**Capítulo 8**

**Características nutricionales y valor alimenticio del salvado de maíz deshidratado con solubles, DDGS desgrasados (extraídos con solventes) y aceite de destilería de maíz en las dietas para animales**

# Introducción

Además de la proteína fermentada de maíz (CFP, capítulos 1, 2, 3, 4 y 5), de los granos secos de destilería altos en proteína (HP-DDG) descritos en el capítulo 6 y del concentrado de proteína de maíz (CPC) descrito en el capítulo 7, algunas plantas de etanol producen otros coproductos nuevos de maíz mediante procesos industriales nuevos que resultan en distintos perfiles nutricionales y aplicaciones en alimentos. En estos se incluyen a la fibra/salvado de maíz deshidratado con solubles (CBS), DDGS desgrasados y aceite de destilería de maíz (CDO). Por lo tanto, el objetivo de este capítulo es brindar los perfiles nutricionales actuales de cada categoría de coproducto, describir sus beneficios y limitaciones de uso en dietas para las distintas especies de animales y dar resúmenes de las pruebas de alimentación que se han llevado a cabo.

# Salvado de maíz deshidratado con solubles

## Composición nutricional del salvado de maíz con solubles para rumiantes

Algunas plantas de etanol que usan la Fiber Separation Technology™ de ICM producen salvado de maíz deshidratado con solubles de alta humedad (40% de materia seca). Debido a que su alto contenido de humedad que repercute en el costo del transporte, este coproducto no se exporta, pero se ha evaluado en dietas del ganado de engorde. Véase la sección en este capítulo que contiene un breve resumen de los resultados de las pruebas de alimentación que evaluaron al salvado de maíz alto en humedad y los solubles de destilería en las dietas del ganado de engorde.

## Composición nutricional del salvado de maíz deshidratado con solubles en cerdos

Las nuevas plantas de etanol en Brasil utilizan Fiber Separation Technology™ de ICM para producir salvado de maíz deshidratado con solubles para uso en dietas de cerdos, aves y ganado. Paula et al. (2021) determinaron la energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), digestibilidad ileal estandarizada (DIE) de aminoácidos y la digestibilidad total estandarizada del tubo digestivo (DETT) del fósforo (P) en el salvado de maíz deshidratado con solubles comparado con fuentes convencionales de DDGS y HP-DDG producidas en EE. UU. y una fuente de HP-DDG producida mediante Fiber Separation Technology™ de ICM en Brasil. Como era de esperarse, el contenido de proteína cruda (PC) del salvado de maíz deshidratado con solubles es relativamente bajo (13.87%) y el contenido de extracto etéreo (9%) y de fibra neutrodetergente (FND, 39.07%) es relativamente alto comparado con los otros coproductos de maíz evaluados (**cuadro 1**). El contenido de EM del salvado de maíz deshidratado con solubles fue de alrededor del 91% del de los DDGS de EE. UU., además del 80% y 71% del de los HP-DDG de EE. UU. y Brasil, respectivamente. Aunque el contenido de P del salvado de maíz deshidratado con solubles (0.71%) fue mayor que el que se encuentra en los otros coproductos de maíz, la DETT de P fue la más baja (46.4%) de entre los coproductos comparados (**cuadro 1**). Las DIE de lisina (Lys), metionina (Met), treonina (Thr) y triptófano (Trp) del salvado de maíz deshidratado con solubles fueron más bajas que para los otros coproductos de maíz. Estos resultados que indican que el salvado de maíz deshidratado con solubles tiene un contenido de EM y de aminoácidos digestibles sustancialmente menor que las fuentes convencionales de DDGS y HP-DDG producidas de EE. UU. y que los HP-DDG de Brasil. Sin embargo, este perfil nutricional sería adecuado para usarse en dietas de cerdas gestantes, en las se requiere un consumo limitado de energía para controlar la condición corporal y los requerimientos de aminoácidos digestibles son relativamente bajos.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 1.** Composición química (con base en como se alimenta) de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) y de los granos secos de destilería altos en proteína (HP-DDG) de EE. UU. comparados con los HP-DDG brasileños y el salvado de maíz deshidratado con solubles (CBS; adaptado de Paula et al., 2021) | | | | |
| **Componente** | **DDGS de EE. UU.** | **HP-DDG de EE. UU.** | **HP-DDG de Brasil** | **CBS de Brasil** |
| Materia seca, % | 86.08 | 89.62 | 92.30 | 87.59 |
| Proteína cruda, % | 26.37 (72) | 34.83 (62) | 42.93 (67) | 13.87 (59) |
| Extracto etéreo, % | 6.40 | 7.80 | 10.30 | 9 |
| FND, % | 36.59 | 47.48 | 37.40 | 39.07 |
| FAD % | 14.31 | 19.81 | 17.53 | 13.31 |
| Energía bruta, kcal/kg | 4,532 | 4,915 | 5,296 | 4,513 |
| ED (cerdos), kcal/kg | 3,134 | 3,352 | 4,060 | 2,843 |
| EM (cerdos), kcal/kg | 2,941 | 3,116 | 3,757 | 2,680 |
| Cenizas, % | 4.89 | 3.39 | 2.81 | 4.80 |
| Ca, % | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| P, % | 0.68 | 0.46 | 0.48 | 0.71 |
| DETT de P, % | 62.7 | 67.6 | 48.3 | 46.4 |
| Mg, % | 0.28 | 0.18 | 0.01 | 0.33 |
| Na, % | 0.44 | 0.47 | 0.09 | 0.24 |
| K, % | 1.09 | 0.63 | 0.41 | 1.50 |
| Cu, mg/kg | 14.26 | 7.9 | 7.10 | 7.14 |
| Fe, mg/kg | 59.56 | 52.1 | 112.5 | 87.32 |
| Mn, mg/kg | 12.72 | 9 | 9.97 | 16.81 |
| Zn, mg/kg | 63.39 | 56.40 | 75.55 | 61.26 |
| Aminoácidos indispensables, % | | | | |
| Arg | 1.10 (84) | 1.50 (76) | 2.06 (83) | 0.69 (74) |
| His | 0.64 (72) | 0.89 (66) | 1.26 (76) | 0.36 (69) |
| Ile | 0.98 (67) | 1.46 (68) | 1.79 (76) | 0.46 (65) |
| Leu | 2.90 (74) | 4.38 (72) | 5.30 (81) | 1.20 (72) |
| Lys | 0.73 (55) | 1 (53) | 1.37 (66) | 0.40 (46) |
| Met | 0.43 (75) | 0.54 (75) | 0.95 (82) | 0.25 (73) |
| Phe | 1.21 (72) | 1.86 (72) | 2.16 (78) | 0.54 (64) |
| Thr | 0.95 (68) | 1.32 (67) | 1.66 (76) | 0.51 (54) |
| Trp | 0.15 (74) | 0.22 (71) | 0.23 (73) | 0.11 (66) |
| Val | 1.30 (66) | 1.82 (69) | 2.37 (76) | 0.64 (65) |
| Aminoácidos no esenciales, % | | | | |
| Ala | 1.86 (78) | 2.65 (72) | 3.28 (82) | 0.90 (79) |
| Asp | 2.02 (65) | 2.72 (64) | 3.29 (73) | 1.02 (53) |
| Cys | 0.59 (70) | 0.80 (72) | 1.09 (82) | 0.34 (59) |
| Glu | 4.34 (75) | 6.21 (70) | 7.98 (81) | 2.03 (69) |
| Gly | 1.08 (94) | 1.40 (73) | 1.77 (93) | 0.66 (80) |
| Pro | 2.14 (59) | 3.08 (43) | 3.99 (55) | 1.08 (52) |
| Ser | 1.20 (66) | 1.74 (64) | 2.18 (79) | 0.61 (63) |
| Tyr | 1.09 (69) | 1.45 (70) | 1.91 (79) | 0.49 (62) |
| Aminoácidos totales | 24.44 (62) | 34.76 (65) | 44.39 (68) | 12.16 (65) |
| Lys:PC | 2.77 | 2.87 | 3.19 | 2.88 |

