

Tabla de contenidos del Manual de DDGS

Introducción	Pestaña 1
Uso de los DDGS en dietas de ganado de engorda	Pestaña 2
Uso de los DDGS en dietas de ganado lechero	Pestaña 3
Uso de los DDGS en dietas avícolas	Pestaña 4
Uso de los DDGS en dietas porcinas	Pestaña 5
Uso de los DDGS en dietas acuícolas	Pestaña 6
Uso de los DDGS en dietas de animales de compañía	Pestaña 7
Características físicas y químicas de los DDGS	Pestaña 8
Composición de nutrientes de los DDGS: variabilidad y medición	Pestaña 9
Factores que impactan el precio y el transporte de los DDGS	Pestaña 10
Producción de etanol y sus coproductos	Pestaña 11
Preguntas más frecuentes sobre los DDGS	Pestaña 12
Lista de proveedores de DDGS de EUA	Pestaña 13
Glosario de términos	Pestaña 14
Vínculos de páginas web	Pestaña 15

Introducción a los granos secos de destilería con solubles de EUA

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS, por sus siglas en inglés) son un ingrediente para alimentos balanceados de gran valor que es a su vez es un coproducto de la producción de etanol con molienda seca a partir de los granos. En la producción de etanol, el almidón se fermenta para obtener alcohol etílico, pero los componentes restantes del grano (endospermo, germen), conservan mucho del valor nutritivo original del grano, entre lo que se incluye a la energía, proteína y fósforo. Las plantas de molienda seca recuperan y recombinan estos componentes en una gran cantidad de ingredientes para alimentos animales. Los DDGS son una forma seca muy popular de estos componentes combinados, que está disponible para los clientes nacionales e internacionales como un ingrediente para alimentos para ganado y las aves. Conforme la industria del etanol en Estados Unidos continúe creciendo, habrá mayor cantidad de DDGS para alimentos balanceados en el mercado nacional y de exportación, así como una diversidad más amplia de coproductos de destilería con diferentes características nutrimentales que se destinarán para aplicaciones de alimentación de animales específicos.

El maíz es la principal materia prima de la producción de etanol de molienda seca en Estados Unidos. En ciertos lugares, también se usan el sorgo y otros granos. Cada *bushel* de grano (25.4 kg de maíz y sorgo, aunque es un peso ligeramente diferente para otros granos) en el proceso produce 11.8 litros (2.7 galones) de etanol y 7.7 kg (18 libras) de DDGS. La industria del etanol en Estados Unidos se está expandiendo rápidamente, lo que resulta en una oferta de rápido crecimiento de DDGS en el mercado. En enero de 2007, la Asociación de Combustibles Renovables (de EUA) informó que hay 112 plantas de etanol de molienda seca en operación que tienen una capacidad combinada de 5,530 millones de galones de etanol al año, y que otras 83 plantas están en construcción o expansión, lo que podría añadir otros 6,000 millones de galones de capacidad de producción en los próximos dos años. La producción de DDGS de estas plantas de etanol llegó a las 8.5 millones de toneladas métricas en el año calendario 2006, por lo que se espera que suba a 36 millones de toneladas para 2010. Los DDGS ofrecen una oportunidad para ahorrar costos en los alimentos para animales y habrá cantidades abundantes en los años venideros.

Este Manual del Usuario de Granos Secos de Destilería con Solubles (DGS) está destinado a ser una guía para los fabricantes de alimentos balanceados y productores pecuarios, que les permita entender cómo los DDGS pueden entrar en los alimentos para ganado, aves y peces y cómo comprar y manejar esta materia prima. El manual incluye información sobre las investigaciones actuales con respecto al uso de DDGS en ganado, cerdos, aves, peces y animales de compañía. Otros capítulos describen la variabilidad y medición de las características nutrimentales de los DDGS, además de que proporcionan información de cómo comprarlos en Estados Unidos.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al

nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Para más información, por favor contacte al Consejo de Granos de Estados Unidos al teléfono 001-202-789-0789 o al correo electrónico grains@grains.org. También puede ver nuestra página Web en www.grains.org.

Uso de los coproductos de destilería de EUA en las dietas para ganado de engorda

Durante varias décadas, la industria del ganado de engorda de EUA ha sido un consumidor importante de los coproductos de destilería del maíz, tanto húmedos como secos. Como resultado, ha habido una cantidad considerable de investigación que se ha llevado a cabo para evaluar el valor alimenticio de los coproductos de destilería del maíz en el ganado. La mayor parte de la investigación que se ha llevado en alimentación de esta materia prima es para ganado de engorda en finalización. Se han publicado varios resúmenes de investigación y recomendaciones de alimentación excelentes (Erickson et al., 2005; Tjardes y Wright, 2002; Loy et al., 2005a; Loy et al., 2005b; Schingoethe, 2004).

Composición de nutrientes de los coproductos de destilería para el ganado de engorda

Hay varias formas de coproductos de destilería que se producen en las plantas de etanol de molienda seca. El líquido que se elimina de la masa se le llama destilado ligero, el cual se puede regresar a los procesos de cocción y destilación, venderse directamente como un alimento para ganado de alto contenido de humedad o deshidratar para producir los solubles condensados de destilería (CDS, por sus siglas en inglés). Los sólidos residuales o la fracción de granos gruesos se conocen como granos húmedos de destilería, los cuales se pueden usar como alimento para ganado o secarse para producir granos secos de destilería (DDG, por sus siglas en inglés). Los solubles condensados de destilería se pueden usar como alimento para ganado o mezclarse con granos de destilería para producir los granos de destilería con solubles. Los granos de destilería con solubles se venden húmedos (WDGS; por sus siglas en inglés, con 30% de materia seca), modificados (MDGS; con 50% de materia seca), o secos (DDGS; con 90% de materia seca). Debido a que hay varias formas húmedas o secas de coproductos de destilería, es importante obtener un análisis de nutrientes real de los coproductos a usarse, debido a que puede variar ampliamente el contenido de nutrientes. Entre algunas de las razones de la variación en el contenido de nutrientes de los coproductos de destilería, se incluyen la variación en las eficiencias de fermentación y destilación, los diferentes procesos y temperaturas de secado, y la cantidad de solubles condensados de destilería que se mezclan para formar los diferentes coproductos. En el cuadro 1 se muestran los valores de nutrientes que comúnmente se indican para los diversos coproductos de destilería (Tjardes y Wright, 2002).

Cuadro 1: Concentraciones de nutrientes seleccionados en varios coproductos de destilería del maíz (con base en el 100% de materia seca).

Nutriente	CDS ¹	WDG ²	MDGS ³	DDG ⁴	DDGS ⁵
Materia seca, %	30-50	25-35	50	88-90	88-90
Proteína cruda, %	20-30	30-35	30-35	25-35	25-32
Proteína ingerida degradable, % de PC	50	45-53	45-53	40-50	43-53
Grasa, %	9-15	8-12	8-12	8-10	8-10
FND, (%)	10-23	30-50	30-50	40-44	39-45
TND, %	75-120	70-110	70-110	77-88	85-90
EN _m , Mcal/kg	2.21-2.54	1.98-2.43	1.98-2.43	1.96-2.21	2.16-2.21
EN _g , Mcal/kg	1.76-2.05	1.54-1.76	1.54-1.76	1.48-1.54	1.50-1.54
Calcio, %	0.03-0.17	0.02-0.03	0.02-0.03	0.11-0.20	0.17-0.26
Fósforo, %	1.30-1.45	0.50-0.80	0.50-0.80	0.41-0.80	0.78-1.08

¹ Solubles condensados de destilería.

² Granos húmedos de destilería.

³ Granos de destilería modificados con solubles.

⁴ Granos secos de destilería.

⁵ Granos secos de destilería con solubles.

Adapted from Tjardes and Wright (2002).

El destilado ligero contiene sólo del 5 - 10% de materia seca y se puede usar muy bien en ganado de engorda como un sustituto del agua. Los CDS proporcionan cantidades significativas de proteína y de energía a la dieta, y con frecuencia se usan para añadir humedad para acondicionar las dietas. Sin embargo, su uso debe limitarse a no más de 20% de la materia seca de la dieta, porque su contenido alto en grasa puede hacer disminuir el consumo y la digestión de la fibra (Tjardes y Wright, 2002).

Los granos de destilería con o sin solubles son una fuente excelente de energía para el ganado. En Estados Unidos, el ganado de engorda en finalización se ha alimentado con éxito hasta con el 40% de DDGS de la materia seca de la ración, en sustitución del maíz en grano. Cuando se añaden DDGS a la dieta a este nivel, se usa principalmente como fuente de energía, además de suministrar más proteína y fósforo que lo requerido para terminar el ganado de engorda. En un estudio de investigación (Ham et al., 1994), la energía neta de la ganancia (EN_{ganancia}) de los DDGS para ganado de engorda fue 21% más alta que el valor del maíz rolado en seco. Como mínimo, la mayor parte de los nutriólogos consideran que los DDGS tienen un valor de energía aparente igual al maíz en grano cuando se alimenta a ganado en finalización a niveles que van del 10 - 20% de la materia seca del alimento total. En muchos estudios, la alimentación de DDGS a niveles del 15 - 20% de la materia seca de la dieta mejoró la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia del ganado de engorda en finalización, comparado cuando se usan dietas que contienen maíz en grano. Esta mejora en el desempeño a menudo es el resultado de una reducción de la acidosis subaguda y de menores problemas con el ganado que no consume alimento. El almidón en el maíz es más probable que cause acidosis, laminitis e hígado graso cuando se alimenta a niveles altos a ganado de engorda en finalización. Sin embargo, estos problemas se reducen mucho cuando se alimentan los DGS, porque tienen un bajo contenido de almidón residual (menos del 2%) y por la alta cantidad de fibra altamente digestible.

Los granos de destilería con o sin solubles son una fuente muy buena de proteína y son altos en proteína no degradable en el rumen (PNDR), o proteína de sobrepaso. Debido a que los DDGS

pasan por un proceso de secado, existe la probabilidad de que se quemem, lo que puede causar una reacción química que se llama de Maillard o reacción de encafecimiento. Cuando sucede esta reacción, causa que parte de los carbohidratos y proteínas se ligen en una forma química que hace que no sean disponibles para el animal. Por lo tanto, deben usarse los DDGS de color claro, que presentan un olor dulce y fermentado, para lograr el mejor valor alimenticio y desempeño del crecimiento del ganado de engorda. Con regularidad, los comercializadores hacen descuentos al precio de los DDGS oscuros y dañados térmicamente para contabilizar la reducción en el valor alimenticio. El nitrógeno insoluble ácido detergente (NIAD) se puede usar para determinar el grado de daño de la proteína en los DDGS. Una vez que se determina en el laboratorio el valor NIAD, se multiplica por un factor de 6.25 para calcular el valor de proteína adecuado de los DDGS. Este valor de proteína calculado representa la cantidad de proteína cruda en los DDGS que no está disponible y que se puede comparar con el valor de proteína cruda real para determinar el grado del daño a la proteína. La proporción de PNDR en los DDGS es de aproximadamente 60 - 70%, en comparación con el 30% de la harina de soya. Sin embargo, Erickson et al. (2005) indicaron que el alto valor de PNDR de los DDGS se debe a las características innatas de la proteína, más que al secado o al contenido de humedad, y no parece estar influido por el NIAD, ya que la eficiencia de la proteína (kg de ganancia/kg de proteína suplementaria) parece que sigue siendo el mismo o aumenta conforme aumenta la cantidad de NIAD en los DDGS.

Los granos de destilería, con o sin solubles, son bajos en calcio pero altos en fósforo y azufre. Dependiendo del nivel alimenticio, la adición de granos de destilería de la dieta, puede permitir una eliminación completa de otras fuentes de fósforo suplementario de la mezcla de minerales que antes se alimentaba. Debido a los niveles altos de DGS húmedos o secos, las dietas del ganado de engorda contienen fósforo en exceso en relación con el requerimiento. Esto resulta en que se excreta un exceso de fósforo en las heces, lo cual debe considerarse cuando se desarrollan los planes del manejo de las heces fecales. Debido al bajo nivel de calcio de los DDGS, deben añadirse fuentes de calcio suplementario (por ejemplo, piedra caliza molida o alfalfa) a la dieta para mantener la relación de calcio a fósforo entre 1.2:1 a no más de 7:1, y evitar así reducciones en el desempeño animal y los cálculos urinarios. (Tjardes y Wright, 2002). A veces, los granos de destilería con o sin solubles pueden ser altos en azufre, lo que contribuye con cantidades significativas de este elemento a la dieta. Si se consume más del 0.4% de azufre del alimento (con base en materia seca) y el agua, puede ocurrir polioencefalomalacia en el ganado. Además, el azufre interfiere con la absorción y metabolismo del cobre, lo cual empeora en presencia del molibdeno. Por lo tanto, en zonas geográficas en las que se encuentran niveles altos de azufre en los forrajes y en el agua, será necesario reducir el nivel de DDGS que se añade (Tjardes y Wright, 2002).

Ganado en finalización

La mayor parte de la investigación con DDGS ha involucrado su uso principalmente como fuente de energía en las dietas para ganado en finalización. Los DDGS son muy palatables y fácilmente consumibles por el ganado de engorda. Además, la alimentación de esta materia prima no cambia la calidad o rendimiento de los canales de las reses y no tiene efectos sobre las características sensoriales o para comer de la carne de res. La alimentación de WDGS resulta en un mejor desempeño que la alimentación de DDGS a ganado en finalización (Erickson et al., 2005). La sustitución del maíz con granos húmedos de destilería ha resultado consistentemente

en un mejoramiento del 15 - 25% de la conversión alimenticia, cuando se reemplaza del 30 - 40% del maíz con WDGS en la dieta (DeHaan et al., 1982; Farlin, 1981; Firkins et al., 1985; Fanning et al., 1999; Larson et al., 1993; Trenkle, 1997a; Trenkle 1997b; Vander Pol et al., 2005a). Este mejoramiento a la conversión alimenticia se debe principalmente a que los WDGS tienen de 120 - 150% del valor de la energía del maíz (Erickson et al., 2005). El secado parece reducir el valor energético a 102 - 127% del valor energético del maíz rolado en seco en las dietas altas en forrajes. Parece que los altos valores energéticos de los WDGS y DDGS son el resultado del control de la acidosis (Erickson et al., 2005).

Vander Pol et al. (2005c) mostraron que cuando se alimenta el ganado en finalización con dietas que contienen 10 - 20% de DDGS de la materia seca de la dieta, no hubo beneficio de suplementar las dietas con urea, lo que indica que hubo un reciclaje de nitrógeno. Sin embargo, Erickson et al. (2005) indicaron que para ser conservadores, sería mucho mejor seguir las directrices del Consejo Nacional de Investigación (NRC, 1996) con respecto a la suplementación de proteína ingerida degradable, cuando se formulan dietas que contienen menos del 20% de DDGS.

Pocos estudios han evaluado la calidad y características sensoriales de la carne de res de ganado alimentado con granos de destilería. Roeber et al. (2005) evaluaron el color, la suavidad (o terneza) y las características sensoriales de lomo de res de dos experimentos en los que se alimentaron granos de destilería húmedos y secos a novillos Holstein a niveles de hasta el 50% de la ración. No hubo diferencias en la suavidad, sabor o jugosidad. De la misma forma, Jenschke et al. (2006) mostraron que el ganado en finalización alimentado con dietas que contenían hasta el 50% de granos húmedos de destilería (con base en materia seca) produjo carne que no difería en suavidad, cantidad de tejido conectivo, jugosidad o intensidad de sabor desagradable. De hecho, la carne del ganado alimentado con dietas con 0 - 10% de granos húmedos de destilería era más probable que tuviera un sabor desagradable, en comparación con la carne del ganado que se alimentó con dietas con 30 - 50% de granos húmedos de destilería. Finalmente, Gordon et al. (2002) alimentaron dietas que contenían 0, 15, 30, 45, 60 o 75% de DDGS a novillas en finalización durante 153 días de estudio y observaron que hubo un pequeño mejoramiento lineal en la suavidad de la carne del ganado alimentado con cantidades crecientes de DDGS.

Se han llevado a cabo menos investigaciones con respecto a la alimentación de DDGS en otras edades del ganado. Sin embargo, los DDGS son un excelente ingrediente de alimentos para complementar energía y proteína cuando el ganado se alimenta con forraje de baja calidad. Cuando se añade a dietas que contienen forrajes bajos en fósforo, el fósforo en los DDGS va a ser de valor significativo. Entre otros usos de los DDGS se incluyen la alimentación suplementaria de terneros lactantes, como suplemento de ganado en pastoreo y como suplemento para forrajes de baja calidad y residuos agrícolas que se puedan alimentar a terneros en crecimiento, vacas gestantes o novillas en desarrollo.

Vacas de engorda

A diferencia del ganado de engorda en finalización, se ha llevado a cabo menos investigación sobre alimentación de los DDGS a vacas de engorda. Loy et al. (2005) publicaron un excelente resumen de resultados sobre el uso de DDGS en dietas para vacas de engorda. Las mejores aplicaciones de DDGS en las dietas de vacas de engorda son en situaciones en las que 1) se necesita de proteína suplementaria (especialmente cuando se alimentan forrajes de baja calidad)

para reemplazar la harina de gluten de maíz > 20% de proteína o la harina de soya, 2) se requiere de una fuente de bajo contenido de almidón y alto contenido de fibra para sustituir la harina gluten de maíz > 20% de proteína o cascarilla de soya y 3) cuando se necesita una fuente suplementaria de grasa.

DDGS como fuente de proteína suplementaria

Los investigadores han mostrado que cuando se suministran los DDGS para proporcionar 0.18 kg de proteína/día a las vacas de engorda en pastoreo en una pradera de invierno nativo en Colorado, se comparó de manera favorable con el heno de alfalfa o el frijol blanco de desecho (Smith et al., 1999). Shike et al. (2004) compararon los efectos en el desempeño de alimentar gluten de maíz o DDGS como suplemento al heno de alfalfa molido a vacas Simmental lactantes y observaron que las vacas alimentadas con DDGS subieron más de peso, pero produjeron menos leche en comparación con las alimentadas con la harina de gluten de maíz >20% de proteína. Sin embargo, no hubo diferencias entre las vacas alimentadas con DDGS y las alimentadas con harina de gluten de maíz >20% de proteína con respecto al peso de los terneros y al desempeño en el reapareamiento. Loy et al. (2005) informaron que en un estudio subsiguiente llevado a cabo en la Universidad de Illinois, los investigadores compararon la suplementación de dietas de vacas lactantes Angus y Simmental que consistían de rastrojo de maíz molido con DDGS o harina de gluten de maíz >20% de proteína. Las vacas que amamantaban a terneros se les limitó la alimentación de raciones totales mezcladas y no hubo diferencias en la producción de leche ni en la ganancia de peso de los terneros entre las vacas suplementadas con DDGS o con harina de gluten de maíz >20% de proteína.

DDGS como fuente de energía

Los DDGS son un suplemento de energía eficaz cuando se alimenta con forrajes de baja calidad. Summer y Trenkle (1998) mostraron que los DDGS y la harina de gluten de maíz >20% de proteína fueron suplementos superiores al maíz en las dietas de rastrojo de maíz, pero no en las dietas de alfalfa de calidad más alta. El rastrojo de maíz (tallos) es bajo en proteína, energía y minerales, pero es bajo en costo y está disponible en los principales estados productores de maíz en Estados Unidos. Cuando se alimentan forrajes de baja calidad (por ejemplo, rastrojo de maíz) a vacas de engorda en gestación en buena condición, la alimentación de 1.4 a 2.3 kg de DDGS al día, durante el último tercio del periodo de gestación cubre los requerimientos de proteína y de energía (Loy et al., 2002). Para las vacas de engorda alimentadas con forrajes de baja calidad (por ejemplo, rastrojo de maíz) al inicio de la lactancia, la suplementación con 2.7 a 3.6 kg de DDGS cubre los requerimientos de proteína y energía (Loy et al., 2002).

DDGS como fuente suplementaria de grasa

La grasa suplementaria puede mejorar la reproducción en los hatos de vacas que experimentan tasas de gestación subóptimas (menos del 90%). Loy et al. (2002) indicaron que la alimentación de suplementos con perfiles similares de ácidos grasos al del aceite de maíz (que se encuentra en los DDGS), mejoraron las tasas de gestación. También mostraron que la suplementación de grasa funciona mejor en situaciones de alimentación en las que ya es necesaria la suplementación de proteína o energía.

Novillas de reemplazo

Muy poca investigación se ha llevado a cabo sobre la alimentación de DDGS a novillas de reemplazo. Sin embargo, con base en los numerosos estudios del ganado en finalización, los DDGS podrían ser una excelente fuente de PNDR y de energía para las novillas de reemplazo en desarrollo. En un estudio hecho por MacDonald y Klopfenstein (2004), las novillas de reemplazo que pastaban en bromo fueron suplementadas con 0, 0.45, 0.90, 1.36 ó 1.81 kg de DDGS al día. Estos investigadores observaron que por cada 0.45 kg de DDGS suplementados, disminuía el consumo de forraje en 0.78 kg al día y la ganancia diaria promedio aumentaba en 27 g al día.

Loy et al. (2003) evaluaron el valor de la suplementación del alimento, a diario o tres veces a la semana con DDGS en dietas altas en forrajes para novillas híbridas en crecimiento. A estas novillas se les proporcionó acceso *ad libitum* al heno de pasto (8.7% de proteína cruda) y se suplementaron con DDGS o maíz rolado en seco. Los suplementos se alimentaron a dos niveles y se ofrecieron ya fuera a diario o tres veces a la semana en las mismas proporciones. Para las novillas que se suplementaron a diario, comieron más heno y subieron de peso más rápido, pero no fueron más eficientes que las novillas suplementadas tres veces a la semana. Tanto en el nivel alto como en el bajo de suplementación, las novillas alimentadas con DDGS obtuvieron una mejor ganancia diaria promedio (GDP) y conversión alimenticia, que las alimentadas con maíz rolado en seco (cuadro 2). Estos autores calcularon que el valor de energía neta de los DDGS fue 27% más alto que para el maíz en grano.

Cuadro 2: Desempeño del crecimiento de las novillas alimentadas con heno de paso nativo y suplementadas con maíz o DDGS a dos niveles de suplementación.

		Bajo ^a	Alto ^b
GDP, kg/d	Maíz	0.37	0.71
	DDGS	0.45	0.86
Ingestión de MS/GDP	Maíz	15.9	9.8
	DDGS	12.8	8.0

^a Bajo = suplemento alimentado a 0.21% del peso corporal

^b Alto = suplemento alimentado a 0.81% del peso corporal

Fuente: Loy et al. (2003a).

En un estudio subsiguiente, Loy et al. (2004) alimentaron novillas canuladas ya fuera sin suplemento, DDGS suplementados a diario, DDGS suplementados en días alternantes, maíz rolado en seco a diario o maíz rolado en seco en días alternantes. Como era de esperarse, el consumo de heno fue mayor para las novillas que no recibieron suplementación, en comparación con las que sí recibieron, pero no hubo diferencias en el consumo de alimento entre las novillas suplementadas con DDGS o maíz. Las novillas que se suplementaron con DDGS tuvieron tasas más altas de desaparición de fibra en el rumen, que las suplementadas con maíz.

Stalker et al. (2004) llevaron a cabo dos experimentos para evaluar los efectos de los requerimientos de proteína degradable suplementaria cuando se alimentó de DDGS como fuente de energía en las dietas a base de forraje. Las dietas se formularon para ser deficientes (menos de 100 g/día) en proteína degradable pero contenían proteína metabolizable en exceso. Estos resultados mostraron que no es necesaria la adición de urea para cubrir el requerimiento de proteína ingerida degradable cuando se usa DDGS como fuente de energía en dietas a base de forraje.

Morris et al. (2005) mostraron que cuando se le proporcionó a novillas alimentadas individualmente dietas de forraje de alta o baja calidad, que la suplementación con 0, 0.68, 1.36, 2.04 ó 2.72 kg de DDGS al día, el consumo de forraje disminuyó y aumentó la ganancia diaria promedio. Estos resultados indican que los DDGS pueden ser un suplemento de forraje eficaz para aumentar el crecimiento cuando se vea limitada la disponibilidad de forraje.

Resumen

Los DDGS de maíz son una excelente fuente de energía y proteína para ganado de engorda en todas las fases de producción. Se pueden usar de manera eficaz como fuente de energía y alimentarse hasta el 40% del consumo de materia seca de la ración para ganado en finalización, con excelente desempeño del crecimiento y calidad de la canal y de la carne. Sin embargo, en esta tasa alta de alimentación hay un exceso en el suministro de proteína y de fósforo.

Las mejores aplicaciones para el uso de DDGS en las dietas de vacas de engorda son en las situaciones en que 1) se requiere de proteína suplementaria (especialmente cuando se alimentan forrajes de baja calidad) para sustituir la harina de gluten de maíz >20% de proteína o la harina de soya, 2) cuando se requiere de una fuente de energía baja en almidón y alta en fibra para sustituir la harina de gluten de maíz >20% de proteína o la cascarilla de soya y 3) cuando se requiere de una fuente de grasa suplementaria.

Para las novillas en crecimiento, no es necesaria la adición de urea para cubrir el requerimiento de proteína ingerida degradable cuando se usan los DDGS como fuente de energía en dietas a base de forraje. Los DDGS pueden ser un suplemento de forraje eficaz para aumentar el crecimiento cuando se vea limitada la disponibilidad de forrajes.

Bibliografía

- Bremer, V.B., G.E. Erickson, T.J. Klopfenstein, M.L. Gibson, K.J. Vander Pol, M.A. Greenquist. 2005. Feedlot performance of a new distillers byproduct (Dakota Bran) for finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 83:(Suppl. 1).
- Cooper, R.J., C.T. Milton, T.J. Klopfenstein, T.L. Scott, C.B. Wilson, and R.A. Mass. 2002. Effect of corn processing on starch digestion and bacterial crude protein flow in finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80:797-804.
- DeHaan, K., T. Klopfenstein, R. Stock, S. Abrams, and R. Britton. 1982. Wet distillers co-products for growing ruminants. *Nebraska Beef Rep.* MP 43:33.
- Erickson, G.E., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams, and R.J. Rasby. 2006. Utilization of Corn Co-Products in the Beef Industry. Nebraska Corn Board and the University of Nebraska. www.nebraskacorn.org. 17 pp.
- Fanning, K., T. Milton, T. Klopfenstein, and M. Klemesrud. 1999. Corn and sorghum distillers grains for finishing cattle. *Nebraska Beef Rep.* MP 71 A:32.
- Farlin, S.D. 1981. Wet distillers grains for finishing cattle. *Anim. Nutr. Health* 36:35.
- Firkins, J.L., L.L. Berger, and G.C. Fahey, Jr. 1985. Evaluation of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feeds for ruminants. *J. Anim. Sci.* 60:847.
- Gordon, C.M., J.S. Drouillard, R.K. Phebus, K.A. Hachmeister, M.E. Dikeman, J.J. Higgins, and A.L. Reicks. 2002. The effect of Dakota Gold Brand dried distiller's grains with solubles of varying levels on sensory and color characteristics of ribeye steaks. *Cattleman's Day 2002, Report of Progress* 890. Kansas State University. pp. 72-74.
- Gustad, K., T.J. Klopfenstein, G. Erickson, J. MacDonald, K. Vander Pol, and M. Greenquist. 2006. Dried distillers grains supplementation to calves grazing corn residue.
- Ham, G.A., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, E.M. Larson, D.H. Shain, and R.P. Huffman. 1994. Wet corn distillers co-products compared with dried distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *J. Anim. Sci.* 72:3246.

- Holt, S.M., and R.H. Pritchard. 2004. Composition and nutritive value of corn co-products from dry milling ethanol plants. South Dakota State Beef Report.
- Jenschke, B.E., J.M. James, K.J. Vander Pol, C.R. Calkins, and T.J. Klopfenstein. 2006. Wet distillers grains plus solubles do not increase liver-like off-flavors in cooked beef. Nebraska Beef Report, University of Nebraska-Lincoln, pp. 115-117.
- Larson, E.M., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, M.H. Sindt, and R.P. Huffman. 1993. Feeding value of wet distillers co-products from finishing ruminants. *J. Anim. Sci.* 71:2228.
- Loy, T.W., T.J. Klopfenstein, G.E. Erickson, and C.N. Macken. 2003. Value of dry distillers grains in high fiber diets and effect on supplementation frequency. Nebraska Beef Cattle Report MP 80-A:8.
- Loy, T.W., J.C. MacDonald, T.J. Klopfenstein, and G.E. Erickson. 2004. Effect of distillers grains or corn supplementation frequency on forage intake and digestibility. Nebraska Beef Cattle Report MP 80-A:22-24.
- Loza, P.L., K.J. Vander Pol, G.E. Erickson, R.A. Stock, and T.J. Klopfenstein. 2004. Corn milling co-products and alfalfa levels in cattle finishing diets. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 1):158.
- MacDonald, J.C. and T.J. Klopfenstein. 2004. Dried distillers grains as a grazed forage supplement. Nebraska Beef Cattle Report MP 80-A:22-24.
- Morris, S.E., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams, G.E. Erickson, and K.J. Vander Pol. 2005. The effects of dried distillers grains on heifers consuming low or high quality forages. Nebraska Beef Report MP 83-A:18-20.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill, and D.R. Gill. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 75:868-879.
- Roeber, D.L., R.K. Gill, and A DiCostanzo. 2005. Meat quality responses to feeding distiller's grains to finishing Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 83:2455-2460.
- Shike, D.W., D.B. Faulkner, and J.M. Dahlquist. 2004. Influence of limit-fed dry corn gluten feed and distillers dried grains with solubles on performance, lactation, and reproduction of beef cows. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 2):96.
- Smith, C.D., J.C. Whitlier, D.N. Schutz, and D. Conch. 1999. Comparison of alfalfa hay and distiller's dried grains with solubles alone and in combination with cull beans as protein sources for beef cows grazing native winter range. Beef Program Report. Colorado St. Clin.
- Stalker, L.A., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams, and G.E. Erickson. 2004. Urea inclusion in forage-based diets containing dried distillers grains. Nebraska Beef Cattle Report MP 80-A:20-21.
- Stalker, L.A., D.C. Adams, and T.J. Klopfenstein. 2006. A system for wintering beef heifers using dried distillers grain. Nebraska Beef Report MP 88-A:13.
- Stock, R.A., J. M. Lewis, T.J. Klopfenstein, and C.T. Milton. 1999. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. *Proc. Am. Soc. Anim. Sci.* Available at: <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0924.pdf>.
- Summer, P., and A. Trenkle. 1998. Effects of supplementing high or low quality forages with corn or corn processing co-products upon digestibility of dry matter and energy by steers. Iowa State University Beef Research Report ASL-R1540.
- Tjardes, J. and C. Wright. 2002. Feeding corn distiller's co-products to beef cattle. SDSU Extension Extra. Ex 2036, August 2002. Dept. of Animal and Range Sciences. pp. 1-5.
- Trenkle, A. 1997a. Evaluation of wet distillers grains in finishing diets for yearling steers. Beef research Report – Iowa State University ASRI 450.
- Trenkle, A. 1997b. Substituting wet distillers grains or condensed solubles for corn grain in finishing diets for yearling heifers. Beef Research report – Iowa State University ASRI 451.
- Vander pol, K.J., G. Erickson, T. Klopfenstein, and M. Greenquist. 2005a. Effect of level of wet distillers grains on feed lot performance of finishing cattle and energy value relative to corn. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2):25.
- Vander Pol, K.J., G.E. Erickson, and T. Klopfenstein. 2005b. Economics of wet distillers grains use in feedlot diets. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2):67.
- Vander Pol, K.J., G.E. Erickson, and T.J. Klopfenstein. 2005c. Degradable intake protein in finishing diets containing dried distillers grains. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2):62.

