

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR  
ENERGÉTICO DEL ACEITE DE MAÍZ DE  
DESTILERÍA PARA CERDOS Y AVES



**U.S. GRAINS**  
COUNCIL

# COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR ENERGÉTICO DEL ACEITE DE MAÍZ DE DESTILERÍA PARA CERDOS Y AVES.

## INTRODUCCIÓN

El aceite de maíz de destilería (dco, por sus siglas en inglés) se usa como fuente de energía de alta calidad sobre todo en las dietas de aves y cerdos gracias a su alto contenido de energía metabolizable (EM) y precio relativamente bajo en comparación con otras grasas y aceites para alimentos balanceados. El precio en el mercado del DCO está íntimamente relacionado con el de la grasa amarilla en el mercado de grasas y aceites de EE. UU., pero tiene un contenido de EM sustancialmente mayor que la grasa amarilla y un contenido equiparable con el del aceite de soya. Algunos segmentos de mercado de las industrias avícola y porcina de EE. UU. han decidido producir animales alimentados solo con dietas “de origen vegetal” (que incluye a los aceites vegetales) para cumplir con las exigencias específicas del consumidor como parte de sus estrategias de comercialización. Además, el brote generalizado del virus de la diarrea epidémica porcina en EE. UU. de 2013 hizo que muchos veterinarios y nutricionistas eliminaran los ingredientes derivados de animales (de cerdos) de las dietas porcinas (es decir, grasa blanca de primera, harinas de proteína de subproductos de origen animal), y usar solo ingredientes vegetales (o sea, maíz, harina de soya, granos secos de destilería con solubles [DDGS] y aceite de maíz de destilería) para reducir el riesgo percibido de transmisión del virus y otros patógenos que pudieran estar presentes en los ingredientes hacia las granjas comerciales. Sin embargo, el uso del aceite de maíz de destilería en las dietas porcinas por lo general se limita a las fases de maternidad y las iniciales del crecimiento, porque la administración de altas concentraciones de aceite de maíz reduce la firmeza de la grasa del cerdo. La disminución de la firmeza de la grasa de la canal puede reducir el rendimiento al procesar la panza en tocino y reducir la aceptación de la calidad de la carne de cerdo en el mercado de exportación japonés. No obstante, en EE. UU. se puede usar un aditivo comercial aprobado como GRAS (generalmente reconocido como inocuo) (Lipinate™, Nutriquest, Mason City, IA) como un método efectivo de prevención de la reducción de firmeza de la grasa del cerdo al alimentar tasas altas de inclusión de DDGS o DCO.

“33.10 \_\_\_\_ Aceite de destilería grado alimenticio animal que se obtiene después de eliminar el alcohol etílico por destilación de la fermentación de la levadura de granos o mezcla de granos y extraer el aceite de forma mecánica o con solventes mediante métodos usados en la industria de la producción del etanol. Consiste predominantemente de ésteres de glicéridos de ácidos grasos y no contiene adiciones de ácidos grasos libres u otros materiales de grasas. Debe contener y estar garantizado con no menos de un 85 por ciento de ácidos grasos totales, no más del 2.5 por ciento de materia insaponificable y no más del uno por ciento de impurezas insolubles. Debe garantizarse un máximo de ácidos grasos libres y humedad. Si se usa un(os) antioxidante(s), debe indicarse el nombre común o normal, seguido de las palabras “usado como conservador”. Si el producto lleva un nombre descriptivo del tipo de origen, es decir “maíz, sorgo, cebada, centeno”, debe de corresponder al mismo con el grano predominante declarado en la primera palabra del nombre”. Propuesto en 2015, adoptado en 2016 rev. 1)

Esta definición adoptada oficialmente en 2016, especifica el análisis garantizado exigido y se aplica también al aceite de maíz extraído con solventes, el cual es un proceso diferente al de centrifugación utilizado en la mayoría de las plantas de etanol de Estados Unidos. Aunque se producen cantidades limitadas de DDGS de maíz desgrasado, se ha propuesto la siguiente definición de este coproducto pendiente de aprobación por la AAFCO:

“T27.9 \_\_\_\_Granos secos de destilería de maíz desgrasado con solubles, extraído con solventes, es el producto que resulta de la extracción con solventes del aceite de los granos secos de destilería de maíz con solubles (DDGS) para obtener un contenido de grasa cruda menor al tres por ciento con base a como se alimenta. Está destinado a ser fuente de proteína. La etiqueta debe incluir una garantía de proteína cruda mínima y azufre máximo. No es necesario poner las palabras “extraído con solventes” al listarlo como ingrediente en un alimento balanceado. (Propuesto en 2015)

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE DE MAÍZ DE DESTILERÍA

Una de las características que distinguen al aceite de maíz de destilería del aceite refinado de maíz es que sus fuentes tienen un mayor contenido de ácidos grasos libres (cuadro 1), que varían de menos del 2 hasta el 18 por ciento. Estudios previos que evaluaron los diferentes lípidos del alimento han mostrado que el incremento del contenido de ácidos grasos libres reduce el contenido de EM de cerdos y aves, lo cual llevó al desarrollo de ecuaciones de predicción de ED (en cerdos) y EMAn (en aves) (Wiseman et al., 1998). El aceite de maíz se distingue de otras fuentes de lípidos por su contenido relativamente alto de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), en especial el oleico

(9c-18:1; 28 a 30 por ciento de los lípidos totales) y linoleico (18:2n-6; 53 a 55 por ciento de los lípidos totales). Los aceites vegetales tienen mayor contenido de PUFA que las grasas animales, lo que resulta que tengan un mayor contenido de EM (Kerr et al., 2015). Como resultado, el DCO contiene una de las mayores concentraciones de EM de todas las grasas y aceites para alimentos balanceados, pero también es más susceptible a la peroxidación (Kerr et al., 2015; Shurson et al., 2015; Hanson et al., 2015). Alimentar con lípidos peroxidados a cerdos y pollos de engorde ha demostrado reducir la tasa de crecimiento, eficiencia del consumo de alimento y ganancia (Hung et al., 2017) y que el aceite de maíz altamente peroxidado reduce la eficiencia de la utilización de la energía y el estado antioxidante de cerdos lactantes (Hanson et al., 2016). Sin embargo, al añadir antioxidantes comerciales al aceite de maíz de destilería es efectivo en minimizar la peroxidación del DCO cuando se almacenan bajo condiciones de temperatura y humedad altas (Hanson et al., 2015). Aunque el alcance de la peroxidación del DCO (índice de peróxido, índice de anisidina y hexanal) es un poco mayor que en el aceite refinado de maíz, es mucho menos que en el aceite de maíz peroxidado que se administró en una prueba de Hanson et al. (2016) a cerdos lactantes en la que se observaron reducciones del desempeño del crecimiento.

**Cuadro 1. Composición química y mediciones de peroxidación de las fuentes de aceite refinado de maíz y aceite de maíz de destilería (DCO) (adaptados de Kerr et al., 2016)**