Los estudios previos de Anderson et al. (2012) y Rochell (2011) determinaron el perfil de nutrientes, el contenido de ED y EM en cerdos y el contenido de EMAn de una fuente similar de salvado de maíz deshidratado con solubles para aves (**cuadro 2**). Aunque no hay estudios recientes que hayan calculado la EMAn en salvado de maíz deshidratado con solubles para aves, el contenido de ED (3,282 kcal/kg MS) y EM (3,031 kcal/kg MS) del salvado de maíz deshidratado con solubles para cerdos determinado por Anderson et al. (2012) fue casi idéntico al contenido de ED (3,246 kcal/kg MS) y EM (3,060 kcal/kg DM) determinado por Paula et al. (2021). Aunque difiere el contenido de aminoácidos de salvado de maíz deshidratado con solubles entre los estudios de Anderson et al. (2012) y de Paula et al. (2021), el contenido de P fue similar.

|  |  |
| --- | --- |
| **Cuadro 2.** Valores publicados (con base en materia seca) de la composición nutricional del salvado de maíz con solubles para cerdos y aves (adaptado de Anderson et al., 2012 y Rochell et al., 2011) | |
| **Componente, % base MS** | **Salvado de maíz con solubles** |
| Materia seca | 90.82 |
| Energía bruta, kcal/kg | 4,982 |
| ED (cerdos), kcal/kg | 3,282 |
| EM (cerdos), kcal/kg | 3,031 |
| EMAn (aves), kcal/kg | 3,030 |
| Proteína cruda | 34.74 |
| Extracto etéreo | 9.68 |
| FTD | 26.65 |
| FND | 25.21 |
| FAD | 5.35 |
| Cenizas | 5.31 |
| Ca | 0.03 |
| P | 0.76 |
| ***Aminoácidos esenciales*** | |
| Arg | 0.77 |
| His | 0.44 |
| Ile | 0.50 |
| Leu | 1.30 |
| Lys | 0.62 |
| Met | 0.23 |
| Phe | 0.55 |
| Thr | 0.61 |
| Trp | 0.09 |
| Val | 0.76 |
| ***Aminoácidos no esenciales*** | |
| Ala | 1.04 |
| Asp | 1.02 |
| Cys | 0.30 |
| Glu | 1.95 |
| Gly | 0.77 |
| Pro | 1.08 |
| Ser | 0.65 |
| Tyr | 0.41 |

## Resumen de las pruebas de alimentación de salvado de maíz con solubles para rumiantes

Garland et al. (2019a) llevaron a cabo un estudio para comparar la digestibilidad de energía y nutrientes de las dietas con maíz (control), 20 y 40% de HP-DDG, 40% de salvado de maíz con solubles (CBS) y 40% de granos húmedos de destilería con solubles (WDGS) y granos secos de destilería con solubles (DDGS) de consumo de materia seca (MS). La alimentación con salvado de maíz deshidratado con solubles resultó en una menor digestibilidad de nutrientes de MS y materia orgánica (MO), una digestibilidad similar de fibra neutrodetergente (FND), pero mayor digestibilidad de la fibra ácidodetergente (FAD) y de energía digestible que el ganado alimentado con maíz. La digestibilidad de la materia seca y materia orgánica, y la energía digestible en el salvado de maíz deshidratado con solubles fue similar a la de los coproductos convencionales de WDGS y DDGS. Además, la digestibilidad de MS, materia orgánica, FND y FAD, así como la energía digestible en una tasa de inclusión en la dieta de 40% de salvado de maíz deshidratado con solubles fue similar a la alimentación con HP-DDG. Estos resultados indican que aunque la alimentación con HP-DDG y salvado de maíz deshidratado con solubles resultó en menor digestibilidad de MS y materia orgánica, aumentó el consumo energético al incluir en la dieta estos coproductos. Asimismo, el salvado de maíz deshidratado con solubles tuvo un valor alimenticio comparable al de los WDGS y DDGS.

En un estudio posterior, Garland et al. (2019b) compararon la administración de dietas que contenían 20% o 40% de consumo de MS con salvado de maíz húmedo con solubles con dietas con 20% o 40% de consumo de MS con granos húmedos de destilería (WDG) en el desempeño de crecimiento y características de la canal de terneros en finalización. El consumo de alimento y la conversión alimenticia aumentaron con el incremento de las tasas de inclusión de ambos coproductos de maíz y la GDP fue mayor con las dietas salvado de maíz con solubles o WDG frente a la dieta control, la cual consistió en maíz rolado seco y de alta humedad. Los resultados de este estudio mostraron que la alimentación con las mismas tasas de inclusión en la dieta tanto de salvado de maíz húmedo con solubles como de WDG resultaron en características similares de desempeño del crecimiento y de la canal.

Garland et al. (2019c) también compararon la alimentación de dietas con 40% de consumo de MS de HP-DDG, DDGS convencionales, WDGS y salvado de maíz húmedo con solubles en el desempeño del crecimiento y características de la canal de terneros híbridos. No hubo diferencia en el consumo de alimento entre los tratamientos de la dieta, pero el ganado alimentado con HP-DDG y salvado de maíz húmedo con solubles tuvo una mayor GDP y peso de la canal que el alimentado con las dietas WDGS y DDGS. Con base en la conversión alimenticia observada en los terneros en finalización de este estudio, se calculó que valor alimenticio de HP-DDG y de salvado de maíz húmedo con solubles es de 121% y 125% del valor del maíz, respectivamente.

# DDGS desgrasados (extracción por solvente)

Los DDGS desgrasados son un coproducto (NovaMeal) elaborado por extracción por solventes para eliminar el aceite de maíz de los DDGS, pero en la actualidad se producen en cantidades limitadas en EE. UU. No obstante, en un futuro esto podría cambiar como resultado de una mayor demanda de grasas y aceites para la producción de diésel renovable en EE. UU. Casi todos los DDGS desgrasados que actualmente se producen se utilizan en las dietas de vacas lecheras lactantes. Por lo tanto, casi todas las investigaciones sobre su composición nutricional y valor alimenticio se enfocan en el valor alimenticio en estos animales.