Vander Pol, K.J., G.E. Erickson, M.A. Greenquist, and T.J. Klopfenstein. 2006. Effect of Corn Processing in Finishing Diets Containing Wet Distillers Grains on Feedlot Performance and Carcass Characteristics of Finishing Steers. 2006 Nebraska Beef Report.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Uso de los granos secos de destilería con solubles de EUA en las raciones para ganado lechero

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son una fuente muy buena de proteína para vacas lecheras. El contenido de proteína en los DDGS de alta calidad es típicamente más del 30% con base en materia seca. Los DDGS son una buena fuente de proteína no degradable en el rumen (PNDR), o de proteína de sobrepaso para ganado (cuadro 1). La mayor parte de la proteína fácilmente degradable en el maíz se degrada durante el proceso de fermentación, lo que resulta en un nivel proporcionalmente más alto de PNDR que el que se encuentra en el maíz. La calidad de la proteína en los DDGS es bastante buena, pero al igual que en la mayoría de los coproductos del maíz, la lisina es el primer aminoácido limitante. Como resultado, a veces se puede aumentar la producción de leche cuando se alimenta a las vacas lecheras con raciones que contienen lisina y metionina suplementarias protegidas contra el rumen, o cuando se mezclan los DDGS con otros ingredientes altos en proteína que contienen más lisina. Sin embargo, en la mayor parte de las situaciones, la alimentación de raciones que contienen DDGS resultan en una producción de leche tan alta o mayor que cuando se alimentan con raciones que contienen harina de soya como fuente de proteína. También es importante reconocer que los DDGS de color oscuro, por lo general indican un daño térmico de la proteína, que puede llevar a una reducción de la producción de leche. En un estudio de Powers et al. (1995), las vacas lecheras alimentadas con dietas que contenían DDGS de color oscuro, presentaron una menor producción de leche que las que se alimentaron con DDGS de color claro. Por lo tanto, es importante utilizar fuentes de alta calidad de DDGS de color claro en dietas para vacas lecheras, para así lograr una máxima producción de leche.

Los DDGS son también una muy buena fuente de energía para el ganado lechero. Los valores de energía de los DDGS de alta calidad son 10 - 15% mayores que los valores previamente informados por el Consejo Nacional de Investigación (NRC, 2001). Los DDGS contienen más energía que el maíz. Además, debido a que casi todo el almidón en el maíz se convierte en etanol durante el proceso de fermentación, aumenta la concentración de grasa y fibra en los DDGS en un factor de tres, en comparación con el maíz. Los DDGS contienen altas cantidades de fibra neutrodetergente (FND), pero bajas cantidades de lignina. Esto hace que los DDGS sean una fuente de fibra altamente digestible para el ganado y reduce los problemas digestivos, en comparación con el maíz. La fibra altamente digestible en los DDGS también permite servir como un sustituto parcial de los forrajes y concentrados en dietas para ganado lechero y de engorda.

Cuadro 1. Composición de nutrientes de DDGS de maíz de alta calidad de EUA para rumiantes.

Nutriente	DDGS de maíz (% de materia seca)
Proteína cruda	30.1
PNDR ^a % de proteína cruda	55.0
EN _{mantenimiento} , Mcal/kg	2.07
EN _{ganancia} , Mcal/kg	1.41
EN _{lactación} , Mcal/kg	2.26
Fibra neutrodetergente (FND)	41.5
Fibra ácidodetergente (FAD)	16.1
Extracto etéreo	10.7
Cenizas	5.2
Calcio	0.22
Fósforo	0.83
Magnesio	0.33
Potasio	1.10
Sodio	0.30
Azufre	0.44

^aPNDR = proteína no degradable en el rumen

Fuente: Schingoethe (2004)

Se han hecho muchas preguntas con respecto a la inclusión de los granos de destilería en las dietas para vacas lecheras. ¿Pueden las dietas a base de granos de destilería sustentar el mismo nivel de producción de leche que las dietas tradicionales? ¿Puede la alta concentración de grasa poliinsaturada en los granos de destilería causar una disminución de la grasa de la leche? ¿Puede la concentración baja de lisina resultar en una menor producción de proteína láctea? ¿Importa si los granos de destilería se alimentan en forma húmeda con solubles (WDGS) o en forma seca con solubles (DDGS)? ¿Cuántos granos de destilería se pueden incluir en las dietas de vacas lecheras y qué efecto tienen sobre la composición de la proteína y grasa lácteas y sobre la producción total de leche?

Para contestar estas preguntas, se llevó a cabo un metanálisis de experimentos previos que involucraba la alimentación de granos de destilería a las vacas lecheras lactantes (Kalscheur, 2005). Se compilaron 23 estudios que investigaban la inclusión de los granos de destilería en dietas para vacas lecheras en una base de datos con 96 comparaciones de tratamiento. Estos estudios se publicaron entre 1982 y 2005, de los cuales se reconoce que cambió la calidad de los granos de destilería durante este periodo. Se incluyeron todos los estudios en el análisis para determinar el efecto general de alimentar los granos de destilería en vacas lecheras.

Para evaluar el nivel de inclusión sobre el desempeño de la lactación, los tratamientos se dividieron en cinco intervalos de nivel de inclusión en la dieta de granos de destilería: 0, 4 - 10%, 10 - 20%, 20 - 30% y más del 30% con base en materia seca. También se identificó la forma de los granos de destilería, ya fueran húmedos o secos. El impacto del nivel de inclusión en la dieta y la forma de los granos de destilería se evaluó en el consumo de materia seca, producción de leche y porcentaje de proteína y grasa lácteas.

Efecto de la alimentación de los granos de destilería sobre el consumo de materia seca

El consumo de materia seca (CMS) se vio afectado tanto por el nivel de inclusión en la dieta como por la forma de los granos de destilería (cuadro 2). El consumo aumentó con la adición de los granos de destilería en las dietas para vacas lecheras. Para las vacas alimentadas con DDGS, el consumo aumentó conforme fue aumentándose el nivel de inclusión de estos en la dieta, el cual llegó a su máximo en las vacas que se alimentaron con un 20 - 30% de DDGS. Estas vacas consumieron 0.7 kg más alimento (con base en materia seca o MS) que las vacas alimentadas con las dietas control que no contenían DDGS. Las vacas alimentadas con más del 30% de DDGS consumieron alrededor de la misma cantidad de alimento que las vacas que consumieron las dietas control.

Aunque las dietas con DDGS con un nivel de inclusión de hasta un 20 - 30% estimularon el CMS, el CMS de las vacas alimentadas con dietas con DWGS fue mayor a los niveles de inclusión más bajos de 4 - 10% y 10 - 20%. Cuando se incluyeron los WDGS a concentraciones mayores al 20%, disminuyó el CMS. Además, las vacas alimentadas con más del 30% de WDGS comieron 2.3 kg/día menos que el grupo control, y 5.1 kg/día menos que las alimentadas con la tasa de inclusión de 4 - 10%.

En general, los granos de destilería están considerados por ser altamente palatables y las investigaciones apoyan esto, porque se estimula el CMS cuando se incluyen los granos de destilería hasta un 20% de la MS en dietas de vacas lecheras. La disminución del consumo a niveles de inclusión más altos puede estar causada por la concentración más alta de grasa de la dieta, o en el caso de los WDGS, por la concentración más alta de la humedad en la dieta.

Cuadro 2: Consumo de materia seca y rendimiento de leche de vacas lecheras alimentadas con niveles crecientes de granos de destilería, secos o húmedos.

Nivel de inclusión (con base en MS)	CMS, kg/d			Leche, kg/d		
	Secos	Húmedos	Todos	Secos	Húmedos	Todos
0%	23.5 ^c	20.9 ^b	22.2 ^b	33.2	31.4	33.0
4 - 10%	23.6 ^{bc}	23.7 ^a	23.7 ^a	33.5	34.0	33.4
10 - 20%	23.9 ^{ab}	22.9 ^{ab}	23.4 ^{ab}	33.3	34.1	33.2
20 - 30%	24.2 ^a	21.3 ^{ab}	22.8 ^{ab}	33.6	31.6	33.5
> 30%	23.3 ^{bc}	18.6 ^c	20.9 ^c	32.2	31.6	32.2
SEM	0.8	1.3	0.8	1.5	2.6	1.4

^{a,b,c} Los valores dentro de la columna seguidos de un diferente sobreíndice difieren ($P < 0.05$). Cuando no hay sobreíndice dentro de una columna, indica que no hubo diferencia significativa entre los niveles de inclusión de granos de destilería en la dieta.

Efecto de la alimentación de los granos de destilería sobre la producción de leche

La producción de leche no se vio impactada por la forma alimentada de los granos de destilería, pero hubo una respuesta curvilínea al aumento de los granos de destilería en las dietas para vacas lecheras (cuadro 2). Las vacas alimentadas con dietas que contenían 4 - 30% de granos de destilería produjeron la misma cantidad de leche, aproximadamente 0.4 kg/día más, que las vacas alimentadas con dietas que sin granos de destilería. Cuando las vacas se

alimentaron con la tasa de inclusión más alta (más del 30%) de granos de destilería, tendió a disminuir el rendimiento de leche. Estas vacas produjeron 0.8 kg/día menos leche que las que no se alimentaron con granos de destilería. Las vacas alimentadas con más del 20% de WDGS disminuyeron la producción de leche. Es muy probable que esto se relacione a una disminución en el CMS.

Efecto de la alimentación de los granos de destilería sobre la composición de la leche

El porcentaje de grasa láctea varió entre los niveles de inclusión y no se vio significativamente afectado por el nivel o forma de inclusión (cuadro 3). Con el juego de datos actual, la inclusión de granos de destilería no apoya la teoría de que la alimentación de éstos resulte en una disminución de la grasa láctea. Hay muchos factores que tienen un papel importante en la causa de la disminución de la grasa láctea. Cuando se formulan dietas, es importante incluir suficiente fibra de forrajes para poder mantener la función ruminal. Los granos de destilería proporcionan de 28 - 44% de FND, aunque esta fibra se procesa finamente y se digiere de forma rápida en el rumen. Como tal, la fibra de los granos de destilería no se considera como ruminalmente eficaz y no debe considerarse igual a la fibra del forraje. Los niveles altos de grasa proporcionados por los granos de destilería, también pueden tener un impacto sobre la función del rumen que conduciría a una disminución de la grasa láctea, pero a menudo es una combinación de factores de la dieta lo que llevan una reducción significativa del porcentaje de grasa láctea.

Cuadro 3. Porcentaje de grasa y proteínas lácteas de vacas lecheras alimentadas con niveles crecientes de granos de destilería.

Nivel de inclusión (con base en MS)	Grasa, %	Proteína, %
0%	3.39	2.95 ^a
4 – 10%	3.43	2.96 ^a
10.1 – 20%	3.41	2.94 ^a
20.1 – 30%	3.33	2.97 ^a
> 30%	3.47	2.82 ^b
SEM	0.08	0.07

^{a,b} Los valores dentro de una columna seguidos de un diferente sobreíndice difieren ($P < 0.05$). Cuando no hay sobreíndice dentro de la columna, indica que no hubo diferencia significativa entre los niveles de inclusión de los granos de destilería.

El porcentaje de proteína láctea no fue diferente para las vacas que se alimentaron con dietas que contenían 0 - 30% de granos de destilería, además de que la forma de estos granos no alteró la composición (cuadro 2). Sin embargo, el porcentaje de proteína de la leche disminuyó 0.13 unidades porcentuales cuando se incluyeron los granos de destilería a concentraciones mayores a 30% de la dieta, en comparación con las vacas alimentadas con las dietas control. A los niveles de inclusión más altos, los granos de destilería muy probablemente sustituyeron todas las otras fuentes de suplementación de proteína. A estos niveles altos de inclusión, la digestibilidad de la proteína intestinal y las concentraciones de lisina más bajas, así como el desequilibrio del perfil de aminoácidos pudieron contribuir a un menor porcentaje de proteína láctea. Cabe hacerse notar que los porcentajes más bajos de proteína láctea fueron más evidentes en estudios llevados a cabo en los años de las décadas de 1980 y 1990. Los estudios más recientes no son tan

consistentes para mostrar este efecto. La lisina es muy termosensible y puede verse afectada negativamente por el procesamiento y el secado. Las mejoras en los procedimientos de proceso y secado en las plantas de combustible etanol construidas en los últimos años pueden haber mejorado la calidad de aminoácidos del producto.

Otros factores a considerar

El nivel de inclusión en la dieta de los granos de destilería no es el único factor que necesita considerarse al formular dietas para vacas lecheras en lactación con granos de destilería. Entre los otros factores que pueden afectar la producción de leche y la composición de ésta, cuando se añaden granos de destilería a la dieta, incluyen el tipo de forraje, la relación de forraje concentrado, el alto contenido de aceite de los granos de destilería y la formulación de dietas con base en aminoácidos. Además, la forma de los granos de destilería, húmedos o secos, puede afectar el desempeño de la vaca. El impacto de estos factores de la dieta sobre la producción y composición de la leche se evaluó con los mismos 23 informes publicados que se describieron anteriormente. Hubo 96 comparaciones de tratamientos incluidos en esta base de datos.

Tipo de forraje

Para evaluar si el tipo de forraje tiene algún impacto sobre el desempeño animal, cada dieta se identificó mediante la relación de ensilado de maíz a alfalfa. Veintitrés dietas contenían 100% de ensilado de maíz, 38 dietas contenían 55 - 75% de ensilado de maíz, 19 dietas contenían 45 - 54% de ensilado de maíz y 16 dietas contenían únicamente ensilado de alfalfa o heno (0% de ensilado de maíz) como fuente de forraje. En general, se prefiere la combinación de forrajes para balancear los requerimientos de nutrientes y brindar fibra eficaz para la fermentación ruminal normal. Sin embargo, el tipo de forrajes incluidos en las dietas para vacas lecheras se dicta más por la oferta local. En algunas áreas, se puede cultivar de manera eficaz la alfalfa, y por lo tanto, puede ser el forraje predominante en las dietas para vacas lecheras, mientras que en otras regiones de Estados Unidos, predomina el ensilado de maíz.

Esta revisión encontró que el tipo de forraje no tiene impacto sobre el consumo de materia seca, producción de leche o composición de la grasa láctea. Sin embargo, el forraje sí afectó la composición de la proteína láctea. Las vacas alimentadas con dietas que contenían 55 - 75% de ensilado de maíz produjeron leche con la concentración más alta de proteína, de 3.04%. Las vacas alimentadas con 100% de alfalfa/pasto y 0% de ensilado de maíz resultaron en la concentración más baja de proteína, de 2.72%. Las vacas alimentadas con el 45 - 54% de ensilado de maíz y 100% de ensilado de alfalfa produjeron leche con niveles intermedios de proteína, de 2.98% y 2.82%, respectivamente. Las vacas alimentadas con dietas de una mezcla de ensilado de maíz y alfalfa produjeron leche con el mayor porcentaje de proteína láctea, lo que indica que es más probable las dietas formuladas con una fuente de forraje sean insuficientes en los aminoácidos necesarios para maximizar el porcentaje de proteína láctea.

Relación de forraje a concentrado

La relación de forraje a concentrado es el segundo factor de la dieta que puede afectar el desempeño de la lactación de la vaca lechera cuando se incluye los granos de destilería en la dieta. Para evaluar el efecto de la relación forraje a concentrado, se clasificaron los tratamientos en una de tres categorías: dietas que contenían menos del 50% de forraje, dietas que contenían 50% de forraje y 50% de concentrado y dietas que contenían más del 50% de forraje. No se

vieron afectados el consumo de materia seca, la producción de leche y el porcentaje de proteína láctea por la relación de forraje a concentrado. Sin embargo, el porcentaje de grasa láctea se redujo en 0.36% en las dietas que contenían menos del 50% de forraje.

Esto apoya la hipótesis de que la falta de forraje en la dieta, que resulta en una fibra eficaz insuficiente, es el factor contribuyente más importante que causa la reducción del porcentaje de grasa láctea más que simplemente la inclusión de los granos de destilería en la dieta. En la consideración inicial, los niveles de fibra neutrodetergente parecen adecuados debido a la fibra proporcionada por los granos de destilería. Sin embargo, esta fibra tiene un tamaño de partícula pequeño y no proporciona la fibra efectiva necesaria para la función ruminal normal. Un experimento reciente llevado a cabo en la Universidad del Estado de Dakota del Sur probó directamente esta hipótesis (Cyriac et al., 2005). Conforme disminuía el forraje en la dieta de 55% a 34%, disminuyó el porcentaje de grasa láctea linealmente de 3.34% a 2.85% aunque el % de FND permaneció similar en todas las dietas. Por lo tanto, cuando se formulan dietas que contienen niveles altos de granos de destilería, es importante estar seguro de que contienen los niveles adecuados de fibra eficaz del forraje. La fibra restante de los granos de destilería puede digerirse rápidamente hacia ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen.

Alto contenido de aceite en los granos de destilería

El alto contenido de aceite en los granos de destilería es una preocupación cuando se incluyen en las dietas de vacas lecheras. El aceite de maíz en los granos de destilería es relativamente alto en ácido linoleico, que es un ácido graso insaturado. Los altos niveles de aceite vegetal pueden causar biohidrogenación incompleta en el rumen, lo que resulta en una disminución de la grasa láctea. Esta revisión de estudios publicados previamente no encontró una fuerte relación entre la inclusión de los granos de destilería en la dieta y la disminución de grasa láctea. Sin embargo, es posible que pudiera haber interacciones entre la concentración de aceite y la falta de fibra eficaz que puede resultar en una disminución de la grasa láctea.

Formulación de dietas con base en aminoácidos

Finalmente, se evaluó el efecto de formular dietas con base en aminoácidos. Este análisis incluye experimentos en los que se añadió a las dietas lisina y metionina protegidas contra el rumen, o una fuente de lisina, como la harina de sangre. La lisina puede ser deficiente en las dietas en las que las materias primas de maíz son los ingredientes predominantes en las dietas para vacas lecheras. El porcentaje de proteína láctea tiende a incrementarse cuando se incluye una fuente de lisina en las dietas. Se requieren de investigaciones adicionales para determinar si la lisina suplementaria permitiría cantidades adicionales de granos de destilería a incluirse en las dietas para vacas lecheras.

Alimentación de DDGS a vacas lecheras en lactación en climas cálidos húmedos subtropicales

La mayoría de la investigación con DDGS que involucra al ganado lechero se ha llevado a cabo en climas templados. El Consejo de Granos de EUA patrocinó un estudio de alimentación en una granja lechera comercial en el centro de Taiwán de septiembre a noviembre de 2003 (Chen y Shurson, 2004). Los objetivos de este estudio de alimentación fueron los de comparar el valor alimenticio de los DDGS con maíz, harina de soya y soya tostada en raciones de vacas lecheras lactantes y probar la factibilidad de los DDGS en las raciones para ganado lechero en un ambiente subtropical húmedo y cálido.

El estudio se llevó a cabo en una granja comercial localizada en el Municipio de Tainan, Taiwán. La ubicación de la granja era de unos 20 km al sur del Trópico de Cáncer. El hato lechero consistía de un total de 600 cabezas, que incluían 290 vacas lecheras. El principal establo de esta granja lechera era un pesebre típico con un área de ejercicio por cada corral. El establo estaba equipado con un sistema de rociado y nebulización para enfriamiento por evaporación durante la temporada cálida. La sala de ordeña de 12 puestos dobles con máquinas de ordeño automatizadas la operaban 4 personas.

Se asignaron aleatoriamente 50 vacas Holstein primíparas a los grupos de tratamiento control y de DDGS con base en sus días en lactación (DEL), producción de leche previa al tratamiento y la calificación de condición corporal (CCC). El promedio de DEL de los dos grupos fue el mismo (149 ± 56 días). La producción de leche promedio de los grupos control y de DDGS al agruparse fue de 22.3 ± 2.8 kg y 22.4 ± 3.7 kg, respectivamente. El promedio de CCC del grupo control y de DDGS al agruparlos fue de 3.0 ± 0.3 kg y 3.1 ± 0.3 kg, respectivamente. El estudio de alimentación consistió en un periodo de ajuste de dos semanas, para permitir que las vacas se adaptaran al corral, seguido de un periodo experimental de ocho semanas para la recolección de datos.

Las vacas se alimentaron de una ración total mezclada (TMR) que contenía ya fuera 0% (control) o 10% de materia seca de los DDGS. Los DDGS reemplazaron parte de la harina de soya, maíz hojuelizado al vapor y soya tostada en la ración TMR. Las raciones se formularon utilizando el sistema de carbohidratos y proteína neta de Cornell (Barry, et al., 1994) para cubrir el requerimiento de proteína metabolizable (PM), energía metabolizable (EM), calcio y fósforo.

El consumo de materia seca diario promedio (CMS) de los grupos control y de DDGS fue de 17.8 ± 1.2 y 17.6 ± 1.0 kg, respectivamente. La adición de DDGS no influyó sobre el CMS de los animales experimentales y no hubo un efecto de corral sobre el CMS (cuadro 4), pero el CMS real fue más bajo que el predicho por el sistema de carbohidratos y proteínas neta de Cornell (versión 4.26; Barry, et al., 1994). Esta discrepancia en el CMS pudo ser el resultado de las condiciones de estrés por calor que experimentaron durante el estudio. Aunque el estudio se llevó a cabo de septiembre a noviembre, las vacas aún estaban bajo un ambiente de estrés pro calor (el índice de temperatura/humedad fue mayor a 72). (Figura 1).

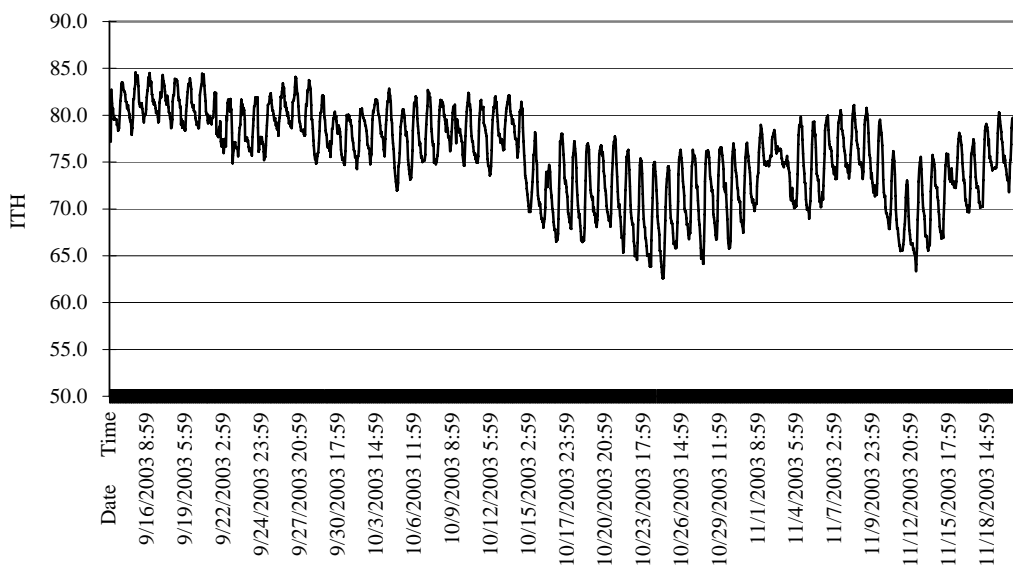


Figura 1. Índice de temperatura-humedad (ITH) durante el estudio de alimentación comercial en Taiwán.

La producción de leche promedio de todas las vacas en los grupos control y de DDGS en cada mejoramiento del hato lechero (MHL) se muestra en la figura 3. Las vacas en el grupo de DDGS tendieron a tener una producción de leche promedio más alta que las vacas en el grupo control. No hubo diferencia en la producción de leche antes del tratamiento de la ración (MHL 6/9/2003 y 21/9/2003). Después de la alimentación de las raciones experimentales, las vacas en el grupo DDGS produjeron más leche que las vacas en el grupo control en cada día de prueba de MHL. El aumento en la producción de leche de las vacas alimentadas con DDGS se pudo haber debido al alto valor alimenticio de los DDGS o a menos días en lactación (DEL) del grupo de DDGS. Es poco probable que esta diferencia se deba a un efecto del corral, porque no hubo diferencia en la producción de leche entre los dos grupos durante el periodo de adaptación (pretratamiento).

La eliminación de las vacas con mastitis del estudio resultó en una diferencia de CMS entre los dos grupos, pero esta diferencia fue pequeña (6 días). Por lo tanto, los DDGS pueden tener una ventaja real para sustentar la producción de leche más alta de vacas a media lactación bajo condiciones de estrés por calor. Ambos grupos mostraron una caída significativa en la producción de leche en la última prueba de MHL. El MHL aumentó durante este periodo (figura 2) y la alimentación de un ensilado de maíz de baja calidad que se obtuvo de una nueva bolsa fueron las dos posibles razones que explican este fenómeno.



Figura 2. Producción de leche promedio de vacas alimentadas con las TMR control y de DDGS.

Los datos de MHL de los animales que terminaron el estudio se usaron para el análisis estadístico (cuadro 4). Las vacas en el grupo de DDGS produjeron significativamente más leche (0.9 kg/día/h) que las vacas en el grupo control. La ración que contenía DDGS proporcionó más grasa al grupo DDGS, lo que podría ser un factor importante para sustentar la mayor producción de leche. Sin embargo, los DDGS son altamente digestibles y pueden contener algunos compuestos no identificados que mejoran la función del rumen y el desempeño animal. Aunque el porcentaje de grasa láctea no fue diferente entre los tratamientos o corrales, las vacas en el grupo de DDGS tendieron a producir más grasa láctea por día que las vacas en el grupo control. La mayor producción de grasa láctea se puede atribuir al mayor nivel de producción de leche de las vacas en el grupo de DDGS. Aunque la adición del 10% de DDGS a la ración disminuyó significativamente el porcentaje de proteína láctea, no se vio afectada la cantidad de proteína láctea producida al día. Una de las preocupaciones con respecto al uso de los DDGS en las raciones de vacas lecheras en lactación es su alto contenido de grasa, que puede interferir con la fermentación ruminal y puede disminuir la producción de proteína microbiana, así como de la proteína láctea. Sin embargo, el mayor nivel de producción de leche de las vacas en el grupo de DDGS compensó los efectos negativos de alimentar DDGS sobre el porcentaje de proteína láctea. Se observaron los efectos del tratamiento de la dieta como del corral en el porcentaje de lactosa en la leche, aunque no queda muy claro por qué se observaron estas respuestas. Durante el estudio, no fue significativamente diferente entre los tratamientos de dieta la calificación de la condición corporal.

Cuadro 4. Efectos de la alimentación de una TMR¹ con y sin 10% de DDGS sobre la producción y composición de la leche, y la calificación de la condición corporal de las vacas a media lactación bajo condiciones de estrés por calor.

