

Capítulo 6

Comparación de diferentes fuentes de DDGS de granos - Composición de nutrientes y desempeño animal

Introducción

Hay una gran variedad de materias primas que se utilizan para producir etanol y DDGS en todo el mundo. Los granos como el maíz, trigo y cebada varían en contenido de almidón (**cuadro 1**) y aquellos con la mayor cantidad de almidón (por ejemplo, el maíz) se utilizan en un mayor grado porque proporcionan el mayor rendimiento de etanol. Debido a que varía la composición de nutrientes de los granos que se usan para producir etanol, también varía la composición de nutrientes de los granos de destilería resultantes.

Cuadro 1. Contenido de almidón y rendimiento de etanol de varias materias primas¹

Materia prima	Humedad, %	Almidón, (%)	Rendimiento de etanol (L/TM)
Almidón	-	100.0	720
Caña de azúcar	-	-	654
Cebada	9.7	67.1	399
Maíz	13.8	71.8	408
Avena	10.9	44.7	262
Trigo	10.9	63.8	375

¹ Saskatchewan Agriculture and Food. 1993

DDGS de sorgo

En el **cuadro 2** se muestra una comparación de los valores de composición de nutrientes de DDGS de sorgo, de una mezcla de sorgo y maíz, y de los de maíz (Urriola et al., 2009). La cantidad de granos de destilería de sorgo y mezcla de maíz y sorgo producidos por la industria de etanol en EUA es relativamente pequeña, en comparación con lo que se produce de DDGS de maíz. Además, la mayor parte de los granos de destilería de sorgo y de las mezclas de maíz y sorgo se utilizan localmente en los corrales de engorda de ganado y muy poco se seca para producir DDGS. De esta manera, actualmente no hay cantidades importantes de DDGS de sorgo que se puedan exportar.

Los DDGS de sorgo son ligeramente más altos en proteína cruda, significativamente más altos en FAD y cenizas y más bajos en grasa cruda y lisina, en comparación con los DDGS de maíz. Aunque son similares los niveles de metionina y treonina, los niveles de triptófano son sustancialmente más altos, mientras que la lisina y la arginina son más bajas, lo que resulta en una relación significativamente más baja de lisina a proteína cruda, en comparación con los DDGS de maíz. La mezcla de DDGS de sorgo - maíz es intermedia en la composición de nutrientes en comparación con ya sea de sorgo o de maíz, y va a depender de la proporción que se use de cada uno.

Cuadro 2. Composición de nutrientes (con base en cómo se alimenta) de DDGS de sorgo, sorgo - maíz y maíz¹

Nutriente, %	Sorgo ²	Sorgo-Maíz ³	Maíz ⁴
Materia seca	91.2	93.4	91.3
Proteína cruda	32.7	30.6	28.4
Grasa cruda	8.0	8.9	10.1
FND	34.7	36.3	33.3
FAD	25.3	17.2	11.6
Cenizas	11.9	5.8	2.75
Arginina	1.10	1.31	1.25
Histidina	0.71	0.80	0.75
Isoleucina	1.36	1.14	1.04
Leucina	4.17	3.66	3.22
Lisina	0.68	0.91	0.85
Metionina	0.53	0.58	0.52
Fenilalanina	1.68	1.51	1.35
Treonina	1.07	1.15	1.05
Triptofano	0.35	0.29	0.24
Valina	1.65	1.49	1.38
Cistina	0.49	0.57	0.49
Aminoácidos totales	30.1	28.3	25.5
Proporción Lisina:Proteína cruda	2.08	2.98	2.98

¹Urriola et al., 2009

²Granos secos de destilería con solubles producidos de sorgo.

³Granos secos de destilería con solubles producidos de una mezcla de maíz y sorgo.

⁴Granos secos de destilería con solubles producidos de maíz.

Estas diferencias en la composición de nutrientes indican que el valor de energía y la calidad de la proteína de los DDGS de sorgo serían menores que los DDGS de maíz en los animales monogástricos. El Dr. Joe Hancock (Profesor de Kansas State University) calculó que la EM_n (kcal/kg) de los DDGS de sorgo color bronce y amarillo fueron 2,677 y 2,866, respectivamente. Estos valores de DDGS de sorgo son similares, pero ligeramente más bajos que los valores de EM_n notificados por Lumpkins y Batal, 2005 (2,827 kcal/kg) y Batal y Dale, 2006 (2,906 kcal/kg) para los DDGS de maíz. High Plains Corporation (Colwich, KS) ha calculado que el TND, EN_{lactación}, EN_{mantenimiento}, y EN_{ganancia} de los granos de destilería de sorgo para rumiantes es de 82.8%, 0.87, 0.96 y 0.63 Mcal/kg, respectivamente.