## Definición de AAFCO

La Association of American Feed Control Officials define a los granos secos de destilería de maíz desgrasados con solubles como:

27.9 Granos secos de destilería de maíz desgrasados con solubles, extraídos 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 3% 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".

## Composición nutricional de los DDGS desgrasados para rumiantes

Mjoun et al. (2010c) evaluaron y compararon la composición de nutrientes, proteína degradable y no degradable en el rumen, y la digestibilidad intestinal de los aminoácidos en la harina de soya convencional extraída con solventes (HS), DDGS altos en aceite, DDGS desgrasados y HP-DDG en vacas lecheras lactantes Holstein (**cuadro 3**). La mayor tasa de degradación de la proteína lentamente degradable fue para la harina de soya, de 11.8%/h a 2.7%/h para los DDGS desgrasados. El rango de proteína no degradable en el rumen fue de 32% para la harina de soya a 60% para los DDGS desgrasados. Aunque la proteína total digestible fue mayor en la harina de soya que en los coproductos de destilería, todos sobrepasaron el 95%. De forma similar, la digestibilidad intestinal de la mayoría de los aminoácidos en los coproductos de destilería sobrepasó el 92%, lo cual fue ligeramente menor para la harina de soya (>94%), excepto en digestibilidad de Lys que fue de 84 a 87% en los coproductos de destilería comparado con el 96% de digestibilidad de la harina de soya. La proteína de la dieta que se absorbe en el intestino fue mayor en los DDGS desgrasados (55%) comparada con los DDGS (48%) y los HP-DDG (51%), que fue también mayor que en la harina de soya (31%). Estos resultados indican que la digestibilidad de la proteína y aminoácidos de los DDGS desgrasados y de los otros coproductos de maíz se compara con el de la harina de soya al suministrarlo a vacas lecheras lactantes.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 3.** Comparación de composición química, proteína degradable y no degradable en el rumen, y digestibilidad intestinal de los aminoácidos en vacas lecheras lactantes (adaptado de Mjoun et al., 2010c) | | | | |
| **Componente, % base MS** | **Harina de soya** | **DDGS** | **DDGS desgrasados** | **HP-DDG** |
| Materia seca | 90.2 | 88.5 | 87.7 | 93.2 |
| Proteína cruda (PC) | 49.6 | 30.8 | 34 | 41.5 |
| Proteína soluble, % de PC | 15 | 14 | 10.9 | 6.4 |
| Proteína degradable en el rumen, % de PC | 68 | 48 | 40 | 46 |
| Proteína no degradable en el rumen, % de PC | 32 | 52 | 60 | 54 |
| Digestibilidad de la proteína intestinal estimada, % de PNDR | 97 | 92 | 91 | 94 |
| Proteína de la dieta que absorbe el intestino, % de PC | 31 | 48 | 55 | 51 |
| Proteína total digestible de la dieta, % de PC | 99 | 96 | 95 | 97 |
| PCIND, % de PC | 3.4 | 9.1 | 19.7 | 10.1 |
| PCIAD, % de PC | 3.2 | 8.8 | 13.2 | 9.9 |
| FND | 12 | 31.5 | 42.5 | 30.4 |
| FAD | 6.2 | 9.4 | 12.4 | 10.5 |
| Extracto etéreo | 1.1 | 10.6 | 3.5 | 3.2 |
| Almidón | 2 | 8.9 | 5.1 | 8.3 |
| NFC | 29.9 | 22.7 | 14.7 | 22.5 |
| Cenizas | 7.4 | 4.4 | 5.3 | 2.4 |
| Ca | 0.70 | 0.06 | 0.07 | 0.06 |
| P | 0.73 | 0.75 | 0.77 | 0.51 |
| Mg | 0.33 | 0.32 | 0.34 | 0.16 |
| K | 2.34 | 0.92 | 0.93 | 0.53 |
| S | 0.42 | 0.62 | 0.74 | 0.79 |
| ***Aminoácidos esenciales, g/kg PC***1 | | | | |
| Arg | 71.0 [85] (99) | 47.4 [66] (93) | 46.9 [59] (93) | 37.1 [57] (93) |
| His | 27.9 [87] (96) | 30.0 [71] (93) | 30.5 [65] (93) | 27.7 [68] (93) |
| Ile | 48.0 [84] (98) | 40.4 [65] (93) | 43.1 [59] (93) | 41.8 [56] (93) |
| Leu | 79.7 [84] (98) | 117.4 [59] (96) | 125.3 [50] (96) | 135.3 [51] (96) |
| Lys | 64.7 [86] (96) | 34.8 [77] (84) | 32.2 [69] (86) | 29.5 [70] (87) |
| Met | 14.3 [82] (94) | 20.4 [55] (95) | 19.9 [37] (95) | 20.4 [48] (94) |
| Phe | 50.2 [84] (98) | 45.2 [53] (95) | 47.3 [45] (95) | 50.9 [49] (95) |
| Thr | 38.2 [83] (98) | 37.8 [63] (88) | 38.0 [51] (90) | 36.5 [56] (91) |
| Val | 50.0 [83] (97) | 53.0 [67] (92) | 53.4 60] (92) | 51.4 [59] (92) |
| ***Aminoácidos no esenciales, g/kg PC*** | | | | |
| Ala | 43.3 | 69.3 | 71.2 | 73.1 |
| Asp | 114.3 | 63.7 | 68.5 | 65 |
| Cys | 14.7 | 19.3 | 18.1 | 18.3 |
| Glu | 149.9 | 130.4 | 143.8 | 160.8 |
| Gly | 42.9 | 41.1 | 41.1 | 32.6 |
| Pro | 47.8 | 86.3 | 74.3 | 88 |
| Ser | 43.3 | 40.7 | 43.1 | 43.6 |
| Aminoácidos totales | 918.1 [84] | 877 | 896.9 | 912 |

1Los valores entre corchetes [ ] son (%) de degradación ruminal de los aminoácidos esenciales y los valores entre paréntesis ( ) son el (%) de digestibilidad intestinal de aminoácidos esenciales de PNDR.

PCIND = proteína cruda insoluble neutrodetergente.