Variable de respuesta	Tratamiento (T)		Corral (C)		Error Est.	Valor P		
	Control	DDGS	1	2		T	C	T×C
CMS, kg/d ²	17.8	17.6	17.8	17.6	0.20	0.32	0.29	0.012
Leche, kg/día	19.5	20.4	19.8	20.1	0.44	0.04	0.46	0.003
Grasa, %	4.51	4.45	4.43	4.53	0.13	0.61	0.41	0.69
Grasa, kg/día	0.86	0.91	0.87	0.91	0.03	0.10	0.22	0.07
Proteína, %	3.45	3.32	3.41	3.37	0.04	0.001	0.17	0.73
Proteína, kg/día	0.66	0.68	0.67	0.67	0.02	0.40	0.97	0.02
Lactosa, %	4.85	4.90	4.92	4.83	0.03	0.07	0.004	0.84
Sólidos totales, %	13.5	13.4	13.5	13.4	0.16	0.36	0.77	0.63
NUL, mg/dL ³	11.2	11.8	12.3	12.8	0.50	0.23	0.80	0.04
CCS, 10 ⁴ /ml ⁴	26.9	35.4	35.9	26.4	13.8	0.54	0.49	0.76
CCC ⁵	2.96	3.01				0.21		

¹ TMR = ración total mezclada

⁴ CCS = cuenta de células somáticas

² CMS = consumo de materia seca

⁵ CCC = calificación de condición corporal

³ NUL = nitrógeno de urea de la leche

Alimentación de DDGS en novillas lecheras en crecimiento

Aunque los DDGS se consideran como una fuente excelente de energía y proteína para los ruminantes, hay muy poca información con respecto a la alimentación de DDGS a las novillas lecheras en crecimiento. Kalscheur y García (2004) indicaron que se podían extrapolar con cuidado los datos de los experimentos sobre alimentación de DDGS para ganado de engorda en crecimiento, a las respuestas esperadas del ganado lechero en crecimiento. Cuando se alimentaron granos de destilería húmedos o secos a los terneros de engorda en crecimiento, no hubo diferencias en la tasa de crecimiento o acumulación de proteína (Kalscheur y García, 2004). Sin embargo, cuando se reemplazó el maíz rolando en seco con los granos de destilería húmedos o DDGS, para proporcionar un 40% de consumo de materia seca, se mejoraron la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia (Kalscheur y García, 2004). El ganado en crecimiento alimentado con granos de destilería húmedos por lo general presentó una conversión alimenticia más alta que el alimentado con DDGS. A niveles altos de alimentación de DDGS, son de menor preocupación las cantidades variables de proteína dañada térmicamente entre las fuentes de DDGS para el ganado en crecimiento, porque consumen proteína en exceso de sus requerimientos (Kalscheur y García, 2004). Por lo tanto, los DDGS se pueden añadir a las raciones de novillas en crecimiento a niveles de hasta el 40% del consumo de materia seca para lograr una excelente tasa de crecimiento y conversión alimenticia.

Resumen

Los DDGS son una buena fuente de proteína, grasa, fósforo y energía para vacas lecheras en lactación. Los granos de destilería se pueden incluir en las dietas para vacas lecheras hasta en un 20% de la ración sin disminuir el consumo de materia seca, producción de leche o el porcentaje de grasa y proteína lácteas. La inclusión de DDGS en 20 - 30% también sustenta la producción de leche igual o más que las dietas sin DDGS; sin embargo, la producción de leche de las vacas alimentadas con dietas que contienen granos de destilería húmedos disminuye cuando los granos

de destilería húmedos se incluyen a más del 20% de la dieta. El porcentaje de grasa láctea varía, pero no cambió significativamente por la inclusión de los granos de destilería en la dieta. El porcentaje de proteína láctea disminuyó con los niveles de inclusión más altos en la dieta de granos de destilería. Se necesita de más investigación sobre el uso de los granos de destilería de las nuevas plantas de etanol, para determinar si la mejor calidad corresponde con una mejora en el desempeño. En consecuencia, los granos de destilería de las plantas de etanol del hoy en día tal vez no afecten el porcentaje de proteína láctea, como lo hicieron los granos de destilería de las décadas de 1980 y de 1990. Además, se necesitan estudios que investigan la función ruminal para determinar el impacto de los granos de destilería sobre la concentración de grasa láctea.

Los granos de destilería pueden sustituir a fuentes más caras de proteína, energía y minerales en las dietas para vacas lecheras. Sin embargo, cuando se balancean dietas que contienen DDGS, el nutriólogo debe seguir directrices de nutrición aceptables para prevenir un desequilibrio de nutrientes. Los DDGS pueden usarse con eficacia en una ración mixta total en las vacas lecheras a media lactación bajo condiciones climáticas de estrés por calor, además de que son un coproducto de alta calidad para la industria lechera en regiones subtropicales o tropicales del mundo. Aunque ha habido investigaciones limitadas para evaluar la alimentación de DDGS a las novillas lecheras en crecimiento, los DDGS se han añadido a las raciones de ganado de engorda en crecimiento a niveles de hasta el 40% del consumo de materia seca para lograr excelentes tasas de crecimiento y de conversión alimenticia.

Bibliografía

- Barry, M. C., D. G. Fox, T. P. Tylutki, A. N. Pell, J. D. O'Connor, C. J. Sniffen, and W. Chalupa. 1994. The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 3rd ed. Cornell University, Ithaca, NY.
- Chen, Yuan-Kuo and J. Shurson. 2004. Evaluation of distiller's dried grains with solubles for lactating cows in Taiwan. [http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20\(Yuan-Kuo%20Chen%202004\).pdf](http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20(Yuan-Kuo%20Chen%202004).pdf)
- Cyriac, J., M. M. Abdelqader, K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, and D. J. Schingoethe. 2005. Effect of replacing forage fiber with non-forage fiber in lactating dairy cow diets. 88(Suppl. 1):252
- Kalscheur, K. F. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Distillers Grains Technology Council. 9th Annual Symposium. Louisville, KY. May 18, 2005.
- Kalscheur, K.F. and A.D. Garcia. 2004. Use of by-products in growing dairy heifer diets. Extension Extra, South Dakota State University. ExEx 4030, 3 pp.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed. National Academy of Sci., Washington, DC.
- Powers, W.J., H.H. Van Horn, B. Harris, Jr., and C.J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers grains plus solubles on milk yield and composition. J. Dairy Sci. 78:388-396.
- Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canada. pp 30-47.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Uso de los granos secos de destilería con solubles de EUA en dietas avícolas

Uso histórico de los DDGS en dietas avícolas

El uso de los granos secos de destilería con solubles en las dietas para aves históricamente ha sido alrededor de una tasa de inclusión del 5%, debido a las limitaciones como la oferta y el precio (Waldroup et al., 1981) y a la variabilidad en contenido y digestibilidad de nutrientes (Noll et al., 2001). En décadas pasadas, los DDGS se usaban en las dietas avícolas principalmente como una fuente de factores no identificados que promovían el crecimiento y la incubabilidad del huevo. Los solubles secos de destilería (DDS) o los DDGS se añadían a las dietas avícolas a niveles de menos del 10% de la dieta. Couch et al. (1957) mostraron que la adición de 5% de DDGS mejoraba las tasas de crecimiento del pavo en un 17 - 32%. Day et al. (1972) informaron de mejoras en los pesos corporales del pollo de engorda cuando se añadía 2.5% de DDS o 5% de DDGS a la dieta en uno de tres experimentos. Couch et al. (1957) también observaron mejoras en la incubabilidad de reproductoras de pavo durante la segunda mitad de la postura con la inclusión en la dieta de harina de alfalfa deshidratada, solubles condensados de pescado y DDS. Manley et al. (1978) observaron un mejoramiento en la producción de huevo cuando se añadía 3% de DDGS a las dietas de gallinas que experimentaban una baja tasa de producción de huevo a final de la postura. Algunos investigadores han hecho las hipótesis de que las respuestas a los factores no identificados se pueden deber parcialmente a mejoras en la palatabilidad del alimento. Alenier y Combs (1981) hicieron notar que las gallinas preferían dietas que contenían 10% de DDGS o 15% de DDS, en comparación con la dieta de maíz - harina de soya sin DDGS. Sin embargo, Cantor y Johnson (1983) no pudieron documentar el efecto de la preferencia de alimento en las dietas que contenían DGS, en comparación con las dietas de maíz y harina de soya. La mayoría de las repuestas mejoradas de estos primeros estudios se han atribuido a que los DDS y los DDGS proporcionaban vitaminas, y tal vez minerales traza que faltaban en las dietas avícolas. Ahora que se han establecido los requerimientos de los nutrientes esenciales y que hay una gran variedad de suplementos de nutrientes comerciales, estas respuestas son menos probables que ocurran cuando se añaden coproductos de destilería a las dietas para aves.

Valor nutritivo de los DDGS para aves

Los DDGS pueden proporcionar una cantidad significativa de energía, aminoácidos y fósforo a las dietas para aves. Sin embargo, Spiels et al. (2002) mostraron que el contenido nutrientes de DDGS puede variar entre y dentro de las plantas de etanol, aunque los niveles de nutrientes generalmente son mayores que los publicados por el Consejo Nacional de Investigación (NRC, 1994). El único nutriente con un coeficiente de variación menor a 5% entre las plantas de etanol fue la materia seca, mientras que la proteína cruda, grasa, fibra y algunos aminoácidos tienen coeficientes de variación menores del 10%. Los primeros dos aminoácidos limitantes en las dietas de aves son la lisina y la metionina, y desafortunadamente, son altos los coeficientes de variación de estos dos aminoácidos (17.3 y 13.6, respectivamente). Además, Spiels et al. (2002) mostraron que el coeficiente de variación del fósforo también era alto (11.7%). En un estudio subsiguiente, Noll et al. (2003) obtuvieron 22 muestras de DDGS de cuatro diferentes plantas de

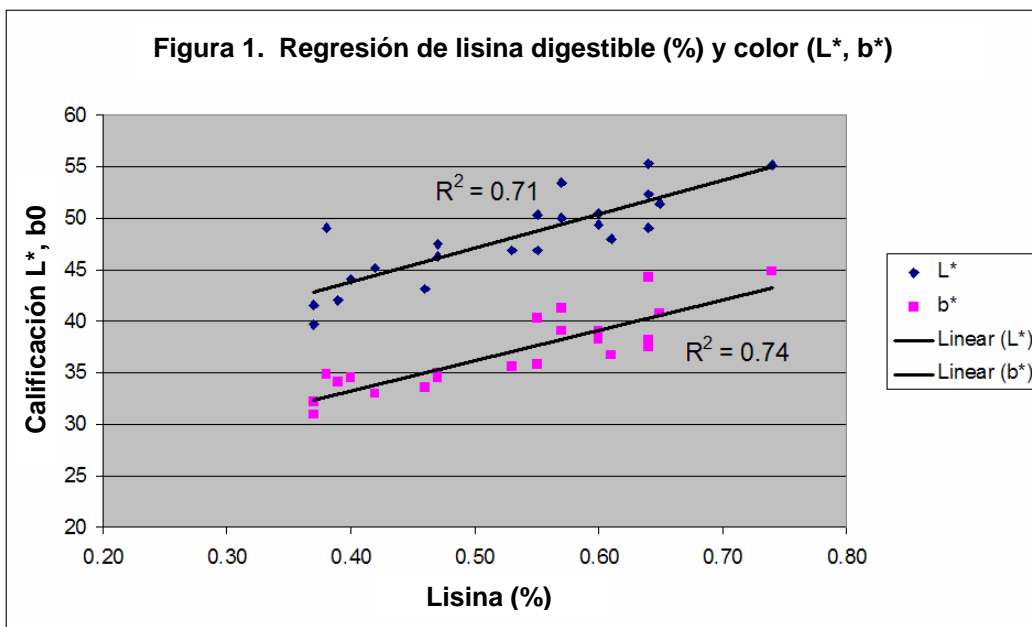
etanol y observaron niveles promedio menores de proteína, cenizas, fibra, metionina, lisina y fósforo en comparación con los niveles observados por Spiehs et al. (2002). Sin embargo, esto se pudo haber debido a que se comparó una cantidad más baja de fuentes y muestras analizadas a las 118 muestras de las 10 plantas de etanol en el estudio de Spiehs et al. (2002). Noll et al. (2003) mostró que los coeficientes de variación fueron más bajos dentro de las plantas que entre plantas.

Energía

En estudios recientes, los investigadores han usado valores de energía metabolizable de 2,865 kcal de energía metabolizable aparente (EMA)/kg, 2,905 kcal de energía metabolizable verdadera (EMV)/kg y 2,805 kcal de EMV/kg para los DDGS en estudios de alimentación con pavos (Noll et al., 2004), pollos de engorda (Lumpkins et al., 2004) y gallinas de postura (Lumpkins et al., 2005), respectivamente, sin efectos negativos sobre la conversión alimenticia y con niveles de inclusión en la dieta del 10%. Batal y Dale (2004) obtuvieron un valor de EMV promedio de los DDGS de 2,831 kcal/kg con gallos, mientras que Roberson (K. D. Roberson, Michigan State University, comunicación personal) determinaron los valores de la EMA de 2,760 y 2,750 kcal/kg para DDGS en pavitos y gallinas de postura, respectivamente. El valor de EMA derivado experimentalmente de 2,750 kcal/kg se considera que es un cálculo más adecuado del valor de energía de los DDGS en pavos machos al mercado en comparación con el valor de 2,480 kcal/kg del NRC (1994), o el valor de EMV derivado experimentalmente de 2,980 kcal/kg (Noll et al., 2005). Para evitar una sobreestimación del contenido de energía de los DDGS se puede usar como mínimo un valor de 2,755 kcal EM/kg. Independientemente de esto, es importante notar que estos cálculos recientes de energía son de manera sustancial más altos que el valor de 2,480 kcal EM/kg informados en el NRC (1994).

Aminoácidos

Los resultados de las investigaciones recientes han mostrado también que el contenido y digestibilidad de aminoácidos de las fuentes de DDGS de color claro son más altos que los valores informados por el NRC (1994). Por ejemplo, la digestibilidad de la lisina de los DDGS puede ser de hasta el 83% en comparación con el 65%, que es el valor del NRC de aves (1994) de Ergul et al. (2003). Cromwell et al. (1993) demostraron que la claridad (L^*) y el amarillo (b^*) se correlacionaron mucho con la ganancia del peso del pollito (0.74 y 0.72, respectivamente) y la conversión alimenticia (0.69 y 0.74, respectivamente). Ergul et al. (2003) también confirmaron que la claridad y el amarillo del color de los DDGS parecen ser predictores razonables del contenido de lisina digestible entre las fuentes de DDGS de color claro para aves (figura 1).



Minerales

Los DDGS también son altos en fósforo (0.73%; Noll et al., 2003). A diferencia de la disponibilidad del fósforo en el maíz, la disponibilidad del fósforo en los DDGS es más alta para aves. Lumpkins y Batal (2005) obtuvieron cálculos de disponibilidad del fósforo de 54% y 68%, mientras que Martínez et al. (2004) obtuvieron cálculos de biodisponibilidad del fósforo de 69, 75, 82 y 102% para las diferentes muestras de DDGS. El contenido de sodio de DDGS puede estar en un intervalo de 0.01 - 0.48%, con un promedio de 0.11%. Por lo tanto, puede ser necesario hacer ajustes del contenido de sodio a la dieta, si la fuente de DDGS que se usa contiene niveles altos de sodio, para así evitar problemas de cama húmeda y huevos sucios.

Xantofilas

Los DDGS pueden contener hasta 40 ppm de xantofilas. Se ha demostrado el contenido de xantofilas de los DDGS en estudios comerciales de campo y de investigación universitarios, que aumentan significativamente el color de la yema de huevo cuando se alimentan a las gallinas ponedoras (Shurson et al., 2003 y Roberson et al., 2005, respectivamente), y aumentan el color de la piel de los pollos de engorda cuando se incluyen niveles del 10% de la dieta.

Alimentación de DDGS de EUA a gallinas de postura

Hay una cantidad limitada de investigación que se ha llevado a cabo con el uso de los DDGS de maíz de alta calidad en las dietas para gallinas de postura. Matterson et al. (1966) mostraron que los DDGS se pueden añadir a las dietas de gallinas ponedoras a niveles del 10 - 20%, que representan alrededor de 30% de la proteína total de la dieta, sin suplementación de lisina sintética y sin efecto sobre la producción de huevo. Harms et al. (1969) informaron que la adición de 10% de DDGS a una dieta de ponedoras para sustituir una parte de la proteína de la dieta, no afectó la producción o el peso del huevo. Jensen et al. (1974) informaron que la alimentación de dietas que contienen DDGS resultó en un mejoramiento en la calidad interior del huevo (unidades Haugh), aunque no fue una respuesta consistente

Más recientemente, Lumpkins et al. (2005) alimentaron gallinas ponedoras Hy-line W-36 con dietas altas en energía (2,871 kcal EMV_n/kg) y de baja energía (2,805 kcal EMV_n/kg), con y sin 15% de DDGS de las 22 a las 42 semanas de edad. Los DDGS usados en este estudio tenían valores de color de $L^* = 58.52$, $a^* = 6.38$ y $b^* = 20.48$. No hubo diferencias significativas en la producción de huevo en las ponedoras alimentadas con las dietas altas en energía de 0% y 15% de DDGS durante el periodo completo experimental de 22 semanas. Sin embargo, la adición de 15% de DDGS a la dieta de baja energía, redujo ligeramente la producción de huevo de las 26 a las 34 semanas de edad, aunque no hubo diferencia después de las 34 semanas de edad. Tampoco hubo diferencias en el peso del huevo, la gravedad específica, la resistencia a la ruptura del cascarón, la conversión alimenticia, el peso corporal o la mortalidad entre los cuatro tratamientos de dieta a lo largo de todo el experimento. No hubo diferencia en las unidades Haugh entre los tratamientos de dieta de las 25 a las 31 semanas de edad. A las 43 semanas de edad, las ponedoras que se alimentaron con la dieta baja en energía, con 15% de DDGS, tuvieron unidades Haugh más bajas en comparación con las gallinas que se alimentaron con la dieta alta en energía y 15% de DDGS. Además, la alimentación de dietas con el 15% de DDGS no presentó un efecto apreciable sobre el color de la yema de huevo. Con base en estos resultados, los investigadores concluyeron que los DDGS son un ingrediente muy aceptable para las dietas de ponedoras, cuyo nivel máximo de inclusión en la dieta debe ser de 10 - 12% en dietas comerciales altas en energía, pero que tal vez sean necesarias tasas de inclusión en la dieta menores para las dietas de menor contenido de energía.

Roberson et al. (2005) llevaron a cabo dos experimentos en los que las dietas que contenían 0, 5, 10 ó 15% de DDGS se alimentaron a gallinas ponedoras para determinar si se verían afectados los parámetros de producción de huevo o de color de la yema. En el primer experimento, se añadió una fuente de DDGS de color claro a las dietas alimentadas de las 48 a las 56 semanas de edad y después se añadió a dietas una fuente de DDGS de color café, de la 58 a las 67 semanas de edad. Las mediciones en la producción de huevo no fueron diferentes en la mayor parte de las edades. Sin embargo, conforme aumentaba el nivel en la dieta de DDGS, había una disminución lineal en la producción de huevo (52 a 53 semanas de edad), peso del huevo (63 semanas de edad), masa de huevo (51 y 53 semanas de edad) y gravedad específica (51 semanas de edad). El color de la yema de huevo aumentó linealmente conforme aumentaba el nivel en la dieta de DDGS a lo largo de todo el experimento. En el experimento 2, la rojez de la yema de huevo (a^*) aumentó linealmente conforme aumentaba el nivel de DDGS de la dieta. Estos resultados mostraron que el color de la yema de huevo se hace más rojo al mes de alimentar dietas que contienen 10% de DDGS o más de DDGS de color más claro, y que el color de la yema de huevo se hace más rojo a los dos meses de alimentar dietas que contienen 5% de DDGS. Los investigadores concluyeron que la alimentación de dietas de ponedoras que contienen hasta 15% de DDGS no afecta la producción de huevo, pero que los resultados variables en el experimento 1 indican que debe de usarse un nivel menor al 15% de DDGS.

Shurson et al. (2003) llevaron a cabo un estudio de alimentación de gallinas de postura comerciales en el estado de Jalisco, México, para evaluar la producción y calidad del huevo, así como el color de la yema de huevo bajo condiciones de alimentación prácticas en México. No hubo diferencias en el contenido de materia seca, proteína cruda, grasa cruda, cenizas, calcio y fósforo entre las dietas control y la de 10% de DDGS. Sin embargo, la adición de 10% de DDGS proporcionó significativamente más xantofilas a la dieta (11.8 partes por millón o ppm) que la dieta control (10.2 ppm) y la diferencia en el contenido de xantofilas de las dietas experimentales tendió a ser mayor durante las primeras cuatro semanas del estudio (figura 1). El contenido de

xantofilas de las dietas de DDGS pareció disminuir durante el estudio, lo que refleja la pérdida esperada de contenido de xantofilas de los DDGS durante el periodo de almacenamiento de 16 semanas (4 semanas antes de empezar el estudio más las 12 semanas del estudio).

No hubo diferencias en el peso corporal promedio de la gallina durante las dos primeras semanas del estudio, pero las gallinas alimentadas con la dieta de DDGS fueron más pesadas que las alimentadas con la dieta control de la semana 3 a la 12 (figura 2). Esto indica que el contenido de energía de la dieta con DDGS fue mayor que el de la dieta control, porque el consumo semanal promedio de alimento no fue diferente entre las gallinas alimentadas con la dieta control y con DDGS (figura 3).

Como se muestra en la Figura 4, el porcentaje promedio de producción no fue diferente entre las gallinas alimentadas con la dieta control y la de DDGS durante las semanas 1, 2, 3, 4 y 9. Sin embargo, las gallinas alimentadas con la dieta DDGS tuvieron un porcentaje mayor de producción durante las semanas 5, 6, 7, 8, 10, 11 y 12. Estos resultados indican que la alimentación de ponedoras con dietas que contienen 10% de DDGS puede resultar en un aumento en la producción de huevo, en comparación con la alimentación de una dieta control común usada en Jalisco. La disminución en el porcentaje de producción que ocurrió durante la semana 9 fue el resultado de un brote subclínico de bronquitis infecciosa, junto con la alimentación de sorgo contaminado con micotoxinas durante este periodo. Las ponedoras alimentadas con las dietas de DDGS parecieron regresar al porcentaje alto de producción más rápidamente que las gallinas alimentadas con la dieta control

Figura 1: Contenido de xantofilas y de las dietas control y de DDGS durante el estudio de ponedoras de 12 semanas.

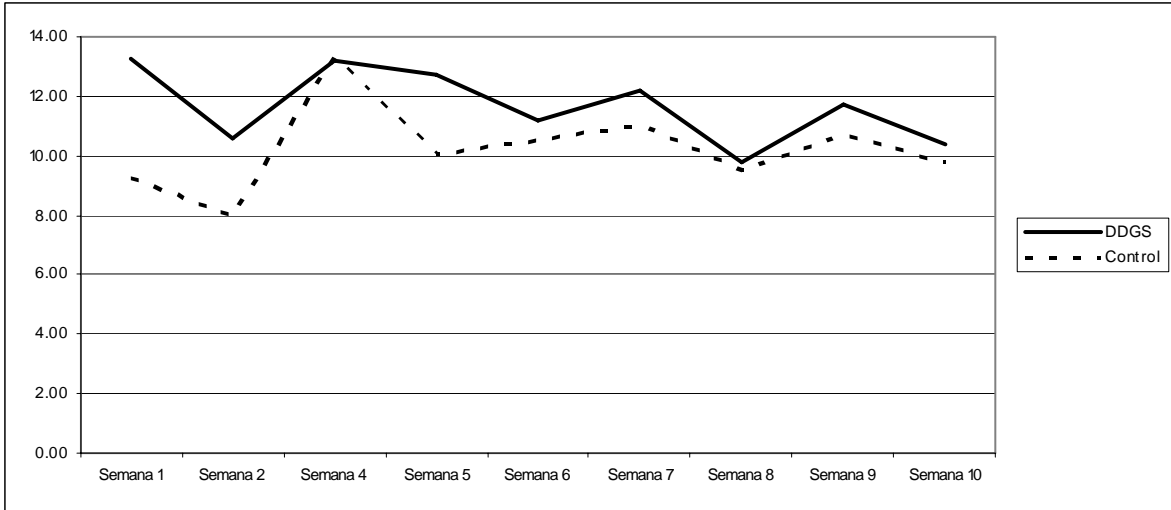


Figura 2: Peso corporal promedio de gallinas (kg) durante el estudio de 12 semanas de DDGS.

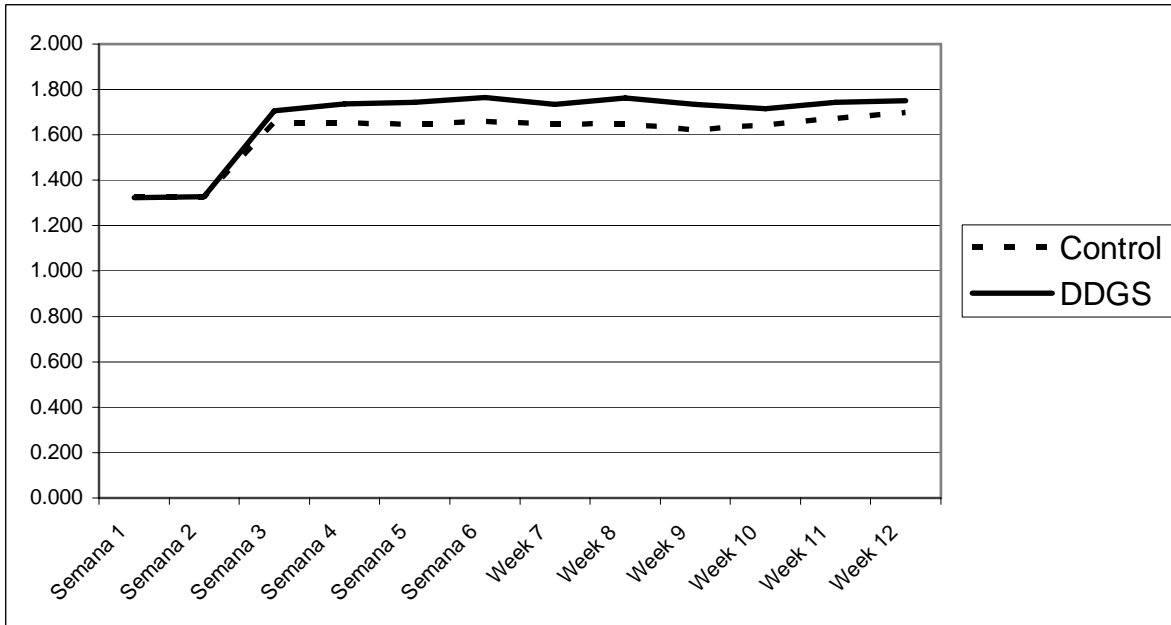


Figura 3: Consumo de alimento semanal promedio (kg) por réplica de gallinas alimentadas con las dietas control y de DDGS.

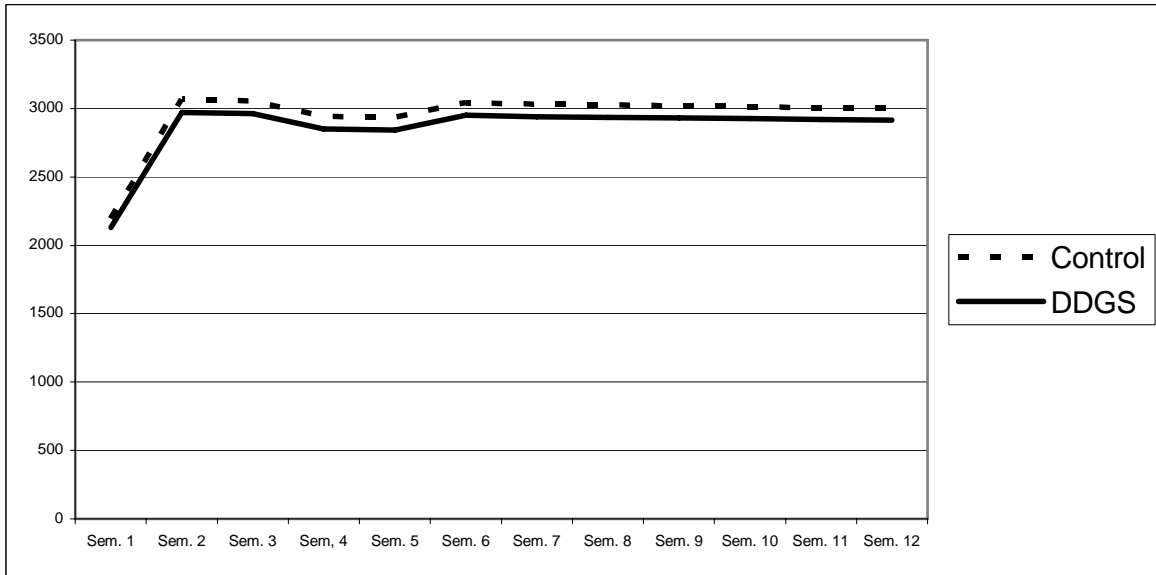
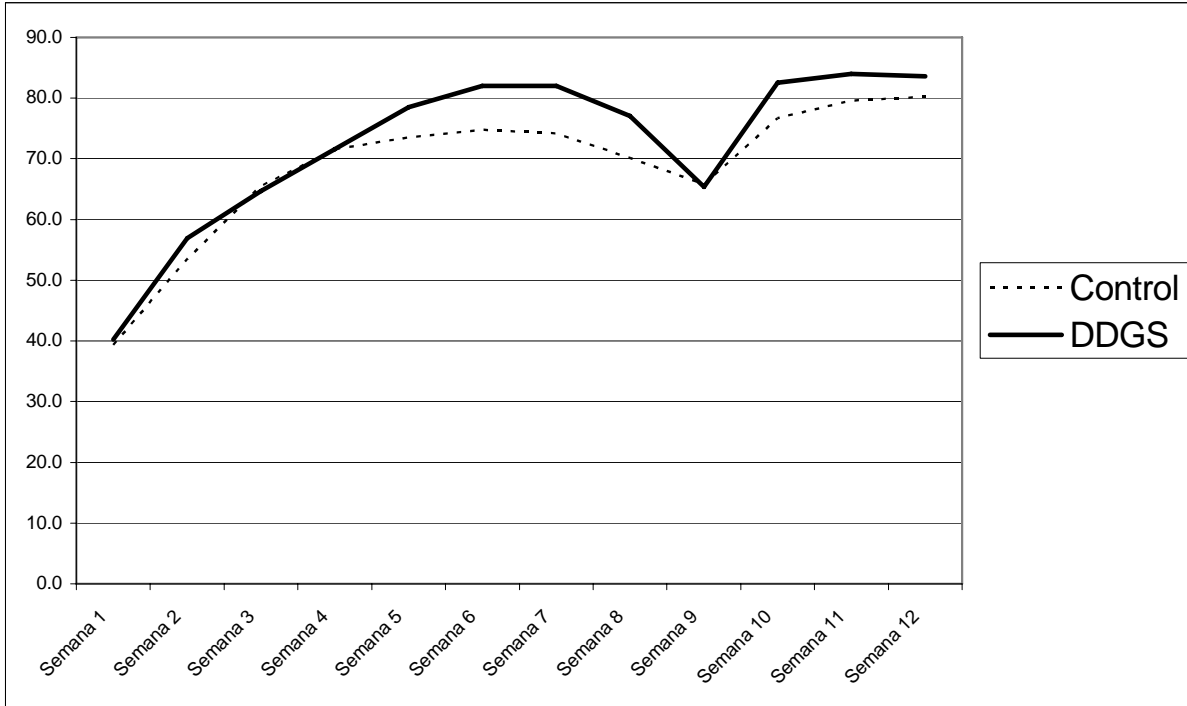


Figura 4: Porcentaje promedio semanal de producción de gallinas alimentadas con las dietas control y de DDGS



Como se muestra en la cuadro 2, no hubo diferencias generales en el porcentaje de mortalidad y el porcentaje de gallinas con prolapso entre las alimentadas con la dieta control y las dietas de DDGS. Durante el periodo de alimentación de 12 semanas, el porcentaje de producción de huevos de primera clase tendió a ser mayor para las gallinas alimentadas con la dieta de DDGS, en comparación con las gallinas alimentadas con la dieta control. Las gallinas alimentadas con la dieta de DDGS produjeron en promedio 3.7 más huevos durante el periodo de alimentación de 12 semanas, en comparación con las alimentadas con la dieta control. Además, las gallinas alimentadas con la dieta de DDGS tendieron a producir huevos más pesados que las alimentadas con la dieta control. Sin embargo, el porcentaje de huevos de primera clase del total de huevos producidos fue menor para las gallinas alimentadas con la dieta de DDGS. El porcentaje más bajo de huevos de primera clase del total de huevos producidos por las gallinas alimentadas con dietas de DDGS se debió a un mayor porcentaje de huevos rotos (1.22 contra 0.75%), huevos sin cascarón (0.02 contra 0.01%), huevos sucios (2.18 contra 1.37%) y huevos de doble yema (0.12 contra 0.08%). Aunque hubo diferencias significativas entre tratamientos de dieta de los huevos sin cascarón y los de doble yema, el porcentaje de huevos totales producidos fue extremadamente bajo y no es de gran importancia. El mayor número de huevos rotos de las gallinas alimentadas con la dieta de DDGS es muy probable que se debiera a la producción de huevos ligeramente más grandes que con frecuencia no entran en las aberturas de las jaulas donde están encasadas las aves. No es muy claro por qué la alimentación de la dieta de DDGS en este experimento resultó en un incremento en el porcentaje de huevos sucios en comparación con los huevos de las gallinas alimentadas con la dieta control.