Urriola et al. (2009) mostraron que los coeficientes de digestibilidad de aminoácidos verdaderos estandarizados de los DDGS de sorgo para cerdos fueron de 64.0, 76.5, 70.2 y 72.0% para lisina, metionina, treonina y triptófano, respectivamente, los cuales fueron ligeramente más altos que en los DDGS de maíz para lisina (61.6%) y triptófano (64.9%), más bajo para la metionina (82.8%) y el mismo para la treonina (70.2%). El Dr. Joe Hancock (Kansas State University) calculó que la biodisponibilidad de lisina para aves es de 71 a 73%.

DDGS de trigo

Cada vez hay más DDGS de trigo para usarse en alimentos para animales en Canadá, Europa y otras partes del mundo. Los DDGS de trigo son más altos en proteína cruda (38%) y cenizas

(5.3%), más bajos en grasa cruda (4.6%) y similares en FAD y FND, comparados con los DDGS de maíz (**cuadros 2 y 3**). El menor contenido de grasa indica que el contenido energético de los DDGS de trigo es más bajo que el de maíz. El contenido de lisina, metionina y triptófano también es más alto en DDGS de trigo en comparación con los de maíz.

Cuadro 3. Composición de nutrientes de los DDGS de trigo.

Nutriente, %	Con base a cómo se alimentó
Humedad	8.32
Materia seca	91.68
Proteína cruda	38.48
Fibra cruda	6.00
Grasa	4.63
Cenizas	5.28
Calcio	0.10
Fósforo	0.93
FAD	12.85
FND	35.50
Almidón	1.92
Lisina	0.97
Metionina	0.59
Cisteína	0.83
Treonina	1.09
Triptófano	0.36
Isoleucina	1.38
Leucina	2.50
Histidina	0.85
Arginina	1.67
Fenilalanina	1.85
Valina	1.74

Valor nutritivo para cerdos

Cozannet et al. (2009) realizaron una revisión de literatura que mostró que es muy variable el contenido de nutrientes de los DDGS de trigo (como el de los DDGS de maíz), en el que la FND y el contenido de almidón promediaron 28% y 4.7%, respectivamente, con valores mínimos y máximos que iban del 23 al 33% y del 2.1 al 10.3% (base a MS), respectivamente. El contenido promedio de ED (14.2 MJ/kg de MS para los cerdos) y del fósforo digestible (0.60%, en base materia seca) indica que los DDGS de trigo son una buena fuente de estos nutrientes en las dietas porcinas. Sin embargo, el contenido de ED es altamente variable (de 12.8 a 16.0 MJ por kg de MS) y depende del nivel de FND. El contenido de lisina, como porcentaje de la proteína cruda varió del 0.83 al 3.0%, mientras que la digestibilidad ileal de este aminoácido varió del 49 al 72%, características nutricionales que fueron las más variables de los DDGS de trigo y que probablemente se relacionan a las diferencias en los procesos de secado utilizados entre las diferentes fuentes.

Nyachoti et al. (2005) realizaron un estudio para determinar el perfil nutricional y la digestibilidad de nutrientes en los DDGS de trigo en cerdos en crecimiento. La digestibilidad ileal aparente y total del tubo digestivo de la MS, nitrógeno y energía fueron menores en los

DDGS de trigo en comparación con el grano de trigo. Además, las muestras de DDGS de trigo tuvieron una digestibilidad ileal aparentemente más baja de aminoácidos en comparación con el trigo, con valores promedio de lisina, treonina e isoleucina en los DDGS de trigo de 43.8, 62.9 y 68.0%, respectivamente. El contenido de ED ileal y fecal promedio en los DDGS de trigo fue de 9.7 y 13.5 MJ/kg, respectivamente, mientras que los valores respectivos del grano de trigo fueron de 13.3 y 14.6 MJ/kg.

Thacker (2006) alimentó niveles crecientes de DDGS de trigo a 72 cerdos durante el periodo del crecimiento y notificó que la GDP, CADP y la digestibilidad de nutrientes disminuyó conforme aumentaba el nivel de DDGS de trigo. Sin embargo, la alimentación de niveles crecientes de DDGS de trigo durante el periodo de finalización no afectó el desempeño del crecimiento, pero disminuyó el porcentaje de rendimiento y de canal magra cuando fueron enviados al mercado.