PCIAD = proteína cruda insoluble ácidodetergente

## Composición nutricional de los DDGS desgrasados para cerdos

Se han realizado dos estudios para determinar el contenido de ED y EM (Jacela et al., 2011; Anderson et al. 2012) en los que uno calculó la digestibilidad ileal estandarizada (DIE) de aminoácidos (Jacela et al., 2011) en DDGS desgrasados para cerdos (**cuadro 4**). Aunque fue comparable la energía bruta de las fuentes de DDGS desgrasados evaluadas en estos estudios, el contenido de ED y EM determinado directamente por Anderson et al. (2012) fue mucho mayor que el contenido de ED determinado *in vivo* y el contenido de EM calculado por Jacela et al. (2011). Jacela et al. (2011) utilizaron las ecuaciones de Noblet y Pérez (1993) y Noblet et al. (1994) para calcular el contenido de EM y EN, respectivamente, de los DDGS desgrasados, pero la precisión de este enfoque es cuestionable dado que estas ecuaciones se derivaron y están destinadas a usarse en alimentos completos, no en ingrediente individuales. No obstante, los valores de ED y EM de los DDGS desgrasados son comparables a los obtenidos en estudios recientes de los DDGS reducidos en aceite (Paula et al., 2021; Yang et al., 2021). Los coeficientes de DIE de los aminoácidos determinados por Jacela et al. (2011) también son comparables a los observados en las fuentes de DDGS reducidos en aceite de estudios recientes (Paula et al., 2021; Yang et al., 2021), pero no se dispone de estimados de la DETT de P en los DDGS desgrasados para cerdos.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cuadro 4.** Valores publicados de composición nutricional de los DDGS desgrasados para cerdos | | |
| **Componente, % base MS** | **DDGS desgrasados**  **(Jacela et al., 2011)** | **DDGS desgrasados**  **(Anderson et al., 2012)** |
| Materia seca | 87.69 | 87.36 |
| Energía bruta, kcal/kg | 5,098 | 5,076 |
| Energía digestible, kcal/kg | 3,100 | 3,868 |
| Energía metabolizable, kcal/kg | 2,8581 | 3,650 |
| Energía neta, kcal/kg | 2,0452 | - |
| Proteína cruda | 35.58 | 34.74 |
| Extracto etéreo | 4.56 | 3.15 |
| FTD | - | 37.20 |
| FND | 39.46 | 50.96 |
| FAD | 18.36 | 15.82 |
| Cenizas | 5.29 | 5.16 |
| Ca | 0.06 | 0.08 |
| P | 0.87 | 0.84 |
| ***Aminoácidos esenciales*** | | |
| Arg | 1.50 (83)3 | 1.44 |
| His | 0.93 (75) | 0.89 |
| Ile | 1.38 (75) | 1.25 |
| Leu | 4.15 (84) | 4.12 |
| Lys | 0.99 (50) | 1 |
| Met | 0.67 (80) | 0.64 |
| Phe | 1.92 (81) | 1.51 |
| Thr | 1.26 (69) | 1.26 |
| Trp | 0.22 (78) | 0.18 |
| Val | 1.75 (74) | 1.76 |
| ***Aminoácidos no esenciales*** | | |
| Ala | 2.43 (79) | 2.48 |
| Asp | 2.10 (65) | 2.19 |
| Cys | 0.62 (67) | 0.61 |
| Glu | 4.85 (79) | 5.43 |
| Gly | 1.35 (65) | 1.39 |
| Pro | 2.41 (88) | 2.54 |
| Ser | 1.48 (77) | 1.58 |
| Tyr | 1.29 (82) | 1.22 |

1Calculado como EM = 1 × ED – 0.68 × PC (Noblet y Pérez, 1993).

2Calculado como EN = (0.87 × EM) – 442 (Noblet et al., 1994).

3Los valores entre paréntesis son coeficientes de digestibilidad ileal estandarizada determinados de cada aminoácido.

## Composición nutricional de DDGS desgrasados para aves

Rochell et al. (2011) utilizaron la misma fuente de DDGS desgrasados evaluada por Anderson et al. (2012) en cerdos, para determinar el contenido de EMAn para pollos de engorde. Por ende, el perfil de nutrientes de los DDGS desgrasados del **cuadro 4** representa la misma fuente que contenía 2,146 kcal/kg EMAn para aves (Rochell et al. 2011).

**Resumen de las pruebas de alimentación que evalúan los DDGS desgrasados en las dietas de vacas lecheras lactantes**

Mjoun et al. (2010a) llevaron a cabo un estudio para determinar la concentración óptima de DDGS desgrasados en la dieta de vacas Holstein en media lactancia durante una prueba de alimentación de 8 semanas. Las dietas contenían 0, 10, 20 y 30% de DDGS desgrasados para sustituir ingredientes de soya con base en la MS. Los resultados de este estudio no mostraron diferencias de la tasa de inclusión de DDGS desgrasados en la dieta en el consumo de MS y producción de leche (**cuadro 5**). El porcentaje y rendimiento de grasa láctea aumentó linealmente con los niveles crecientes de DDGS desgrasados, mientras que la concentración de proteína láctea se afectó cuadráticamente sin efecto sobre el rendimiento de proteína láctea. La eficiencia de la producción de leche tendió a incrementarse linealmente, pero la eficiencia de la utilización de N para la producción de leche no se vio afectada por los niveles crecientes de DDGS desgrasados en la dieta. Estos resultados indican que la alimentación de vacas lecheras lactantes con dietas de hasta 30% de DDGS desgrasados proporciona un desempeño similar a las alimentadas con las dietas control con coproductos a base de soya como fuente de energía y proteína.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 5.** Consumo de materia seca, rendimiento y composición de la leche de vacas lecheras a media lactancia alimentadas con dietas con 0, 10, 20 y 30% de DDGS desgrasados para sustituir ingredientes a base de soya en la dieta (Mjoun et al., 2010a) | | | | |
| **Medición** | **Tasa de inclusión en la dieta de DDGS desgrasados**  **(% de CMS)** | | | |
| **0%** | **10%** | **20%** | **30%** |
| Peso corporal, kg | 705 | 713 | 721 | 710 |
| Cambio en el peso corporal, g/d | -167 | 15 | 230 | -36 |
| Calificación de condición corporal1 | 3.56 | 3.37 | 3.36 | 3.53 |
| Consumo de energía neta2, Mcal/d | 34.7 | 37 | 38.3 | 35.2 |
| Energía neta de mantenimiento,3, mcal/d | 10.9 | 11.2 | 11 | 11 |
| Energía neta necesaria para producir leche4, Mcal/d | 22.6 | 24 | 24.7 | 25 |
| Balance energético5, Mcal/d | 3.18 | 1.60 | 2.80 | -0.81 |
| Eficiencia de energía6 | 64.6 | 66.8 | 64.2 | 71.2 |
| Consumo de materia seca, kg/día | 22.7 | 23 | 23.7 | 22.2 |
| Consumo de proteína cruda, kg/d | 4 | 4.1 | 4.2 | 4 |
| Producción de leche, kg/d | 34.5 | 34.8 | 35.5 | 35.2 |
| Producción de leche corregida por energía7, kg/d | 32.6 | 34.6 | 35.6 | 36 |
| Producción de la leche corregida por grasa8, kg/d | 30 | 31.7 | 32.1 | 33.1 |
| Eficiencia alimenticia9 | 1.47 | 1.53 | 1.49 | 1.61 |
| Eficiencia de N10 | 25.5 | 27 | 25.8 | 26 |
| ***Composición de la leche*** | | | | |
| Grasa, % | 3.18 | 3.40 | 3.46 | 3.72 |
| Rendimiento de la grasa, kg/d | 1.08 | 1.19 | 1.23 | 1.32 |
| Proteína, % de cenizas | 2.99 | 3.06 | 3.13 | 2.99 |
| Rendimiento de la proteína, kg/d | 1.03 | 1.07 | 1.10 | 1.06 |
| Lactosa, % | 4.95 | 4.96 | 4.94 | 5.06 |
| Rendimiento de lactosa, kg/d | 1.71 | 1.74 | 1.75 | 1.76 |
| Sólidos totales, % | 12.10 | 12.39 | 12.40 | 12.67 |
| Sólidos totales, kg/d | 4.15 | 4.35 | 4.43 | 4.45 |

1Calificación de condición corporal: 1 = demacrada a 5 = obesa.