Cuadro 1. Efecto de la alimentación de dietas de ponedoras que contienen DDGS sobre la mortalidad y prolapsos en las gallinas, y la producción y calidad de huevos

Variable de respuesta	Control	DDGS	Error Est.	Valor P
Número promedio de gallinas/semanas/pirámide	3,948	3,828	51.2	0.12
% de mortalidad de gallinas	1.99	1.80	0.13	0.30
% de gallinas con prolapso	0.49	0.52	0.07	0.76
% de producción de huevos de primera clase	66.2	68.9	1.09	0.10
Número total de huevos producidos	224,533	229,294	2324	0.17
% de producción promedio	68.7	72.4	1.01	0.02
Peso de huevo producido / pirámide, kg	14,576	14,659	158.2	0.72
Peso del huevo promedio producido / gallina / día, kg	0.308	0.320	0.005	0.11
Número total de huevos de primera clase	219,565	221,156	2338	0.64
% de huevos de primera clase	97.8	96.5	0.20	0.003
Número total de huevos rotos	1,683	2,806	116	0.0001
% de huevos rotos	0.75	1.22	0.05	0.0001
Número total de huevos sin cascarón	26.3	48.4	4.45	0.003
% de huevos sin cascarón	0.01	0.02	0.002	0.006
Número total de huevos sucios	3,073	4,999	341	0.001
% de huevos sucios	1.37	2.18	0.15	0.002
Número total de huevos con doble yema	185	284	16.9	0.001
% de huevos con doble yema	0.08	0.12	0.008	0.003
Promedio de unidades Haugh	92.6	93.2	0.46	0.45
Promedio de gravedad específica del huevo	7.41	7.34	0.06	0.51
Promedio de color de la yema	10.63	10.81	0.02	0.02

No hubo diferencias en general en la calidad de la albúmina de huevo (medida como unidades Haugh) y la calidad del cascarón de huevo (medida como gravedad específica) entre los grupos de tratamientos de dieta (cuadro 1). Sin embargo, las gallinas alimentadas con la dieta de DDGS produjeron huevos más pesados durante la semana 6, semana 10 y semana 11 que las gallinas alimentadas con la dieta control (figura 6). Además, las gallinas alimentadas con la dieta de DDGS produjeron huevos con un color de yema más oscuro, lo que es muy deseable para el consumidor mexicano, en comparación con la alimentación de la dieta control (cuadro 1). Sin embargo, como se muestra en la figura 7, estas diferencias en el color de la yema de huevo fueron mayores en las primeras semanas del ciclo de producción, en comparación con la porción final del estudio de alimentación, cuyo patrón corresponde con el nivel de disminución del contenido de xantofilas de los DDGS que se muestra en la figura 1.

Figura 6. Peso promedio del huevo (g) por semana de las gallinas alimentadas con las dietas control y de DDGS.

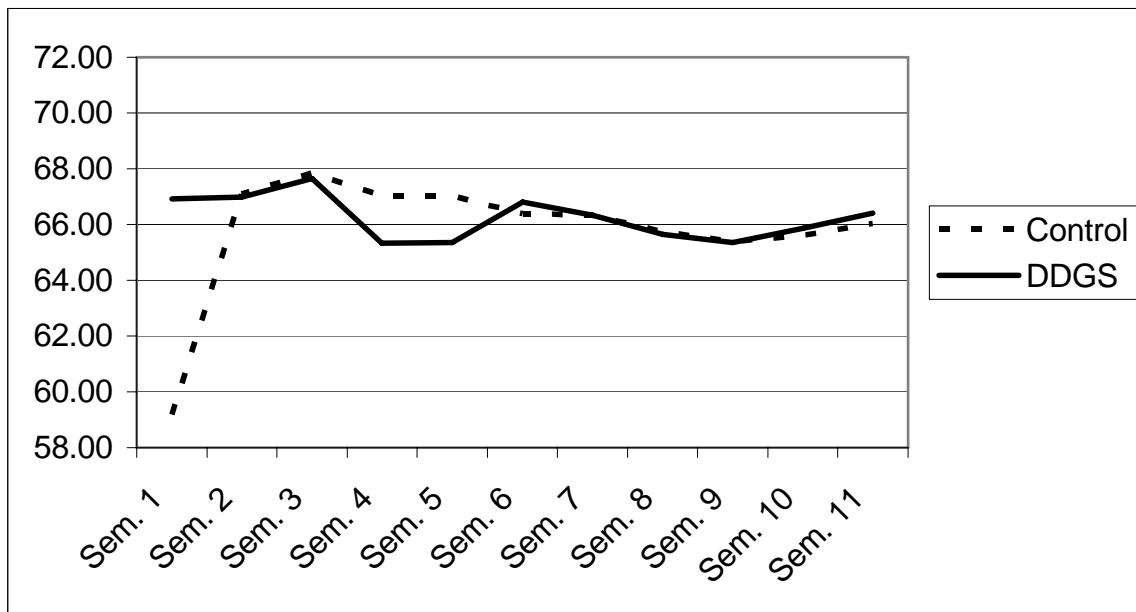
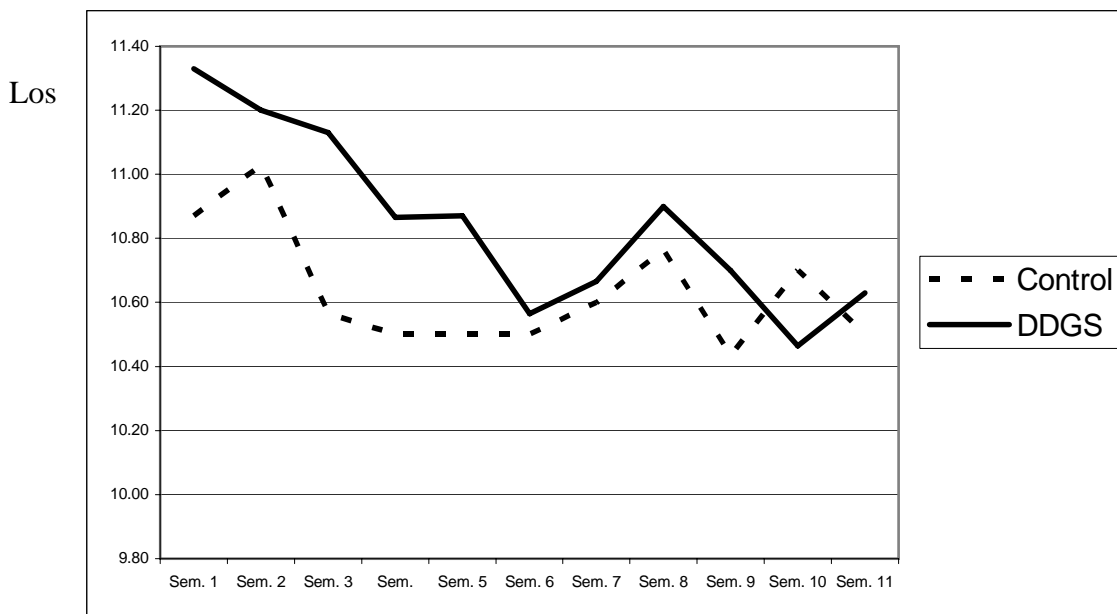


Figura 7. Diferencias en el color de la yema (unidades Roche) en huevos producidos por gallinas alimentadas con dieta control y de DDGS.



resultados de este estudio muestran que la adición del 10% de DDGS a las dietas prácticas de ponedoras usadas en Jalisco pueden proporcionar una mejoría significativa en el porcentaje de producción y en el color de la yema del huevo, en comparación con las dietas control típicas que se usan de manera rutinaria. Sin embargo, debido a que los huevos producidos por las gallinas tendieron a ser ligeramente más grandes que los producidos por las gallinas alimentadas con la dieta control, el porcentaje de huevos rotos puede incrementarse dependiendo de los tipos de jaulas que se usen en las instalaciones de ponedoras comerciales. No hubo diferencias entre las gallinas alimentadas con las dietas de DDGS en comparación con la dieta control, en cuanto a

mortalidad, prolapsos, calidad de la albúmina de huevo y la calidad del cascarón de huevo. Sin embargo, la alimentación de dietas que contienen 10% de DDGS pareció aumentar el número de huevos sucios. Se desconocen las razones de este incremento en el número de huevos sucios de gallinas alimentadas con la dieta de DDGS, pero se puede deber a condiciones de manejo ligeramente diferentes entre las diferentes casetas usadas en este estudio.

Alimentación de DDGS a pollos de engorda

Los investigadores han observado resultados positivos cuando se añade DDGS a las dietas de pollo de engorda. En un primer estudio de Day et al. (1972), aumentó la ganancia de peso de los pollos de engorda cuando se añadieron niveles bajos de DDGS (2.5% y 5%) a la dieta, en comparación con los pollos alimentados con la dieta control. Waldroup *et al.* (1981) concluyeron que para lograr un buen desempeño se pueden añadir DDGS a las dietas de pollos de engorda a niveles de hasta el 25%, si el nivel de energía de la dieta se mantiene constante.

En estudios más recientes, Lumpkins et al. (2004) llevaron a cabo dos experimentos para evaluar la energía y densidad de proteína de la dieta, así como la tasa de inclusión de DDGS en las dietas de pollo de engorda. En el primer experimento, dos densidades de nutrientes de la dieta (alta = 22% de proteína, 3,050 kcal de EM_n/kg y baja = 20% de proteína, 3,000 kcal de EM_n/kg) contenían 0 ó 15% de DDGS. Los pollitos se alimentaron con las dietas experimentales de los 0 a los 18 días de edad. La ganancia de peso y la conversión alimenticia fue más alta para los pollos que se alimentaron con la dieta de alta densidad, en comparación con los de baja densidad, pero el desempeño no fue diferente entre los pollitos de 0 o 15% de DDGS dentro del nivel de densidad de nutrientes de la dieta. En el segundo experimento, alimentaron a pollitos con dietas isocalóricas e isonitrogenadas con 0, 6, 12 o 18% de DDGS durante un periodo de alimentación de 42 días. No hubo diferencias en la ganancia de peso, conversión alimenticia o rendimiento de la canal a lo largo del experimento conforme aumentaba el nivel de DDGS en la dieta, excepto por una disminución en la ganancia y conversión alimenticia de los pollitos alimentados con el nivel del 18% de DDGS en el periodo de iniciación. Estos investigadores concluyeron que los DDGS de las modernas plantas de etanol es un ingrediente aceptable en las dietas de pollos de engorda y recomendaron un nivel de inclusión en la dieta del 6% en el periodo de iniciación y de 12 - 15% de DDGS en las fases de crecimiento y finalización.

El Consejo de Granos de EUA ha estado involucrado en varios estudios de pollos de engorda en Taiwán. En un estudio integral llevado a cabo en 2005 (Jin-Jenn Lu y Yuan-Kuo Chen, 2005), los investigadores querían determinar el efecto de diferentes tasas de inclusión en la dieta de DDGS sobre el desempeño del crecimiento, color de la piel y calidad de la canal de pollos domésticos de color. Los resultados de este estudio mostraron que la adición del 20% de DDGS de maíz a las dietas de pollos domésticos de color no tuvo efectos negativos sobre la ganancia de peso, eficiencia del alimento, calidad de la carne, metabolismo de la proteína y metabolismo de la grasa. Las xantofilas en los DDGS se pueden absorber y depositar de manera eficaz en la grasa abdominal y en la piel de los pollos de engorda. Los DDGS se pueden almacenar eficazmente hasta durante 12 semanas sin perder la concentración de xantofilas. Aunque las xantofilas en los DDGS no pueden sustituir por completo a los pigmentos artificiales para cubrir los requerimientos de color del mercado de Taiwán, 20% de DDGS más la mitad de la cantidad de los pigmentos artificiales puede lograr la calidad y el color de la canal deseados de la grasa abdominal y de la piel. Cuando el costo de las dietas sin suplementación de pigmentos artificiales es el mismo entre tratamientos como en este estudio, la adición del 20% de DDGS puede

disminuir la suplementación de pigmentos artificiales en un 50%, para ahorrarse por lo tanto una cantidad significativa en el costo del alimento. Estos resultados muestran que los DDGS son una buena alternativa para la producción eficiente de pollos domésticos de color, por lo tanto se recomienda su uso en las dietas de este tipo de pollos.

Se llevaron a cabo estudios adicionales con pollos de engorda en la industria comercial de alimentos balanceados en Taiwán en 2004. Los resultados del desempeño del crecimiento de los dos estudios se muestran en los cuadros 2 y 3. Estos resultados indican que se puede obtener un desempeño de crecimiento excelente cuando se añade 10% de DDGS a dietas de iniciación, crecimiento y finalización de pollos de engorda, igual a las dietas de pollos de engorda comerciales típicas que se usan en la industria en Taiwán. Estos resultados son consistentes con los resultados publicados previamente de la Universidad de Georgia (Lumpkins et al., 2003) que muestran que los DDGS de alta calidad se pueden añadir a niveles de 12% de las dietas de iniciación, crecimiento y finalización sin tener ningún efecto negativo sobre el desempeño del crecimiento.

Cuadro 2: Desempeño del crecimiento de pollos de engorda alimentados con dietas que contienen 0 o 10% de DDGS en Taiwán (Estudio 1).

	Control	10% de DDGS	Desviación estándar	Valor P
Número de aves, día 0	160	160		
Número de aves, día 38	152	157		
Viabilidad, %	95.0	98.1		
Peso corporal promedio, g				
Día 0	42	42	0.76	0.34
Día 14	434	441	12.82	0.22
Día 29	1336	1346	51.50	0.69
Día 38	2028	2001	46.24	0.21
Consumo de alimento promedio, g				
Día 0-14	466	471	20.42	0.62
Día 14-29	1368	1401	82.31	0.39
Día 29-38	1417	1432	59.51	0.58
Día 0-38	3251	3305	131.09	0.39
Ganancia promedio, g/día				
Día 0-14	392	399	12.74	0.24
Día 14-29	902	904	45.74	0.91
Día 29-38	1521	1487	53.78	0.18
Día 0-38	1986	1959	46.19	0.20
Alimento/ganancia				
Día 0-14	1.19	1.18	0.03	0.57
Día 14-29	1.52	1.55	0.05	0.16
Día 29-38	0.93	0.96	0.07	0.33
Día 0-38	1.60	1.65	0.06	0.08

Cuadro 3: Desempeño del crecimiento de pollos de engorda alimentados con dietas que contienen 0 o 10% de DDGS en una granja comercial en Taiwán (Estudio 2).

	Control	10% de DDGS
Número inicial de aves	30,000	30,000
Número final de aves	28,950	28,584
% de viabilidad	96.5	95.3
Peso corporal promedio/ave, kg		
Día 32	1.76	1.72
Día 36	1.96	1.90
Consumo de alimento promedio/ave, kg		
Día 0-36	3.51	3.21
Alimento/ganancia		
Día 0-36	1.79	1.69
Costo del alimento promedio NT/kg	10.05	9.87
Costo por kilogramo de ganancia, NT	17.99	16.68

Pavos

Noll (2004) resumió los resultados de tres estudios en los que dietas que contenían hasta el 12% de DDGS se alimentaron a pavos machos al mercado durante el periodo de crecimiento y finalización, en los que no encontró diferencias en la ganancia de peso corporal y la conversión alimenticia, en comparación con las dietas control de maíz, harina de soya y harina de carne. Roberson (2003) llevó a cabo dos estudios utilizando pavos hembra Large White para evaluar los efectos de aumentar el nivel de DDGS en la dieta sobre el desempeño del crecimiento. En el primer experimento, se alimentaron dietas de maíz - harina de soya que contenían 0, 9, 18 ó 27% de DDGS a pavos en crecimiento de los 56 a los 105 días de edad. El peso corporal disminuyó de manera lineal con el nivel creciente de DDGS en la dieta a los 105 días de edad. Sin embargo, mejoró la conversión alimenticia de los 77 a los 105 días de edad conforme aumentaba el nivel de DDGS en la dieta. Roberson (2003) hizo notar que aumentó la incidencia de buchecolantes en las aves alimentadas con dietas con niveles altos de DDGS. En el segundo experimento, se alimentaron dietas que contenían 0, 7 ó 10% de DDGS durante el periodo de crecimiento, en los que las mitad de las aves que se alimentaron con 10% de DDGS en el periodo de crecimiento, se alimentaron en el de finalización con 7% de DDGS. En este experimento no hubo diferencias entre los tratamientos de dieta para la ganancia de peso corporal o la conversión alimenticia. Concluyó que los DDGS pueden incluirse de manera eficaz al 10% las dietas de crecimiento-finalización de pavos, si se usan los niveles adecuados de nutrientes de los DDGS.

Patos

El Consejo de Granos de EUA patrocinó un estudio reciente llevado a cabo en la rama I-lan del Instituto de Investigaciones Ganaderas en Taiwán, donde los investigadores evaluaron los efectos

de alimentar dietas que contienen granos de destilería secos con solubles sobre el desempeño de la producción y la calidad de huevos de patas Tsaiya cafés (Huang et al., 2006). Los patos de las 14 semanas hasta las 50 semanas de edad se asignaron de forma aleatoria a uno de los cuatro tratamientos de dietas que contenían 0, 6, 12 ó 18% de DDGS. Las dietas fueron isocalóricas e isonitrogenadas y contenían 2,750 kcal/kg de EM y 19% de proteína cruda (PC). Los resultados de este estudio indican que la adición de DDGS a niveles de hasta 18% de la dieta de patas ponedoras no tuvo efectos significativos sobre el consumo de alimento, conversión de alimento o la calidad del cascarón de huevo. Cuando las patas ponedoras se alimentaron con la dieta de 18% de DDGS, aumentó la tasa de producción de huevos en la estación fría. El peso del huevo tendió a ser mayor cuando se incluyeron el 12% o el 18% de DDGS en las dietas. El color de la yema mejoró en forma lineal con las cantidades crecientes de DDGS en las dietas de patas ponedoras. Las xantofilas en los DDGS las pueden utilizar bien las patas ponedoras. Cuando se usaron DDGS en las dietas de patas ponedoras, aumentó el porcentaje de grasa y el contenido de ácido linoleico de la yema. Los DDGS se pueden usar de manera eficiente en las dietas de patas ponedoras para mejorar las características de la yema, sin influir sobre el desempeño productivo.

Resumen

Los niveles de inclusión en la dieta máximos actualmente recomendados de DDGS son del 10% para las aves productoras de carne y de 15% para las aves ponedoras. Se pueden usar niveles más altos de DDGS con éxito, si se hacen los ajustes adecuados de formulación de la dieta en cuanto a energía y aminoácidos (Noll et al., 2004; Waldroup et al., 1981). Cuando se formulan dietas que contienen DDGS, deben usarse los valores de aminoácidos digestibles, especialmente para lisina, metionina, cistina y treonina. Las dietas también deben formularse mediante el establecimiento de niveles mínimos aceptables de triptofano y arginina, debido a la segunda naturaleza limitante de estos aminoácidos en la proteína de los DDGS.

Bibliografía

- Abe, C., N. J. Nagle, C. Parsons, J.Brannon, and S. L. Noll, 2004. High protein corn distiller dried grains as a feed ingredient. *Poultry Sci.* 83 (Suppl. 1):264.
- Alenier, J.C. and G.F. Combs, Jr. 1981. Effects on feed palatability of ingredients believed to contain unidentified growth factors for poultry. *Poultry Sci.* 60:215-224.
- Batal, A. B. and N. M. Dale, 2004. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci.* 83 (Suppl 1):317.
- Cantor, A.H. and T.H. Johnson. 1983. Effects of unidentified growth factor sources on feed preference of chicks. *Poultry Sci.* 62:1281-1286.
- Combs, G.F. and E.H. Bossard. 1969. Further studies on available amino acid content of corn distillers dried grains with solubles. In "Proceedings Distillers Feed Research Council Conference." Pp. 53-58.
- Couch, J.R., A.A. Kurnick, R.L. Svacha, and B.L. Reid. 1957. Corn distillers dried solubles in turkey feeds – summary and new developments. In "Proceedings Distillers Feed Research Council Conference". Pp. 71-78.
- Cromwell, G.L., K.L. Herkleman, and T.S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 71:679-686.
- Day, E.J., B.C. Dilworth, and J. McNaughton. 1972. Unidentified growth factor sources in poultry diets. In "Proceedings Distillers Feed Research Council Conference". Pp. 40-45.
- Ergul, T., C. Martinez Amezcus, C. M. Parsons, B. Walters, J. Brannon and S. L. Noll, 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci.* 82 (Suppl. 1): 70.
- Harms, R.H., R.S. Moreno, and B.L. Damron. 1969. Evaluation of distillers dried grains with solubles in diets of laying hens. *Poultry Sci.* 48:1652-1655.

- Huang, J.F., M.Y. Chen, H.F. Lee, S.H. Wang, Y.H. Hu, and Y.K. Chen. 2006. Effects of Corn Distiller's Dried Grains with Soluble on the Productive Performance and Egg Quality of Brown Tsaiya Duck Layers. Personal communication with Y.K Chen agape118@so-net.net.tw.
- Jensen, L.S., L. Falen, and C.H. Chang. 1974. Effect of distillers grains with solubles on reproduction and liver fat accumulation in laying hens. *Poultry Sci.* 53:586-592.
- Lumpkins, B., A. Batal and N. Dale, 2004. Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poultry Sci.* 83:1891-1896.
- Lumpkins, B.S. and A.B. Batal. 2005. The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 84:581-586.
- 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.
- Manley, J.M., R.A. Voitle, and R.H. Harms. 1978. The influence of distillers dried grains with solubles (DDGS) in the diet of turkey breeder hens. *Poultry Sci.* 57:726-728.
- Martinez Amezcua, C., C. M. Parsons, and S.L. Noll. 2004. Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poultry Sci.* 83:971-976.
- Matterson, L.D., J. Tlustohowicz, and E.P. Singesen. 1966. Corn distillers dried grains with solubles in rations for high-producing hens. *Poultry Sci.* 45:147-151.
- National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- Noll, S., V. Stangeland, G. Speers, and J. Brannon. 2001. Distillers grains in poultry diets. 62nd Minnesota Nutrition Conference and Minnesota Corn Growers Association Technical Symposium, Bloomington, MN. September 11-12, 2001.
- Noll, S., C. Abe, and J. Brannon. 2003. Nutrient composition of corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 82(Supplement):71.
- Noll, S. L., V. Stangeland, G. Speers, C. M. Parsons, and J. Brannon, 2003. Market tom turkey response to protein and threonine. *Poultry Sci.* 82 (Suppl. 1): 73.
- Noll, S. L., J. Brannon, and V. Stangeland, 2004. Market turkey performance and inclusion level of corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci.* 83 (Suppl. I): 321.
- Noll, S. 2004. DDGS in poultry diets: Does it make sense. Midwest Poultry Federation Pre-Show Nutrition Conference, River Centre, St. Paul, MN. March 16, 2004.
- Noll, S. L., J. Brannon, J. L. Kalbfleisch, and K. D. Roberson, 2005. Metabolizable energy value for corn distillers dried grains with solubles in turkey diets. *Poultry Sci.* 84 (Suppl. 1):
- Roberson, K. D., J. L. Kalbfleisch, W. Pan and R. A. Charbeneau, 2005. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and yolk color. *Intl J. Poultry Sci.* 4(2):44-51.
- Shurson, G.C., C. Santos, J. Aguirre, and S. Hernández. 2003. Effects of Feeding Babcock B300 Laying Hens Conventional Sanfandila Layer Diets Compared to Diets Containing 10% Norgold DDGS on Performance and Egg Quality. A commercial field trial sponsored by the Minnesota Corn Research and Promotion Council and the Minnesota Department of Agriculture.
- Spiehs, M.J., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639.
- Waldroup, P. W., J.A. Owen, B.E. Ramsey, and D.L. Whelchel, 1981. The use of high levels of distillers dried grains plus solubles in broiler diets. *Poultry Sci.* 60:1479-1484.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de

estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Uso de los granos secos de destilería con solubles de EUA en las dietas porcinas

Uso histórico de los granos secos de destilería con solubles en las dietas porcinas

Históricamente, se han usado cantidades limitadas (menos del 3% de la producción total) de coproductos de destilería en las dietas porcinas, hasta más o menos el año 2000. Durante los últimos 60 años, se han llevado investigaciones para evaluar los tres tipos de coproductos de destilería en dietas para cerdos: solubles secos de destilería (DDS), granos secos de destilería (DDG) y granos secos de destilería con solubles (DDGS). En las décadas de 1940 y 1950, la mayor parte de la investigación sobre la alimentación de coproductos de destilería en cerdos se enfocó a la evaluación de DDS. Se llevaron a cabo estudios de desempeño para medir la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia de cerdos cuando se añadía DDS al iniciador (Krider et al., 1944; Catron et al., 1954) y a las dietas de crecimiento y finalización (Fairbanks et al., 1944; Beeson et al., 1959). Se llevaron también a cabo varios estudios para determinar si los DDS podían sustituir a la proteína común (Fairbanks et al., 1945; Hanson, 1948; Winford et al., 1951) y los suplementos de vitaminas (Krider y Terrill, 1949) en las dietas a base de maíz, durante varias fases de producción.

Al inicio de la década de 1950, los investigadores continuaron evaluando el desempeño en el crecimiento de cerdos alimentados con coproductos de destilería (Livingstone y Livingstone, 1966; Combs y Wallace, 1969 y Combs y Wallace, 1970), pero el interés en identificar los “factores no identificados de crecimiento” en los coproductos de destilería y sus efectos sobre el desempeño en el crecimiento de cerdos se convirtió en el enfoque de la investigación (Beeson et al., 1959; Couch et al., 1960; Conrad, 1961; Wallace y Combs, 1968).

En las décadas de 1970 y 1980, hubo la construcción de grandes plantas de etanol a gran escala y los investigadores empezaron a enfocarse a la evaluación de los DDGS. Se llevaron a cabo una serie de experimentos de titulación para determinar las tasas máximas de inclusión de DDGS que se podían añadir a un iniciador (Wahlstrom y Libal, 1980; Orr et al., 1981; Cromwell et al., 1985) y en las dietas de crecimiento-finalización (Wahlstrom et al., 1970; Smelski y Stothers, 1972; Cromwell et al., 1983). Los estudios adicionales se enfocaron al contenido de aminoácidos de los DDGS y al efecto de la suplementación de lisina sobre el desempeño de los cerdos alimentados con dietas que contenían DDGS (Wahlstrom y Libal, 1980; Cromwell et al. 1983; Cromwell y Stahly, 1986).

De 1986 a 1998, se llevó a cabo muy poca investigación para evaluar el uso de los coproductos de destilería en las dietas porcinas, aunque se estaban construyendo nuevas plantas de molienda seca de etanol. Estas plantas relativamente nuevas de molienda seca de etanol usan diseños de ingeniería de tecnología de punta, tecnología de fermentación y procesos de secado en comparación con las plantas más viejas que se construyeron y operaron en décadas anteriores. En consecuencia, el contenido y la digestibilidad de nutrientes de los DDGS producidos por estas

modernas plantas de etanol son mayores que lo publicado por el Consejo Nacional de Investigación (NRC) en 1998.