<b>Medición</b>	<b>Aceite refinado de maíz</b>	<b>DCO (4.9% AGL<sup>1</sup>)</b>	<b>DCO (12.8% AGL)</b>	<b>DCO (13.9% AGL)</b>
Humedad, %	0.02	1.40	2.19	1.19
Insolubles, %	0.78	0.40	1.08	0.97
Insaponificables, %	0.73	0.11	0.67	0.09
Grasa cruda %	99.68	99.62	98.96	99.63
Ácidos grasos libres, %	0.04	4.9	12.8	13.9
<b>Ácidos grasos, % de la grasa total</b>				
Palmitico (16:0)	11.39	13.20	11.87	13.20
Palmitoleico (9c-16:1)	0.10	0.11	0.11	0.11
Margárico (17:0)	0.07	0.07	0.07	0.07
Esteárico (18:0)	1.83	1.97	1.95	1.97
Oleico (9c-18:1)	29.90	28.26	28.92	28.26
Linoleico (18:2n-6)	54.57	53.11	54.91	53.11
Linolénico (18:3n-3)	0.97	1.32	1.23	1.32
Nonadecanoico (19:0)	ND <sup>1</sup>	0.65	0.65	0.65
Araquídico (20:0)	0.40	0.39	0.39	0.39
Gondoico (20:1n-9)	0.25	0.24	0.24	0.24
Behenoico (22:0)	0.13	0.13	0.12	0.13
Lignocérico (24:0)	0.17	0.19	0.18	0.19
Otros ácidos grasos	0.21	0.41	ND	0.41
<b>Medición de la peroxidación</b>				
Índice de peróxido, MEq/kg	1.9	2.9	3.3	2.0
Índice de anisidina <sup>3</sup>	17.6	80.9	70.3	73.3
Hexanal, µg/g	2.3	4.4	3.9	4.9

<sup>1</sup>AGL = ácidos grasos libres

<sup>2</sup>ND = No detectado

<sup>3</sup>No hay unidades del índice de anisidina

El cuadro 2 se muestra una comparación de la composición química y los indicadores de peroxidación de dos fuentes de DCO con otros lípidos de alimento comunes (es decir, grasa blanca de primera, aceite de palma y aceite de soya). La grasa blanca de primera (grasa de cerdo reciclada) consiste principalmente de ácido oleico (9c-18:1), ácido palmítico (16:0) y ácido esteárico (18:0) lo que a diferencia del DCO, hace que esta fuente de lípidos se clasifique como una fuente de grasa saturada. En general, las grasas animales saturadas (como la grasa blanca de primera) tienen un menor contenido de EM que muchas fuentes de aceite vegetal más insaturadas (como el aceite de maíz de destilería). Además, la grasa blanca de primera contiene una proporción más grande de ácidos grasos saturados, lo que la hace menos susceptible a la peroxidación de lípidos que el DCO, pero la temperatura y el tiempo de calentamiento durante el proceso de reciclaje puede resultar en una cantidad similar de peroxidación comparada con el DCO (cuadro 2). Los ácidos grasos predominantes en el aceite de palma son el ácido palmítico (16:0) y oleico (9c-18:1) y el contenido de ácido linoleico (9.85 por ciento) es mucho menor al del DCO (56 por ciento). Como resultado, el aceite de palma es mucho más resistente a la peroxidación, como lo indica el alto índice de estabilidad oxidativa del aceite (OSI) en comparación con el DCO, la grasa blanca de primera y el aceite de soya (cuadro 2).

En contraste, el perfil de ácidos grasos del aceite de soya es similar al del DCO, pues contiene concentraciones altas de ácido linoleico (53 por ciento) con concentraciones moderadas de oleico (23 por ciento) y palmítico (11 por ciento). Sin embargo, a diferencia del DCO, el aceite de soya contiene concentraciones relativamente altas de ácido linolénico (18:3n-3), lo que en teoría lo vuelve más susceptible a la peroxidación que el DCO, porque el linolénico tiene más dobles ligaduras en su estructura química que el ácido linoleico. Sorprendentemente, de acuerdo con las mediciones del índice de anisidina y 2,4 decadienal, la fuente de aceite de soya del cuadro 2 tuvo un menor contenido aldehído (producto de la peroxidación), en comparación con el DCO, la grasa blanca de primera y el aceite de palma. Otros dos componentes químicos que diferencian al DCO de la grasa blanca de primera, el aceite de palma y el de soya es su contenido de tocoferol total relativamente alto (de 626 a 730 mg/kg) y xantofilas (de 92 a 175 mg/kg) (cuadro 2). Solo el aceite de soya tiene un mayor contenido de tocoferol total que el DCO, pero esencialmente carece de xantofilas. Los tocoferoles y carotenoides (xantofilas) son fuertes compuestos antioxidantes que parecen benéficos en la prevención de una peroxidación mayor durante la exposición térmica que se da en los procesos de producción de los coproductos. Además, las concentraciones relativamente altas de estos compuestos en el aceite de maíz presente en los DDGS parecen ser benéficas en minimizar el estrés oxidativo si se alimenta a lechones lactantes con fuentes de este ingrediente altamente peroxidadas (Song et al., 2013). El alto contenido de xantofilas del DCO es una característica de “valor agregado” y un incentivo para su uso en dietas de pollo de engorde y de gallinas ponedoras como sustituto parcial de los pigmentos sintéticos para conseguir la pigmentación deseada en la piel del pollo y la yema del huevo.

