejos y otros animales.

DIETAS DE ACUACULTURA

La pasta de canola se usa comúnmente en las dietas de acuicultura para especies como el bagre, la carpa, la tilapia, el mero, la perca, el besugo, el rodaballo y el camarón. Lim et al. (1997) encontraron que la pasta de canola se puede incluir en la dieta de pez gato americano hasta en 31% sin que haya efectos negativos en el rendimiento. La pasta de canola y la pasta de colza también se incluyen comúnmente en la dieta de carpas, que normalmente se basan en proteína vegetal. Higos et al. (1989) determinaron que la pasta de canola se podía usar eficazmente a un nivel de inclusión de 10% en la dieta de tilapias juveniles sin deprimir significativamente el índice de crecimiento o la eficiencia de conversión del alimento. Abdul-Aziz et al. (1999), por otra parte, incluyeron hasta 25% de pasta de canola en la dieta de las tilapias y no hubo ningún efecto en el rendimiento. Glencross (2003) encontró que la pasta de canola podía ser hasta un 60% de la dieta del besugo o sargo rojo sin que hubiera detrimento en el rendimiento. En el caso del camarón, Lim et al. (1998) encontraron que un 15% de pasta de canola en la dieta del camarón no produjo ninguna diferencia significativa en el rendimiento, pero que a niveles de inclusión del 30% y 45% hubo una depresión del índice de crecimiento y de ingestión de alimento. Una preocupación de tipo no nutritivo respecto al uso de la pasta de canola en los alimentos de camarones es el efecto negativo que tiene la fibra en la estabilidad en el agua del pellet.

'La pasta de canola se usa comúnmente en las dietas de acuicultura para especies como el bagre, la carpa, la tilapia, el mero, la perca, el besugo, el rodaballo y el camarón.'

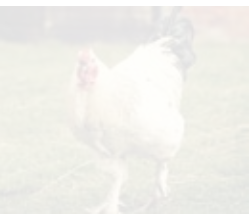
USO DE LA PASTA DE CANOLA EN LOS ALIMENTOS DE SALMÓN Y TRUCHA

La pasta de canola es bien aceptada como ingrediente del alimento en la dieta de salmón y trucha y se ha usado de rutina durante más de 20 años. Higos et al., (1996). La pasta de canola se usa a niveles de inclusión de hasta 20% en la dieta de los salmónidos, pero es deseable desplazar la pasta de pescado en la dieta dadas las existencias limitadas en el mundo y la creciente demanda por esta especie tan altamente valorada.

PROPIEDADES NUTRICIONALES Y ANTI-NUTRICIONALES DE LA PASTA DE CANOLA

El contenido de energía digerible de la pasta de canola va de 2300 a 2750 kcal/kg para los salmónidos (NRC, 1993). El balance de aminoácidos de la proteína de canola es la mejor de las fuentes comerciales de proteína vegetal actualmente disponibles en el mercado (Friedman, 1996). Si se utiliza como medida la relación de eficiencia proteína (PER; aumento de peso por gramo de proteína ingerida), la proteína de la canola tiene un PER de 3.29 comparada con 1.60 de la pasta de soja y 3.36 de la carne de bovinos (Sarwar et al., 1984). Más aún, la proteína de la pasta de canola cuesta aproximadamente la mitad que lo cuesta la pasta de pescado, sobre una base de proteína por kg. La pasta de canola contiene cantidades pequeñas de factores anti-nutricionales inestables ante calor (glucosinolatos) y estables ante calor (ácido fítico, compuestos fenólicos, taninos y fibra) (Cuadro 1). Estos factores pueden disminuir el valor nutritivo de la pasta de canola en los peces de aleta.

Cuando no se considera que la fibra de la dieta es un factor anti-nutricional, la mayoría de los peces de aleta criados en acuicultura no consumen naturalmente altos niveles de fibra en su dieta. La pasta de canola contiene niveles relativamente altos de fibra, incluso cerca de 14.5% de celulosa, 5.0% hemicelulosa y 8.3% de lignina. Esto resulta en un contenido de fibra cruda de 10.6% para la pasta de canola comercial (Mwachireya et al., 1999). Estas fracciones de fibra no pueden ser empleadas por los peces y pueden disminuir el valor nutritivo de otros ingredientes de la dieta (Poston, 1986). Sin embargo, niveles de fibra



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

en la dieta de menos de 8% por lo general no afectan el rendimiento del pez en cuanto a crecimiento, lo que indica que cualquier inclusión factible de pasta de canola (< 50%) no deberá tener un efecto negativo en el rendimiento del pez en cuanto a crecimiento (Milton et al., 1986; Poston, 1986). Sin embargo, el componente de fibra en la pasta de canola diluye la cantidad de proteína y de energía en la pasta. Por lo tanto, la remoción de la fracción de fibra de la pasta de canola puede aumentar su valor en acua-alimentos densos en nutrientes si se aumenta la densidad de nutrientes de la pasta.

Los factores anti-nutricionales estables ante calor varían mucho en estructura y en efectos nutricionales. Evitan el uso de la pasta de canola en la dieta de salmónidos a niveles de inclusión de más de un 10% (Higos et al., 1983). La solución para mejorar el aprovechamiento de nutrientes de la pasta de canola es removerlos fraccionando la pasta de canola por distintos medios. Este proceso de fraccionar aumentará también el nivel de proteína y energía digerible en los productos resultantes, lo que genera un ingrediente mucho más deseable para la dieta de los peces.

Aunque la presencia de factores antinutricionales en la canola es factor negativo para su uso en algunas dietas de acuicultura, el uso de la proteína y aceite de canola tiene también ventajas significativas comparado con el uso de la pasta y aceite de pescado, puesto que éstos tienen menos dibenzodioxinas policlorinadas y dibenzofuranos policlorinados (PCDD/F) y bifenilos policlorinados tipo dioxina (DL-PCB). Cuando se reemplazó por completo la pasta y aceite de pescado por concentrado de proteína de canola y aceite de canola los niveles de PCDD/F y PCB se redujeron significativamente en las dietas preparadas (4.06 vs. 0.73 pg/g como base) y en los filetes 1.10 vs. 0.12 pg/g como base) de los peces alimentados con estas dietas durante el ensayo de etapa de crecimiento de seis meses (Drew et al., 2007). La ingestión humana tolerable de contaminantes de organoclorado es 14 pg/kg de peso corporal/semana según el Comité Científico sobre Alimentos de la Comisión Europea. Basándonos en estos niveles, una persona que pese 50 kg podría consumir sin problema 640 g por semana de trucha alimentada con una dieta de pasta y aceite de pescado comparado con 5,880 g por semana de la trucha alimentada con la dieta de proteína y aceite de canola. Esto sugiere que al disminuir el nivel de pasta y aceite de pescado presentes en los acua-alimentos mediante el uso de aceite y proteína de canola se tendría un impacto significativo en la inocuidad de los peces cultivados y se aumentaría la aceptación de estos productos por parte del consumidor.

CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE CANOLA PARA LAS ESPECIES DE SALMÓNIDOS

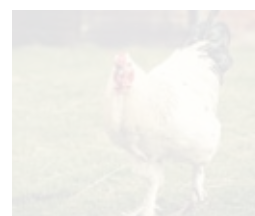
La pasta de canola se puede convertir en concentrado de proteína de canola (CPC) mediante la extracción acuosa de la proteína (Mwachireya et al., 1999; Thiessen et al., 2004). Últimamente, se puede conseguir CPC de CanPro Ingredients. El Cuadro 2 muestra la composición química de la CPC. El CPC contiene aproximadamente el mismo nivel de proteína cruda que la pasta de pescado (South American super prime) y altos niveles de lisina y metionina relativos al gluten de maíz y la pasta de soya. El proceso que se usa para concentrar los resultados de proteína en un CPC está completamente libre de fitato y contiene niveles extremadamente bajos de glucosinolatos. Se ha reportado que la digestibilidad de la proteína cruda es de hasta 97% en la trucha arco iris y la digestibilidad de los aminoácidos fundamentales (lisina, metionina y arginina) fue más del 90%. La energía digerible aparente del CPC fue de 4310 kcal/kg comparada con 3360 kcal/kg para la pasta de soya.

Al sustituir 50% o 70% de la pasta de pescado en la dieta de la trucha arco iris no se vieron diferencias significativas en las medidas de rendimiento (Thiessen et al., 2004). La eficiencia del alimento y los valores PER del control y la dieta de 75% de CPC fueron esencialmente idénticos en el periodo de 63 días que duró el experimento. Estos resultados confirman que el CPC puede reemplazar hasta 75% de la proteína de la pasta de pescado sin que haya una disminución significativa en el crecimiento o eficiencia del alimento.

En un experimento en la tilapia del Nilo, se alimentó a los peces con dieta que contenían 24.7% de pasta de canola, en sustitución de la pasta de pescado y la pasta de gluten de maíz (Borgeson et al., 2006). Los peces que recibieron las dietas de CPC crecieron significativamente más rápidamente que los que recibieron las dietas control (2.29 vs. 1.79 g/d). Esto sugiere que el CPC puede permitir un nivel más alto de sustitución de la pasta de pescado en los acua-alimentos sin afectar el crecimiento de los peces.

USO FUTURO DE LA CANOLA EN LAS DIETAS DE ACUACULTURA

La industria de alimentos para acuicultura debe encontrar alternativas para la pasta de pescado para satisfacer las necesidades de un mercado que crece rápidamente. Aunque la pasta de canola probablemente tiene niveles muy bajos de contenido de energía y proteína para que se use ampliamente como principal ingrediente del alimento en la dieta de los peces de aleta, fraccionar la pasta de canola en nuevos productos densos en nutrientes incluyendo el concentrado de proteína de canola puede tener un papel muy importante en la sustitución de la pasta de pescado en estos alimentos de acuicultura.

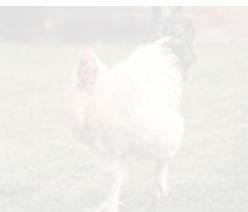


AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



DIETAS PARA CABALLOS

Aunque hay sólo un puñado de estudios de investigación (Cymbaluk, 1990; Sutton, 1988) sobre el uso de la pasta de canola en el forraje de caballos, la pasta se usa comúnmente a niveles relativamente elevados de inclusión. Sutton (1988) investigó las posibles consideraciones de sabor para alimentar a los caballos con pasta de canola. Determinó que hasta un 15% de pasta de canola, el nivel más alto que se puso a prueba, en la dieta de caballos para deporte no tuvo ningún efecto en la ingestión de alimento.



DIETAS PARA OVINOS

La pasta de canola se usa mucho para alimentar a todo tipo de borregos y no tiene ningún efecto en la ingestión de alimento ni en ningún otro parámetro de rendimiento (Hill, 1991). En efecto, al parecer los borregos pueden tolerar bastante bien la pasta de colza con alto contenido de glucosinolatos. Vincent et al. (1990) alimentaron a corderos con dietas que contenían 21% de pasta de colza (18 μ moles/g de glucosinolatos en el concentrado) y no encontró efectos negativos en la ingestión de alimento o índice de crecimiento. Vincent et al. (1988) dieron a ovejas una dieta que contenía 20% de pasta de colza con muchos glucosinolatos (17 μ moles/g en el concentrado) y no hubo efectos negativos en la ingestión de alimento, producción de leche, número de corderos por oveja o peso al nacer de los corderos. De hecho, la producción de leche fue numéricamente más alta en la dieta de pasta de colza (3.25 kg/día) comparada con la dieta control de pasta de soya (3.14 kg/día). Últimamente, Mandiki et al. (1999) alimentaron a corderos con dietas que contenían hasta 30% de pasta de colza de calidad canola (6.3 μ moles/g de glucosinolatos en el concentrado). No hubo efectos en el aumento de peso o ingestión del alimento, a pesar de que el peso de la tiroides era marginalmente superior y la producción de hormona tiroides era marginalmente inferior a los altos niveles de inclusión en la dieta de la pasta de colza. La temperatura de procesamiento de la pasta de canola puede ser importante en la alimentación de los ovinos. Konishi et al. (1999) demostraron recientemente que el exceso de calor al procesar la pasta de canola suprime la degradación del fitato en el rumen y provoca una menor disponibilidad del fósforo en la dieta. El grado al que disminuyó la degradación del fitato fue mayor en la pasta de canola que en la pasta de soya. Petit et al. (1997) observaron un efecto un tanto diferente del tratamiento con calor. Compararon la degradabilidad en rumen de los nutrientes en la dieta de frijol entero de soya y semilla de canola crudos y extrusionados en las ovejas en crecimiento. Encontraron que la extrusión de la semilla de canola aumentaba la degradabilidad de la materia seca y del nitrógeno pero disminuía la degradabilidad del nitrógeno en el frijol de soya.



DIETAS PARA OTROS ANIMALES

Para otros animales, o "misceláneos", se encuentran muy pocas investigaciones publicadas relativas a la inclusión de la pasta de canola. Comercialmente, es muy común dar pasta de canola a conejos como principal suplemento de proteína. Lebas y Colin (1977) y Throckmorton et al., (1980) apoyan esto. De la misma manera, en trabajos anteriores con el visón, Belzile et al. (2000) mostraron que la pasta de colza es una fuente de proteína adecuada. En el caso de aves no voladoras, Brand et al., (2000) han mostrado que la pasta de canola tiene un alto valor de energía metabolizable para la avestruz.