Valor nutritivo de los DDGS para cerdos

Los DDGS de alta calidad tienen un valor de energía metabolizable y digestible igual o mayor al maíz. Spiels et al. (1999) fueron los primeros en informar que la energía digestible (ED) y la energía metabolizable (EM) era similar a los valores de energía del maíz (3.49 Mcal/kg y 3.37 Mcal/kg, respectivamente). Fu et al. (2004) informaron que los valores de EM y de energía neta (EN) de los DDGS eran de 3.25 Mcal/kg y 2.61 Mcal/kg, respectivamente, mientras que Hastad et al. (2004) informaron valores mucho más altos de ED, EM y EN (3.87 Mcal/kg, 3.60 Mcal/kg y 2.61 Mcal/kg, respectivamente). Stein et al. (2006) confirmaron que el valor de ED y EM de los DDGS para cerdos es igual a o mayor que el del maíz (3,639 kcal de ED/kg y 3,378 kcal de EM/kg).

Al igual que la baja calidad de proteína del maíz (baja lisina y un mal equilibrio de aminoácidos), los DDGS también son bajos en lisina con relación a su contenido de proteína cruda. La treonina es el segundo aminoácido limitante después de la lisina y debe monitorearse durante la formulación de la dieta cuando se usa más de 10% de DDGS en las dietas porcinas. La digestibilidad de aminoácidos también puede variar entre las fuentes de DDGS. Stein et al. (2006) mostraron que la gama de coeficientes de digestibilidad verdadera de la lisina para los cerdos varía de 43.9% a 63.0%. Fastinger y Mahan (2006) informaron un intervalo similar en los valores estandarizados de digestibilidad ileal de lisina (38.2 - 61.5%) cuando se evaluaron cinco fuentes de DDGS. La claridad y el amarillo del color de los DDGS parece ser predictores razonables del contenido de lisina digestible entre fuentes de DDGS para cerdos (Pederson et al., 2005). Para poder garantizar un excelente desempeño de cerdos cuando se añade DDGS a las dietas porcinas, deben usarse solamente las fuentes de color claro, además de que las dietas se deben formular con base en los aminoácidos digestibles, si se incluye más del 10% de DDGS.

Los DDGS son una excelente fuente de fósforo disponible para cerdos. Whitney et al. (2001) mostraron que la disponibilidad relativa de fósforo en los DDGS era de 90%, con el uso del fosfato dicálcico como la fuente de fósforo inorgánico de referencia.

Uso de los DDGS en las dietas de iniciación

Whitney y Shurson (2004) llevaron a cabo dos experimentos para determinar los efectos de niveles crecientes en la dieta (0 - 25%) de DDGS sobre el desempeño del crecimiento de los lechones con destete precoz. Se bloquearon por sexo y linaje un total de 96 cerdos híbridos ($PC = 6.18 \pm 0.14$ kg) y los cerdos dentro de cada bloque se aleatorizaron a uno de seis tratamientos de dieta (4 cerdos/corral, 4 corrales/tratamiento) en cada uno de los dos experimentos de desempeño del crecimiento. Los tratamientos de la dieta consistieron en proporcionar 0, 5, 10, 15, 20 ó 25% de DDGS durante las Fases 2 y 3 de un programa de lactancia de tres fases. Los cerdos en el experimento 1 eran ligeramente más viejos (19.0 contra 16.9 días de edad) y más pesados (7.10 contra 5.26 kg) al inicio del experimento, en comparación con los cerdos del experimento 2. A todos los cerdos se les proporcionó una dieta comercial peletizada durante los primeros 4 días posteriores al destete y se cambiaron a las dietas de Fase 2 experimentales respectivas (alimentados por los siguientes 14 días), seguidos de las dietas experimentales de la Fase 3 (alimentadas por otros 21 días más). Las dietas experimentales se formularon para contener lisina digestible ileal aparente equivalente (1.35% y 1.15%) y metionina + cistina (0.80% y 0.65%),

EM (3340 y 3390 kcal/kg), calcio (0.95% y 0.80%) y fósforo total (0.80% y 0.70%) dentro de las Fases 2 y 3, respectivamente.

La tasa de crecimiento general, el peso corporal final y la conversión alimenticia de los cerdos fue similar entre los grupos de tratamiento, independientemente del nivel de DDGS de la dieta que se alimentó en ambos experimentos. En el Experimento 1, el consumo de alimentos no se vio afectado por el tratamiento de la dieta. En el Experimento 2, sin embargo, el nivel creciente de DDGS en la dieta disminuyó linealmente el consumo de alimento durante la Fase 2, y tendió a disminuir el consumo voluntario de alimento a lo largo del periodo experimental. Estos resultados indican que pueden incluirse los DDGS de alta calidad en las dietas de la Fase 3 de los cerdos lactantes a niveles de hasta 25%, sin afectar negativamente el desempeño del crecimiento después de un periodo de aclimatación de dos semanas. Se logró también un desempeño del crecimiento satisfactorio cuando se añadió hasta el 25% de DDGS en las dietas de la Fase 2 en los cerdos que pesaban al menos 7 kg de peso corporal. Sin embargo, la inclusión de estos niveles altos inmediatamente después del destete puede influir negativamente en el consumo de alimento, lo que resulta en un desempeño del crecimiento inicial más bajo.

Más recientemente, Gaines et al. (2006) llevaron a cabo dos experimentos para evaluar el efecto de los niveles de la dieta de DDGS y la grasa blanca de primera sobre el desempeño del crecimiento en la parte final de la fase de lactancia (más de 11 kg de PC). El primer experimento se llevó a cabo para evaluar las tasas de inclusión de DDGS en la dieta de 0, 15 y 30% sin grasa suplementaria. El segundo experimento usó los mismos niveles de la dieta de DDGS que en el primero, pero también evaluaron el efecto de añadir 0 ó 15% de grasa blanca de primera a la dieta sobre el desempeño del crecimiento. No hubo efectos del nivel de inclusión de DDGS o de la fuente de grasa sobre la ganancia diaria promedio. En el segundo experimento, ambas dietas de alimentación contenían DDGS y la adición de 5% de grasa blanca de primera mejoró la relación ganancia:alimento que se atribuyó al menor consumo de alimento.

Uso de los DDGS en las dietas de crecimiento-finalización

Whitney et al. (2006c) llevaron a cabo un estudio para determinar los efectos de alimentar dietas que contenían 0, 10, 20 ó 30% de DDGS sobre el desempeño del crecimiento y las características de la canal de cerdos en crecimiento-finalización. Usaron un total de 240 cerdos híbridos con un peso corporal inicial de alrededor de 28.6 kg, y los asignaron a uno de cuatro secuencias de dieta en un programa de alimentación de cinco fases de crecimiento-finalización. De formularon dietas de maíz - harina de soya con base en la lisina total y que también contenían hasta un 4% de aceite de soya como fuente de grasa suplementaria. El aceite de soya se escogió como la fuente de grasa suplementaria para este estudio, porque no pudimos de utilizar grasas animales en el lugar donde se llevó a cabo el estudio. Por lo tanto, estas dietas experimentales contenían niveles inusualmente altos de ácidos grasos insaturados en comparación con lo que actualmente se administra a los cerdos en crecimiento-finalización en la industria de la carne de cerdo de Estados Unidos.

Como se muestra en el cuadro 1, los cerdos alimentados con las dietas que contenían 10% de DDGS crecieron a la misma tasa, consumieron la misma cantidad de alimento y tuvieron la misma conversión alimenticia que los cerdos alimentados con las dietas control de maíz - harina de soya. La administración de dietas que contenían 20% de DDGS resultó en una reducción de la tasa de crecimiento, pero la conversión alimenticia no se vio significativamente afectada. Sin embargo, la alimentación de dietas que contenían 30% de DDGS redujo la tasa de crecimiento y

la conversión alimenticia en comparación con los cerdos que se alimentaban con las dietas control de maíz - harina de soya o las dietas que contenían 10% de DDGS. Esta reducción en el desempeño a niveles de inclusión de DDGS más altos, probablemente se debió a que se formularon las dietas con base en aminoácidos totales, sin tomar en cuenta la digestibilidad de los aminoácidos en los DDGS, lo que probablemente resultó en que no se cubrieron los requerimientos de aminoácidos de los cerdos a los niveles de inclusión de DDGS de 20% y 30%.

Cuadro 1: Efecto del nivel de DDGS en la dieta sobre el desempeño del crecimiento en general de cerdos en crecimiento - finalización.

	0% de DDGS	10% de DDGS	20% de DDGS	30% de DDGS
Ganancia diaria promedio (GDP), kg	0.86 ^a	0.86 ^a	0.83 ^{bc}	0.81 ^{bd}
Consumo de alimento diario promedio (CADP), kg	2.38	2.37	2.31	2.35
Alimento/ganancia (A/G)	2.76 ^a	2.76 ^a	2.80 ^a	2.92 ^b
Peso final., kg	117 ^a	117 ^a	114 ^b	112 ^b

^{a, b} Medias dentro del mismo renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.05$).

^{c, d} Medias dentro del renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.10$).

Al final de la parte de alimentación de este estudio, los cerdos se sacrificaron para obtener las mediciones de calidad de la canal (cuadro 2), músculo (cuadro 3) y grasa (cuadro 4). El peso de la canal y el porcentaje de rendimiento de la canal de los cerdos alimentados con las dietas de 0 y 10% de DDGS fueron los mismos y mayores que los de los cerdos alimentados con dietas de 20 y 30% de DDGS. Los pesos más ligeros de las canales de cerdos alimentados con dietas con 20 y 30% de DDGS fueron el resultado de una reducción en la tasa de crecimiento y de pesos vivos más ligeros, en comparación con los cerdos que se alimentaron con la dieta control (0%) y las dietas de 10% de DDGS. Sin embargo, no hubo diferencia en el grosor de la grasa dorsal o el porcentaje de la magrez de la canal entre los diferentes niveles de alimentación de DDGS. Los cerdos alimentados con 0% de DDGS tuvieron una mayor profundidad de lomo que los que se alimentaron con las dietas de 30% de DDGS, mientras que presentaron profundidades del lomo intermedias los cerdos alimentados con 10% o 20% de DDGS. Las diferencias en la profundidad del lomo se vieron influidas por las diferencias en los pesos al sacrificio de los cerdos entre los cuatro tratamientos de dieta. Estos resultados indican que aunque se vio negativamente afectado el desempeño del crecimiento con alimentación de dietas que contenían 20 o 30% de DDGS, la composición de la canal estuvo en su mayor parte sin afectarse como lo indica la profundidad similar de la grasa y el porcentaje de magrez de la canal en todos los tratamientos de la dieta.

Además, ninguna de las mediciones de calidad del músculo, excepto la pérdida por desjuge de 11 días, se vieron afectados por el nivel de DDGS de la dieta (cuadro 3). No queda claro por qué el músculo de los cerdos alimentados de 20% de DDGS tuvieron una mayor pérdida por desjuge a los 11 días en comparación con el músculo de los cerdos alimentados con la dieta control, aunque esta pérdida por desjuge a los 11 días no fue diferente entre los tratamientos de 0, 10 y 30% de DDGS. Estos datos indican que la adición de DDGS a niveles de hasta el 30% en dietas porcinas de finalización, no tiene efectos importantes sobre la calidad del músculo de la carne de cerdo.

El número de yodo aumentó linealmente, y de esta forma, la grasa abdominal se hizo más insaturada, conforme aumentaba la concentración de DDGS de la dieta (cuadro 4). Los investigadores claramente han establecido que la alimentación de dietas que contienen fuentes de grasa insaturada puede alterar el grado de saturación en la carne de cerdo. Lea et al. (1970) indicaron que la grasa de cerdo adecuadamente firme tiene un número de yodo por debajo de 70. Boyd (1997) indicó que el umbral del valor de yodo para la grasa de cerdo en Estados Unidos debe de fijarse en 74. En nuestro estudio, los valores de yodo fueron mayores a 70, pero menores a 74, para las dietas que contenían 30% de DDGS y alrededor de 70 para los cerdos que consumieron dietas de 20% de DDGS. Se suministró una cantidad significativa de ácidos grasos insaturados a las dietas experimentales del aceite de soya suplementario, además del aceite de maíz presente en los DDGS en este estudio. Calculamos que, con base en el NRC (1998), que una dieta típica de finalización de cerdos sin grasa suplementaria (85% de maíz, 11% harina de soya) podría contener alrededor del 3% de ácidos grasos insaturados. En comparación, calculamos que nuestra dieta control de la fase 5 contenía 4.33% de ácidos grasos insaturados y la dieta de la Fase 5 con 30% de DDGS contenía 4.96% de ácidos grasos insaturados. Esperamos que si se añade a estas dietas una fuente de grasa animal, que es más baja en concentración de ácidos grasos insaturados, o si no se añade grasa suplementaria, los valores de yodo de la grasa de la canal de los cerdos alimentados con altas concentraciones de DDGS serían menores y los efectos negativos de adicionar niveles altos de DDGS a las dietas sobre la calidad de la grasa de cerdo sería menor. El efecto de la alimentación de los DDGS sobre el número de yodo se reflejó en el análisis de la calificación de la firmeza del abdomen. Las calificaciones bajas indicaban que los abdómenes de los cerdos de que se alimentaron con 30% de DDGS eran más suaves que los de los cerdos alimentados con 0% o 20% de DDGS. Los abdómenes más suaves muy probablemente fueron a consecuencia de concentraciones elevadas de lípidos insaturados en la dieta suministrados por el aceite de soya y los DDGS.

Cuadro 2: Efectos del nivel de DDGS de la dieta sobre las características de la canal de cerdos en crecimiento-finalización.

	0% de DDGS	10% de DDGS	20% de DDGS	30% de DDGS
Peso al sacrificio, kg	117	119	113	112
Peso de la canal, lb	85.7 ^c	86.6 ^c	81.6 ^d	80.7 ^d
Rendimiento, %	73.4 ^c	72.8 ^c	72.1 ^d	71.9 ^d
Profundidad de la grasa, mm	21.3	21.8	21.1	20.6
Profundidad del lomo, mm	56.5 ^{ac}	53.9 ^b	54.8 ^c	51.6 ^d
% de magrez de la canal	52.6	52.0	52.6	52.5

^{a, b} Medias dentro del mismo renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.05$).

^{c, d} Medias dentro del renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.10$).

Cuadro 3: Características de calidad del músculo de cerdos en crecimiento-finalización alimentados con dietas que contenían 0, 10, 20 y 30% de DDGS.

	0%	10%	20%	30%
L*^c	54.3	55.1	55.8	55.5
Calificación del color^d	3.2	3.2	3.1	3.1
Calificación de la firmeza^e	2.2	2.0	2.1	2.1
Calificación del marmoleado^f	1.9	1.9	1.7	1.9
pH final	5.6	5.6	5.6	5.6
Pérdida por desjugue de 11 días, %	2.1 ^a	2.4	2.8 ^b	2.5
Pérdida por goteo de 24 horas, %	0.7	0.7	0.7	0.7
Pérdida por cocción, %	18.7	18.5	18.3	18.8
Pérdida total de humedad, %^g	21.4	21.5	21.8	22.1
Fuerza de corte de Warner-Bratzler, kg^h	3.4	3.4	3.3	3.3

^{a, b} Medias dentro del mismo renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.05$).

^c 0 = negro, 100 = blanco

^d 1 = rosado gris pálido/blanco; 2 = rosado grisáceo; 3 = rosado rojizo; 4 = rosa rojizo oscuro; 5 = rojo púrpura; 6 = rojo púrpura oscuro

^e 1 = suave, 2 = firme, 3 = muy firme

^f La escala visual se aproxima al % del contenido de grasa intramuscular (NPPC, 1999)

^g Pérdida total de humedad = pérdida por desjugue de 11 días + pérdida por goteo de 24 horas + pérdida por cocción

^h Medición de la terniza

Cuadro 4: Características de la calidad de la grasa de los cerdos al mercado alimentados con dietas de maíz - harina de soya que contenían 0, 10, 20 y 30% de DDGS.

	0% de DDGS	10% de DDGS	20% de DDGS	30% de DDGS
Grosor del abdomen, cm	3.15 ^a	3.00 ^{ab}	2.84 ^{bc}	2.71 ^c
Calificación de la firmeza del abdomen, grados	27.3 ^a	24.4 ^a	25.1 ^a	21.3 ^b
Calificación ajustada de la firmeza del abdomen, grados	25.9 ^d	23.8 ^{de}	25.4 ^d	22.4 ^e
Número de yodo	66.8 ^d	68.6 ^e	70.6 ^f	72.0 ^f

^{a, b, c} Medias dentro del mismo renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.10$).

^{d, e, f} Medias dentro del mismo renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.05$).

Con base en estos resultados, que incluyen el 10% de DDGS en las dietas convencionales de crecimiento-finalización de cerdos, no hubo efectos nocivos sobre el desempeño de los cerdos, la calidad de la canal o la calidad de la carne de cerdo. Cuando las dietas se formularon con base en aminoácidos totales, parece que las tasas de inclusión del 20% o mayores resultan en una disminución del desempeño del crecimiento. La inclusión de DDGS en concentraciones de 20 a 30% de la dieta, y el uso de aceite de soya como fuente de grasa suplementaria para las dietas de crecimiento-finalización, no afectan la composición o la calidad del músculo, pero disminuye la saturación de ácidos grasos, lo que resulta en abdómenes más suaves y que puede afectar negativamente las características de procesamiento posterior.

Un reciente estudio comercial de campo llevado a cabo por la Universidad de Minnesota y Land O' Lakes/Purina Feed en el verano de 2006 para evaluar aún más el impacto de la alimentación convencional de dietas de crecimiento-finalización de maíz - harina de soya, con o sin 10% de DDGS, sobre la calidad de la grasa de cerdo. Se seleccionaron dos porcicultores para este estudio. Cada productor tenía granjas típicas comerciales de finalización de 1,000 cabezas, que se localizaban en el Sur de Minnesota. Cada instalación de 40 corrales tenía una doble cortina lateral con 8 fosos de un pie, que utilizaban ventiladores tipo foso para la ventilación y entradas de aire deflectoras en el techo. Ambas granjas tenían genética en común, que consistían de cerdas Monsanto Genepacker cruzadas con el semen de verracos de la línea Monsanto EB terminal. El estatus general de salud de ambos grupos de cerdos era muy bueno. El alimento de ambas granjas se formuló y fue proporcionado por Land O' Lakes/Purina Feed. El porcicultor A alimentó las dietas típicas de maíz-harina de soya, mientras que el porcicultor B alimentó dietas de maíz-harina de soya que contenían 10% de DDGS. Se usó un programa de alimentación de sexos mezclados de ocho fases y la última dieta de finalización contenía 4.5 g de Paylean. Las dietas dentro de cada fase contenían niveles de nutrientes similares con y sin 10% de DDGS. Todas las dietas dentro de cada fase contenían el mismo nivel de grasa blanca de primera como la fuente de grasa suplementaria (los niveles suplementarios estuvieron en un intervalo de 1.25-3.75%, dependiendo de la fase de la dieta).

Se seleccionaron aleatoriamente 128 cerdos de cada grupo para la evaluación de las características de la canal. A las 24 horas postmortem, se recolectaron un total de 48 muestras del abdomen medio de cada grupo de tratamiento de dieta con números iguales de cerdos castrados (n=12) y marranas (n=12) de cada granja. De las 48 muestras de abdomen medio se determinó una calificación de color visual (en una escala de 1 a 4, en la que 1 = pálido y 4 = oscuro) mediante un grupo de seis panelistas que usaron un sistema visual japonés de calificaciones de color de grasa de cerdo. Todas las muestras de grasa de la abdominal se analizaron para determinar los perfiles completos de ácidos grasos. El valor de yodo y el punto de fusión promedio se calcularon con los datos de ácidos grasos de cada muestra.

Como se muestran en el cuadro 5, los cerdos alimentados con 10% de DDGS crecieron igualmente bien, consumieron menos alimento, tuvieron mejor conversión alimenticia y un costo de alimento más bajo por unidad de ganancia de peso en comparación con los cerdos que se alimentaron con la dieta de maíz y soya sin DDGS. Al sacrificio, no hubo diferencias en el peso de la canal, grosor de la grasa dorsal y porcentaje de jamón, lomo y abdomen relativo al peso total de la canal (Tabla 6). Además, no hubo diferencias en la profundidad del lomo o el porcentaje de músculo magro en las canales entre ambos grupos. Estos resultados van de acuerdo con los resultados del desempeño del crecimiento y de la composición de la canal que se obtuvieron en un estudio llevado a cabo por Whitney et al. (2006c) que claramente muestran que la alimentación de dietas de maíz y harina de soya que contienen 10% de DDGS no tienen un efecto negativo sobre el desempeño del crecimiento y las características de la canal de los cerdos en crecimiento-finalización. De hecho, el porcicultor que alimentó las dietas con DDGS en este estudio, obtuvo la misma calidad de la canal a un costo de alimento más bajo por unidad de ganancia de peso, en comparación con el porcicultor que alimentó las dietas sin DDGS.

Cuando se evaluaron la composición y las características de calidad de la grasa abdominal de estos cerdos, no hubo diferencias en la calificación de color basadas en las normas de calidad japonesas de grasa de cerdo (cuadro 7), ni hubo tampoco diferencias en el punto de fusión promedio de esta grasa abdominal. Sin embargo, las grasas abdominales de los cerdos que se alimentaron con dietas en 10% de DDGS, tuvieron un valor de yodo más alto que los cerdos con

la dieta sin DDGS. Esto también va de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de Whitney et al. (2006) que se muestran en el cuadro 4. Los valores de yodo son similares y están por debajo del umbral máximo indicado de 70. Estos resultados claramente muestran que la alimentación de dietas que contienen 10% de DDGS a cerdos en crecimiento-finalización tiene efectos negativos sobre la calidad de la grasa de cerdo. Como es de esperarse, los niveles de ácido linoleico, ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos omega 6 aumentan en la grasa abdominal cuando los cerdos se alimentan con dietas que contienen 10% de DDGS, pero se encuentran dentro de las normas aceptadas de calidad de grasa de cerdo aceptable.

Cuadro 5: Desempeño del crecimiento, uso y costo del alimento de cerdos en crecimiento-finalización alimentados con dietas que contienen 0 o 10% de DDGS.

	0% de DDGS	10% de DDGS
GDP, kg	0.82	0.83
CPDA, kg	2.24	2.10
Alim./ganancia	2.73	2.54
Kg alimento/cabeza	258.5	251.2
Costo alim./lb de ganancia, \$	0.077	0.073

Cuadro 6: Características de la canal de cerdos en crecimiento-finalización alimentados con dietas que contienen 0% o 10% de DDGS.

	0% de DDGS	10% de DDGS
Peso de la canal, kg	96.1	95.2
Grasa dorsal de la última costilla, mm	27.3	27.8
Grasa dorsal de la 10^a costilla, pulg.	25.3	24.8
Jamón, %	11.74	11.74
Lomo, %	7.93	7.91
Abdomen, %	10.51	10.41
Profundidad del lomo, mm	68.0	68.0
% de magrez de la canal	56.36	56.47

Cuadro 7: Características de calidad de la grasa del abdomen medio de canales de cerdos en crecimiento-finalización alimentados con dietas 0 o 10% de DDGS.

Medición	0% de DDGS	10% de DDGS
Calificación japonesa de color de grasa	1.76	1.81
Punto de fusión promedio, ° C	29.3	28.7
Valor de yodo	66.7 ^a	68.3 ^b
Ácido oleico (18:1), %	47.39 ^c	45.12 ^d
Ácido linoleico (18:2), %	11.94 ^c	13.98 ^d
Ácidos grados saturados, %	33.99	34.26
Ácidos grados monoinsaturados, %	51.78 ^c	49.47 ^d
Ácidos grados poliinsaturados, %	14.02 ^c	16.11 ^d
Ácidos grados omega 3 totales, %	0.98	0.96
Ácidos grados omega 6 totales, %	13.02 ^c	15.14 ^d
Relación omega 6:omega 3	13.28 ^c	15.78 ^d

^{a, b} Medias dentro del mismo renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.05$).

^{c, d} Medias dentro del renglón con diferentes sobreíndices son diferentes ($P < 0.0001$).

Con base en estos resultados de investigación, no hay razón para preocuparse cuando se alimentan dietas de crecimiento-finalización que contienen 10% de DDGS por la calidad de la canal o de la carne de cerdo. La composición de algunos ácidos grasos (por ejemplo ácido linoleico, ácidos grasos poliinsaturados o ácidos grasos omega 6) en la grasa de cerdo aumenta con la adición de DDGS a las dietas de maíz - harina de soya, pero no altera la aceptabilidad con base en las normas actuales de la industria. Además, no existen pruebas que indiquen que la alimentación de dietas de crecimiento-finalización que contienen 10% de DDGS disminuya la calidad y aceptabilidad de la carne de cerdo de Estados Unidos en el mercado de exportación japonés.

Gralapp et al. (2002) llevaron a cabo dos experimentos para evaluar el impacto del nivel de DDGS añadidos a dietas de crecimiento-finalización sobre las características del estiércol, emisiones de olores y desempeño del crecimiento. Tres dietas que contenían 0, 5 ó 10% de DDGS se alimentaron a 72 cerdos en finalización durante seis periodos de cuatro semanas. Encontraron que la GDP y la eficiencia del alimento se redujeron a niveles de inclusión de la dieta de DDGS más altos, pero hubo una tendencia a un mayor consumo de alimento en cerdos con la dieta del 10% de DDGS, 2.91 kg/día contra 2.73 y 2.75 kg/día para cerdos con las dietas de 5 y 0% de DDGS, respectivamente. Estos resultados confirman que el desempeño en el crecimiento de los cerdos no se ve afectado cuando se alimentan dietas que contienen 10% de DDGS en comparación con la alimentación de dietas típicas de maíz y harina de soya. DeDecker et al. (2005) mostraron que se puede lograr la alimentación de dietas de crecimiento-finalización que contengan 30% de DDGS sin ningún efecto negativo sobre el desempeño del crecimiento, aunque el rendimiento de la canal disminuye linealmente conforme aumenta el nivel de DDGS en la dieta.

Uso de los DDGS en las dietas de gestación y lactación

Se han llevado a cabo tres estudios para determinar la tasa de inclusión óptima de los DDGS en dietas para cerdas durante la gestación y la lactación (Thong et al., 1978; Monegue y Cromwell,

1995; Wilson et al., 2003), y se han publicado recomendaciones de las tasas máximas de inclusión en la dieta con base en los resultados obtenidos por Thong et al., 1964 y Monegue y Cromwell, 1995 (Weigel et al., 1997; Pork Industry Handbook, 1998). Como resultado de la información limitada de la alimentación de DDGS a cerdas, son un poco diferentes las recomendaciones actuales de la inclusión de esta materia prima en las dietas de cerdas. El Feed Co-Products Handbook (Weigel et al., 1997) enlista tasas máximas de inclusión de los DDGS de hasta 50% en las dietas de gestación y hasta 20% en las dietas de lactación. Sin embargo, el Pork Industry Handbook, , recomienda niveles ligeramente más bajos de uso de DDGS, en el que se indica hasta un 40% en las dietas de gestación y una tasa máxima de inclusión del 10% en las dietas de lactación (PIH Factsheet #112).

Thong et al. (1978) llevó a cabo un experimento con 64 marranas para evaluar el uso de los DDGS como sustituto de la harina de soya en una dieta de maíz - harina de soya alimentada durante la gestación. Para llevar a cabo este experimento, las cerdas se alimentaron durante la gestación con dietas que contenían 0, 17.7 o 44.2% de DDGS. Todas las dietas se formularon para contener 0.42% de lisina total de la dieta. El número de cerdos paridos por camada y el promedio de peso del lechón al nacimiento, no se vieron significativamente afectados por el tratamiento de la dieta. Los autores concluyeron que los DDGS podrían reemplazar la harina de soya con base en un equivalente de lisina como una fuente de aminoácidos suplementarios a niveles de hasta el 44.2% de la dieta de las cerdas en gestación.

Monegue y Cromwell (1995) compararon el desempeño reproductor de cerdas alimentadas con una dieta fortificada de maíz - harina de soya, con cerdas con dietas que contenían 40 u 80% de harina de gluten de maíz >20% de proteína (HGM) y cerdas alimentadas con dietas que contenían 40 u 80% de DDGS durante la gestación. En este estudio se usaron un total de 90 cerdas híbridas con 4 partos (18 cerdas/tratamiento de dieta) . Las dietas contenían niveles similares de lisina total y se alimentaron a diferentes niveles para igualar el consumo de EM a 6.2 Mcal/cerda/día. Las cerdas consumieron *ad libitum* una dieta fortificada de maíz - harina de soya durante el periodo subsiguiente de 28 días de lactación. Las tasas de parición promediaron el 91% y no se vieron afectadas por el tratamiento de la dieta. Las ganancias de peso en la gestación tendieron a ser más grandes en las cerdas alimentadas con HGM y DGS, lo que indica que la energía en estos coproductos estaba bien utilizada. El consumo de alimento en la lactación y la reducción de peso de la cerda durante la lactación, fueron similares entre los tratamientos de dieta. El tamaño de la camada al nacimiento y los pesos al nacer, no se vieron afectados por el tratamiento de la dieta, aunque numéricamente las cerdas alimentadas con el 80% de DDGS tuvieron camadas ligeramente más pequeñas. El tamaño de la camada destetada y los pesos al destete no fueron diferentes entre los tratamientos de la dieta, aunque la alimentación de 80% de HGM y de las dietas de DDGS durante la lactación redujo numéricamente el tamaño de la camada destetada y aumentó el peso de los cerdos individuales al destete. No hubo diferencias en el peso al destete de la camada y en el porcentaje de supervivencia de los cerdos al destete entre los tratamientos de la dieta. Los días para regresar al estro de las cerdas después del destete fueron similares entre los grupos de tratamiento de la dieta y promediaron 4.7 días. Los autores concluyeron que las dietas que contenían niveles altos de HGM y DDGS, hasta el 80% de la dieta de la gestación, se utilizan bien y no parecen afectar el desempeño reproductor o de la lactación.