**Cuadro 2. Composición química y medición de la peroxidación de aceite de maíz de destilería (DCO), grasa blanca de primera (GBP), aceite de palma (AP) y aceite de soya (AS); adaptado de Lindblom et al., 2017**

Medición	DCO (4.5% AGL)	DCO (10% AGL <sup>1</sup> )	GBP	AP	AS
Humedad %	0.68	0.54	0.24	0.02	0.02
Insolubles %	0.18	0.04	0.22	0.02	0.02
Insaponificables %	1.53	1.86	0.63	0.21	0.33
Grasa cruda %	98.7	98.2	98.3	98.6	98.5
Ácidos grasos libres %	4.5	10.0	13.4	0.07	0.04
<b>Ácidos grasos % de la grasa total</b>					
Cáprico (10:0)	ND <sup>2</sup>	ND	0.07	ND	ND
Laúrico (12:0)	ND	ND	ND	0.22	ND
Mirístico (14:0)	ND	ND	1.28	0.99	ND
Pentadecanoico (15:0)	ND	ND	ND	0.04	ND
Palmítico (16:0)	12.86	12.88	23.25	43.41	10.74
Palmitoleico (9c-16:1)	0.10	0.10	2.44	0.15	0.08
Margárico (17:0)	ND	ND	0.33	0.10	0.09
Estearico (18:0)	1.76	1.73	12.54	4.38	4.20
Oleico (9c-18:1)	26.95	26.56	41.38	39.90	23.08
Linoleico (18:2n-6)	55.88	56.50	16.52	9.85	53.19
Linolénico (18:3n-3)	1.26	1.26	0.55	0.22	7.28

**Cuadro 2. Composición química y medición de la peroxidación de aceite de maíz de destilería (DCO), grasa blanca de primera (GBP), aceite de palma (AP) y aceite de soya (AS); adaptado de Lindblom et al., 2017**

<b>Ácidos grasos % de la grasa total</b>	<b>DCO (4.5% AGL)</b>	<b>DCO (10% AGL<sup>1</sup>)</b>	<b>GBP</b>	<b>AP</b>	<b>AS</b>
Nonadecanoico (19:0)	0.10	ND	ND	ND	0.31
Araquídico (20:0)	0.39	0.38	0.19	0.37	0.33
Gadoleico (20:1)	0.28	0.25	0.80	0.14	0.20
Eicosadienoico (20:2)	ND	ND	0.74	ND	ND
Homo-y linoleico (20:3)	ND	ND	0.11	ND	ND
Araquidónico (20:4)	ND	ND	0.30	ND	ND
Behenoico (22:0)	0.12	0.14	ND	0.07	0.35
Docosatrinoico (22:3)	ND	ND	0.14	ND	ND
Docosatetraenoico (22:4)	0.12	ND	ND	ND	ND
Docosapentaenoico (22:5)	0.18	0.19	ND	ND	ND
Otros ácidos grasos	ND	ND	ND	0.15	0.16
Glicerina libre %	0.85	0.53	0.58	0.74	0.31
Tocoferoles totales, mg/kg	730	626	253	67	1,083
Alfa	51	62	50	67	77
Beta	15	15	<10	<10	<10
Delta	29	15	<10	<10	<10
Gama	635	534	203	<10	817
Xantofilas, mg/kg	92	175	<1	<1	<1
<b>Medición de la peroxidación</b>					
Índice de peróxido, MEq/kg	1.4	0.4	0.4	1.2	1.6
Índice de anisidina <sup>3</sup>	30.76	21.47	23.26	11.22	5.87
2.4-decadienal, mg/kg	26.4	ND	17.6	ND	6.2
Hexanal, µg/g	ND	ND	14.7	ND	ND
OSI <sup>4</sup> a 110°C, h	5.15	10.75	4.15	30.05	6.35
Ácidos grasos oxidados %	1.6	0.9	2.2	1.2	1.4
Compuestos polares %	9.38	9.55	20.53	7.40	3.46
Valor de TBA <sup>3,5</sup>	0.04	0.03	0.03	0.01	0.06