NIVELES MÁXIMOS DE INCLUSIÓN DE LA PASTA DE CANOLA

Los niveles máximos de inclusión que se recomiendan y las razones para limitar el uso de la pasta de canola en las dietas de acuicultura y especiales figuran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. NIVELES MÁXIMOS RECOMENDADOS DE INCLUSIÓN DE PASTA DE CANOLA (%) EN ACUACULTURA Y DIETAS ESPECIALES

Tipo de dieta animal	Nivel máximo de inclusión	Razones para el nivel máximo de inclusión
Salmón. Trucha	20	Glucosinolatos, fibra, fitato
Bagre	30	-
Tilapia	25	-
Sargo rojo	60	-
Langostinos	15	Fibra
Caballos	15	-
Borregos	30	-

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

ASPECTOS ECONÓMICOS DE ALIMENTAR CON PASTA DE CANOLA

El valor de la pasta de canola en relación con otros ingredientes con proteína, como la pasta de soya, varía según el tipo de animal al que se alimenta y según el nivel de rendimiento del animal. La pasta de canola tiene varias características muy importantes que le agregan valor – un buen balance de aminoácidos con niveles especialmente elevados de metionina, cistina e histidina. También tiene altos niveles de fósforo. Por otra parte, la pasta de canola está limitada por sus niveles relativamente bajos de lisina y energía. Por lo tanto, los animales que requieren niveles intermedios de energía y niveles altos de metionina, cistina e histidina como el ganado lechero y las gallinas ponedoras le dan un valor muy alto a la pasta de canola.

Los animales con altos requerimientos de energía y lisina, como los pollos de engorda, le dan menos valor a la pasta de canola. La pasta de canola a menudo se llama una proteína complementaria por su balance de aminoácidos, notablemente la pasta y arvejas para pienso, que tienen bajo contenido de estos aminoácidos. Asimismo, el ganado bovino y porcino puede extraer más energía de la pasta de canola que las aves. Ello resulta en un valor relativamente alto de la pasta de canola en los alimentos para ganado bovino y porcino. Hay factores subjetivos y no nutricionales que a veces pueden afectar el valor de la pasta de canola. Por ejemplo, es posible que se prefieran las fuentes de proteína vegetal en lugar de las de proteína animal por la preocupación de alguna enfermedad. Esto va a favor de la pasta de canola. De la misma manera, una preferencia por un ingrediente no OGM o un ingrediente de color más claro penaliza a la pasta de canola. El valor relativo de la pasta de canola comparado con la pasta de soya de alta proteína en algunos forrajes típicos menos costosos figura en el Cuadro 1.

Cuadro 1. VALOR ECONÓMICO RELATIVO DE LA PASTA DE CANOLA COMPARADO CON LA PATA DE SOYA DE ALTA PROTEÍNA (47%) EN FORRAJES DE MENOS COSTO

Tipo de alimento	Valor relativo de la pasta de canola comparada con la pasta de soya(%)
Gallina ponedora	65-75
Pollo de engorda, iniciación	60-70
Pollo de engorda, desarrollo/finalización	55-65
Cerdo iniciación	60-65
Cerdo desarrollo	65-75
Cerdo finalización	65-75
Cerda gestante	65-75
Cerda lactante	60-70
Vaca lechera	75-85



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ruurd Zilstra, Ph.D., University of Alberta, Timothy Mutsvangwa, Ph.D., University of Saskatchewan y a Murray D. Drew, Ph.D., University of Saskatchewan por sus contribuciones a las secciones de Ganado porcino, lechero y acuicultura, respectivamente. Agradecemos también la colaboración de Cristina del Castillo, de la ciudad de México, por su traducción de esta guía al español.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

REFERENCIAS

ANTECEDENTES DE LA PASTA DE CANOLA Y MERCADO

COPA. 2008. Canadian Oilseed Processors Association. Trading Rules. <http://copaonline.net/> Winnipeg, Manitoba

PROCESAMIENTO DE LA PASTA DE CANOLA

Daun, J.K. and D. Adolphe. 1997. A revision to the canola definition. GCIRC Bulletin. July, 1997. Pages 134-141.

Newkirk, R.W., H.L. Classen and M.J. Edney. 2003. Effects of prepress-solvent extraction on the nutritional value of canola meal for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.* 104:111-119.

Unger, E.H. 1990. Commercial processing of canola and rapeseed: crushing and oil extraction. *Canola and Rapeseed: Production, Chemistry, Nutrition, and Processing Technology.* F. Shahidi (ed.). New York, N.Y.: Van Nostrand Reinhold. 1990. Ch. 14: 235-249.

Youngs, C.G. and L.R. Wetter. 1969. Processing of rapeseed for high quality meal. *Rapeseed Meal for Livestock and Poultry.* Rapeseed Association of Canada. Publ. No. 3: 2-3.

COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES EN LA PASTA DE CANOLA

Anderson-Hafermann, Y. Zhang and C.M. Parsons. 1993. Effects of processing on the nutritional quality of canola meal. *Poult. Sci.* 72:326-333.

Ajinomoto. 1996. Noblet's Net Energy Calculator. Version 1.0. 1996. www.lysine.com

Barbour, G.W. and Sim, J.S. 1991. True metabolizable energy and true amino acid availability in canola and flax products for poultry. *Poultry Sci.* 70:2154-2160.

Bell, J.M. 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 73:679-697.

Bell, J.M. and M.O. Keith. 1989. Factors affecting the digestibility by pigs of energy and protein in wheat, barley and sorghum diets supplemented with canola meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 24:253-265.

Bell, J.M. and M.O. Keith. 1991. A survey of variation in the chemical composition of commercial canola meal produced in western Canadian crushing plants. *Can. J. Anim. Sci.* 71:469-480.

Bell, J.M., M.O. Keith and D.S. Hutcheson. 1991. Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* 71:497-506.

Bell, J.M., G. Rakow and R.K. Downey. 1999. Mineral composition of oil-free seeds of *Brassica napus*, *B. rapa* and *B. juncea* as affected by location and year. *Can. J. Anim. Sci.* 79:405-408.

Bourdon, D. and A. Aumaitre. 1990. Low glucosinolate rapeseeds and rapeseed meals: Effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 30:175-191.

CGC. 2007. Quality of western Canadian canola. Canadian Grain Commission. Grain Research Laboratory. Winnipeg, Canada. www.cgc.ca

Clandinin, D.R. 1961. Rapeseed oil meal studies: 4. Effect of sinapine, the bitter substance in rapeseed oil meal, on the growth of chickens. *Poultry Sci.* 40:484-487.

Daun, J. and M. Ksilowsky. 1999. Nitrogen solubility index (NSI) of canola seed and meal produced at Canadian and Japanese crushing plants. Canadian Grain Commission. Winnipeg, Canada. 1999.

FeedBase. 2008. Economical and technical feed data. www.feedbase.com

Grieve, C.M. 1978. Rapeseed gums for lactating dairy cows. 57th Annual Feeders' Day Report, University of Alberta, p. 66.

Hill, R. 1991. Rapeseed meal in the diets of ruminants. *Nutr. Abs. Rev. Series B*, 61:139-55.

Kluth and Rodehutsord, 2006. Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys and Peking ducks. *Poultry Sci.* 85:1953-1960.

Mathison, G.W. 1978. Rapeseed gum in finishing diets for steers. *Can. J. Anim. Sci.* 58:139-42

McCuaig, L.W. and J.M. Bell. 1981. Effects of rapeseed gums on the feeding value of diets for growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 61:463-467.

Nadeem, M.A., A.H. Gilani, A.G. Khan and Mahr-UN-Nisa. 2005. Amino acids availability of poultry feedstuffs in Pakistan. *Int. J. Agric. Biol.* 7:985-989.

NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th Rev. Ed., National Acad. Press, Washington, DC.

NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th Rev. Ed., National Acad. Press, Washington, DC.

NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed., National Acad. Press, Washington, DC.

Newkirk, R.W., H.L. Classen,, T.A. Scott, and M.J. Edney. 2003a. The digestibility and content of amino acids in toasted and non-toasted canola meals. *Can. J. Anim. Sci.* 83:131-139.

Newkirk, R.W., H.L. Classen and M.J. Edney. 2003b. Effects of pre-press solvent extraction on the nutritional value of meal for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.* 104:111-119.

Newkirk, R.W., H.L. Classen, T.A. Scott, M.J. Edney, D.R. Declercq and A.J. Siemens. 2000. Prediction of lysine availability in canola meal. XXI World's Poultry Congress. Abstracts and Proceedings. Montreal, Canada.

Perez-Maldonado, R.A. 2003. Canola meal and cottonseed meal in broiler and layer diets. A report for the Australian-sourced feed ingredients for pigs and poultry. *Aust. J. Exp. Agric.* 43:475-479.

Perttilä, S., J. Valaja, K. Partanen, T. Jalava and E. Venäläinen, 2002. Apparent ileal digestibility of amino acids in protein feedstuffs and diet formulation based on total vs digestible lysine for poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.* 98:203-218.

Qiao, H. and H.L. Classen. 2003. Nutritional and physiological effects of rapeseed meal sinapine in broiler chickens and its metabolism in the digestive tract. *J. Sci. Food Agric.* 83:1430-1438.

Ravindran, G., V. Ravindran, and W.L. Bryden, 2006. Total and ileal digestible tryptophan contents of feedstuffs for broiler chickens. *J. Sci. Food Agric.* 86:1132-1137.

Slominski, B.A. and L.D. Campbell. 1990. Non-starch polysaccharides of canola meal: Quantification, digestibility in poultry and potential benefit of dietary enzyme supplementation. *J. Sci. Food Agric.* 53:175-84.

Sauvant, D., J.M. Perez and G. Tran. 2002. Tables of composition and nutritional value of feed materials. Wageningen Academic Publishers, INRA Editions.

Spragg, J.C. and R.J. Mailer. 2007. Canola meal value chain quality improvement. A final report prepared for AOF and Pork CRC. Project code:1B-103-0506.

Summers, J.D., S. Leeson and S.J. Slinger. 1978. Performance of egg-strain birds during their commercial life cycle when continuously fed diets containing Tower rapeseed gums. *Can. J. Anim. Sci.* 58:183-89.

Van Barneveld, R. 2. (1998) Influence of oil extraction method on the nutritional value of canola meal for growing pigs. DAS 38/1188 Final Report PRD card AOF.

PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE AVES

Ahmadi, A.S., M. Shivazad, M. Zaghari and A.Z. Shahneh. 2006. The effect of different levels of rapeseed meal (with or without enzyme) on the broiler breeder flocks performance. *Iranian J. Agric. Sci.* 37:233-240.

Badshah, A., Z. Aurang, B. Nizakat, A. Sajjad, M.A. Chaudry, A. Sattar. 2001. Utilization of rapeseed meal/cake in poultry feed. Part II. Effect of incorporating higher levels of rapeseed cake in poultry diet on laying performance of brown-egg layer. *Pakistan J. Sci. Ind. Res.* 44:171-174.

Butler, E.J., A.W. Pearson and G.R. Fenwick. 1982. Problems which limit the use of rapeseed meal as a protein source in poultry diets. *J. Sci. Food Agric.* 33:866-875.

Campbell, L.D. and B.A. Slominski. 1991. Feeding quality of very low glucosinolate canola. Twelfth Western Nutrition Conference. September 11-12, 1991. Winnipeg, Manitoba. pp. 245-252.

Honkatukia, M., K. Reese, R. Preisinger, M. Tuiskula-Haavisto, S. Weigend, J. Roito, A. Mäki-Tanila and J. Vilkki. 2005. Fishy taint in chicken eggs is associated with a substitution within a conserved motif of the FMO3 gene. *Genomics.* 86:225-232.

Huang, K.H., X. Li, V. Ravindran and W.L. Bryden, 2006. Comparison of apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients measured with broilers, layers and roosters. *Poultry Sci.* 85:625-634.

Jamroz, D., A. Wiliczekiewicz and J. Skorupinska. 1992. The effect of diets containing different levels of structural substances on morphological changes in the intestinal walls and the digestibility of the crude fibre fractions in geese (Part 3). *J. Anim. Feed Sci.* 1:37-50.

Kaminska, B.Z. 2003. Substitution of soyabean meal with "00" rapeseed meal or its high-protein fraction in the nutrition of hens laying brown-shelled eggs. *J. Anim. Feed Sci. (Poland)* 12:111-119.

Kiiskinen, T. 1989. Effect of long-term use of rapeseed meal on egg production. *Annales Agriculturae Fenniae.* 28:385-396.

Kluth and Rodehutsord, 2006. Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys and Peking ducks. *Poultry Sci.* 85:1953-1960.

Kocher, A., M. Choct, M.D. Porter and J. Broz. 2000. The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentrations of canola or sunflower meal. *Poult. Sci.* 79:1767-1774.

Mandal, A.B., A.V. Elangovan., Promod K. Tyagi, Praveen K. Tyagi, A.K. Johri and S. Kaur. 2005. Effect of enzyme supplementation on the metabolisable energy content of solvent-extracted rapeseed and sunflower seed meals for chicken, guinea fowl and quail. *Brit. Poult. Sci.* 46:75-79.

Marcu, N., E. Banto, M. Sut-Gherman, M. Dinea, O. Ludu, and J. Ceghezi. 2005. The effect of soybean meal substitution with rape meal in laying hens nutrition. *Bul. Univ. Stiinte. AGri. Med. Vet. Cluj-Napoca Seria Zooteh. Biotechnol.* 60:138-142.

Meng, X., B.A. Slominski, L.D. Campbell, W. Guenter and O. Jones. 2006. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds. Part 1: Canola seed. *Poult. Sci.* 85:1025-1030.

Meng, X., B.A. Slominski, C.M. Nyachoti, L.D. Campbell, and W. Guenter. 2005. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poult. Sci.* 84:37-47.

Meng, X., and B.A. Slominski. 2005. Nutritive values of corn, soybean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydrase preparation of cell wall degrading enzymes. *Poult. Sci.* 84:1242-1251.

Nadeem, M.A., A.H. Gilani, A.G. Khan and Mahr-UN-Nisa. 2005. Amino acids availability of poultry feedstuffs in Pakistan. *Int. J. Agric. Biol.* 7:985-989.

Nasser, A.R., M.P. Goeger and G.M. Arscott. 1985. Effect of canola meal in laying hen diets. *Nutr. Rep. Intl.* 31:1349-1355.

Newkirk, R.W. and H.L. Classen. 2002. The effects of toasting canola meal on body weight, feed conversion efficiency, and mortality in broiler chickens. *Poult. Sci.* 81:815-825.

Novak, C., H. Yakout and S. Scheideler. 2004. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. *Poult. Sci.* 83:977-984.