Más recientemente, Wilson et al. (2003) llevaron a cabo un estudio de dos pariciones utilizando 93 cerdas multíparas para determinar los efectos de alimentar dietas que contenían 50% de DDGS en la gestación y 20% de DDGS en la lactación, sobre el desempeño reproductor

de la cerda. El balance de nutrientes también se determinó del día 100 al día 105 de la preñez en 14 cerdas gestantes. Las cerdas se distribuyeron con base en la parición y el peso corporal inicial a una o dos dietas de gestación (0 o 50% de DDGS, dietas de maíz - harina de soya) y una de dos dietas de lactación (dietas con 0 o 20% de DDGS, de maíz - harina de soya). Las cerdas se alimentaron una cantidad diaria de alimento con base en 1% del peso corporal de la cerda más 100 g, 300 g y 500 g al día en los días 0 a 30, 31 a 60 y 61 a 90 de la gestación, respectivamente. Las cerdas tuvieron acceso *ad libitum* al alimento durante la lactación. Se mantuvieron en las combinaciones del tratamiento de la dieta respectivo durante los dos ciclos reproductores. No se observaron diferencias en la ganancia de peso en la gestación de la cerda, en los cerdos nacidos vivos por camada, en el peso de la camada al nacimiento o en el peso promedio al nacimiento entre las cerdas alimentadas con 0 y 50% de DDGS durante la gestación en ambos ciclos reproductores. La combinación del tratamiento de la dieta no tuvo efecto sobre el tamaño de la camada, el peso al nacer de la camada o el peso al destete de la camada, durante el primer ciclo reproductor, pero las cerdas alimentadas con las dietas de 0% de DDGS de gestación y de lactación, destetaron menos cerdos por camada durante el segundo periodo reproductor. La mortalidad previa al destete fue más alta para las cerdas alimentadas con la dieta de gestación del 50% de DDGS y la dieta de lactación de 20% de DGS, en comparación con otras combinaciones de tratamiento durante el primer ciclo reproductor, pero las combinaciones de tratamiento de la dieta no tuvieron efecto sobre la mortalidad previa al destete durante el segundo ciclo reproductor. Las cerdas alimentadas con 0% de DDGS en la dieta de gestación y 20% de DDGS en la dieta de lactación, tuvieron menos consumo de alimento de lactación, lo que ocurrió principalmente en los primeros siete días de lactación, aunque este efecto no se observó durante el segundo ciclo reproductor. El intervalo del destete al estro fue mayor para las cerdas alimentadas con 0% de DDGS en la combinación del tratamiento de dieta de gestación y lactación, en comparación con las cerdas alimentadas con la combinación de dieta de gestación de 50% de DDGS y la dieta de lactación de 20% de DDGS y la combinación de la dieta de gestación de 50% de DDGS y 0% de DDGS en la dieta de lactación durante el primer ciclo reproductor. No se observaron diferencias en el intervalo del destete al estro durante el segundo ciclo reproductor. Las cerdas alimentadas con la dieta de 50% de DDGS al final de la gestación consumieron más energía, nitrógeno, azufre y potasio, y tuvieron una mayor retención de nitrógeno, azufre y fósforo, que las cerdas de alimentadas con la dieta de gestación de 0% de DDGS. Estos resultados indican que la alimentación de una dieta de gestación que contiene 50% de DDGS va sustentar un buen desempeño reproductor. Sin embargo, la alimentación de una dieta de lactación de 20% de DDGS puede reducir el consumo de alimento durante la primera semana posterior al parto, si las cerdas se alimentan con una dieta de maíz - harina de soya durante la gestación y no se les proporciona un periodo de ajuste para adaptarse a la dieta alta en DDGS durante la lactación.

Hill et al. (2005) llevaron a cabo un estudio para determinar si las cerdas lactantes podían utilizar dietas que contuvieran 15% de DDGS para mantener el peso corporal y el desempeño de la lactación mientras disminuían la excreción del fósforo en las heces. Sus resultados muestran que la inclusión de 15% de DDGS en la dieta de lactación sustenta un buen desempeño de las cerdas, mientras que mantiene, y tal vez reduzca, la excreción de fósforo en el estiércol.

DDGS y manejo del estiércol

Spiehs et al. (2000) llevaron a cabo un estudio de 10 semanas para medir las características del olor y del gas del estiércol porcino, así como el equilibrio de energía, nitrógeno y fósforo de cerdos en crecimiento - finalización alimentados con dietas a base de maíz y harina de soya que contenían 0 o 20% de DDGS. Se asignaron aleatoriamente 16 cerdos PIC que pesaban 57.6 ± 3.8 kg a uno de dos tratamientos de dieta (ocho cerdos/tratamiento): control (0% de DDGS) y 20% de DDGS. Se utilizó una secuencia de dietas de tres fases. Los niveles de lisina total y de fósforo calculados fueron idénticos para ambas dietas dentro de cada fase. Se recolectaron a diario las heces de cada cerdo que estaban alojados en jaulas de recolección, excepto durante los últimos tres días de las semanas 2, 6 y 10, cuando se recolectaron las excreciones fecales y urinarias totales para las mediciones de equilibrio de nutrientes. La orina y las heces se mezclaron y se vaciaron en fosas anaeróbicas simuladas de heces, de acuerdo con los tratamientos de la dieta respectivos. Semanalmente se recolectaron muestras de aire de la parte superior de cada foso simulado, y se analizó el contenido de sulfuro de hidrógeno (H_2S) y amoníaco (NH_3). En las muestras de aire recolectadas durante la semana 0, 2, 5 y 8 se evaluó el nivel de detección de olor mediante un panel humano de olor y un olfatómetro.

El tratamiento de las dietas no tuvo efecto sobre el H_2S , NH_3 o los niveles de detección de olor en el estudio de 10 semanas. Los cerdos alimentados con las dietas de DDGS tuvieron un mayor consumo de nitrógeno (N) y energía bruta (EB) en las tres fases de crecimiento, pero el consumo de alimento promedio diario no fue diferente entre tratamientos. La ED y EM (kcal/kg) no fueron diferentes entre las dos dietas experimentales. El porcentaje de retención de nitrógeno no fue diferente entre los tratamientos de la dieta, aunque la alimentación de DDGS tendió a incrementar el consumo y la excreción de N durante las tres fases. El porcentaje de retención de fósforo no fue diferente entre los tratamientos de la dieta. Estos resultados indican que la alimentación de 20% de DDGS no tiene efecto sobre el H_2S , NH_3 y niveles de olor en un periodo de almacenamiento del estiércol de 10 semanas en comparación con la alimentación de dietas de maíz - harina de soya. La alimentación de DDGS aumenta el consumo de EB y mejora la utilización del fósforo durante las últimas fases de finalización, pero también aumenta la excreción del N. Cuando las dietas que contenían DDGS se formularon con base en fósforo disponible con el valor de fósforo disponible obtenido por Whitney et al. (2001), uno esperaría que se redujera la excreción de fósforo en las heces porcinas.

Efecto de la alimentación de DDGS sobre la salud intestinal de cerdos en crecimiento

Whitney et al. (2006a, b) llevaron a cabo dos experimentos para determinar si la inclusión de DDGS en la dieta de cerdos jóvenes en crecimiento reduce la incidencia o gravedad de los signos clínicos, la emisión fecal, lesiones intestinales e infección celular que indica una enteropatía proliferativa porcina (ileítis) después del desafío con *Lawsonia intracellularis*. En el primer experimento, se destetaron 80 cerdos a los 17 días de edad, y se distribuyeron aleatoriamente (bloqueados por sexo y peso) a uno de cuatro grupos de tratamiento. Un grupo control negativo no se desafió y se alimentó con una dieta control de maíz y harina de soya. Los 3 grupos restantes se inocularon oralmente con 1.5×10^9 de *L. intracellularis* por cerdo después de un periodo de adaptación de dieta de cuatro semanas, y se alimentaron ya fuera con la dieta control de maíz - harina de soya o la dieta similar que contenía 10 o 20% de DDGS. Al día 21 posterior al desafío, todos los cerdos se eliminaron por eutanasia y se examinó la mucosa intestinal para

buscar la presencia de lesiones. Se analizaron muestras de tejido ileal para determinar la presencia y proliferación de *L. intracellularis*. El desafío de los cerdos redujo el CADP, la GDP y la G/A en 25, 55 y 40%, respectivamente, durante el periodo de tres semanas posterior al desafío. El tratamiento de la dieta no afectó el desempeño del crecimiento. Las lesiones macroscópicas se observaron en 63% de los cerdos desafiados, en comparación con 0% en el grupo control negativo. La inclusión de DDGS en la dieta no afectó positivamente la prevalencia de lesiones y su duración, la proliferación de *L. intracellularis* o la gravedad de las lesiones. En el segundo experimento, se manejaron 100 cerdos de manera similar al primero, excepto que se redujo en un 50% la dosificación del *L. intracellularis* para desafiar a los cerdos. Los grupos de tratamiento consistieron de un grupo control negativo y cuatro tratamientos en un arreglo 2x2 factorial que probaba el efecto de la inclusión de 10% de DDGS o el régimen antimicrobiano. El régimen antimicrobiano consistía de proporcionar 30 mg de BMD[®]/kg de dieta (suministrado continuamente en la dieta), con clortetraciclina (Aureomycin[®]) impusada a 500 mg/kg de los 3 días antes, a los 11 días posteriores al desafío. La alimentación de dietas que contenían 10% de DDGS redujo la duración y prevalencia de las lesiones en el íleon y en el colon, así como su gravedad, en comparación con otros cerdos desafiados. Los cerdos alimentados con el régimen antimicrobiano redujeron la prevalencia y la gravedad de las lesiones en el yeyuno y tendieron a tener una reducción en la duración de las lesiones totales del tubo. La combinación de DDGS y el antimicrobiano resultó en que no hubo diferencias en la duración, gravedad o prevalencia de lesiones, pero la emisión fecal de *L. intracellularis* se redujo al día 14 posterior al desafío. La proporción de células intestinales infectadas con *L. intracellularis* se redujo cuando se alimentó el DDGS o antimicrobianos. En conclusión, parece que la inclusión en la dieta de DDGS puede ayudar al cerdo joven en crecimiento a resistir un desafío moderado de ileítis similar al régimen antimicrobiano aprobado en EUA, pero bajo desafíos más graves, los DDGS tal vez no sean eficaces.

Tasas de inclusión máxima recomendadas de DDGS en dietas porcinas

Con base en los resultados de investigación actuales, las tasas de uso máximo de DDGS en las dietas para cerdos son como se muestra a continuación:

Fase de producción	% máximo de la dieta
Cerdos lactantes (>7 kg)	30
Cerdos en crecimiento-finalización	20
Primerizas en desarrollo	20
Cerdas en gestación	50
Cerdas en lactación	20
Verracos	50

Estas recomendaciones dan por sentado que los DDGS de alta calidad no contienen micotoxinas. Las dietas de lactancia que contienen hasta un 30% de DDGS van a sustentar el desempeño del crecimiento equivalente a alimentar a los cerdos con dietas a base de maíz y harina de soya, siempre y cuando estas dietas estén formuladas con base en aminoácidos digestibles y fósforo disponible. De la misma forma, las dietas de crecimiento-finalización y de

desarrollo de primerizas que contienen niveles de hasta el 30% de DDGS deben proporcionar un desempeño de crecimiento equivalente en comparación a los cerdos que se alimentan con dietas de maíz - harina de soya, si están formuladas con base en aminoácidos digestibles y fósforo disponible. Sin embargo, debido a las preocupaciones de una reducción en la firmeza abdominal y a la grasa de cerdo suave a niveles altos de inclusión de DDGS, recomendamos no más del 20% de DDGS en las dietas de crecimiento - finalización. Si el proveedor de DDGS tiene un programa de control de calidad que incluye la separación de micotoxinas del maíz o los DDGS, las dietas de desarrollo de marranas primerizas pueden contener hasta un 20% de DDGS.

Para las cerdas, puede añadirse hasta un 50% de DDGS con éxito a las dietas de gestación, y 20% de DDGS a la dieta de lactación, si no tienen micotoxinas. Si no hay seguridad de que los DDGS estén libres de micotoxinas, no se debe añadir más del 20% a las dietas de gestación y no más del 10% de DDGS a las dietas de lactación, para de esta forma minimizar el riesgo de micotoxicosis. Sin embargo, cuando se cambia a las cerdas de una dieta de maíz - harina de soya a una que contiene DDGS, las dietas de gestación deben formularse inicialmente para contener el 20% de DDGS y luego se puede ir aumentando este nivel con cada nuevo lote de alimento para que las cerdas se adapten al ingrediente y se evite reducir el consumo de alimento. De la misma forma, cuando se cambie de una dieta de maíz - harina de soya a una con DDGS en cerdas en lactación, hay que empezar con 10% de DDGS para que se adapten (aproximadamente de 5 a 7 días) antes de alimentar el nivel máximo recomendado y así evitar reducciones en el consumo de alimento.

Bibliografía

Beeson, W.M., D.L. Jeter, and J.H. Conrad. 1959. Effect of organic and inorganic sources of unidentified growth factors on the growing pig. *Proc. Distillers Feed Conf.* 14:62-69.

Boyd, R.D. 1997. Relationship between dietary fatty acid profile and body fat composition in growing pigs. PIC USA T & D Technical Memo 153. Pig Improvement Company, USA, Franklin, Kentucky.

Catron, D.V., F. Diaz, V.C. Speer and G.C. Ashton. 1954. Distillers dried solubles in pig starters. *Proc. Distillers Feed Conf.* 9:49-51.

Combs, G.E. and H.D. Wallace. 1969. Dried distillers' grains with solubles in pig starter diets. Florida Agric. Expt. Station, Gainesville. Mimeograph Series No. AN69-14.

Combs, G.E. and H.D. Wallace. 1970. Dried distillers' grains with solubles for growing finishing pigs. Florida Agric. Expt. Station, Gainesville. Mimeograph Series No. AN70-13.

Conrad, J.H. 1961. Recent research and the role of unidentified growth factors in 1961 swine rations. *Proc. Distillers Feed Conf.* 16:41-51.

Couch, J.R., H.D. Stelzner, R.E. Davies, and C.W. Deyoe. 1960. Isolation of an unidentified factor from corn distillers dried solubles. *Proc. Distillers Feed Conf.* 15:11-19.

Cromwell, G.L., T.S. Stahly, H.J. Monegue, and J.R. Overfield. 1983. Distillers dried grains with solubles for growing-finishing swine. Kentucky Agric. Expt. Station, Lexington. Progress Report 274. p. 30-32.

Cromwell, G.L., T.S. Stahly, and H.J. Monegue. 1985. Distillers dried grains with solubles and antibiotics for weanling swine. Kentucky Agric. Expt. Station, Lexington. Progress Report 292. p. 10-11.

Cromwell, G.L. and T.S. Stahly. 1986. Distillers dried grains with solubles for growing finishing swine. *Proc. Distillers Feed Conf.* 41:77-87.

Cromwell, G.L., K.L. Herkelman, and T.S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 71:679-686.

DeDecker, J.M., M. Ellis, B.F. Wolter, J. Spencer, D.M. Webel, C.R. Bertelsen and B.A. Peterson. 2005. Effects of dietary level of distiller dried grains with solubles and fat on the growth performance of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2):49.

- Fairbanks, B.W., J.L. Krider, and W.E. Carroll. 1944. Distillers by-products in swine rations. I. Creep-feeding and growing-fattening rations. *J. Anim. Sci.* 3:29-40.
- Fairbanks, B.W., J.L. Krider, and W.E. Carroll. 1945. Distillers by-products in swine rations. III. Dried corn distillers' solubles, alfalfa meal, and crystalline B-vitamins compared for growing-fattening pigs in drylot. *J. Anim. Sci.* 4:420-429.
- Fastinger, N.D. and D.C. Mahan. 2006. Determination of the ideal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 84:1722-1728.
- Fu, S.X., M. Johnston, R.W. Fent, D.C. Kendall, J.L. Usry, R.D. Boyd, and G.L. Allee. 2004. Effect of corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) on growth, carcass characteristics and fecal volume in growing finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 2):50.
- Gaines, A, B. Ratliff, P. Srichana, and G. Allee. 2006. Use of corn distiller's dried grains and solubles in late nursery pig diets. *J. Anim. Sci.* 84(Suppl.2):89.
- Gralapp, A.K., W.J. Powers, M.A. Faust, and D.S. Bundy. 2002. Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odorous emissions from swine. *J. Anim. Sci.* 80:1512-1519.
- Hanson, L.E. 1948. Swine feeding trials with distillers solubles. *Proc. Distillers Feed Research Conf.* 3:47-56.
- Hastad, C.W., M.D. Tokach, J.L. Nelssen, R.D. Goodband, S.S. Dritz, J.M. DeRouchey, C.N. Groesbeck, K.R. Lawrence, N.A. Lenehan, and T.P. Keegan. 2004. Energy value of dried distillers grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 2):50.
- Hill, G.M., J.E. Link, M.J. Rincker, K.D. Roberson, D.L. Kirkpatrick, and M.L. Gibson. 2005. Corn distillers grains with solubles in sow lactation diets. *J. Anim. Sci.* 83 (Suppl. 2):82.
- Krider, J.L, B.W. Fairbanks and W.E. Carroll. 1944. Distillers by-products in swine rations. II. Lactation and growing-fattening rations. *J. Anim. Sci.* 3:107-119.
- Krider, J.L. and S.W. Terrill. 1949. Recent work at the Illinois station on distillers grain solubles in swine rations. *Proc. Distillers Feed Research Conf.* 4:21-33.
- Lea, C. H., P. A. T. Swoboda, and D. P. Gatherum. 1970. A chemical study of soft fat in crossbred pigs. *J. Agric. Sci. Camb.* 74:1-11.
- Livingstone, R.M. and D.M.S. Livingston. 1966. A note on the use of distillers' by-products in diets for growing pigs. *Anim. Prod.* 11:259-261.
- Monegue, H.J. and G.L. Cromwell. 1995. High dietary levels of corn byproducts for gestating sows. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1):86.
- National Research Council. 1998. *Nutrient Requirements of Swine.* 10th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Orr, D.E., W.F. Owsley and L.F. Tribble. 1981. Use of corn distillers dried grains, dextrose, and fish meal. *Proc. 29th Swine Short Course, Texas Agric. Expt. Station, Lubbock,* pp. 48-50.
- Pederson, C., A. Pahn, and H.H. Stein. 2005. Effectiveness of *in vitro* procedures to estimate CP and amino acid digestibility coefficients in dried distillers grain with solubles by growing pigs. *J. Anim. Sci.* (Suppl. 2) 83:39.
- Pork Industry Handbook. 1998. Relative value of feedstuffs for swine. Purdue University, Factsheet 112.
- Smelski, R.B. and S.C. Stothers. 1972. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles for finishing pigs. *Proc. Western Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 23:122-127.
- Spiehs, M.J., G.C. Shurson, and M.H. Whitney. 1999. Energy, nitrogen, and phosphorus digestibility of growing and finishing swine diets containing distiller's dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 77:188 (Suppl. 1).
- Spiehs, M.J., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and R.E. Nicolai. 2000. Odor characteristics of swine manure and nutrient balance of grow-finish pigs fed diets with and without distillers dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 78:69 (Suppl. 2).
- Spiehs, M.J., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639.
- Stein H. H., M. L. Gibson, C. Pedersen, and M. G. Boersma. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 853-860.
- Thong, L.A., A.H. Jensen, B.G. Harmon, and S.G. Cornelius. 1978. Distillers dried grains with solubles as a supplemental protein source in diets for gestating swine. *J. Anim. Sci.* 46:674-677.

Wahlstrom, R.C., C.S. German, and G.W. Libal. 1970. Corn distillers dried grains with solubles in growing-finishing swine rations. *J. Anim. Sci.* 30:532-535.

Wahlstrom, R.C. and G.W. Libal. 1980. Effect of distillers dried grains with solubles in pig starter diets. *SDSU Swine Day. Bull. No. 80-6.* p. 14-16. Brookings, SD.

Wallace, H.D. and G.E. Combs. 1968. Distillers' dried corn solubles as a source of unidentified nutritional factor(s) for the gestating-lactating sow. Florida Agric. Expt. Station, Gainesville. Mimeograph Series No. AN69-3.

Weigel, J.C., D. Loy, and L. Kilmer. 1997. Feed Co-Products of the Dry Corn Milling Process. Renewable Fuels Association and National Corn Growers Association. Washington, D.C. and St. Louis, MO.

Whitney, M.H., M.J. Spiehs, and G.C. Shurson. 2001. Availability of phosphorus availability of distiller's dried grains with solubles for growing swine. *J. Anim. Sci.* 79 (Suppl. 1):108.

Whitney, M.H. and G.C. Shurson. 2004. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 82:122-128.

Whitney, M.H., G.C. Shurson, and R.C. Guedes. 2006a. Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1860–1869.

Whitney, M.H., G.C. Shurson, and R.C. Guedes. 2006b. Effect of including distillers dried grains with solubles in the diet, with or without antimicrobial regimen, on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1870–1879.

Whitney, M.H., G.C. Shurson, L.J. Johnston, D. Wulf, and B. Shanks. 2006c. Growth performance and carcass characteristics of pigs fed increasing levels of distiller's dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 84:(in press).

Wilson, J.A., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and S.K. Baidoo. 2003. Effects of adding distiller's dried grain with solubles (DDGS) to gestation and lactation diets on reproductive performance and nutrient balance. *J. Anim. Sci.* 81: (Suppl. 1).

Winford, E.J., W.P. Garrigus, and C.E. Barnhart. 1951. Distillers dried solubles as a protein supplement for growing and fattening hogs in drylot. Kentucky Ag. Expt. Station. Bull. No. 577. p.3-16. Lexington, KY.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Uso de los granos secos de destilería con solubles de EUA en las dietas acuícolas

La acuicultura es una de las industrias de producción de alimentos para consumo humano de más rápido crecimiento en el mundo. Tradicionalmente se ha usado durante muchos años la harina de pescado en los alimentos comerciales para peces, como la principal fuente de proteína de la dieta. Sin embargo, cuando disminuye la producción mundial de harina de pescado y aumentan su precio, los nutriólogos de peces empiezan a considerar fuentes de proteína vegetal que sean más económicas. Las fuentes de proteína vegetal tradicionalmente se han considerado como inferiores a la harina de pescado en las dietas de peces. Sin embargo cuando se añaden a la dieta dos o más fuentes de proteína vegetal complementaria tales como los granos secos de destilería con solubles (DDGS) y la harina de soya, existe el potencial de sustituir toda la harina de pescado en la dieta. Por lo tanto, los nutriólogos de peces continuamente están evaluando fuentes alternativas de proteína vegetal, como un medio para reducir o reemplazar las fuentes de harina de pescado caras y reducir así el costo de la dieta. Debido a su contenido moderadamente alto en proteína, el contenido de fósforo relativamente bajo y el bajo costo, en comparación con la harina de pescado, hay un creciente interés mundial en el uso de los DDGS en las dietas acuícolas. Además los DDGS no contienen factores antinutrientales que se encuentran en otras fuentes de proteínas, como la harina de soya (inhibidores de tripsina) o la harina de semilla de algodón (gosipol).

La acuicultura, al igual que la producción de ganado y de aves en todo el mundo, está también sujeta a mayores reglamentaciones ambientales. Los dos nutrientes de mayor preocupación en aguas residuales de las granjas de peces son el nitrógeno y el fósforo. La harina de soya y los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son relativamente altos en proteína pero mucho más bajos en fósforo que la harina de pescado. Como resultado, la sustitución de la harina de pescado por DDGS y harina de soya en las dietas acuícolas reducen el nivel de fósforo total en la dieta y en las aguas de descarga de las granjas piscícolas.

Este trabajo describe los resultados de estudios recientes de la alimentación de dietas que contienen DDGS y proporciona una revisión de las tasas de inclusión máximas de DDGS en la dieta, basada en estos resultados.

Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)

Una de las características atractivas del uso de los DDGS en las dietas de bagre de canal es que no contiene factores antinutrientales que se encuentran en otras fuentes de proteína tales como la harina de soya (inhibidores de tripsina - Wilson y Poe, 1985; Shiau et al., 1987) o la harina de semilla de algodón (gosipol – Jauncey y Ross, 1982; Robinson, 1991). Tidwell et al. (1990) llevaron a cabo un experimento en un periodo de 11 semanas en el que los alevines de bagre de canal se alimentaron con dietas que contenían 0, 10, 20 y 40% de granos de destilería con solubles, en sustitución parcial del maíz y de la harina de soya. Después del periodo de alimentación de 11 semanas no hubo diferencias significativas en el peso individual de los peces, el porcentaje de supervivencia, la conversión alimenticia o la tasa de eficiencia de proteína entre

los tratamientos de dieta (cuadro 1). Sin embargo, los peces alimentados con la dieta del 20% de DDGS fueron ligeramente más cortos en longitud, en comparación con los que se alimentaron con otros tratamientos de dietas.

Cuadro 1: Longitud, supervivencia, peso corporal final, conversión alimenticia y tasa de eficiencia de proteína (PER) en alevines de bagre de canal alimentados con dietas que contenían cuatro niveles de granos de destilería con solubles.

	0% de DDGS	10% de DDGS	20% de DDGS	40% de DDGS
Longitud, mm	115.2	114.1	107.4	117.8
Supervivencia, %	67.5	70.0	80.0	90.0
Peso corporal final, g	17.3	15.2	13.2	16.5
Alimento/ganancia (A/G)	2.85	3.23	3.20	2.60
PER	0.99	0.87	0.88	1.05

En un estudio llevado a cabo por Webster et al. (1993), se alimentó a juveniles de bagre en jaulas con dietas que contenían 0, 10, 20 o 30% de DDGS para sustituir parcialmente el maíz y la harina de soya en la dieta. No hubo diferencias en los pesos individuales de los peces, la supervivencia, la conversión alimenticia, la composición y el desperdicio de la canal (cabeza, piel y vísceras) y las propiedades organolépticas de los filetes entre los tratamientos de la dieta. Los resultados de este estudio indican que se puede añadir hasta un 30% de DDGS a las dietas de bagre de canal sin efectos negativos sobre el desempeño del crecimiento, la composición de la canal o la calidad del sabor de los filetes. Por lo tanto, se considera a los DDGS como un ingrediente aceptable en las dietas para bagre de canal (Tidwell et al., 1990; Webster et al., 1991).

Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)

Los alimentos balanceados para peces carnívoros como la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) requieren de grandes cantidades de harina de pescado (300 a 500 g/kg dieta). Como resultado, cuando es alto el precio de la harina de pescado, el nutriólogo empieza a evaluar fuentes de proteínas alternativas, como los DGS, para usarse como sustituto parcial de la harina de pescado.

Cheng y Hardy (2004a) informaron que ellos tenían datos no publicados que indicaban que los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes en los DDGS eran altos para la trucha arcoiris. Los coeficientes de digestibilidad aparentes de la proteína cruda, aminoácidos esenciales y aminoácidos no esenciales fueron del 90.4%, más del 90% (excepto para la treonina, 87.9%), y más del 86% (excepto para la cistina, 75.9%), respectivamente. Sin embargo, señalaron que uno de los limitantes de usar los DDGS en las dietas para truchas arcoiris es el nivel relativamente bajo de los aminoácidos más limitantes (lisina y metionina), que es mucho más bajo que el encontrado en la harina de pescado. Por lo tanto, es necesaria la suplementación de lisina y metionina sintéticas para poder lograr un desempeño del crecimiento satisfactorio.

Cheng y Hardy (2004a) llevaron a cabo un estudio de alimentación de seis semanas para determinar los efectos de alimentar dietas que contenían 0, 7.5, 15 y 22.5% de DDGS, con o sin

la suplementación de lisina y metionina sintéticas, para evaluar el valor nutritivo de este ingrediente en las dietas de truchas arcoiris de 50 g. La tasa de supervivencia de todos los peces que se uso en este estudio fue del 100%. Los peces alimentados con las dietas que contenían 15% de DDGS, o que sustituían el 50% de la harina de pescado con base isonitrogenada e isocalórica, tuvieron una ganancia de peso así como una conversión alimenticia similar, en comparación con los peces alimentados con las dietas a base de harina de pescado. Esto indica que los DDGS se pueden añadir hasta en un 15% de la dieta, o se puede sustituir hasta un 50% de la harina de pescado en la dieta, sin necesidad de suplementar con lisina y metionina para lograr un desempeño de crecimiento satisfactorio. Además, los DDGS se pueden usar a un nivel de inclusión del 22.5% de la dieta o sustituir hasta un 75% de la harina de pescado en las dietas de trucha arcoiris con la suplementación de lisina y metionina. Además, Cheng et al. (2003) mostraron que cuando se añadían harina de soya, DDGS y 1.65 g/kg del hidroxianálogo de la metionina (MHA) a las dietas de trucha arcoiris (50 g de peso corporal inicial) para sustituir el 50% de la harina de pescado, la ganancia de peso, la conversión alimenticia, la retención de proteína cruda y fósforo se mejoraron significativamente, en comparación con los peces que se alimentaron con una dieta equivalente sin la suplementación de MHA.

Cheng y Hardy (2004b) también evaluaron los efectos de la suplementación de fitasa sobre los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes en los DDGS, así como el desempeño del crecimiento y la retención de nutrientes aparente de las truchas arcoiris alimentadas con dietas que contenían DDGS, fitasa y niveles variantes de premezclas de minerales traza. Los coeficientes de digestibilidad aparente en las dietas con DDGS (30% del total de la dieta) que contenían diferentes niveles de fitasa (0, 300, 600, 900 y 1200 UFT/kg de la dieta) estuvieron en un intervalo de 49-59% para la materia seca, 79-89% para la grasa cruda, 80-92% para la proteína cruda y 51-67% para la energía bruta, 74-97% para los aminoácidos y de 7-99% para los minerales. Cuando se incluyeron los DDGS a una tasa del 15% de la dieta y se suplementaron con lisina, metionina y fitasa, pero con una suplementación de diferentes niveles de premezcla de minerales traza, no hubo diferencias en la ganancia de peso, conversión alimenticia, supervivencia, composición corporal y retención aparente de nutrientes entre los peces alimentados con todas las dietas, excepto aquéllos alimentados con la dieta sin la suplementación de minerales traza. Estos resultados indican que la fitasa fue eficaz en liberar la mayor parte de los minerales y que se pudo reducir la suplementación de minerales traza cuando se añadió fitasa a las dietas de trucha arcoiris.