<sup>1</sup>AGL = ácidos grasos libres

<sup>3</sup>No hay unidades del índice de anisidina o del valor de TBA.

<sup>4</sup>OSI = índice de estabilidad del aceite

<sup>5</sup>TBA = ácido tiobarbitúrico

# CONTENIDO DE ENERGÍA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE REAL Y PREDICHO EN LAS FUENTES DE ACEITE DE MAÍZ DE DESTILERÍA PARA CERDOS

Se llevaron a cabo dos estudios para determinar el contenido de energía digestible (ED) y metabolizable (EM) del DCO en cerdos. La primera prueba la realizaron Kerr et al. (2016) para determinar el contenido de ED y EM del aceite refinado de maíz (0.04 por ciento de AGL), tres fuentes de DCO producidas comercialmente con contenido de AGL del 4.9 al 13.9 por ciento y una fuente alta (93.8 por ciento) de AGL de aceite de maíz producida artificialmente y para determinar el efecto del contenido de AGL en el contenido de EM de las fuentes de DCO. Como se muestra en el cuadro 3, el contenido de EM de las muestras de DCO varió de 8,036 a 8,828 kcal/kg, con la muestra de DCO con un 4.9 por ciento de AGL con un contenido de EM similar al aceite refinado de maíz. Los valores de EM del aceite refinado de maíz (8,741 kcal/kg), DCO con 4.9 por ciento de AGL (8,691 kcal/kg) y DCO con 13.9 por ciento de AGL (8,397 kcal/kg) fueron similares al valor de 8,570 kcal/kg del aceite de maíz notificado en el NRC (2012). Sorprendentemente, el 93.8 por ciento de AGL de la fuente de aceite de maíz tuvo el contenido de EB más bajo, pero el mayor contenido de ED y EM de todas las fuentes de aceite de maíz. No hubo un efecto perjudicial significativo del contenido de AGL en el contenido de ED o EM del DCO, excepto con la fuente de DCO de 12.8 por ciento de AGL que tuvo el menor contenido de EM de todas.