2Energía neta necesaria para la lactancia (Mcal/kg) × consumo de materia seca (kg/d).

3Energía neta de mantenimiento = peso corporal0.75 × 0.08

4Energía neta necesaria para producir leche = rendimiento de la leche (kg) × [(0.0929 × grasa%) + (0.0563 × proteína%) + (0.0395 × lactosa%)]

5Equilibrio de energía = consumo de energía neta – (energía neta de mantenimiento + energía neta de lactancia).

6Eficiencia de energía = energía neta de lactancia/consumo de energía neta.

7Leche corregida por energía [0.327 × rendimiento de la leche (kg)] + [12.95 × rendimiento de la grasa (kg)] + [7.2 × rendimiento de la proteína, (kg)].

8Leche corregida por grasa = [0.4 × rendimiento de la leche (kg)] + [15 × rendimiento de la grasa (kg)].

9Eficiencia alimenticia = leche corregida por energía/consumo de materia seca.

10Eficiencia del nitrógeno = N en la leche (kg/d)/consumo de N (kg/d).

Mjoun et al. (2010b) también compararon las respuestas de lactancia de vacas lecheras de lactancia inicial alimentadas con dietas que no contenían coproductos de destilería (control con harina de soya, harina de soya de expeller y cascarilla de soya), 22% de DDGS convencionales o 20% de DDGS desgrasados en una prueba de 14 semanas. Las dietas se formularon para contener PC, extracto etéreo, FND y energía neta similares para concentraciones de lactancia. Entre los tratamientos de dieta no hubo diferencias en peso corporal, cambio de peso corporal, calificación de la condición corporal, consumo de MS, rendimiento de la leche, contenido de grasa y de lactosa en la leche (**cuadro 6**). Sin embargo, la concentración de proteína láctea y rendimiento fueron similares entre las vacas alimentadas con las dietas de DDGS y DDGS desgrasados, pero mayores que en las alimentadas con la dieta control. La eficiencia alimenticia tendió a ser mayor, al igual que la eficiencia de nitrógeno en las vacas alimentadas con las dietas de DDGS y DDGS desgrasados, comparadas con las alimentadas con la dieta control. Estos resultados indican que la alimentación con dietas con 20% de DDGS desgrasados a vacas lecheras al inicio de la lactancia resulta en igual o mejor desempeño de la lactancia y composición de la leche, comparado con la alimentación de dietas a base de soya.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 6.** Producción y composición de la leche, y eficiencia nutricional de alimentar vacas lecheras al inicio de la lactancia con dietas con productos de soya (control), 22% de DDGS y 20% de DDGS desgrasados (Mjoun et al., 2010b) | | | |
| **Medición** | **Control** | **22% de DDGS** | **20% DDGS desgrasados** |
| Peso corporal inicial, kg | 693 | 682 | 660 |
| Peso corporal final, kg | 734 | 722 | 704 |
| Cambio de peso corporal, kg/d | 0.47 | 0.47 | 0.53 |
| Calificación de condición corporal1 | 3.43 | 3.32 | 3.34 |
| Consumo de energía neta2, Mcal/d | 41.3 | 40.1 | 40.3 |
| Energía neta de mantenimiento3, mcal/d | 11 | 11 | 11 |
| Energía neta necesaria para producir leche4, Mcal/d | 26.4 | 26.5 | 27.4 |
| Balance energético5, Mcal/d | 4.39 | 1.98 | 1.98 |
| Eficiencia de energía6 | 63.1 | 66.9 | 68.1 |
| Consumo de materia seca, kg/d | 24.8 | 24.7 | 24.6 |
| Consumo de proteína cruda, kg/d | 4.3 | 4.3 | 4.3 |
| Producción de leche, kg/d | 39.2 | 38.9 | 39.8 |
| Producción de leche corregida por energía7, kg/d | 38 | 37.8 | 39.5 |
| Producción de leche corregida por grasa8, kg/d | 35.7 | 35.3 | 37.1 |
| Eficiencia alimenticia9 | 1.50 | 1.57 | 1.61 |
| Eficiencia de N10 | 24.5b | 26.9a | 26.5a |
| ***Composición de la leche*** | | | |
| Grasa, % | 3.63 | 3.24 | 3.57 |
| Rendimiento de grasa, kg/d | 1.33 | 1.34 | 1.40 |
| Proteína, % | 2.82b | 2.88a | 2.89a |
| Rendimiento de proteína, kg/d | 1.07b | 1.15a | 1.14a |
| Lactosa, % | 4.90 | 4.99 | 4.96 |
| Rendimiento de lactosa, kg/d | 1.94 | 1.94 | 1.96 |
| Sólidos totales, % | 12.3 | 12 | 12.4 |
| Sólidos totales, kg/d | 4.73 | 4.70 | 4.90 |

1calificación de condición corporal: 1 = emaciado a 5 = obeso.

2Energía neta necesaria para la lactancia (Mcal/kg) × consumo de materia seca (kg/d).

3Energía neta de mantenimiento = peso corporal0.75 × 0.08

4Energía neta necesaria para producir leche = rendimiento de la leche (kg) × [(0.0929 × grasa%) + (0.0563 × proteína%) + (0.0395 × lactosa%)]

5Equilibrio de energía = consumo de energía neta – (energía neta de mantenimiento + energía neta de lactancia).

6Eficiencia de energía = energía neta de lactancia/consumo de energía neta.

7Leche corregida por energía [0.327 × rendimiento de la leche (kg)] + [12.95 × rendimiento de grasa (kg)] + [7.2 × rendimiento de proteína, kg)].

8Leche corregida por grasa = [0.4 × rendimiento de la leche (kg)] + [15 × rendimiento de grasa (kg)].

9Eficiencia de energía = leche corregida por energía/consumo de materia seca.

10Eficiencia del nitrógeno = N en la leche (kg/d)/consumo de N (kg/d).

a, b Medias dentro del mismo renglón con distintos superíndices son diferentes (P < 0.05).