Widyaratne y Zijlstra (2007) realizaron dos experimentos para evaluar la ED, aminoácidos y fósforo, así como la excreción de nitrógeno y fósforo, y el desempeño del crecimiento de cerdos en crecimiento y finalización alimentados con maíz, trigo y una mezcla de DDGS de trigo y maíz (de 4:1). La digestibilidad total aparente del tubo digestivo de la energía fue la más alta con trigo (85%) y no fue diferente entre las fuentes de DDGS (77 a 79%). La ED total de tubo digestivo fue más alta para los DDGS de maíz (4,292 kcal/kg de MS) que para DDGS de trigo/maíz, DDGS de trigo y el trigo de 4,038, 4,019 y 3,807 kcal/kg, respectivamente. La digestibilidad ileal aparente de la lisina fue mayor para el trigo (71%) y no fue diferente entre las fuentes de DDGS (59 a 63%), mientras que el contenido de lisina digestible ileal aparente fue mayor para los DDGS de maíz (0.51% de MS), intermedio para los DDGS de trigo y maíz y de DDGS de trigo (0.45 y 0.42%, respectivamente) y el más bajo para el trigo de (0.37%). La digestibilidad total del tubo digestivo del fósforo fue menor para el trigo (15%) y no hubo diferencias entre las muestras de DDGS (del 53 al 56%). La excreción de nitrógeno total fue más alta para los DDGS de trigo/maíz y los DDGS de trigo (55 y 58 g/día), intermedio para los DDGS de maíz (44 g/día) y las más baja para el trigo (36 g/día). La excreción de fósforo total no fue diferente entre las fuentes de DDGS (11 g/día) y fue menor para el trigo (8 g/día). El consumo de alimento diario promedio (CADP) y la GDP fue mayor para los cerdos alimentados con la dieta control de trigo en comparación con las dietas de DDGS, pero la eficiencia alimenticia fue similar. Estos resultados muestran que el contenido de nutrientes digestibles de los DDGS de trigo es menor que los de DDGS de maíz, pero más altos que el trigo. Debido a que la alimentación con DDGS reduce el desempeño del crecimiento cuando se usa el contenido de nutrientes digestibles previamente determinado, estos investigadores indicaron que se necesita de más investigaciones para mejorar el valor alimenticio de los DDGS de trigo.

Emiola et al. (2009) investigaron el efecto de suplementar una dieta a base de DDGS de trigo con mezclas enzimáticas de carbohidrasas sobre el desempeño del crecimiento y las digestibilidades de nutrientes en cerdos en crecimiento y finalización. Sus resultados mostraron que la suplementación de enzimas carbohidrasas múltiples en una dieta a base de DDGS de trigo al 30% mejoró el desempeño del crecimiento y la digestibilidad total aparente del tubo digestivo de la MS, nitrógeno, energía bruta y fibra cruda en cerdos en crecimiento y la digestibilidad ileal aparente de los nutrientes en cerdos en finalización.

Valor nutritivo para aves

Thacker y Widyaratne (2007) realizaron una prueba de alimentación para determinar los efectos de alimentar pollos de engorda con 0, 5, 10, 15 y 20% de DDGS de trigo sobre la digestibilidad de nutrientes y el desempeño. La materia seca, energía y digestibilidad del fósforo disminuyeron linealmente con niveles crecientes de DDGS de trigo en la dieta. Sin

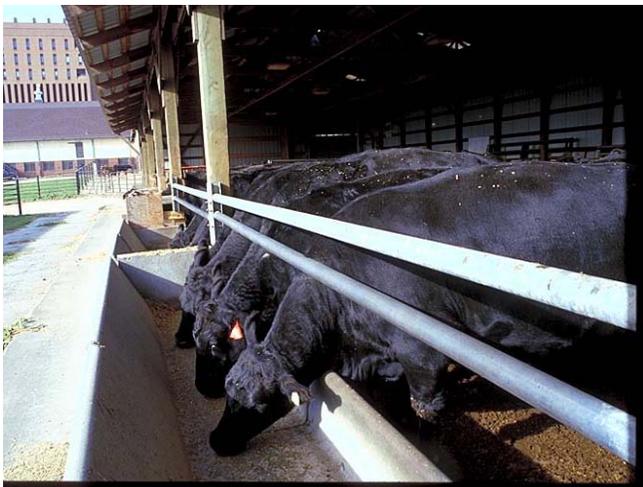
embargo, no hubo diferencias en la ganancia de peso, consumo de alimento o conversión alimenticia de los pollitos alimentados con niveles crecientes de DDGS de trigo en la dieta, pero la ganancia de peso y la conversión alimenticia tendieron a disminuir cuando la dieta contenía 20% de DDGS. Estos resultados indican que los DDGS de trigo pueden añadirse con éxito a las dietas de pollos y que el contenido bajo de energía y lisina pueden superarse con una buena formulación de la dieta.