En un estudio posterior, Lindblom et al. (2017) determinaron el contenido de ED y EM de dos fuentes diferentes de DCO (4.5 y 10 por ciento de AGL) y compararon estos valores con fuentes comercialmente disponibles de grasa blanca de primera, aceite de palma y aceite de soya (cuadro 4). Los valores de EM obtenidos en ambas muestras de DCO fueron sustancialmente menores (7,921 y 7,955 kcal/kg) a los obtenidos en dos de las tres fuentes de DCO (de 8,397 a 8,691 kcal/kg) evaluadas por Kerr et al. (2016). No está claro por qué entre estos dos estudios hubo una diferencia de contenido de EM en las fuentes de DCO, pero estos resultados brindan un apoyo adicional de que el contenido de AGL del DCO no parece afectar el contenido de EM en cerdos. También fue sorprendente que el contenido de EM de la grasa blanca de primera (8,535 kcal/kg) fuera mayor que el de ambas muestras de DCO y que también fuera mayor que el valor del NRC (2012) de 8,124 kcal/kg. Está bien documentado que las fuentes de lípidos insaturados históricamente tienen mayor contenido de lípidos que las fuentes de grasas saturadas (NRC, 2012). Sin embargo, es probable que el uso generalizado de altas tasas de inclusión de DDGS en la dieta de cerdos en crecimiento-finalización en EE. UU. haya podido resultar en un cambio hacia un mayor contenido de ácidos grasos insaturados en la grasa blanca de primera obtenida de canales de dichos cerdos. Prueba de ello es el mayor contenido de ácido linoleico (16 por ciento) de esta fuente de grasa blanca de primera comparado con el notificado por NRC (2012) de 11.6 por ciento. Además, en esta fuente de grasa blanca de primera hubo una ligera disminución de aceite palmítico (23 por ciento) comparado con el 26 por ciento notificado en el NRC (2012). Es más, el contenido de EM de la fuente de aceite de soya evaluado por Lindblom et al. (2017) fue sustancialmente mayor (9,408 kcal/kg) que el valor de 8,574 kcal/kg notificado por NRC (2012). Estos resultados muestran los posibles riesgos de sobrevalorar o infravalorar el contenido de EM de grasas y aceites para alimentos al usar valores estáticos a partir de bases de datos de referencia.

## CONTENIDO DE ENERGÍA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE REAL Y PREDICHO EN LAS FUENTES DE ACEITE DE MAÍZ DE DESTILERÍA PARA CERDOS

El cuadro 2 se muestra una comparación de la composición química y los indicadores de peroxidación de dos fuentes de DCO con otros lípidos de alimento comunes (es decir, grasa blanca de primera, aceite de palma y aceite de soya). La grasa blanca de primera (grasa de cerdo reciclada) consiste principalmente de ácido oleico (9c-18:1), ácido palmítico (16:0) y ácido esteárico (18:0) lo que a diferencia del DCO, hace que esta fuente de lípidos se clasifique como una fuente de grasa saturada. En general, las grasas animales saturadas (como la grasa blanca de primera) tienen un menor contenido de EM que muchas fuentes de aceite vegetal más insaturadas (como el aceite de maíz de destilería). Además, la grasa blanca de primera contiene una proporción más grande de ácidos grasos saturados, lo que la hace menos susceptible a la peroxidación de lípidos que el DCO, pero la temperatura y el tiempo de calentamiento durante el proceso de reciclaje puede resultar en una cantidad similar de peroxidación comparada con el DCO (cuadro 2). Los ácidos grasos predominantes en el aceite de palma son el ácido palmítico (16:0) y oleico (9c-18:1) y el contenido de ácido linoleico (9.85 por ciento) es mucho menor al del DCO (56 por ciento). Como resultado, el aceite de palma es mucho más resistente a la peroxidación, como lo indica el alto índice de estabilidad oxidativa del aceite (OSI) en comparación con el DCO, la grasa blanca de primera y el aceite de soya (cuadro 2).



Kerr et al. (2016) evaluaron la precisión del uso de ecuaciones de predicción desarrolladas por Wisemann et al. (1998) en la predicción del contenido de ED de las fuentes de DCO para determinar si dichas ecuaciones ampliamente usadas se podían aplicar a estas fuentes y brindar estimados de ED más dinámicos y precisos con base en la composición variable de AGL de las fuentes (cuadro 3). Las ecuaciones de Wiseman et al. (1998) usan el contenido de AGL, la proporción de ácidos grasos insaturados a saturados y la edad del cerdo como valores para calcular el contenido de ED. Desafortunadamente, los resultados del uso de estas ecuaciones mostraron que se sobrestimó el contenido de ED en el aceite refinado de maíz y en las fuentes de DCO de 12.8 y 13.9 por ciento de AGL, que daban un estimado similar del contenido de ED de la fuente de DCO de 4.9 por ciento AGL, y que infravaloraban mucho (1,146 kcal/kg) el contenido de ED de la fuente de DCO de AGL alto producida experimentalmente. Estos resultados indican que es necesario el desarrollo de nuevas ecuaciones de predicción específicas para el DCO, porque el uso de las ecuaciones de Wiseman et al. (1998) no proporcionan la exactitud y precisión necesarias para calcular el contenido de ED del DCO para cerdos.