**Resumen de las pruebas de alimentación que evalúan dietas con DDGS desgrasados en cerdos lactantes y en crecimiento-finalización**

Jacela et al. (2011) realizaron dos pruebas para evaluar los efectos de aumentar niveles (0, 5, 10, 20 y 30%) de DDGS desgrasados en la dieta de cerdos lactantes (peso corporal inicial = 9.9 kg) durante un período de alimentación de 28 días sobre el desempeño del crecimiento (**cuadro 7**) y en cerdos en crecimiento-finalización (peso corporal inicial = 30 kg) durante un período de alimentación de 99 días en el desempeño del crecimiento y las características de la canal (**cuadro 8**). Las dietas se formularon para tener un contenido igual de EM al añadir cantidades crecientes de aceite de soya conforme aumentaban los niveles de DDGS desgrasados e igual contenido de lisina DIE con base en los valores determinados obtenidos de experimentos previos. Durante la prueba de crecimiento-finalización su utilizó un programa de alimentación de 4 fases. Como se muestra en el **cuadro 7**, no hubo diferencias en el desempeño del crecimiento de cerdos lactantes entre los tratamientos de la dieta, lo cual indica que la alimentación de dietas con hasta 30% de DDGS desgrasados brindó un desempeño del crecimiento aceptable cuando se proporciona energía suplementaria del aceite de soya para mantener la densidad de EM de la dieta. No obstante, el aumento de los niveles de DDGS desgrasados en las dietas proporcionadas a cerdos en crecimiento y finalización resultó en una disminución lineal de la ganancia diaria promedio (GDP), consumo diario promedio de alimento (CDPA), peso y rendimiento de la canal (**cuadro 8**). Sin embargo, a medida que aumentaba la tasa de inclusión en la dieta de DDGS desgrasados, la eficiencia de la ganancia tendía a mejorar sin efectos sobre la grasa dorsal de la canal, el porcentaje de magrez y el índice magro sin grasa (**cuadro 8**). No está claro por qué hubo disminuciones de GDP y CADP durante la prueba de crecimiento-finalización y no así durante la prueba de lactantes, cuando es más probable que se observen estas respuestas negativas.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 7.** Efectos de aumentar el nivel de inclusión de DDGS desgrasados en la dieta de cerdos lactantes en el desempeño del crecimiento durante un período de alimentación de 28 días (adaptado de Jacela et al., 2011) | | | | | |
| **Medición** | **Tasa de inclusión en la dieta de DDGS desgrasados, %** | | | | |
| **0** | **5** | **10** | **20** | **30** |
| Peso corporal inicial, kg | 10 | 10 | 9.6 | 9.9 | 9.9 |
| Peso corporal final, kg | 22.7 | 22.8 | 22.2 | 22.4 | 22.3 |
| GDP, kg | 0.455 | 0.459 | 0.452 | 0.445 | 0.442 |
| CADP, kg | 0.749 | 0.771 | 0.760 | 0.751 | 0.761 |
| G:A | 0.609 | 0.595 | 0.594 | 0.593 | 0.582 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 8.** Efectos de aumentar el nivel de inclusión de DDGS desgrasados en la dieta de cerdos en crecimiento-finalización en el desempeño del crecimiento durante un período de alimentación de 99 días y en las características de la canal (adaptado de Jacela et al., 2011) | | | | | |
| **Medición** | **Tasa de inclusión en la dieta de DDGS desgrasados, %** | | | | |
| **0** | **5** | **10** | **20** | **30** |
| Peso corporal inicial, kg | 29.6 | 29.6 | 29.6 | 29.6 | 29.6 |
| Peso corporal final1, kg | 121.4 | 119.3 | 118.8 | 118.2 | 116.2 |
| GDP1, kg | 0.909 | 0.893 | 0.887 | 0.887 | 0.873 |
| CADP1, kg | 2.16 | 2.17 | 2.11 | 2.11 | 2.04 |
| G:A2 | 0.420 | 0.413 | 0.422 | 0.421 | 0.431 |
| Peso de la canal1, kg | 91.1 | 89 | 89.1 | 87.7 | 86.3 |
| Rendimiento de la canal1, % | 75.5 | 75 | 75 | 74.7 | 74.3 |
| Grasa dorsal, mm | 16.46 | 16.53 | 16.53 | 16.38 | 16.96 |
| Profundidad del lomo3, mm | 63.5 | 62.2 | 62.5 | 63 | 60.7 |
| Canal magra, % | 56.48 | 55.91 | 56.30 | 56.43 | 55.78 |
| Índice magro sin grasa de la canal | 50.4 | 50.4 | 50.4 | 50.5 | 50.2 |

1Reducción lineal (P < 0.01) con niveles crecientes de DDGS desgrasados en la dieta.

2Tendencia (P < 0.10) de mejoramiento lineal con niveles crecientes de DDGS desgrasados en la dieta.

3Tendencia (P < 0.10) de una reducción lineal con niveles crecientes de DDGS desgrasados en la dieta.

# Aceite de destilería de maíz

## Definición de AAFCO

Así define la Association of American Feed Control Officials el aceite de destilería de maíz:

“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% de ácidos grasos totales, no más del 2.5% de materia insaponificable y no más del 1% de impurezas insolubles. Debe garantizarse un máximo de ácidos grasos libres y humedad. Si se usa(n) 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 corresponder a eso, con el grano predominante declarado en la primera palabra del nombre”. Propuesto en 2015, adoptado en 2016 rev. 1)

La industria estadounidense del etanol produce el aceite de destilería de maíz (CDO) en grandes cantidades y se utiliza para la producción de diésel renovable y como fuente de energía suplementaria en las dietas de cerdos y aves. El contenido de EM del aceite de destilería de maíz es comparable al del aceite crudo de soya desgomado, debido a sus altas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados (AGP), en especial el ácido linoleico. Como resultado del alto contenido de AGP del aceite de destilería de maíz, es altamente susceptible a la oxidación si se expone a procesamiento térmico, oxígeno y metales de transición (por ejemplo, Cu y Fe). Por lo tanto, es posible que sea necesaria la adición de antioxidantes para prevenir la oxidación durante el transporte y el almacenamiento, porque incluir lípidos oxidados en las dietas tienen un efecto adverso sobre la salud y el desempeño del crecimiento de cerdos y pollos de engorde (Hung et al., 2017). Además, la adición de aceite de destilería de maíz en las dietas de crecimiento-finalización de maíz y harina de soya aumenta el contenido de AGP de la grasa de la canal del cerdo, lo cual disminuye la firmeza y la estabilidad de la vida útil.