Palander, S., M. Näsi and I. Ala-Fossil. 2004. Rapeseed and soybean protein as protein sources for growing turkeys of different ages. *Brit. Poult. Sci.* 45:664-671.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



Perez-Maldonado, R.A. and Barram, K.M. 2004. Evaluation of Australian canola meal for production and egg quality in two-layer strains. *Proc. Aust. Poult. Symp.* 2004: pp 171-174.

Ramesh, K.R., G. Devegowda and H. Khosravinia. 2006. Effects of enzyme addition to broiler diets containing varying levels of double zero rapeseed meal. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19:1354-1360.

Ravindran, G., V. Ravindran, and W.L. Bryden. 2006. Total and ileal digestible tryptophan contents of feedstuffs for broiler chickens. *J. Sci. Food Agric.* 86:1132-1137.

Ravindran, V., S. Cabahug, G. Ravindran, and W.L. Bryden. 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poult. Sci.* 78:699-706.

Robblee, A.R., D.R. Clandinin, J.D. Summers and S.J. Slinger. 1986. Canola meal for poultry. In *Canola Meal for Livestock and Poultry*. Canola Council of Canada. Winnipeg, Manitoba.

Simbaya, J., B.A. Slominski, W. Guenter, A. Morgan and L. Campbell. 1996. The effects of protease and carbohydrase supplementation on the nutritive value of canola meal for poultry – in vitro and in vivo studies. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61:219-234.

Slominski, B.A. and L.D. Campbell. 1990. Non-starch polysaccharides of canola meal: Quantification, digestibility in poultry and potential benefit of dietary enzyme supplementation. *J. Sci. Food Agric.* 53:175-84.

Summers, J.D., S. Leeson and D. Spratt. 1988a. Canola meal and egg size. *Can. J. Anim. Sci.* 68:907-913.

Summers, J.D., D. Spratt and S. Leeson. 1988b. Utilization of calcium in canola meal supplemented laying diets. *Can. J. Anim. Sci.* 68:1315-1317.

Summers, J.D., D. Spratt and M. Bedford. 1990. Factors influencing the response to calcium supplementation of canola meal. *Poult. Sci.* 69:615-622.

Summers, J.D., D. Spratt and M. Bedford. 1992. Sulfur and calcium supplementation of soybean and canola meal diets. *Can. J. Anim. Sci.* 72:127-133.

Summers, J.D. and M. Bedford. 1994. Canola meal and diet acid-base balance for broiler. *Can. J. Anim. Sci.* 74:335-339.

Waibel, P.E., S.L. Noll, S. Hoffbeck, Z.M. Vickers and R.E. Salmon. 1992. Canola meal in diets for market turkeys. *Poult. Sci.* 71:1059-1066.

PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE CERDOS

Baidoo, S.K., F.X. Aherne, B.N. Mitaru and R. Blair. 1987. Canola meal as a protein supplement for growing finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 18:37-44.

Bell, J.M. 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 73:679-697.

Bell, J.M., M.O. Keith and C.S. Darroch. 1988. Lysine supplementation of grower and finisher pig diets based on high protein barley, wheat and soybean meal or canola meal, with observations on thyroid and zinc status. *Can. J. Anim. Sci.* 68:931-940.

Bell, J.M., M.O. Keith and D.S. Hutcheson. 1991. Nutritional value of very low glucosinolate canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* 71:497-506.

Bourdon, D. and A. Aumaitre. 1990. Low glucosinolate rapeseeds and rapeseed meals: Effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 30:175-191.

Brand, T.S., D.A. Brandt, C.W. Cruywagen. 2001. Utilisation of growing-finishing pig diets containing high levels of solvent or expeller oil extracted canola meal. *New Zealand J. Agr. Res.*, 44: 31-35.

Flipot, P. and J.J. Dufour. 1977. Reproductive performance of gilts fed rapeseed meal cv. Tower during gestation and lactation. *Can. J. Anim. Sci.* 57:567-571.

Hickling, D. 1994. Canola meal hog feeding trials in Western Canada. Canola Council of Canada. Winnipeg, Canada.

Hickling, D. 1996. Canola meal hog feeding trials in Mexico. Canola Council of Canada. Winnipeg, Canada.

King, R.H., P.E. Eason, D.K. Kerton and F.R. Dunshea. 2001. Evaluation of solvent-extracted canola meal for growing pigs and lactating sows. *Aust. J. Agric. Res.* 52:1033-1041.

Kracht, W.H. Jeroch, W. Matzke, K. Nurnberg, K. Ender and W. Schumann. 1996. The influence of feeding rapeseed on growth and carcass quality of pigs. *Fett Lipid.* 98:343-351.

Lee, P.A., R. Hill and E.J. Ross. 1985. Studies on rapeseed meals from different varieties of rape in the diets of gilts II. Effects on farrowing performance of gilts, performance of their piglets to weaning and subsequent conception of the gilts. *Br. Vet. J.* 141:592-602.

Lee, P.A. and R. Hill. 1983. Voluntary intake of growing pigs given diets containing rapeseed meal from different types and varieties of rape as the only protein supplement. *Br. J. Nutr.* 50:661-671.

Lewis, A.J., F.X. Aherne and R.T. Hardin. 1978. Reproductive performance of sows fed low glucosinolate (Tower) rapeseed meal. *Can. J. Anim. Sci.* 58:203-208.

Mateo, J.P., O.B.N. Malingan and D. Hickling. 1998. Canola meal (*Brassica napus*) and feed peas for growing-finishing pigs: An on-farm feeding trial. *Philippines J. Vet. and Anim. Sci.* 24:27-35.

McIntosh, M.K., S.K. Baidoo, F.X. Aherne and J.P. Bowland. 1986. Canola meal as a protein supplement for 6 to 20 kilogram pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 66:1051-1056.

Mullan, B.P., J.R. Pluske, J. Allen and D.J. Harris. 2000. Evaluation of Western Australian canola meal for growing pigs. *Aust. J. Agric. Res.* 51:547-553.

National Research Council. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed. National Academy Press, Washington, DC.

Noblet, J., H. Fortune, C. Dupire and S. Dubois. 1993. Digestible, metabolizable and net energy values of 13 feedstuffs for growing pigs: Effect of energy system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 42:131-149.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

Nyachoti, C.M., C.F.M. de Lange and H. Schulze. 1997. 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.* 75:3206- 3213.

Nyachoti, C.M., R.T. Zijlstra, C.F.M. de Lange and J.F. Patience. 2004. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. *Can. J. Anim. Sci.* 84: 549-566.

Patience, J.F., D. Gillis and C.F.M. de Lange. 1996. Dehulled canola meal for growing-finishing pigs. Monograph No. 96-02. Prairie Swine Centre. Saskatoon. Canada.

Raj, St., H. Fandrejewski, D. Weremko, G. Skiba, L. Buraczewska, T. Zebrowska and I.K. Han. 2000. Growth performance, body composition and protein and energy utilization of pigs fed ad libitum diets formulated according to digestible amino acid content. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13:817-823.