Stone et al. (2005) evaluaron los efectos de la extrusión sobre el valor nutritivo de las dietas que contenían harina de gluten de maíz y de DDGS para trucha arcoiris y observaron que la cantidad de sustitución de harina de pescado en la dieta dependía de la relación de los DDGS a la harina de gluten de maíz que se usaba. Sus resultados indican que la inclusión de hasta un 18% de estos coproductos puede sustituir alrededor de un 25% de la harina de pescado en dietas prácticas, sin afectar negativamente el desempeño del crecimiento. Ellos también encontraron que no fue de beneficio la extrusión de las dietas que contenían DDGS y harina de gluten de maíz, en comparación con las dietas peletizadas en frío.

Langostinos de río (*Macrobrachium rosenbergii*)

Pocos estudios se han llevado a cabo con la alimentación de dietas que contienen DDGS a los langostinos de río. En un estudio inicial, Tidwell et al. (1993a) alimentó juveniles de langostinos de río (0.66 g) una de tres dietas isonitrogenadas (29% proteína cruda) que contenían 0, 20 ó

40% de DDGS. No hubo diferencias entre los tratamientos de la dieta para el rendimiento promedio (833 kg/hectárea), supervivencia (75%), peso individual (57 g) y conversión alimenticia (3.1). Estos resultados muestran que se pueden incluir niveles de hasta 40% de DDGS en las dietas prácticas para langostinos con una densidad de 19,760/hectárea para lograr un buen desempeño.

En un estudio subsiguiente, Tidwell et al. (1993b) evaluaron los efectos de reemplazar parcialmente la harina de pescado con harina de soya y DDGS en las dietas para juveniles de langostinos cultivados en estanques (0.51 g). Se formularon tres dietas que contenían 32% de proteínas cruda y 15, 7.5 ó 0% de harina de pescado. La harina de pescado se sustituyó con un porcentaje variable de harina de soya y un porcentaje fijo de DDGS (40%). No hubo diferencias entre los tratamientos de la dieta para el rendimiento promedio, supervivencia, peso individual y conversión alimenticia. Señalaron que la sustitución de la harina de pescado con harina de soya y DDGS aumentó los niveles en la dieta de glutamina, prolina, alanina, leucina y fenilalanina, y disminuyó los niveles del ácido aspártico, glicina, arginina y lisina de las dietas. Los perfiles de ácidos grasos de las dietas también cambiaron cuando se sustituyó la harina de pescado con harina de soya y DDGS. Aumentaron las concentraciones de 16:0, 18:2n-6 y 20:1n-9 y disminuyeron las de 14:0, 16:1n-7, 18:1n-9, 18:3n-3, 20:5n-3, 22:5n-3 y 22:6n-3. Estos resultados indican que se puede sustituir parcial o totalmente la harina de pescado con harina de soya y DDGS en dietas de langostinos de río cultivados en estanques en zonas templadas. Coyle et al. (1996) mostraron que juveniles de langostinos (de más de 2 g) pueden consumir directamente los DDGS, y que pueden servir con una doble función: de alimento y de fertilizante del estanque.

Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez muy popular de aguas cálidas que se cultiva en todo el mundo. Wu et al. (1994) informaron que las dietas que contenían harina de gluten de maíz (18%) o DDGS (29%) y 32% o 36% de proteína cruda, resultaron en ganancias de peso mayores en tilapia, que los peces con alimento piscícola comercial que contenía 36% de proteína cruda y harina de pescado, en tilapias con peso inicial de 30 g.

En un estudio subsiguiente, Wu et al., (1996) evaluaron las respuestas del crecimiento en un periodo de alimentación de ocho semanas de tilapia más pequeña (0.4 g de peso inicial) con la alimentación de dietas que contenían hasta 49% de DDGS, hasta 42% de harina de gluten de maíz >20% de proteína o hasta el 22% de harina de gluten de maíz, con niveles de proteína cruda en la dieta del 32%, 36% y 40%. De las ocho dietas alimentadas, la mayor ganancia de peso se logró con la alimentación de la dieta control comercial de 36% de proteína (5,320% de aumento) y la dieta de 40% de proteína que contenía que 35% de DDGS (5,100% de aumento). La conversión alimenticia más alta se logró con la alimentación de la dieta control (1.05) y con dos dietas de 40% en proteína que contenían 35% de DDGS (1.13) o 30% de harina de gluten de maíz >20% de proteína (1.12). La tasa de eficiencia de proteína más alta (ganancia de peso/proteína alimentada) se obtuvo con la alimentación de la dieta control (3.79) y con dos dietas de 36% de proteína que contenían 49% de DDGS (3.71) o 42% de harina de gluten de maíz >20% de proteína (3.55). De estos resultados, los investigadores concluyeron que la alimentación de dietas que contenían 32%, 36% y 40% de proteína y 16 - 49% de coproductos del etanol ricos en proteína, resultarán en una buena ganancia de peso, conversión alimenticia y tasas de eficiencia de proteína para los alevines de tilapia.

Cuando se usen DDGS en las dietas acuícolas, también es importante saber si las dietas de contenido de proteína más bajo que contienen cantidades altas de coproductos del etanol (DDGS, harina de gluten de maíz >20% de proteína o harina de gluten maíz) y aminoácidos sintéticos pueden sustentar un desempeño satisfactorio del crecimiento. Wu et al., (1997) evaluaron el desempeño del crecimiento de alevines de tilapia (0.5 g de peso inicial) en un periodo de alimentación de ocho semanas con dietas que contenían 28% o 32% de proteína, lisina y triptofano sintéticos y 54 - 92% de coproductos del etanol. No hubo diferencia estadísticamente significativa en la conversión alimenticia (1.76 contra 1.43) y la tasa de eficiencia de proteína (1.82 contra 2.21) entre los peces alimentados con la dieta de 28% de proteína que contenía 82% de DDGS y lisina y triptofano sintéticos, o la de 67% de harina de gluten de maíz >20% de proteína y 26% de harina de soya y los peces alimentados con la dieta control de 32% de proteína (CA = 1.25, PER = 2.05). Con base en estos resultados, existe el potencial de usar los DDGS y otros coproductos del etanol, junto con la suplementación de aminoácidos sintéticos para formular dietas completamente vegetales y sustituir toda la harina de pescado en los juveniles de tilapia.

Tidwell et al. (2000) evaluaron el crecimiento, supervivencia y composición corporal de tilapia del Nilo cultivada en jaulas alimentada con DDGS peletizado y no peletizado en policultivos con langostinos de río. La tasa de crecimiento fue más alta para los peces alimentados con los DDGS peletizados que para los alimentados con los no peletizados. Sin embargo, los peces alimentados con la dieta comercial de bagre, tuvieron mayores incrementos en el peso individual, longitud individual, tasa de crecimiento específica y conversión alimenticia, en comparación con los peces alimentados con las dietas que incluían DDGS, ya fuera peletizado o no peletizado. Aunque el crecimiento fue mayor para los peces alimentados con la dieta comercial, el costo de producción fue significativamente mayor (US\$0.66/kg de ganancia), en comparación los peces alimentados con las dietas de DDGS no peletizados y peletizados (ganancia de US\$0.26/kg y US\$0.37/kg, respectivamente). La producción de langostinos fue de 1,449 kg/por hectárea y la adición de la tilapia en policultivo aumentó la productividad total del estanque en 81%. Estos investigadores concluyeron que la alimentación de DDGS proporciona un crecimiento económico de la tilapia y que el policultivo de la tilapia puede mejorar la eficiencia total de los estanques de producción de langostinos en climas templados.

Conclusiones

Con base en estos recientes estudios de investigación, las tasas de inclusión máximas de DDGS en la dieta se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2: Recomendaciones actuales revisadas de las tasas de inclusión máximas de DDGS en la dieta para varias especies acuícolas.

Especie	% de DDGS	Comentarios
Bagre	Hasta el 30%	
Trucha	Hasta el 15%	Sin suplementación de lisina y metionina sintéticas
Trucha	Hasta el 22.5%	Con suplementación de lisina y metionina sintéticas
Salmón	Hasta el 10%	
Langostinos de río	Hasta el 40%	Puede sustituir parte o toda la harina de pescado en la dieta
Camarón	Hasta el 10%	No hay estudios, pero con base en resultados de investigación con langostinos de río, debería ser aceptable un mínimo del 10% de DDGS en camarones.
Tilapia	Hasta el 35%	Sin lisina sintética y suplementación en dietas de proteína alta (40% de proteína cruda)
Tilapia	Hasta el 82%	Con suplementación de lisina y triptofano sintéticos en dietas de bajo contenido de proteína (28% de proteína cruda)

Bibliografía

Cheng, Z.J., R.W. Hardy, and M. Blair. 2003. Effects of supplementing methionine hydroxyl analogue in soybean meal and distiller's dried grain-based diets on the performance and nutrient retention of rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)]. 2003. *Aquaculture Research* 34:1303-1310.

Cheng, Z.J. and R.H. Hardy. 2004a. Effects of microbial phytase supplementation in corn distiller's dried grains with solubles on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Aquaculture* 15:83-100.

Cheng, Z.J. and R.W. Hardy. 2004b. Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Aquaculture* 15:101-113.

Coyle, S., T. Najeeullah, and J. Tidwell. 1996. A preliminary evaluation of naturally occurring organisms, distiller by-products, and prepared diets as food for juvenile freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Journal of Applied Aquaculture* 6:57-66.

Jauncey, K., and B. Ross. 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. University of Stirling, Institute for Aquaculture, Stirling, UK.

Robinson, E.H. 1991. Improvement of cottonseed meal protein with supplemental lysine in feeds for channel catfish. *Journal of Applied Aquaculture* 1 (2):1-14.

Shiau, S.Y., J. L. Chuang, and G.L. Sun. 1987. Inclusion of soybean meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at two protein levels. *Aquaculture* 65:251-261.

Stone, D.A.J., R.W. Hardy, F.T. Barrows, and Z.J. Cheng. 2005. Effects of extrusion on nutritional value of diets containing corn gluten meal and corn distiller's dried grain for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture* 17:1-20.

Tidwell, J.H., C.D. Webster, and D.H. Yancey. 1990. Evaluation of distillers grains with solubles in prepared channel catfish diets. *Transactions of the Kentucky Academy of Science* 51:135-138.

Tidwell, J.H., C.D. Webster, J.A. Clark, and L.R. D'Abramo. 1993a. Evaluation of distillers dried grains with solubles as an ingredient in diets for pond culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of the World Aquaculture Society* 24:66-70.

Tidwell, J.H., C.D. Webster, D.H. Yancey, and L.R. D'Abramo. 1993b. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and distiller's by-products in diets for pond culture of the freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Aquaculture* 118:119-130.

Tidwell, J.H., S.D. Coyle, A. VanArnum, C. Weibel, and S. Harkins. 2000. Growth, survival, and body composition of cage cultured Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed pelleted and unpelleted distillers grains with solubles in polyculture with freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Journal of the World Aquaculture Society 31:627-631.

Webster, C.D., J.H. Tidwell, and D.H. Yancey. 1991. Evaluation of distillers grains with solubles as a protein source in diets for channel catfish. Aquaculture 96:179-190.

Webster, C.D., J.H. Tidwell, L.S. Goodgame, and P.B. Johnsen. 1993. Growth, body composition, and organoleptic evaluation of channel catfish fed diets containing different percentages of distiller's grains with solubles. The Progressive Fish-Culturist 55:95-100.

Weigel, J.C., D. Loy, and L. Kilmer. 1997. Feeding co-products of the dry corn milling process. Renewable Fuels Association and National Corn Growers Association. Washington, D.C. and St. Louis, MO p. 8.

Wilson, R.P., and W.E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. Aquaculture 46:19-25.

Wu, Y.V., R.R. Rosati, D.J. Sessa, and P.B. Brown. 1994. Utilization of protein-rich ethanol co-products from corn in tilapia feed. Journal of American Oil Chemists Society 71:1041-1043.

Wu, Y.V., R.R. Rosati, and P.B. Brown. 1996. Effect of diets containing various levels of protein and ethanol coproducts from corn on growth of tilapia fry. Journal of Agricultural Food Chemistry 44:1491-1493.

Wu, Y.V., R.R. Rosati, and P.B. Brown. 1997. Use of corn-derived ethanol coproducts and synthetic lysine and tryptophan for growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. Journal of Agricultural Food Chemistry 45:2174-2177.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Efectos de alimentar granos secos de destilería con solubles de EUA a animales de compañía

Caballos

Se ha llevado a cabo muy poca investigación con relación a la alimentación de dietas con granos secos de destilería con solubles (DDGS) a caballos y otros animales de compañía. Los cálculos de la energía digestible de los coproductos de destilería van de 11.5 a 14.2 megajulios (MJ)/kg de materia seca (DLG, 1995), además de que la concentración relativamente alta de proteína cruda en los DDGS permite sustituir en parte la harina de soya o la leche descremada en polvo en alimentos para caballos (Frape, 1998). Es más, el contenido de aceite relativamente alto de los DDGS puede ser una fuente importante de energía para los caballos de alto rendimiento (DLG, 1995; Orme et al., 1997). Leonard et al. (1975) evaluaron la digestibilidad de la celulosa *in vitro* de los solubles de destilería secos (DDS) y los DDGS y mostraron que ambos ingredientes estimulan la digestión de la celulosa. También evaluaron el efecto de añadir DDGS a la dieta a niveles de 0%, 5% y 10%, o la administración de la mitad de DDGS (10% de la dieta total) directamente en el ciego vía una fístula, cuatro horas después de cada alimentación. Los DDGS administrados por el ciego resultaron en una digestibilidad de la celulosa significativamente mayor (32.4%) en comparación con la alimentación de una cantidad equivalente de DDGS en la dieta (27.2%). Se encontraron tendencias similares para la digestibilidad de la materia seca y de la energía bruta, pero no diferencias significativas entre tratamientos. En un estudio subsiguiente, Leonard et al. (1975) alimentaron dietas que contenían maíz, heno de pasto azul y DDGS a niveles de 0%, 9.1% y 18.2%, de lo que encontraron una respuesta lineal en la digestibilidad de proteína con niveles crecientes en la dieta de DDGS. No hubo diferencias entre los tratamientos de la dieta para la digestibilidad de materia seca celulosa o energía bruta. Estos autores concluyeron que los DDGS contienen algunos factores no identificados que estimulan la digestión de la celulosa mediante los organismos presentes en el ciego del caballo y que se pueden usar eficazmente los DDGS en dietas de caballos.

Aunque los caballos pueden utilizar los nutrientes en los DDGS bastante bien, uno de los problemas que podrían limitar el uso de éstos en alimentos para caballos es la palatabilidad. Los equinos son muy sensibles a la inclusión de ingredientes nuevos en la dieta. Pagan (1991) llevó a cabo una serie de estudios de preferencia y digestibilidad de alimentos para determinar lo adecuado de usar DDGS como ingrediente de alimentos para caballos. En los estudios de preferencias de alimentos, alimentó a caballos con dietas peletizadas que contenían 0%, 5%, 10% ó 20% de DDGS en dos pruebas en seis días consecutivos. Los caballos no mostraron diferencia en las preferencias entre dietas que contenían 0%, 5% ó 10% de DDGS, mientras que prefirieron el 20% de DDGS de manera más frecuente, que los pelets que contenían niveles más bajos de este ingrediente. Estos resultados indican que los DDGS se puedan usar eficazmente en alimentos peletizados para caballo a niveles de hasta el 10% de la dieta, sin tener efectos negativos

sobre la palatabilidad, mientras que el incremento del nivel de inclusión en la dieta de DDGS al 20% puede en realidad aumentar la preferencia del alimento. En los estudios de digestibilidad, la digestibilidad de proteína tendió a disminuir conforme aumentaba el nivel de DDGS en la dieta, y la digestibilidad de la materia seca disminuyó ligeramente cuando los caballos se alimentaron con las dietas de 5% y 10% de DDGS. Sin embargo, la digestibilidad de la grasa y del total de nutrientes digestibles (TND) no fue diferente entre las dietas que contenían diversos niveles de DDGS. Pagan (1991) concluyó que los DDGS parecen ser un ingrediente más apto para caballos a tasas de inclusión de hasta el 20% de la dieta.

Hill (2002) evaluó las respuestas de la conducta alimentaria y del consumo de alimento en caballos alimentados con diferentes proporciones de granos de destilería de trigo y concentrado de 1:0, 0.75:0.25, 0.50:0.50 y 0:1. Cuando se ofrecieron los granos de destilería de trigo a una tasa de 0.75 de la materia seca de la dieta y no se remojaron antes de proporcionarse, hubo una reducción significativa en la tasa de ingestión de alimento y el número de masticadas por kilogramo de materia seca. Si el concentrado se remojaba antes de alimentarse, había un incremento en el número de tandas de alimentación cuando se sustituyó 0.25 del concentrado con granos de destilería de trigo. Sin embargo, los procesos de consumo de alimento no se vieron afectados hasta que se sustituyó 0.5 de la materia seca del concentrado con granos de destilería de trigo. Con base en estos resultados, Hill (2002) concluyó que se pueden usar los granos de destilería del trigo como sustituto de otros ingredientes de energía y proteína en raciones para caballos, aunque la tasa de inclusión en la dieta depende del método de presentación del alimento al caballo. El remojo del concentrado antes de administrarlo, reduce el nivel de coproducto de destilería que se puede incorporar a la ración para poder cumplir con la cantidad deseada de consumo de materia seca.

Conejos

Muy poca investigación se ha llevado a cabo para evaluar el valor alimenticio de los DDGS en conejos. Se realizó un estudio en España, en el que los investigadores compararon la digestibilidad de nutrientes del salvado de trigo, la harina de gluten de maíz >20% de proteína y los DDGS en conejos híbridos New Zealand White x California (Villamide et al., 1989). La dieta basal contenía una cantidad baja de energía (2,200 kcal/kg de materia seca) y una relación alta de energía proteína (25 kcal de ED/g de proteína digestible). Aunque el contenido de fibra de la dieta fue similar, la digestibilidad de la energía y la fibra ácidodetergente (FAD) fue mayor para los conejos alimentados con la dieta de DDGS (74.0% y 58.3%, respectivamente) en comparación con los conejos que se alimentaron con dietas que contenían salvado de trigo (59.4% y 9.6%, respectivamente) y harina de gluten de maíz >20% de proteína (65.0% y 27.7%, respectivamente). Además, los conejos alimentados con la dieta de DDGS tuvieron el nivel más alto de digestibilidad de proteína (70.1%) en comparación con los alimentos con el salvado de trigo (66.6%) y la harina de gluten de maíz >20% de proteína (61.4%). Estos resultados indican que los DDGS son un ingrediente apto para las dietas de conejos y que proporcionan más energía, FAD y proteína digestibles que el salvado de trigo y el harina de gluten de maíz >20% de proteína.

Perros y gatos

Aunque no hay informes científicos publicados sobre la incorporación de DDGS en alimentos para gatos, se han realizado algunos cuantos estudios en los que se usan DDGS eficazmente en alimentos extruídos secos para perros. Los estudios se llevaron a cabo en la Universidad de Illinois (Allen et al., 1981) para evaluar la digestibilidad de nutrientes de las dietas que contenían DDGS para perros adultos e inmaduros Pointer. La suplementación de las dietas con niveles bajos (4% a 8%) de DDGS no tuvieron efecto sobre la digestibilidad aparente de materia seca o almidón en perros adultos. La adición de niveles moderados (16.1%) de DDGS a la dieta, disminuyó la digestibilidad de la materia seca, pero no tuvo efecto sobre la digestibilidad del almidón o la energía. La alimentación de dietas que contenían niveles altos (26.1%) de DDGS disminuyó la digestibilidad de la materia seca y de la energía, pero no tuvieron efecto sobre la digestibilidad de la proteína cruda en perros adultos. Los cachorros en crecimiento que se alimentaron con dietas que contenían una cantidad moderada (14.1%) de DDGS tuvieron una digestibilidad más baja de materia seca y de energía, pero digirieron más FAD en comparación con los cachorros alimentados con dietas que no contenían DDGS. El consumo de nitrógeno (N) y el N fecal se redujeron por la suplementación en la dieta de DDGS, pero no hubo efecto sobre el N urinario, la excreción total de N y el N absorbido o retenido.

Investigaciones adicionales realizadas por Corbin (1984) mostraron que se puede incluir hasta un 10% de DDGS en las dietas de cachorros en crecimiento para lograr un buen consumo de alimento y un buen crecimiento corporal (cuadro 1). La inclusión de DDGS en dietas de perros más viejos y más maduros, puede ser muy favorable para controlar la ganancia de peso debido a su alto contenido de fibra. Weigel et al. (1997) indicaron que las dietas para perros maduros podrían incluir hasta un 25% de DDGS, dependiendo de la edad y nivel de actividad para lograr una buena salud intestinal.

Cuadro 1: Efectos de la alimentación de una dieta que contiene 10% de DDGS a cachorros en crecimiento sobre el consumo de alimento, ganancia de peso y longitud corporal.

	0% de DDGS	10% de DDGS
Número de cachorros / tratamiento	12	12
Peso corporal inicial, kg	3.34	3.42
Peso corporal final, kg	10.15	10.28
Consumo de alimento/10 semanas, kg	21.34	27.96
Ganancia de peso, kg	6.80	6.86
Alimento/ganancia	3.13	4.07
Aumento en la longitud corporal, cm	22.25	21.97

Conclusiones

Con base en la información de investigación limitada que hay, parece que los DDGS son un ingrediente muy apto para su uso en dietas para caballos, conejos y perros. Las recomendaciones de alimentación actuales se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2: Tasas de inclusión máximas en la dieta recomendados de DDGS en dietas para caballos, conejos y perros.

Especie	Tasa de inclusión máxima de DDGS
Caballos	Hasta el 20% de la dieta
Conejos	Hasta el 20% de la dieta
Cachorros en crecimiento	Hasta el 10% de la dieta
Perros adultos	Hasta el 25% de la dieta, dependiendo de la edad y el nivel de actividad

Bibliografía

- Allen, S.E., G.C. Fahey, Jr., J.E. Corbin, J.L. Pugh, and R.A. Franklin. 1981. Evaluation of byproduct feedstuffs as dietary ingredients for dogs. *J. Anim. Sci.* 53:1538-1544.
- Corbin, J. 1984. Distillers dried grains with solubles for growing puppies. *Distillers Feed Conference.* 39:28-33.
- Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft, DLG. 1995. *Futtewettabellen – Ppferde.* 3. Ausgabe DLG, Frankfurt am Main, Germany.
- Frape, D. 1998. *Equine Nutrition and Feeding.* Blackwell Science, London.
- Hill, J. 2001. Effect of level of inclusion and method of presentation of a single distillery by-product on the processes of ingestion of concentrate feeds by horses. *Livestock Production Science* 75:209-218.
- Leonard, T.M., J.P. Baker, and J. Willard. 1975. Influence of distillers feeds on digestion in the equine. *J. Anim. Sci.* 40:1086-1092.
- Orme, C.E., R.C. Harris, D. Marlin, and J. Hurley. 1997. Metabolic adaptation to a fat supplemented diet by the thoroughbred horse. *British Journal of Nutrition* 78:443-455.
- Pagan, J.D. 1991. Distillers dried grains as an ingredient for horse feeds: Palatability and digestibility study. *Distillers Feed Conference.* 46:83-86.
- Villamide, M.J., J.C. de Blas, and R. Carabano. 1989. Nutritive value of cereal by-products for rabbits. 2. Wheat bran, corn gluten feed and dried distillers grains and solubles. *Journal of Applied Rabbit Research* 12:152-155.
- Weigel, J.C., D. Loy, and L. Kilmer. 1997. Feeding co-products of the dry corn milling process. *Renewable Fuels Association and National Corn Growers Association.* Washington, D.C. and St. Louis, MO p. 8.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Características físicas y químicas de los granos secos de destilería con solubles de EUA

Las características físicas y químicas de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) varían entre fuentes y pueden influir sobre su valor alimenticio y características de manejo. Entre estas características se incluye el color, olor, tamaño de partícula, densidad de masa, capacidad de flujo, estabilidad en la vida de anaquel e higroscopicidad.

Color

El color de los DDGS puede variar de ser un amarillo muy claro a un café muy oscuro. Las diferencias de color entre las fuentes de DDGS están influenciadas por:

- el color natural del grano que se esté utilizando,
- cantidad de solubles añadidos antes del secado,
- tiempo y temperatura de secado.

El color de los granos de maíz puede variar entre las diferentes variedades lo cual tiene una influencia sobre el color final de los DDGS. Las mezclas de maíz y sorgo de DDGS también son más oscuras en color que las de maíz, debido al color bronce de muchas de las variedades de sorgo.

Cuando se añade en una proporción relativamente alta de solubles a la masa (fracción de granos) para hacer DDGS, se oscurece el color. Noll et al. (2006) llevaron a cabo un estudio en el que evaluaron el color en lotes de DDGS en los que se añadía aproximadamente 0, 30, 60 y 100% del máximo posible de mieles a la masa antes del secado. Las tasas reales de adición de solubles a la masa fueron de 0, 45.4, 94.6 y 158.9 l/minuto (0, 12, 25 y 42 galones/minuto). Como se muestra en el cuadro 1, la adición creciente de solubles a la masa resultó en una disminución en L* (claridad del color) y b* (amarillo del color), con un aumento en a* (rojez de color). Ganesan et al. (2005) informaron de resultados similares. (2005).

Cuadro 1. Efecto de la tasa de adición de solubles a la masa sobre las características del color de los DDGS

	0 l./min.	45.42 l./min.	94.64 l./min.	158.99 l./min.	Correlación de Pearson	Valor P
Color (escala CIE)						
L*	59.4	56.8	52.5	46.1	- 0.98	0.0001
a*	8.0	8.4	9.3	8.8	0.62	0.03
b*	43.3	42.1	40.4	35.6	- 0.92	0.0001

Adaptado de Noll et al. (2006).

Las temperaturas de secado en las plantas de etanol de molienda seca pueden variar de 127 a 621° C. La cantidad de tiempo que pasan los DDGS en el secado también va a influir sobre el

color. En general, mientras mayor sea la temperatura del secador y más tiempo permanezcan los DDGS en él, más oscuro será el color.

Olor

Los DDGS de alta calidad tienen un olor dulce, a fermentado. Los DDGS que tienen un olor a quemado o a humo están sobrecalentados.

Tamaño de partícula, densidad de masa y pH

El tamaño de partícula y su uniformidad de los ingredientes de alimentos son consideraciones importantes para los nutriólogos de ganado y avícolas cuando seleccionan fuentes y determinan la necesidad de mayor procesamiento en la fabricación de alimentos completos o de suplementos de alimentos. El tamaño de partícula afecta:

1. Digestibilidad de nutrientes: conforme se reduce el tamaño de partícula se mejora la digestibilidad de nutrientes y la conversión alimenticia. Esto se debe a la mayor cantidad de superficie de contacto de un ingrediente que queda expuesta y por lo tanto disponible para que actúen las enzimas digestivas.
2. Eficiencia del mezclado: un tamaño de partícula más uniforme en una mezcla de ingredientes va a reducir el tiempo de mezclado para lograr una mezcla con una distribución uniforme de ingredientes en un alimento completo.
3. Cantidad de segregación de ingredientes durante el transporte y el manejo: la segregación (separación) de partículas y de ingredientes ocurre cuando las partículas de diferentes tamaños y densidades de masa se mezclan, transportan o manejan.
4. Calidad del pelet: con frecuencia se define como la dureza del pelet y el porcentaje de finos en alimento completo después de la peletización. Para las dietas a base de maíz y de harina de soya, un tamaño de partícula promedio bajo (400 micrones) por lo general resulta en una calidad de pelet mayor (menos % de finos).
5. Densidad de masa: es una medida que describe el peso de un ingrediente por unidad de volumen. En general la densidad de masa puede aumentar al reducirse el tamaño de partícula para aumentar el peso del ingrediente o alimento completo por unidad de volumen.
6. Palatabilidad y clasificación de dietas en harina: dependiendo del animal, un alimento finamente molido en polvo va a reducir el consumo de alimento y a causar puenteo en los comederos y silos de almacenamiento. Los alimentos molidos extremadamente gruesos pueden también reducir la palatabilidad.
7. Incidencia de úlceras gástricas: en cerdos, la incidencia de úlceras gástricas aumenta conforme se reduce el tamaño de partícula promedio de la dieta.

La densidad de masa es un factor importante a considerar cuando se determina el volumen de almacenamiento de los vehículos de transporte, barcos, contenedores, tambores y sacos. La densidad de masa afecta los costos de transporte y de almacenamiento. Los ingredientes con una densidad de masa baja tienen un mayor costo por unidad de peso. También afecta la cantidad de segregación del ingrediente que pueda haber durante el manejo de alimentos completos. Las partículas de densidad de masa mayores se van al fondo de una carga durante el transporte mientras que las partículas de densidad menores suben a la parte superior de la carga.

Se han realizado varios estudios sin publicar en la Universidad de Minnesota para comparar el tamaño de partícula en la densidad de masa entre fuentes de DDGS. El primer estudio se realizó durante el verano de 2001 cuando se obtuvieron muestras representativas de DDGS (4.5 kg) de 16 plantas de etanol en Minnesota, Dakota del Sur y Misuri. De estas muestras, se tamizó una submuestra de 200 gramos de DDGS de cada planta a través de cinco mallas U.S. y se determinó y registró el peso de los DDGS que no se filtró por cada una de las mallas. Las partículas finas que se filtraron a través de las mallas se recolectaron en una bandeja y se pesaron. Los números de las mallas U.S. y sus tamaños correspondientes de abertura de malla (micrones) fueron #10, #16, #18, #20 y #30 que representan 2000, 1180, 1000, 850 y 600, respectivamente. El tamaño de las partículas de DDGS recolectadas en la bandeja fue de menos de 600 micrones. Los pesos del DDGS recolectados en cada malla se usaron entonces para calcular el porcentaje de peso de cada fracción del total separado. Además de determinar el tamaño de partícula promedio (media geométrica), se calculó el coeficiente de variación (CV) y la desviación estándar (SD) del tamaño de partícula dentro y entre plantas de etanol. Estos resultados se muestran en el cuadro 3.