# CONTENIDO DE ENERGÍA METABOLIZABLE REAL Y PREDICHO DE LAS FUENTES DE ACEITE DE MAÍZ DE DESTILERÍA PARA POLLO DE ENGORDE

Solo se ha realizado un estudio para determinar el contenido de EMAn del aceite de maíz de destilería para pollo de engorde. Kerr et al. (2016) determinaron el contenido de EMAn del aceite refinado de maíz (0.04 por ciento de AGL) y de las mismas tres fuentes de DCO producidas comercialmente utilizadas

**Cuadro 3. Contenido de ED y EM real y predicha del DCO para lechones lactantes (adaptado de Kerr et al. 2016)**

Medición	Aceite refinado de maíz	DCO (4.9% AGL <sup>1</sup> )	DCO (12.8% AGL)	DCO (13.9% AGL)	DCO (93.8% AGL)
EB, kcal/kg	9,423	9,395	9,263	9,374	9,156
ED, kcal/kg	8,814 <sup>a</sup>	8,828 <sup>a</sup>	8,036 <sup>b</sup>	8,465 <sup>ab</sup>	8,921 <sup>a</sup>
EM, kcal/kg	8,741 <sup>a</sup>	8,691 <sup>a</sup>	7,976 <sup>b</sup>	8,397 <sup>ab</sup>	8,794 <sup>a</sup>
EE <sup>2</sup> digestibilidad %	93.2	94.0	91.7	95.0	92.7
AGS:AGI <sup>3</sup>	6.13	5.00	5.61	5.00	4.81
ED predicha <sup>4</sup> , kcal/kg	8,972	8,848	8,794	8,741	7,775
Diferencia entre ED real y predicha, kcal/kg	-158	-20	-758	-276	+ 1,146

<sup>a,b</sup>Las medias con diferentes superíndices en las filas son diferentes (P menor que 0.05).

<sup>1</sup>AGL = ácidos grasos libres

<sup>2</sup>EE = extracto etéreo

<sup>3</sup>AGI = ácidos grasos insaturados, AGS = ácidos grasos saturados

<sup>4</sup>Ecuaciones basadas en cerdos jóvenes (ED) obtenidas de Wiseman et al. (1998).

**Cuadro 4. Contenido de energía y digestibilidad del extracto etéreo y (EE) del aceite de maíz de destilería (DCO), grasa blanca de primera (GBP), aceite de palma (AP) y aceite de soya (AS) en lechones lactantes (adaptado de Lindblom et al., 2017)**

Medición	DCO (4.5% AGL)	DCO (10% AGL <sup>1</sup> )	GBP	AP	AS
EB, kcal/kg	9,392	9,395	9,365	9,419	9,419
ED, kcal/kg	8,001 <sup>b</sup>	8,052 <sup>b</sup>	8,531 <sup>b</sup>	8,293 <sup>b</sup>	9,388 <sup>a</sup>
EM, kcal/kg	7,921 <sup>b</sup>	7,955 <sup>b</sup>	8,535 <sup>b</sup>	8,350 <sup>b</sup>	9,408 <sup>a</sup>
EE <sup>2</sup> digestibilidad %	84.6 <sup>b</sup>	85.6 <sup>a</sup>	85.5 <sup>a</sup>	84.4 <sup>b</sup>	85.1 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup>Las medias con diferentes superíndices en las filas son diferentes (P menor que 0.05).