## Composición química del aceite de destilería de maíz

Una de las características que distinguen al aceite de destilería de maíz del aceite refinado de maíz es que sus fuentes tienen un mayor contenido de ácidos grasos libres (**cuadro 9**), 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 AGL 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 (AGP), en especial el contenido de ácidos oleico (9c-18:1; 28 a 30% ciento de lípidos totales) y linoleico (18:2n-6; 53 a 55% de lípidos totales). Los aceites vegetales tienen mayor contenido de AGP que las grasas animales, lo que resulta que tengan un mayor contenido de EM (Kerr et al., 2015). Como resultado, el aceite de destilería de maíz 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, consumo de alimento y eficiencia de la 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, la adición de antioxidantes comerciales al aceite de destilería de maíz es efectivo en minimizar su peroxidación cuando se almacena bajo condiciones de temperatura y humedad altas (Hanson et al., 2015). Aunque el nivel de la peroxidación del aceite de destilería de maíz (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 el que se observaron reducciones del desempeño del crecimiento.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 9.** Composición química y mediciones de peroxidación de las fuentes de aceite refinado de maíz y aceite de destilería de maíz (adaptado de Kerr et al., 2016) | | | | |
| **Medición** | **Aceite refinado de maíz** | **Aceite de destilería de maíz**  **(4.9% AGL1)** | **Aceite de destilería de maíz**  **(12.8% AGL)** | **Aceite de destilería de maíz**  **(13.9% AGL)** |
| 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 |
| Extracto etéreo, % | 99.68 | 99.62 | 98.96 | 99.63 |
| Ácidos grasos libres,% | 0.04 | 4.9 | 12.8 | 13.9 |
| Ácidos grasos, % del total | | | | |
| Palmítico (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) | ND2 | 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 |
| **Mediciones de la peroxidación** | | | | |
| Índice de peróxido, MEq/kg | 1.9 | 2.9 | 3.3 | 2 |
| Índice de anisidina3 | 17.6 | 80.9 | 70.3 | 73.3 |
| Hexanal, µg/g | 2.3 | 4.4 | 3.9 | 4.9 |

1AGL = ácidos grasos libres.

2ND = No detectado.

3No hay unidades del índice de anisidina.

## Contenido de energía metabolizable del aceite de destilería de maíz para cerdos y aves

Kerr et al. (2016) determinaron el contenido de ED y EM del aceite refinado de maíz (0.04% AGL) y de 3 fuentes de aceite de destilería de maíz producidas comercialmente con contenido de AGL que iba del 4.9 al 13.9% para su uso en dietas de cerdos y contenido de EMAn de las mismas fuentes en dietas de pollos de engorde. Como se muestra en el **cuadro 10**, el contenido de EM (cerdos) de las muestras de aceite de destilería de maíz variaba de 8,036 a 8,828 kcal/kg; la muestra del aceite de destilería de maíz con 4.9% de AGL tenía un contenido de EM similar al aceite refinado de maíz. Los valores de EM del aceite refinado de maíz (8,741 kcal/kg), aceite de destilería de maíz de 4.9% ciento de AGL (8,691 kcal/kg) y aceite de destilería de maíz de 13.9% 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). Salvo la fuente de aceite de destilería de maíz de 12.8% AGL que tuvo el menor contenido de EM de todas, no hubo un efecto perjudicial significativo del contenido de AGL en el contenido de ED o EM en cerdos. En pollos de engorde, el contenido de EMAn no difirió entre las fuentes de aceite de destilería de maíz, que fueron de 7,694 a 8,036 kcal/kcal/kg (**cuadro 10**), y no difirió al contenido de EMAn del aceite refinado de maíz (8,072 kcal/kg). Sin embargo, estos valores fueron sustancialmente menores que los valores EMAn del aceite refinado de maíz (9,639 a 10,811 kcal/kg) notificados en el NRC (1994). La digestibilidad de extracto etéreo no fue diferente en cerdos lactantes o pollos de engorde alimentados con las diferentes fuentes de aceite de destilería de maíz con contenido variable de AGL. Kerr et al. (2106) también informaron que el uso de las ecuaciones de Wiseman et al. (1998) sobrestimó el contenido de ED (en cerdos) del aceite refinado de maíz y de las fuentes de aceite de destilería de maíz de 12.8% y 13.9% de AGL, pero brindaron un estimado similar de contenido de ED de la fuente de 4.9% de AGL. No obstante, estas ecuaciones sobrestimaron el contenido de EMAn de todas las fuentes de aceite de maíz de 379 a 659 kcal/kg para pollo de engorde. Estos resultados indican que es necesario desarrollar nuevas ecuaciones de predicción de ED y EMAn que sean más precisas y específicas para el aceite de destilería de maíz, tanto para cerdos como para pollo de engorde, pero que el que contiene hasta 14% de AGL puede servir como una excelente fuente de energía suplementaria en las dietas de cerdos y pollos.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 10.** Contenido de ED y EM *in vivo* de fuentes de aceite refinado de maíz y aceite de destilería de maíz (CDO) con contenido variable de ácidos grasos libres (AGL) para cerdos lactantes y pollos de engorde (adaptado de Kerr et al., 2016) | | | | |
| **Medición** | **Aceite refinado de maíz** | **Aceite de destilería de maíz**  **(4.9% AGL1)** | **Aceite de destilería de maíz**  **(12.8% AGL)** | **Aceite de destilería de maíz**  **(13.9% AGL)** |
| EB, kcal/kg | 9,423 | 9,395 | 9,263 | 9,374 |
| ED (cerdos), kcal/kg | 8,814a | 8,828a | 8,036b | 8,465ab |
| EM (cerdos), kcal/kg | 8,741a | 8,691a | 7,976b | 8,397ab |
| EE2, digestibilidad (cerdos), % | 93.2 | 94 | 91.7 | 95 |
| EMAn3 (aves), kcal/kg | 8,072 | 7,936 | 8,036 | 7,694 |
| EE, digestibilidad (aves), % | 91.6 | 89.8 | 89 | 88.4 |
| AGS:AGI4 | 6.13 | 5 | 5.61 | 5 |

a,bMedias dentro del mismo renglón con distintos superíndices son diferentes (P < 0.05).

1AGL = ácidos grasos libres.

2EE = extracto etéreo.

3EMAn = energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno.

4AGI = ácidos grasos insaturados; AGS = ácidos grasos saturados.

# Conclusiones

En la actualidad, un número limitado de plantas de etanol produce salvado de maíz con solubles en forma húmeda, que históricamente se ha utilizado en exclusiva en dietas de ganado de engorde como fuente de energía para sustituir coproductos de maíz, maíz alto en humedad y maíz rolado. La disponibilidad del salvado de maíz deshidratado con solubles con menor costo de transporte podría dar oportunidad de un mayor uso en una amplia variedad de dietas de rumiantes, como el ganado lechero. El contenido relativamente bajo de EM y de aminoácidos digestibles del salvado de maíz deshidratado con solubles tendría un valor alimenticio limitado en dietas porcinas y avícolas si se produjera y estuviera disponible en cantidades significativas. Los DDGS deshidratados y desgrasados (extraídos con solventes) se producen en cantidades limitadas y comercializan bajo la marca NovaMeal. Los DDGS desgrasados son más adecuados para usarse en dietas de vacas lecheras lactantes, a las que se les puede suministrar hasta 20% de consumo de MS para que brinden mejor producción y composición de la leche en comparación con la administración de dietas a base de soya. Aunque los estudios han demostrado que es posible añadir DDGS desgrasados a dietas de cerdos lactantes para apoyar un desempeño aceptable del crecimiento, su uso en cerdos en crecimiento-finalización requiere de suplementación en la dieta de energía y aminoácidos digestibles para lograr un óptimo desempeño. El aceite de destilería de maíz es una excelente fuente de energía suplementaria en las dietas porcinas y avícolas. Su contenido de AGL puede ser de hasta 14% y no parece afectar el contenido de EM en cerdos, pero parece que dichas concentraciones de AGL reducen el contenido de EM en pollos de engorde. Sin embargo, con la enorme demanda de grasas y aceites para la producción de diésel renovable en EE. UU., es posible que la disponibilidad futura del aceite de destilería de maíz sea limitada para el mercado de exportación.