Robertson, W.M., M.E.R. Dugan, S.J. Landry, K. Erin, G. Clayton and S. Jaikaran. 2000. Evaluation of live performance, carcass composition and meat quality of market hogs fed diets with various combinations of peas, canola meal and soybean meal with wheat or corn as the cereal base. Lacombe Research Station. Agriculture and Agri-Food Canada.

Roth-Maier, D. A., B. M. Böhmer, F. X. Roth. 2004. Effects of feeding canola meal and sweet lupin (*L. luteus*, *L. angustifolius*) in amino acid balanced diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Anim. Res.* 53: 21-34.

Schone, F., B. Goppel, A. Hennig, G. Jahreis and R. Lange. 1997a. Rapeseed meal, methimazole, thiocyanate and iodine affect growth and thyroid. Investigations into glucosinolate tolerance in the pig. *J. Sci. Food Agric.* 74:69-80.

Schone, F., B. Rudolph, U. Kirchheim and G. Knapp. 1997b. Counteracting the negative effects of rapeseed and rapeseed press cake in pig diets. *Brit. J. Nutr.* 78:947- 962.

Siljander-Rasi, H., J. Valaja, T. Alaviuhkola, P. Rantamaki and T. Tupasela. 1996. Replacing soybean meal with heat-treated low glucosinolate rapeseed meal does not affect the performance of growing-finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60:1-12.

Stein, H. H., B. Sève, M.F. Fuller, P.J. Moughan and C.F.M. de Lange. 2007. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. *J. Anim. Sci.* 85:172-180.

PASTA DE CANOLA EN LA DIETA DE GANADO BOVINOS

Bayourthe, C., F. Enjalbert and R. Moncoulon, 2000. Effects of forms of canola oil fatty acids plus canola meal on milk composition and physical properties of butter. *J. Dairy Sci.* 83:690-696.

Beaulieu, A. D., J. A. Olubobokun, and D. A. Christensen. 1990. The utilization of canola and its constituents by lactating dairy cows. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 30:289-300.

Brito, A. F., and G. A. Broderick. 2007. Effects of different protein supplements on milk production and nutrient utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:1816-1827.

Brito, A. F., Broderick, G. A. and S.M. Reynal, 2007. Effects of different protein supplements on omasal nutrient flow and microbial protein synthesis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:1828-1841.

Boila, R.J. and J.R. Ingalls. 1992. In situ rumen digestion and escape of dry matter, nitrogen and amino acids in canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* 72:891-901.

Cheng, K.J., T.A. McAllister and L.M. Rode. 1993. Use of acidulated fatty acids to increase the rumen undegradable protein value of canola meal. Tenth project report. Research on Canola Seed, Oil and Meal. Canola Council of Canada. Winnipeg, Canada.

Chichlowski, M.W., J.W. Schroeder, C.S. Park, W.L. Keller and D.E. Schimek, 2005. Altering the fatty acids in milk fat by including canola seed in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 88:3084-3094.

Claypool, D.W., C.H. Hoffman, J.E. Oldfield and H.P. Adams. 1985. Canola meal, cottonseed and soybean meals as protein supplements for calves. *J. Dairy Sci.* 68:67-70.

DePeters, E.J. and D.L. Bath. 1986. Canola meal versus cottonseed meal as a protein supplement in dairy rations. *J. Dairy Sci.* 69:148-154.

Dewhurst, R.J., K. Aston, W.J. Fisher, R.T. Evans, M.S. Dhanoa and A.B. McAllan. 1999. Comparison of energy and protein sources offered at low levels in grass-silage-based diets for dairy cows. *Brit. Soc. Anim. Sci.* 68:789-799.

Emanuelson, M., K.A. Ahllin and H. Wiktorsson. 1993. Long-term feeding of rapeseed meal and full-fat rapeseed of double low cultivars to dairy cows. *Livestock Prodn. Sci.* 33:199-214.

Fisher, L.J. and D.S. Walsh. 1976. Substitution of rapeseed meal for soybean meal as a source of protein for lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 56:233-242.

Ha, J.K. and J.J. Kennelly. 1984. In situ dry matter and protein degradation of various protein sources in dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 64:443-452.

Hill, R. 1991. Rapeseed meal in the diets of ruminants. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* 61(3).

Hill, R., I.C. Vincent and J. Thompson. 1990. The effects on food intake in weaned calves of low glucosinolate rapeseed meal as the sole protein supplement. *Anim. Prod.* 50:586-587.

Ingalls, J.R. and H.R. Sharma. 1975. Feeding of Bronowski, Span and commercial rapeseed meals with or without addition of molasses or flavor in rations of lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 55:721-729.

Johansson, B. and E. Nadeau. 2006. Performance of dairy cows fed an entirely organic diet containing cold-pressed rapeseed cake. *Acta Agriculturae Scand. Section A.* 56:128-136.

Johnson, K. A., R.L. Kincaid, H.H. Westberg, C.T. Gaskins, B.K. Lamb and J.D. Cronrath, 2002. The effect of oilseeds in diets of lactating cows on milk production and methane emissions. *J. Dairy Sci.* 85:1509-1515.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



Jones, R. A., A. F. Mustafa, D. A. Christensen, and J. J. McKinnon. 2001. Effects of untreated and heat-treated canola presscake on milk yield and composition of dairy cows. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 89:97-111.

Kendall, E.M., J.R. Ingalls and R.J. Boila. 1991. Variability in the rumen degradability and post ruminal digestion of the dry matter, nitrogen and amino acids of canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* 71:739-754.

Kirkpatrick, B.K. and J.J. Kennelly. 1987. In situ degradability of protein and dry matter from single protein sources and from a total diet. *J. Anim. Sci.* 65:567-576.

Koenig, K.M. and K.A. Beauchemin. 2005. Barley versus protein-supplemented corn-based diets for feedlot cattle evaluated using the NRC and CNCPS beef models. *Can. J. Anim. Sci.* 85:377-388.

Laarveld, B. and D.A. Christensen. 1976. Rapeseed meal in complete feeds for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 59:1929-1935.

Laarveld, B., R.P. Brockman and D.A. Christensen. 1981. The effects of Tower and Midas rapeseed meals on milk production and concentrations of goitrogens and iodide in milk. *Can. J. Anim. Sci.* 61:131-139.

MacLeod, G.K. 1991. Canola meal as a protein supplement in corn based dairy rations. Research on canola seed, oil and meal Ninth project report. Canola Council of Canada. Winnipeg, Canada.

Maesoomi, S. M., Ghorbani, G. R., Alikhani, M. and Nikkhal, A. 2006. Canola meal as a substitute for cottonseed meal in diet of midlactation Holsteins. *J. Dairy Sci.* 89:1673-1677.

McClellan, C. and B. Laarveld. 1991. Effect of somatotropin and protein supplement on thyroid function of dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 71:1053-1061.

Mulrooney, C.N., D.J. Schingoethe, K.F. Kalscheur and A.R. Hippen, 2008. Canola meal replacing dried distillers grains with soluble in lactating dairy cow diets. Proceedings of American Association of Animal Sciences, Mid-west Section Annual Meeting, Des Moines, Iowa. Abstract 110.

NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Rev. Ed., National Acad. Press, Washington, DC.