Richter et al. (2006) alimentó dietas que contenían hasta el 20% de DDGS de trigo a pollos de engorda (de 0 a 8 semanas de edad) y dietas que contenían hasta 15% de DDGS de trigo en gallinas ponedoras jóvenes (de 9 a 18 semanas de edad), con la adición de enzimas que hidrolizan polisacáridos no almidonosos. El desempeño del crecimiento de los pollos no se vio afectado por el nivel de DDGS de trigo en la dieta, mientras que la adición de enzimas que hidrolizan los polisacáridos no almidonosos mejoró la ganancia de peso en un 2.5%. Sin embargo, el desempeño de los pollos en finalización disminuyó con los niveles crecientes de DDGS de trigo en la dieta, lo que indica una tasa máxima de inclusión en la dieta de 5% de esta materia prima. El nivel de la dieta de los DDGS de trigo no tuvo efecto sobre el desempeño de las ponedoras, ni sobre la calidad del huevo.

Leytem et al. (2008) determinaron el impacto de alimentar 0, 5, 10, 15 y 20% de DDGS de trigo a pollos sobre la excreción de nutrientes y la solubilidad del fósforo. La retención aparente del nitrógeno y del fósforo disminuyeron linealmente con el aumento del nivel de los DDGS de trigo en la dieta. La producción de nutrientes por kilogramo de consumo de materia seca aumentó linealmente con el aumento de la tasa de inclusión de DDGS en cuanto a nitrógeno, fósforo y fósforo hidrosoluble. El incremento de los niveles de DDGS en la dieta aumentó la concentración de fósforo y disminuyó la concentración de fósforo fítico en las excretas, lo que resultó en un aumento en el fósforo hidrosoluble y la fracción de P total que era soluble. Estos

resultados indican que los niveles altos de DDGS de trigo en la dieta aumenta la cantidad de nitrógeno y fósforo en las excretas, lo que debe tomarse en cuenta para los planes de manejo de pollinaza y gallinaza.



Valor nutritivo para ganado de engorda

McKinnon y Walker (2008) mostraron que la sustitución de la cebada con DDGS a base

de trigo en 25 y 50% de la MS total de la ración aumentó la GDP y la eficiencia de la ganancia de los terneros de engorda, sin diferencias en el consumo de MS o la composición de la ganancia. Beliveau y McKinnon (2008) realizaron un estudio para evaluar la alimentación de niveles crecientes de DDGS de trigo sobre el desempeño del ganado de engorda estabulado y las características de la canal del ganado en crecimiento y finalización. Sus resultados mostraron que los DDGS de trigo son una sustitución efectiva de la cebada en dietas de ganado al proporcionar tanto energía como proteína a la dieta. Para ganado en finalización, los DDGS de trigo presentan un valor de energía al menos igual que la cebada, cuando se alimentan a niveles de hasta 23% de la MS de la dieta.

Hao et al. (2009) evaluaron el impacto de alimentar 0, 20, 40, 60 y > 60% de DDGS de trigo sobre los nutrientes del estiércol y la excreción de ácidos grasos volátiles en el ganado de engorda estabulado. El nitrógeno total (heces), fósforo, pH (estiércol) y amoníaco hidrosoluble aumentaron cuando el ganado se alimentó con las dietas con 40 y 60% de DDGS, en comparación con la dieta sin este ingrediente. Los AGV isobutírico, valérico e isovalérico se encontraron en mayores concentraciones en las heces de ganado alimentado con dietas del 40 y 60% de DDGS de trigo, aunque el contenido de AGV totales no cambio con el niveles de DDGS de la dieta. Estos resultados de investigación indican que el estiércol producido por ganado alimentado con DDGS de trigo proporcionaría más nitrógeno y fósforo para los cultivos y también aumentaría las emisiones de amoníaco y los olores, lo que indica que este ingrediente deben restringirse a un máximo de 20% en las dietas de ganado para minimizar el exceso de nutrientes en el estiércol y los malos olores.