# Bibliografía

AAFCO. 2020. Association of American Feed Control Officials – Official Publication. Champaign, IL.

Anderson, P.V., B.J. Kerr, T.E. Weber, C.J. Ziemer, and G.C. Shurson. 2012. Determination and prediction of digestible and metabolizable energy from chemical analysis of corn coproducts fed to finishing pigs. J. Anim. Sci. 90:1242-1254.

Garland, S.A., M.L. Jolly-Breithaupt, H.C. Hamilton, G.E. Erickson, J.C. MacDonald, and R.A. Mass. 2019a. Evaluation of the energy value and nutrient digestibility of distillers grains that have undergone a fiber separation process in finishing diets. Nebraska Beef Cattle Reports, 1019, p. 94-96. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/1019>

Garland, S.A., B.M. Boyd, F.H. Hilscher, G.E. Erickson, J.C. MacDonald, and R.A. Mass. 2019b. Evaluation of corn bran plus solubles on performance and carcass characteristics in finishing diets. Nebraska Beef Cattle Reports, 1020, p. 91-93. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/1020>

Garland, S.A., B.M. Boyd, F.H. Hilscher, G.E. Erickson, J.C. MacDonald, and R.A. Mass. 2019c. Evaluation of fractionated distillers grains (high protein and bran plus solubles) on performance and carcass characteristics in finishing diets. Nebraska Beef Cattle Reports, 1021, p. 88-90. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/1021>

Hanson, A.R., P.E. Urriola, L. Wang, L.J. Johnston, C. Chen, and G.C. Shurson. 2016. Dietary peroxidized maize oil affects the growth performance and antioxidant status of nursery pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 216:251-261.

Hanson, A.R., P.E. Urriola, L.J. Johnston, and G.C. Shurson. 2015. Impact of synthetic antioxidants on lipid peroxidation of distiller’s dried grains with solubles and distiller’s corn oil under high temperature and humidity conditions. J. Anim. Sci. 93:4070-4078.

Hung, Y.T., A.R. Hanson, G.C. Shurson, and P.E. Urriola. 2017. Peroxidized lipids reduce growth performance of poultry and swine: A meta-analysis. Anim. Feed Sci. Technol. 231:47-58.

Jacela, J.Y., J.M. DeRouchey, S.S. Dritz, M.D. Tokach, R.D. Goodband, J.L. Nelssen, R.C. Sulabo, R.C. Thaler, L. Brandts, D.E. Little, and K.J. Prusa. 2011. Amino acid digestibility and energy content of deoiled (solvent extracted) corn distillers dried grains with solubles for swine and effects on growth performance and carcass characteristics. J. Anim. Sci. 89:1817-1829. doi:10.2527/jas.2010-3097

Jacela, J.Y., H.L. Frobose, J.M. DeRouchey, M.D. Tokach, S.S. Dritz, R.D. Goodband, and J.L. Nelssen. 2010. Amino acid digestibility and energy concentration of high-protein corn dried distillers grains and high-protein sorghum dried distillers grains with solubles for swine. J. Anim. Sci. 88:3617-3623.

Kerr, B.J., W.A. Dozier III, and G.C. Shurson. 2016. Lipid digestibility and energy content of distillers’corn oil in swine and poultry. J. Anim. Sci. 94:2900-2908.

Kerr, B.J., T.A. Kellner, and G.C. Shurson. 2015. Characteristics of lipids and their feeding value in swine diets. J. Anim. Sci. Biotechnol. 6:30.

Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen, D.J. Schingoethe, and D.E. Little. 2010a. Lactation performance and amino acid utilization of cows fed increasing amounts of reduced-fat dried distillers grains with solubles. J. Dairy Sci. 93:288-303. doi:10.3168/jds.2009-2377

Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen, and D.J. Schingoethe. 2010b. Performance and amino acid utilization of early lactation dairy cows fed regular or reduced-fat dried distillers grains with solubles. J. Dairy Sci. 93:3176-3191. doi:10.3168/jds.2009-2974

Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen, and D.J. Schingoethe. 2010c. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in soybean and corn distillers grains products. J. Dairy Sci. 93:4144-4154. doi:10.3168/jds.2009-2883

Mjoun, K., K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, and D.J. Schingoethe. 2009. In situ ruminal degradability and intestinal digestibility of protein in soybean and dried distillers grains with solubles products. J. Anim. Sci. 87(E-Suppl. 2): 84.

Noblet, J., H. Fortune, X.S. Shi, and S. Dubois. 1994. Prediction of net energy value of feeds fro growing pigs. J. Anim. Sci. 86:2180-2189.

Noblet, J., and J.M. Perez. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. J. Anim. Sci. 71:3389-3398.

NRC. 2012. Nutrient Requirements of Swine, 11th rev. Natl. Acad. Press, Washington, D.C.

Paula, V.R.C., N.C. Milani, C.P.F. Azevedo, A.A., Sedano, L.J. Souza, B.P. Mike, G.C. Shurson, and U.S. Ruiz. 2021. Comparison of digestible and metabolizable energy and digestible phosphorus and amino acid content of corn ethanol coproducts from Brazil and the United States produced using fiber separation technology for swine. J. Anim. Sci. 99:1-13. doi:10.1093/jas/skab126

Rochell, S.J., B.J. Kerr, and W.A. Dozier, III. 2011. Energy determination of corn co-products fed to broiler chicks from 15 to 24 days of age, and use of composition analysis to predict nitrogen-corrected apparent metabolizable energy. Poult. Sci. 90:1999-2007. doi:10.3382/ps.2011-01468

Shurson, G.C, B.J. Kerr, and A.R. Hanson. 2015. Evaluating the quality of feed fats and oils and their effects on pig growth performance. J. Anim. Sci. Biotechnol. 6:10.

Wiseman, J., J. Powles, and F. Salvador. 1998. Comparison between pigs and poultry in the prediction of dietary energy value of fats. Anim. Feed Sci. Technol. 71:1-9.

Yang, Z., A. Palowski, J.-C. Jang, P.E. Urriola, and G.C. Shurson. 2021. Determination, comparison, and prediction of digestible energy, metabolizable energy, and standardized ileal digestibility of amino acids in novel maize co-products and conventional dried distillers grains with solubles for swine. Anim. Feed Sci. Technol. 282:115149. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115149>