Papas, A., J.R. Ingalls and P. Cansfield. 1978. Effects of Tower and 1821 rapeseed meals and Tower gums on milk yield, milk composition and blood parameters of lactating dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 58:671-679.

Papas, A., J.R. Ingalls and L.D. Campbell. 1979. Studies on the effects of rapeseed meal on thyroid status of cattle, glucosinolate and iodine content of milk and other parameters. *J. Nutr.* 109:1129-1139.

Patterson, H.H., J.C. Whittier, L.R. Rittenhouse and D.N. Schutz. 1999. Performance of beef cows receiving cull beans, sunflower meal and canola meal as protein supplements while grazing native winter range in eastern Colorado. *J. Anim. Sci.* 77:750-755.

Petit, H.V. and D.M. Veira. 1994. Effect of post-weaning protein supplementation of beef steers fed grass silage on performance during the finishing phase, and carcass quality. *Can. J. Anim. Sci.* 74:699-701.

Piepenbrink, M.S. and D.J. Schingoethe. 1998. Ruminal degradation, amino acid composition and estimated intestinal digestibilities of four protein supplements. *J. Dairy Sci.* 81:454-461.

Ravichandiran, S., K. Sharma, Narayan Dutta, A.K. Pattanaik, J.S. Chauhan, Abha Agnihotri and Arvind Kumar. 2008. Performance of crossbred calves on supplements containing soybean meal or rapeseed-mustard cake with varying glucosinolate levels. *Indian J. Anim. Sci.* 78:85-90.

Sadeghi, A.A. and Shawrang, P. 2006. Effects of microwave irradiation on ruminal degradability and in vitro digestibility of canola meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 127:45-54

Sanchez, J.M. and D.W. Claypool. 1983. Canola meal as a protein supplement in dairy rations. *J. Dairy Sci.* 66:80-85.

Schingoethe, D.J. 1991. Protein quality, amino acid supplementation in dairy cattle explored. *Feedstuffs.* March 18, 1991. p. 11.

Sharma, H.R., J.R. Ingalls and J.A. McKirdy. 1977. Effects of feeding a high level of Tower rapeseed meal in dairy rations on feed intake and milk production. *Can. J. Anim. Sci.* 57:653-662.

Spörndly, E. and T. Åsberg. 2006. Eating rate and preference of different concentrate components for cattle. *J. Dairy Sci.* 89:2188-2199.

Vincent, I.C. and R. Hill. 1988. Low glucosinolate rapeseed meal as a protein source for milk production. *Anim. Prod.* 46:505.

Vincent, I.C., R. Hill and R.C. Campling. 1990. A note on the use of rapeseed, sunflower and soybean meals as protein sources in compound foods for milking cattle. *Anim. Prod.* 50:541-543.

Whales, W.J., D.W. Dellow and P.T. Doyle. 2000. Protein supplementation of cows grazing limited amounts of paspalum (*Paspalum dilatatum* Poir.)-dominant irrigated pasture in mid lactation. *Aust. J. Exp. Agric.* 40:923-929.

White, C.L., M. vH. Staines, N. Phillips, P. Young, F. Coupar, J.R. Ashes and S.K. Gulati. 2004. Protected canola meal increases milk protein concentrate in dairy cows fed a grass silage-based diet. *Aust. J. Exp. Agric.* 44:827-832.

Woods, V.B., A.P. Moloney, and F.P. O'Mara. 2003. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. Part II. In situ ruminal degradability of crude protein. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 110:131-143.

Zijlstra, R.T., G. Widayatne and J.F. Patience. 2003. Potential of cereal by-products from ethanol production as feed ingredient for swine production. ADF final report Project #20020139

PASTA DE CANOLA EN DIETAS ESPECIALES

Abdul-Aziz, G.M., M.A. El-Nady, A.S. Shalaby and S.H. Mahmoud. 1999. Partial substitution of soybean meal protein by different plant protein sources in diets for Nile tilapia fingerlings. *Bulletin of Faculty of Agriculture, U. of Cairo.* 50:189-202.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

Belzile, R.J., L.S. Poliquin and J.D. Jones. 1974. Nutritive value of rapeseed flour for mink: effects on live performance, nutrient utilization, thyroid function and pelt quality. *Can. J. Anim. Sci.* 54:639-644.

Borgeson, T.L., V.R. Racz, D.C. Wilkie, L.J. White, and M.D. Drew. 2006. Effect of replacing fish meal and oil with simple or complex mixtures of vegetable ingredients in diets fed to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquac. Nutr.* 12, 141-149.

Brand, T.S., L. De Brabander, S.J. Van Schalkwyk, B. Pfister and J.P. Hays. 2000. The true metabolisable energy content of canola oilcake meal and full-fat canola seed for ostriches (*Struthio camelus*). *Brit. Poult. Sci.* 41:201-203.

Cymbaluk, N.F. 1990. Using canola meal in growing draft horse diets. *Equine Practice* 12:13-19.

Drew, M.D., V.J. Racz, R. Gauthier and D.L. Thiessen. 2005. Effect of adding protease to coextruded flax: Pea or canola: Pea products on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal Feed Science and Technology* 119, 117-128.

Drew, M.D., A.E. Ogunkoya, D.M. Janz and A.G. Van Kesse., 2007. Replacement of fish meal and oil by canola protein concentrate and vegetable oils in diets fed to rainbow trout. *Aquaculture* (in press).

Friedman, M. 1996. Nutritional value of proteins from different food sources: A review. *J. Agric. Food Chem.* 1996, 6-29.

Glencross, B. 2003. Pilot assessment of the potential for canola meal and oil use in aquaculture feeds. Final report for the Grains Research and Development Corporation. Fisheries Research Contract report No. 5, Department of Fisheries, Western Australia, 132 pp.

Higgs, D.A., B.S. Dosanjh, M. Little, R.J.J. Roy and J.R. McBride. 1989. Potential for including canola products (meal and oil) in diets for *Oreochromis mossambicus* x *O. aureus* hybrids. *Proc. Third. Int. Symp. on Feeding and Nutr. in Fish.* Toba, Japan. Aug. 28 – Sep. 1, 1989. pp. 301-314.

Higgs, D.A., B.S. Dosanjh, R.M. Beames, A.F. Prendergast, S.A. Mwachireya and G. Deacon. 1996. Nutritive value of rapeseed/canola protein products for salmonids. In *Eastern Nutrition Conference*, pp. 187-196. Halifax, Canada, May 15-17.

Higgs, D.A., A.F. Prendergast, B.S. Dosanjh, R.M. Beames, G. Deacon, R.W. Hardy. 1983. Canola protein offers hope for efficient salmon production. In: MacKinlay, D.D. (Ed), *High Performance Fish*. Fish Physiology Association, Vancouver, BC, pp. 377-382.

Hill, R. 1991. Rapeseed meal in the diets of ruminants. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* 61(3).

Hilton, J.W., S.J. Slinge., 1986. Digestibility and utilization of canola meal in practical-type diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 1149–1155.

Konishi, C., T. Matsui, W. Park, H. Yano and F. Yano. 1999. Heat treatment of soybean meal and rapeseed meal suppresses rumen degradation of phytate phosphorus in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80:115-122.