<sup>1</sup>AGL = ácidos grasos libres

<sup>2</sup>EE = extracto etéreo

en el experimento de cerdos que variaban de 4.9 a 13.9 por ciento en contenido de AGL y una fuente alta en AGL de aceite de maíz producido artificialmente (93.8 por ciento). Como se muestra en el cuadro 5, el contenido de EMAn no fue diferente entre las fuentes de DCO con una variación de 7,694 A 8,036 kcal/kg y no fueron diferentes al contenido de EMAn del aceite refinado de maíz (8,072 kcal/kg). Sin embargo, estos valores fueron sustancialmente menores que los de EMAn del aceite refinado de maíz (de 9,639 a 10,811 kcal/kg) notificados en el NRC (1994). Resulta interesante que a diferencia de la respuesta en cerdos, si se alimenta la fuente de DCO con 93.8 por ciento de AGL resulta en una reducción sustancial de contenido de EMAn (6,276 kcal/kg) en comparación con el contenido de EMAn en otras fuentes de aceite de maíz. No está claro por qué el pollo de engorde respondió de forma diferente al cerdo al alimentarlo con esta fuente de aceite de maíz alta en AGL producida experimentalmente, pero estos resultados apoyan informes previos de que el mayor contenido de AGL en las grasas y aceites por lo general reduce el contenido de EMAn en pollos de engorde

Similar a la comparación con cerdos, Kerr et al. (2016) evaluaron la precisión de usar las ecuaciones de predicción desarrolladas por Wisemann et al. (1998) para calcular el contenido de EMAn de las fuentes de DCO en pollos de engorde para determinar si dichas ecuaciones pueden brindar cálculos de EMAn más precisos y dinámicos con base en la composición variable de AGL en DCO para pollos de engorde (cuadro 5). Las ecuaciones de Wiseman et al. (1998) usan el contenido de AGL, la proporción de ácidos grasos insaturados a saturados y la edad del ave que como valores para calcular el contenido de EMAn de las grasas y aceites en pollos de engorde. Desafortunadamente, estas ecuaciones sobrestimaron el contenido de EMAn de 379 a 659 kcal/kg de todas las fuentes de aceite de maíz. Estos resultados indican que es necesario el desarrollo de nuevas ecuaciones de predicción de EMAn específicas para el DCO en pollos de engorde, ya que el uso de las ecuaciones de Wiseman et al. (1998) dieron como resultado la sobreestimación de dicho contenido.

**Cuadro 5. Contenido de EMAn real y predicho del DCO para pollos de engorde (adaptado de Kerr et al. 2016)**

<b>Medida</b>	<b>Aceite refinado de maíz</b>	<b>DCO (4.9% AGL<sup>1</sup>)</b>	<b>DCO (12.8% AGL)</b>	<b>DCO (13.9% AGL)</b>	<b>DCO (93.8% AGL)</b>
EB, kcal/kg	9,423	9,395	9,263	9,374	9,156
EMAn <sup>2</sup> , kcal/kg	8,072 <sup>a</sup>	7,936 <sup>a</sup>	8,036 <sup>a</sup>	7,694 <sup>a</sup>	6,276 <sup>b</sup>
EE <sup>3</sup> digestibilidad %	91.6 <sup>a</sup>	89.8 <sup>a</sup>	89.0 <sup>a</sup>	88.4 <sup>a</sup>	83.0 <sup>b</sup>
AGS:AGI <sup>4</sup>	6.13	5.00	5.61	5.00	4.81
EMAn <sup>5</sup> predicha, kcal/kg	8,680	8,484	8,415	8,329	6,935
Diferencia entre EMAn real y predicha, kcal/kg	- 608	- 548	- 379	- 635	- 659

<sup>1</sup>AGL = ácidos grasos libres

<sup>2</sup>EMAn = EM aparente corregida por nitrógeno

<sup>3</sup>EE = extracto etéreo

<sup>4</sup>AGI = ácidos grasos insaturados, AGS = ácidos grasos saturados

<sup>5</sup>Ecuaciones basadas en el promedio de pollos de engorde jóvenes y viejos (EM aparente) obtenidas a partir de Wiseman et al. (1998) y ajustadas a la EMAn de pollo de engorde basadas en López y Leeson (2007, 2008) y King et al. (2013).