DDGS de otras fuentes de materias primas

Aunque el maíz y el trigo son los granos predominantes utilizados para producir etanol y DDGS en todo el mundo, también se utilizan otros granos y materias primas de alto contenido de almidón, pero en un menor grado. Hay pocos datos sobre la proteína cruda, grasa cruda y fibra cruda de los DDGS producidos de varias materias primas alternativas que se hayan publicado; en el **cuadro 4** se proporciona un resumen de sus diferencias en la composición general (Moreau et al., 2012). Es importante reconocer que los DDGS de maíz tienen una concentración más alta de proteína cruda, grasa cruda y fibra cruda que cualquiera de estas alternativas de fuentes de DDGS, lo que hace que sea el ingrediente más valioso derivado de la producción de etanol.

Cuadro 4. Composición de nutrientes (con base en materia seca) de los DDGS producidos de diversos granos^{1,2}

Nutriente, %	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra cruda
Cebada, con cascarilla	17.7	2.5	5.7
Avena	16.0	6.3	2.0
Centeno	8.0-10.4	ND	ND
Triticale	10.33	ND	ND
Arroz café de grano largo	7.94	2.92	3.5

Arroz corto blanco	6.50	0.52	2.8
Mijo perlado	9.73-13.68	6.8	ND
Yuca (mandioca)	1.5-3.0	0.2	3-4

¹ND = no determinado

²Adaptado de Moreau et al., 2012

Bibliografía

- Batal, A. and N. Dale. 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 15:89-93.
- Beliveau, R.M., and J.J. McKinnon. 2008. Effect of graded levels of wheat-based dried distillers' grains with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Can. J. Anim. Sci.* 88(4):677-684.
- Cozannet, P., Y. Primot, J.P. Metayer, C. Gady, M. Lessire, P.A. Geraert, L. le Tutour, F. Skiba, and J. Noble. 2009. Wheat dried distiller grains with solubles for pigs. *INRA Productions Animales.* 22:1, 11-16.
- Emiola I.A., F.O. Opapeju, B.A. Slominski, and C.M. Nyachoti. 2009. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydase enzyme. *J. Anim. Sci.* 87(7):2315-22.
- Hao X, M.B. Benke, D.J Gibb, A. Stronks, G. Travis, and T.A. McAllister. 2009. Effects of dried distillers' grains with solubles (wheat-based) in feedlot cattle diets on feces and manure composition. *J. Environ. Qual.* 38(4):1709-18
- Leytem, A.B., P. Kwanyuen, and P. Thacker. 2008. Nutrient Excretion, Phosphorus Characterization, and Phosphorus Solubility in Excreta from Broiler Chicks Fed Diets Containing Graded Levels of Wheat Distillers Grains with Solubles. *Poult. Sci.* 87(12):2505-2511.
- Lumpkins, B., A. Batal and N. Dale, 2005. Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets. *J. Appl. Poultry Sci.* 14:25-31.
- McKinnon, J.J., and A.M. Walker. 2008. Comparison of wheat-based dried distillers' grain with solubles to barley as an energy source for backgrounding cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 88(4):721-724.
- Moreau, R.A., N.P. Nghiem, K.A. Rosentrater, D.B. Johnston, and K.B. Hicks. 2012. Ethanol production from starch-rich crops other than corn and the composition of the resulting DDGS. In: *Distillers Grain Production, Properties, and Utilization*, ed. K. Liu and K.A. Rosentrater, CRC Press, Boca Raton, FL, p. 103-117.
- Nyachoti, C.M., J.D. House, B.A. Slominski, and I.R. Seddon. 2005. Energy and nutrient digestibilities in wheat dried distillers' grains with solubles fed to growing pigs. *J. Sci. Food Agric.* 85(15):2581-2586.
- Richter, G., H. Hartung, E. Herzog, and F. Otto. 2006. Use of dried wheat-based distillers grain from bioethanol production in poultry. *Tagung Schweine- und Geflügelernahrung*, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle, Germany. 265-267.
- Saskatchewan Agriculture and Food 1993. *Establishing an Ethanol Business.*
- Thacker, P.A., and G.P. Widyaratne. 2007. Nutritional value of diets containing graded levels of wheat distillers grains with solubles fed to broiler chicks. *J. Sci. Food Agr.* 87(7):1386-1390.
- Thacker, P.A. 2006. Nutrient digestibility, performance and carcass traits of growing-finishing pigs fed diets containing dried wheat distiller's grains with solubles. *Can. J. Anim. Sci.* 86(4):527-529.
- Urriola, P.E., D. Hoehler, C. Pedersen, H.H. Stein, L.J. Johnston, and G.C. Shurson. 2009. Determination of amino acid digestibility of corn, sorghum, and a corn-sorghum blend of dried distillers grains with solubles in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 87: 2574-2580.

Widyaratne, G.R., and R.T. Zijlstra. 2007. Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: Digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 87(1):103-114.