Lebas, F. and M. Colin. 1977. Utilization of rapeseed oil meal in growing rabbit feeding. Effect of dehulling. *Ann. Zootech.* 26:93-97.

Lim, C., R.M. Beames, J.G. Eales, A.F. Prendergast, J.M. McLeese, K.D. Shearer and D.A. Higgs. 1997. Nutritive values of low and high fibre canola meals for shrimp. *Aquaculture Nutrition.* 3:269-279.

Lim, C., P.H. Klesius and D.A. Higgs. 1998. Substitution of canola meal for soybean meal in diets for channel catfish. *Ictalurus punctatus*. *J. World Aquaculture Soc.* 29:161-168.

Mandiki, S.N.M., J.L. Bister, G. Derycke, J.P. Wathelet, N. Mabon, N. Marlier and R. Paquay. 1999. Optimal level of rapeseed meal in diets of lambs. *Proceedings 10th International Rapeseed Congress*, Canberra, Australia, 1999.

Mwachireya, S.A., R.M. Beames, D.A. Higgs and B.S. Dosanjh. 1999. Digestibility of canola protein products derived from the physical, enzymatic and chemical processing of commercial canola meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held in fresh water. *Aquac. Nut.*, 5, 73–82.

National Research Council (NRC). 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington, DC.

Petit, H.V., R. Rioux, P.S. D'Oliveira, I.N. do Prado. 1997. Performance of growing lambs fed grass silage with raw or extruded soybean or canola seeds. *Can. J. Anim. Sci.* 77:455-463.

Poston, H.A. 1986. Response of rainbow trout to source and level of supplemental dietary methionine. *Comp. Biochem. Physiol.*, 83A, 739-744.

Sarwar, G., R. Blair, M. Friedman, M.R. Gumbmann, L.R. Hackler, P.L. Pellett and T.K. Smith. 1984. Inter- and intralaboratory variability in rat growth assays for estimating protein quality in foods. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 67, 976-981.

Sutton, E.I. 1988. Canola meal for other species. Horses. Feed intake and performance. *Canola Nutritionist Manual*. Canola Council of Canada. Winnipeg, Manitoba.

Thiessen, D.L., D.D. Maenz, R.W. Newkirk, H.L. Classen and M.D. Drew. 2004. Replacement of fish meal by canola protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac. Nutr.* 10, 379-388.

Throckmorton, J.C., P.R. Cheeke and N.M. Patton. 1980. Tower rapeseed meal as a protein source for weanling rabbits. *Can. J. Anim. Sci.* 60:1027-1028.

Vincent, I.C., J. Thompson and R. Hill. 1990. The voluntary feed intake and weight gain of lambs given concentrate feeds containing rapeseed meal with a range of glucosinolate contents. *Anim. Prod.* 50:587.

Vincent, I.C., H.L. Williams and R. Hill. 1988. Feeding British rapeseed meals to pregnant and lactating ewes. *Anim. Prod.* 47:283-289.



AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD



CUADROS DE COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES DE LA PASTA DE CANOLA

Componente	Promedio
Proteína cruda (N x 6.25: %)	36
Proteína que se desvía del rumen (%)	35
Aceite (%)	3.5
Ácido linoléico (%)	0.6
Cenizas	6.1
Azúcares (%)	7.8
Almidón (%)	0.6
Sucrosa (%)	6.2
Fructosa + glucosa (%)	0.6
Celulosa (%)	4.5
Oligosacáridos (%)	2.2
Polisacáridos no amiláceos (%)	15.7
PNA solubles (%)	1.4
PNA insolubles (%)	14.4
Fibra cruda (%)	11.7
Fibra detergente ácido (%)	16.8
Lignina detergente ácido (%)	5.1
Fibra detergente neutro (%)	20.7
Fibra total en la dieta (%)	32.3
Taninos (%)	1.5
Sinapina (%)	1.0
Ácido fítico (%)	3.3
Glucosinolatos (μmol/g)	7.2

Aminoácido	Total (%)*	Digestibilidad ileal estandarizada en cerdos (%)	Digestibilidad ileal aparente en pollos de engorda (%)
Alanina	1.57	80	79
Arginina	2.08	87	86
Aspartato + Asparagina	2.61	76	75
Cistina	0.86	81	74
Glutamato + Glutamina	6.53	87	82
Glicina	1.77	78	73
Histidina	1.12	84	84
Isoleucina	1.56	78	72
Leucina	2.54	82	76
Lisina	2.00	75	78
Metionina	0.74	87	79
Metionina + cistina	1.60	85	77
Fenilalanina	1.38	83	81
Prolina	2.15	78	75
Serina	1.44	78	71
Treonina	1.58	75	69
Triptófano	0.48	80	78
Tirosina	1.16	80	58
Valina	1.97	77	76

*Basado en 36% de proteína cruda

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE ENGORDA Y LECHERO

ESPECIALIDAD

Mineral	Promedio
Calcio (%)	0.62
Fósforo (%)	1.06
F disponible (%)	0.3-0.5
Sodio (%)	0.10
Cloro (%)	0.10
Potasio (%)	1.20
Azufre (%)	0.83
Magnesio (%)	0.53
Cobre (mg/kg)	5.7
Fierro (mg/kg)	162
Manganesio (mg/kg)	51
Molibdeno (mg/kg)	1.4
Zinc (mg/kg)	57
Selenio (mg/kg)	1.1
Balance de electrolitos Meq/kg (K+Na-Cl)	324
Diferencia catión-anión en dieta Meq/kg (K+Na-Cl-S)	-193



Vitamina	Cantidad
Biotina (mg/kg)	0.96
Colina (mg/kg)	6500
Ácido fólico (mg/kg)	0.8
Niacina (mg/kg)	156
Ácido pantoténico (mg/kg)	9.3
Piridoxina (mg/kg)	7.0
Riboflavina (mg/kg)	5.7
Tiamina (mg/kg)	5.1
Vitamina E (mg/kg)	13



Animal	Valor promedio	
Pollos de engorda	AMEn (kcal/kg)	2000
	TMEEn (kcal/kg)	2070
Gallinas ponedoras	AMEn (kcal/kg)	2390
Cerdos	DE (kcal/kg)	3100
	ME (kcal/kg)	2900
	NE (kcal/kg)	1750
Ganado bovino	TDN (%)	63.0
	DE (kcal/kg)	3100
	ME (kcal/kg)	2480
	NEM (kcal/kg)	1690
	NEG (kcal/kg)	1130
	NEL (kcal/kg)	1580

TODOS LOS VALORES SE BASAN EN 88% MATERIA SECA

AVES DE CORRAL

CERDOS

GANADO DE
ENGORDA Y
LECHERO

ESPECIALIDAD

Edición, diseño, publicación y
coordinación del
Instituto Internacional de Granos de Canadá (CIGI)

Canola Council of Canada
400-167 Lombard Avenue
Winnipeg, Manitoba
Canada R3B 0T6
Phone: (204) 982-2100
admin@canolacouncil.org
www.canolacouncil.org