La densidad de masa (lb/pie^3) se determinó mediante el llenado de un recipiente de un cuarto y pesando la cantidad de DDGS que llenó el recipiente (los resultados se muestran en el cuadro 3). Las muestras también se valoran visualmente en cuanto a color y presencia de “bolas de miel”.

El tamaño de partícula promedio entre las 16 plantas de etanol fue de 1,282 micrones ($\text{DE} = 305$, $\text{CV} = 24\%$), y estuvo en el intervalo de 612 micrones en la planta 6 a 2,125 micrones en la planta 15. De esta forma, hay una variación considerable en el tamaño de partícula promedio de los DDGS que se originan en estas modernas plantas de etanol. Como punto de referencia el tamaño de partícula promedio objetivo para las dietas en harina para cerdos y aves es de 600 a 800 micrones. Solamente las plantas 6 y 7 estuvieron cerca de este intervalo objetivo. Las otras plantas produjeron partículas de DDGS más gruesas, lo que indica que una mayor molienda de estos podría garantizar la reducción del tamaño de partícula promedio, la mejora de la uniformidad del tamaño de partícula y la optimización de la digestibilidad de nutrientes de los DDGS en un alimento mezclado completo. La planta 15 tuvo el tamaño de partícula promedio más alto (2125 micrones). Las plantas de etanol que produjeron DDGS con cantidades altas de bolas de miel tendieron a tener un tamaño de partícula promedio más alto.

La densidad de masa promedió los $35.7 \text{ lb}/\text{pie}^3$ ($\text{DE} = 2.79$, $\text{CV} = 7.8\%$), pero estuvo entre 30.8 y $39.3 \text{ lb}/\text{pie}^3$. Sin embargo, la correlación entre el tamaño de partícula promedio y la densidad de masa fue sorprendentemente muy bajo ($r = 0.05$) lo cual se puede deber en las cantidades variables de bolas de miel entre las muestras recolectadas.

Cuadro 3: Promedio y variación del tamaño de partícula entre plantas de etanol y densidad de masa de DDGS en 2001

Planta	Tamaño de partícula promedio	Desviación estándar	Densidad de masa	CV %	68% de las partículas caen dentro de:	
1	1398	2.32	36.3	0.17	603	3243
2	1322	2.00	39.2	0.15	661	2644
3	1425	1.62	36.8	0.11	880	2309
4	1370	1.84	36.3	0.13	745	2521
5	1255	1.68	33.5	0.13	747	2108
6	612	2.75	39.3	0.45	223	1683
7	974	2.15	36.1	0.22	453	2094
8a	1258	1.70	33.7	0.14	740	2139
8b	1142	1.84	30.8	0.16	621	2101
9	1337	1.78	31.8	0.13	751	2380
10	1488	1.62	38.2	0.11	919	2411
12	1235	1.75	31.4	0.14	706	2161
13	1198	1.87	35.9	0.16	641	2240
14	1229	2.09	39.2	0.17	588	2569
15	2125	1.56	37.6	0.07	1362	3315
16	1148	2.25	35.1	0.20	510	2583
Prom.	1282.25	1.93	35.7	0.15	697	2406

En 2004 se llevaron a cabo dos estudios adicionales de análisis de nutrientes y de características físicas de DDGS por parte de los investigadores de la Universidad de Minnesota (34 muestras de plantas de etanol en 11 estados diferentes) y en 2005 (35 muestras). Como se muestra en los cuadros 4 y 5, los intervalos de partícula promedio fueron de 665 - 737 μm , pero en el tamaño de partícula es extremadamente amplio, de 73 a 1217 μm . El pH de las fuentes de DDGS promedia 4.1, pero puede estar en un intervalo de 3.6-5.0.

Cuadro 4: Tamaño de partícula, densidad de masa y pH de 34 fuentes de DDGS analizadas en 2004.

	Promedio	Intervalo	DE	CV, %
Tamaño de partícula, μm	665	256 - 1087	257.48	38.7
Densidad de masa, lb/pies³	31.2	24.9 – 35.0	2.43	7.78
pH	4.14	3.7 – 4.6	0.28	6.81

Cuadro 5: Tamaño de partícula, densidad de masa y pH de 35 fuentes de DDGS analizadas en 2005.

	Promedio	Intervalo	DE	CV, %
Tamaño de partícula, μm	737	73 – 1217	283	38.0
Densidad de masa, lb/pies³	25.2	22.8 – 31.5	8.6	34.2
pH	4.13	3.6 – 5.0	0.33	7.91

Capacidad de flujo

La capacidad de flujo se define como la capacidad de los sólidos granulares y polvos de fluir durante la descarga del transporte o de los recipientes de almacenamiento. La capacidad de flujo no es una propiedad natural inherente al material, sino más bien una consecuencia de varias propiedades que interactúan, que de manera simultánea influyen el flujo del material (Rosentrater, 2006). La capacidad de flujo puede verse afectada por una serie de factores que interactúan sinérgicamente entre las que se incluyen la humedad del producto, la distribución del tamaño de partícula, la temperatura de almacenamiento, la humedad relativa, tiempo, distribución de la presión de compactación dentro de la masa del producto, vibraciones durante el transporte o las variaciones en los niveles de esos factores a través del proceso de almacenamiento (Rosentrater, 2006). Otros factores que pueden afectar la capacidad de flujo incluyen los constituyentes químicos, los niveles de proteína, grasa, almidón y carbohidratos, así como la adición de agentes de flujo.

Bajo ciertas condiciones, los DDGS pueden mostrar una mala capacidad de flujo (AURI y MN Corn Growers Assoc., 2005). (National Corn-to-Ethanol Research Center, 2005). Puede haber “formación de grumos” o “apelmazamiento” como resultado de la descarga de DDGS hacia los camiones, carros de ferrocarril o contenedores, si no se ha enfriado y “curado” adecuadamente antes de la descarga. A menudo esto causa problemas de flujo y dificultad en la descarga de los DDGS. La menor capacidad de flujo y el puenteo de los DDGS en los contenedores de almacenamiento a granel y vehículos de transporte le da una limitada aceptabilidad a algunas fuentes de DDGS para algunos clientes y propietarios de carros del ferrocarril.

Se están realizando estudios de investigación para determinar los factores que causan problemas de flujo y las posibles soluciones para reducir estos problemas. El Agricultural Utilization Research Institute y la Minnesota Corn Growers Association (2005) estudiaron un número limitado de muestras de DDGS bajo condiciones de laboratorio. Informaron que una humedad relativa mayor al 60% parece reducir la capacidad de flujo de una muestra de DDGS, lo que probablemente se deba a la capacidad del producto de absorber la humedad. Aunque la humedad tanto del ambiente como de los mismos DDGS probablemente influye sobre la capacidad de flujo, hay muchos otros factores que se han indicado como posibles controladores de ésta, tales como el tamaño de partícula, el contenido de solubles, la temperatura del secador, contenido de humedad en la salida del secador y otros.

Las intervenciones para mejorar la capacidad de flujo de los DDGS se han limitado al tanteo dentro de las plantas de etanol. Algunas de estas intervenciones implican la regulación del terminado de la fermentación, el ajuste del contenido de humedad y el cambio del tamaño de partícula. Sin embargo, no se han publicado en la literatura científica los resultados de estos estudios. Iowa Limestone Company Resources (2003) investigó la efectividad de incluir 2% de carbonato de calcio en los DDGS como agente de capacidad de flujo. Informaron una reducción del 6 - 12% en el ángulo de reposo determinado en condiciones de laboratorio cuando el carbonato de calcio se añadió a los DDGS después del secado. En este estudio no se intentó determinar la capacidad de flujo bajo condiciones industriales prácticas. Debido a que la humedad y la humedad relativa parecen tener un papel importante en la capacidad de flujo de los DDGS, algunos han indicado que el uso de zeolitas o acondicionadores de granos puede controlar la migración de la humedad en los DDGS. Sin embargo, no se han informado de estudios controlados de este concepto.

Debido a que el comportamiento de flujo de un material de alimento balanceado es multidimensional, no hay una sola prueba que mida por completo la capacidad de fluir de un material (Rosentrater, 2006). El equipo de pruebas de corte es el principal equipo utilizado para medir las propiedades de fuerza y flujo de materiales a granel. También miden la cantidad de compactación, así como la fortaleza de masa de los materiales (Rosentrater, 2006). Otro método para medir la capacidad de flujo de los materiales granulados implica la medición de cuatro propiedades físicas principales: ángulo de reposo, compresibilidad, ángulo de espátula y coeficiente de uniformidad (por ejemplo, cohesión) (Rosentrater, 2006).

Estabilidad de la vida de anaquel

Debido a que el contenido de humedad de los DDGS por lo general es de 10 - 12%, hay un riesgo mínimo de deterioro durante el tránsito y almacenamiento, a menos de que haya goteras de agua en los barcos de transporte o en las bodegas o almacenes. No se han llevado a cabo estudios de investigación para demostrar que son necesarios los conservadores e inhibidores de hongos para prevenir el deterioro y aumentar la vida de anaquel de los DDGS.

A menos que el contenido de humedad de los DDGS exceda el 12 - 13%, la vida de anaquel de éstos parece ser de varios meses. En un estudio de campo del Consejo de Granos de EUA, los DDGS se embarcaron de una planta de etanol en Dakota del Sur a Taiwán en un contenedor de 40 pies. A la llegada a Taiwán, los DDGS se pusieron en sacos de 50 kg y se almacenaron bajo techo de acero durante 10 semanas en el transcurso de un estudio de alimentación de ganado lechero en una granja lechera comercial ubicada a 20 km al sur del Trópico de Cáncer. Las temperaturas ambientales promediaron más de 32° C y la humedad fue mayor al 90% durante este periodo de almacenamiento. Se recolectaron muestras de DDGS a la llegada a la granja y después de las 10 semanas del periodo de almacenamiento. Durante este estudio no hubo cambio en el valor de peróxido (medición de la rancidez oxidativa del aceite). Supuestamente, esto podría deberse a la alta cantidad de antioxidantes naturales presentes en el maíz que se incrementan durante el proceso térmico.

Higroscopicidad

Hay información limitada con respecto a la higroscopicidad (capacidad de absorber humedad) de los DDGS. Sin embargo, parece que bajo condiciones climáticas húmedas, los DDGS aumentan el contenido de humedad durante el almacenamiento a largo plazo. El Consejo de Granos de EUA patrocinó una prueba de campo en pollos de engorda en Taiwán, en el que se monitoreó el contenido de humedad de los DDGS durante el almacenamiento en una planta de alimentos balanceados comerciales del 16 de marzo al 10 de junio de 2004. Semanalmente se tomó una muestra al azar de los DDGS del almacenamiento en la planta de alimentos y se analizó la humedad en un periodo de almacenamiento de 13 semanas. El contenido de humedad de los DDGS aumentó de 9.05% al inicio del almacenamiento a 12.26% al final del periodo de almacenamiento de 13 semanas (cuadro 6). Como era de esperarse, la concentración de proteína cruda no cambió en los DDGS y no hubo aflatoxinas presentes al inicio o al final del periodo de almacenamiento.

Cuadro 6: Resultados del análisis de laboratorio de humedad proteína cruda y aflatoxinas de los DDGS durante el almacenamiento en una planta comercial de alimentos balanceados en Taiwán.

Fecha de la muestra	Número de la muestra	Humedad, %	Proteína cruda, %	Aflatoxinas, ppb
16-Mar-04		9.05	27.60	0.00
17-Mar-04		10.17	27.61	0.00
24-Mar-04	1	10.65	27.59	0.00
31-Mar-04	2	10.70	27.63	0.00
7-Abr-04	3	10.71	27.62	0.00
14-Abr-04	4	10.76	27.73	0.00
21-Abr-04	5	10.93	27.71	0.00
28-Abr-04	6	11.02	27.62	0.00
5-May-04	7	11.28	27.54	0.00
12-May-04	8	11.16	27.61	0.00
19-May-04	9	11.70	27.63	0.00
27-May-04	10	11.88	27.61	0.00
3-Jun-04	11	12.13	27.50	0.00
10-Jun-04	12	12.26	27.53	0.00

Bibliografía

Agricultural Utilization Research Institute (AURI), and Minnesota Corn Growers Association. 2005. Distiller's Dried Grains Flowability Report. Waseca, MN.

Cromwell, G.L., K.L. Herkleman, and T.S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 71:679-686.

Ferrer, E., A. Algria, Farre', G. Clemente, and C. Calvo. 2005. Fluorescence, browning index, and color in infant formulas during storage. *J. Agric. Food Chem.* 53:4911-4917.

Noll, S., C. Parsons, and B. Walters. 2006. What's new since September 2005 in feeding distillers co-products to poultry. Proceedings from the 67th Minnesota Nutrition Conference & University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millenium, St. Paul, MN. pp. 149-154.

Ganesan, V. K.A. Rosentrater, and K. Muthukumarappan. 2005. Effect of moisture content and soluble levels on the physical and chemical properties of DDGS. ASAE paper No. 056110. St. Joseph, MI.

ILC Resources. 2003. CaCO₃ treatment of DDGS. In house study provided by R.H. Bristol.

National Corn to Ethanol Research Center (NCERC). 2005. Website at: www.ethanolresearch.com/. Accessed June 13, 2006.

Pederson, C., A. Pahn, and H.H. Stein. 2005. Effectiveness of *in vitro* procedures to estimate CP and amino acid digestibility coefficients in dried distillers grain with solubles by growing pigs. *J. Anim. Sci. (Suppl. 2)* 83:39.

Rosentrater, K.A. 2006. Understanding Distiller's grain Storage, Handling, and Flowability Challenges. *Distiller's Grains Quarterly*. First Quarter 2006. pp. 18-21.

Shurson, J., S. Noll, and J. Goihl. 2005. Corn by-product diversity and feeding value to non-ruminants. *Proc. MN Nutr. Conf.* pg. 50 – 68.

University of Minnesota. 2005. DDGS website at: www.ddgs.umn.edu. Accessed October 3, 2006.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Contenido de nutrientes de los granos secos de destilería con solubles: variabilidad y medición

Comparación de la composición de nutrientes de los coproductos de destilería

El combustible etanol se produce en las plantas de etanol de molienda seca, así como en los molinos húmedos en Estados Unidos. El maíz es el principal grano que se usa tanto en las plantas de etanol de molienda seca como de molienda húmeda, debido a su alto contenido de almidón fermentable, en comparación con otras materias primas. Algunas plantas de etanol utilizan sorgo o una mezcla de maíz con cebada, trigo o sorgo para hacer etanol, dependiendo de la ubicación geográfica, el costo y la disponibilidad de estos granos con relación al maíz.

Aunque las plantas de etanol de molienda seca producen una gran variedad de coproductos (véase la sección 11), los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son el coproducto más importante que se comercializa internacionalmente para su uso en alimentos para ganado lechero, ganado de engorda, cerdos, aves y acuicultura. Los valores de nutrientes de los DDGS de alta calidad que producen las plantas modernas de etanol en Estados Unidos generalmente son mayores que los que aparecen en las publicaciones de los Requerimientos de Nutrientes del NRC de cerdos (1998), aves (NRC, 1994), ganado lechero (NRC, 2001) y ganado de engorda (NRC, 1996).

Los molinos húmedos producen la harina de gluten de maíz >20% de proteína, así como harina de gluten de maíz y harina de germen de maíz.

La industria de las bebidas alcohólicas también produce DDGS (menos del 1 % del total de la producción de DDGS), pero con frecuencia es oscuro en color, tiende a ser más variable en el contenido de nutrientes y presenta niveles más bajos de nutrientes digestibles que los DDGS de las modernas plantas de combustible etanol. Los granos secos de cervecería es un coproducto de la industria de la elaboración de la cerveza, que consiste del residuo seco de la malta de cebada y de otros granos que se usan para brindar maltosa y dextrinas para la fermentación. El alto nivel de fibra (18 - 19%) de los granos secos de cervecería limita su uso en algunas dietas de animales.

Los coproductos de la molienda seca, la molienda húmeda y de la industria de bebidas alcohólicas son nutrimentalmente diferentes unos de otros y tienen diferente valor económico en varios tipos de alimentos para animales y aves. El cuadro 1 muestra una comparación del contenido de nutrientes de los DDGS de alta calidad en comparación con los valores publicados en el National Research Council de cerdos (NRC, 1998) de los DDGS, harina de gluten de maíz >20% de proteína, harina de gluten de maíz y granos secos de cervecería.

Las principales ventajas nutrimentales de los DDGS de alta calidad en comparación con la harina de gluten de maíz >20% de proteína, la harina de gluten de maíz y los granos secos de cervecería, son su alto contenido de aceite y de fósforo disponible. Los valores de energía digestible (ED) y la metabolizable (EM) de los DDGS de alta calidad son significativamente más altos que la harina de gluten de maíz >20% de proteína y los granos secos de cervecería, pero menores a los de la harina de gluten de maíz. Los niveles de aminoácidos de los DDGS son más

bajos que en la harina de gluten de maíz, pero comparable al de la harina de gluten de maíz >20% de proteína y los granos secos de cervecería.

Cuadro 1: Comparación de la composición de nutrientes (como se alimenta) entre los DDGS de alta calidad y los DDGS, harina de gluten de maíz >20% de proteína, harina de gluten de maíz y granos secos de cervecería (NRC, 1998).

	DDGS de maíz de alta calidad	DDGS NRC(1998)	Harina de gluten de maíz >20% de proteína NRC(1998)	Harina de gluten de maíz NRC(1998)	Granos secos de cervecería NRC(1998)
Materia seca, %	89	93	90	90	92
Proteína cruda, %	27.2	27.7	21.5	60.2	26.5
Grasa cruda, %	9.5	8.4	3.0	2.9	7.3
Fibra ácidodetergente (FAD), %	14.0	16.3	10.7	4.6	21.9
Fibra neutrodetergente (FND), %	38.8	34.6	33.3	8.7	48.7
DE, kcal/kg	3953	3200	2990	4225	2100
ME, kcal/kg	3580	2820	2605	3830	1960
Arginina, %	1.06	1.13	1.04	1.93	1.53
Histidina, %	0.68	0.69	0.67	1.28	0.53
Isoleucina, %	1.01	1.03	0.66	2.48	1.02
Leucina, %	3.18	2.57	1.96	10.19	2.08
Lisina, %	0.74	0.62	0.63	1.02	1.08
Metionina, %	0.49	0.50	0.35	1.43	0.45
Cistina, %	0.52	0.52	0.46	1.09	0.49
Fenilalanina, %	1.32	1.34	0.76	3.84	1.22
Treonina, %	1.01	0.94	0.74	2.08	0.95
Triptofano, %	0.21	0.25	0.07	0.31	0.26
Valina, %	1.34	1.30	1.01	2.79	1.26
Calcio, %	0.05	0.20	0.22	0.05	0.32
Cloruro, %	sin datos	0.08	0.22	0.06	0.15
Magnesio, %	0.13	0.19	0.33	0.08	0.16
Fósforo, %	0.79	0.77	0.83	0.44	0.56
Fósforo disp., %	0.71	0.59	0.49	0.07	0.19
Potasio, %	0.84	0.84	0.98	0.18	0.08
Sodio, (%)	0.22	0.20	0.15	0.02	0.26
Azufre, %	0.44	0.30	0.22	0.43	0.31
Cobre, mg/kg	6	57	48	26	21
Hierro, mg/kg	121	257	460	282	250
Manganeso, mg/kg	13	24	24	4	38
Selenio, mg/kg	sin datos	0.39	0.27	1.00	0.70
Zinc, mg/kg	75	80	70	33	62
Betacaroteno, mg/kg	sin datos	3.5	1.0	--	0.2
Vitamina E, IU/kg	sin datos	sin datos	8.5	6.7	--
Niacina, mg/kg*	sin datos	75	66	55	43
Ácido pantoténico, mg/kg	sin datos	14.0	17.0	3.5	8.0
Riboflavina, mg/kg	sin datos	8.6	2.4	2.2	1.4
Vitamina B12, mg/kg	sin datos	0.0	0.0	0.0	0.0
Biotina, mg/kg	sin datos	0.78	0.14	0.15	0.24
Colina, mg/kg	sin datos	2637	1518	330	1723
Folacina, mg/kg	sin datos	0.90	0.28	0.13	7.10
Tiamina, mg/kg	sin datos	2.9	2.0	0.3	0.6
Vitamina B6, mg/kg	sin datos	8.0	13.0	6.9	0.7

DDGS altos en proteína y otros nuevos tipos de coproductos del etanol

Varias compañías de producción de etanol y otros grupos de investigación han desarrollado una gran variedad de procesos modificados para mejorar el rendimiento del etanol y cambiar los coproductos resultantes de las plantas de etanol de molienda seca. Los procesos más ampliamente analizados implican el uso de nuevas tecnologías de enzimas para incrementar el contenido de proteína cruda de los DDGS, eliminar el germen y el salvado del maíz antes de la fermentación, y eliminar el fósforo antes de producir los DDGS. Conforme continúe expandiéndose la industria del etanol, podemos esperar ver una gran variedad de nuevos y mejorados productos de DDGS y otros coproductos de la molienda seca. Cada nuevo producto va a tener su propio perfil nutritivo específico y debe evaluarse con cuidado para establecer el lugar adecuado en los alimentos para animales.

Factores que afectan la variabilidad en el contenido y digestibilidad de nutrientes de las fuentes de DDGS

Los nutriólogos precisan de consistencia y predictabilidad en los ingredientes para alimentos balanceados que compran y utilizan. El contenido de nutrientes de los DDGS puede variar entre las fuentes (cuadro 2), los cuales se ha mostrado que varían con el tiempo entre plantas (Spiehs et al., 2002).

Cuadro 2: Promedios e intervalos en la composición de nutrientes seleccionados (100% en base a materia seca) entre 32 fuentes de DDGS de EUA (www.ddgs.umn.edu)

Nutriente	Promedio (CV)	Intervalo
Proteína cruda, %	30.9 (4.7)	28.7 - 32.9
Grasa cruda, %	10.7 (16.4)	8.8 - 12.4
Fibra cruda, %	7.2 (18.0)	5.4 - 10.4
Cenizas, %	6.0 (26.6)	3.0 - 9.8
EM (cerdos) calculada, kcal/kg	3810 (3.5)	3504 – 4048
Lisina, %	0.90 (11.4)	0.61 - 1.06
Arginina, %	1.31 (7.4)	1.01 - 1.48
Triptofano, %	0.24 (13.7)	0.18 - 0.28
Metionina, %	0.65 (8.4)	0.54 - 0.76
Fósforo, %	0.75 (19.4)	0.42 - 0.99

Olentine (1986) enlistó una serie de variables en las materias primas y factores de procesamiento que contribuyen a la variación en la composición de nutrientes de los coproductos de destilería (cuadro 3).

Cuadro 3: Factores que influyen sobre la composición de nutrientes de los coproductos de destilería. (Olentine, 1986)

<p style="text-align: center;">Materias primas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de granos • Variedad de granos • Calidad de granos <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de la tierra • Fertilizante • Clima • Métodos de producción y cosecha • Fórmula del grano <p style="text-align: center;">Factores de procesamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de molienda <ul style="list-style-type: none"> • Fineza • Duración • Cocción <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de agua • Cantidad de pre malta • Temperatura y tiempo • Fermentación continua o por lotes • Tiempo de enfriamiento • Conversión <ul style="list-style-type: none"> • Tipo, cantidad y calidad de malta • Amilasa fúngica • Tiempo y temperatura • Dilución de granos convertidos <ul style="list-style-type: none"> • Gastos de volumen y galones por bushel o granos • Calidad y cantidad de productos de granos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentación <ul style="list-style-type: none"> • Calidad y cantidad de levadura • Temperatura • Tiempo • Enfriamiento • Agitación • Control de acidez y producción • Destilación <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: vacío o atmosférico, continuo o por lotes • Calentamiento directo o indirecto • Cambio en el volumen durante la destilación • Procesamiento <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de malla: estacionaria, rotatoria o vibratoria • Uso de centrifugas • Tipo de prensas • Evaporadores <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Número • Secadores <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Temperatura • Tipo <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de mieles mezcladas con grano
---	--

Para manejar la diversidad entre las fuentes de DDGS, algunos fabricantes comerciales de alimentos balanceados requieren que se conserve la identidad de las fuentes de DDGS seleccionadas y cuando compran el DDGS, usan ciertos proveedores escogidos de una lista.

Los tres factores más importantes que afectan la variabilidad del contenido de nutrientes en los DDGS son:

- variación en el contenido de nutrientes del maíz enviado a la planta de etanol,
- variaciones en la relación de mezcla de los dos componentes de DDGS en la planta, y
- diferencias en el tiempo y temperaturas de secado.

Variación en el contenido de nutrientes del maíz

Gran parte de la variación en el contenido de nutrientes de DDGS probablemente se deba a la variación normal entre las variedades de maíz y las ubicaciones geográficas en donde se cultiva. Reese y Lewis (1989) mostraron que el maíz producido en Nebraska en 1987 tenía entre 7.8-10.0% de proteína cruda, 0.22-0.32 % de lisina y 0.24-0.34% de fósforo (cuadro 4).

Cuadro 4: Valores generales promedio, mínimos y máximos de nutrientes en el maíz^a

Nutriente	Promedio	Mínimo	Máximo
Proteína cruda, %	8.6	7.8	10.0
Lisina, %	0.26	0.22	0.32
Calcio, %	0.01	0.01	0.01
Fósforo, %	0.28	0.24	0.34
Selenio, partes por millón (ppm)	0.12	0.10	0.16
Vitamina E, UI/lb	3.9	1.9	5.8

^abase 88% materia seca

En las plantas de molienda seca, conforme se elimina el almidón de los granos de maíz para producir etanol, los nutrientes en el coproducto DDGS se concentran y la variabilidad de nutrientes en el maíz puede ser más pronunciada.

Variación en la tasa de solubles añadidos a los granos

Los DDGS se producen en una planta de etanol de molienda en seco al mezclar dos corrientes de salida del proceso de producción de etanol: los solubles condensados de destilería y la fracción de granos (véase una explicación completa de este proceso en la Sección 11). La definición oficial de los DDGS publicada por la Association of American Feed Control Officials (AAFCO) requiere que se mezcle al menos el 75% de los sólidos en el destilado completo con la pasta húmeda de la planta de etanol. Las plantas de etanol pueden variar la cantidad de solubles en la mezcla por arriba del 75% mínimo. Debido a que el contenido de nutrientes típico de cada corriente de salida es diferente (véase el cuadro 5), la variación de planta a planta en la relación de mezcla de los dos componentes de DDGS va a afectar la composición de nutrientes de éstos.

Cuadro 5: Contenido y variabilidad de nutrientes de granos de destilería y solubles de destilería con base al 100% de materia seca.

Fracción de granos	Promedio	Mínimo	Máximo
Materia seca, %	34.3	33.7	34.9
Proteína cruda, %	33.8	31.3	36.0
Grasa cruda, %	7.7	2.1	10.1
Fibra cruda, %	9.1	8.2	9.9
Cenizas, %	3.0	2.6	3.3
Calcio, %	0.04	0.03	0.05
Fósforo, %	0.56	0.44	0.69

Fracción de solubles			
Materia seca, %	27.7	23.7	30.5
Proteína cruda, %	19.5	17.9	20.8
Grasa cruda, %	17.4	14.4	20.1
Fibra cruda, %	1.4	1.1	1.8
Cenizas, %	8.4	7.8	9.1
Calcio, %	0.09	0.06	0.12
Fósforo, %	1.3	1.2	1.4

Fuente: Knott et al. (2004)

Noll et al. (2006) evaluaron la composición de nutrientes y la digestibilidad de lotes de DDGS producidos con diversos niveles de solubles añadidos a los granos húmedos. Las muestras de DDGS producidas contenían solubles añadidos a aproximadamente 0, 30, 60 y 100% de la adición máxima posible de solubles a los granos. Esto corresponde añadir 0, 45.4, 94.6, 159.9 litros (0, 12, 25 y 42 galones) de mieles a la fracción de granos por minuto. Las temperaturas del secador disminuyeron conforme disminuía la tasa de adición de solubles a los granos. Las muestras de DDGS se analizaron en cuanto a color, tamaño de partícula, humedad, grasa cruda, proteína cruda, fibra cruda, cenizas, fósforo, lisina, metionina, cistina y treonina. Se determinaron los aminoácidos digestibles con gallos cecotomizados y se determinó la energía metabolizable verdadera (EMV) con pavitos intactos.

El tamaño de partícula aumentó y fue más variable conforme se aumentaban las adiciones de solubles a la fracción de granos. Como se muestra en el cuadro 6, la adición de cantidades crecientes de solubles resultó en un color más oscuro de los DDGS (L* reducido) y menos color amarillo (b* reducido). El aumento en la adición de solubles dio como resultado un aumento en la grasa cruda, cenizas, EMVn (aves), magnesio, sodio, fósforo, potasio, cloruro y azufre, pero tuvo efectos mínimos sobre el contenido y digestibilidad de proteína cruda y aminoácidos.

Cuadro 6: Efectos de aumentar la adición de solubles a la fracción de granos durante la producción de DDGS sobre el color, contenido de nutrientes, EMVn (aves) y digestibilidad de aminoácidos (con base al 100% de materia seca).

Medición	0 L/min	45.42 L/min.	94.64 L/min.	158.99 L/min.	Coefficiente de correlación de Pearson	Valor P
Color L*	59.4	56.8	52.5	46.1	- 0.98	0.0001
Color a*	8.0	8.4	9.3	8.8	0.62	0.03
Color b*	43.3	42.1	40.4	35.6	- 0.92	0.0001
Humedad, %	9.52	9.75	10.74	13.83	0.93	0.06
Grasa cruda, %	7.97	9.14	9.22	10.53	0.96	0.04
Proteína cruda, %	31.96	32.65	32.46	31.98	0.03	NS
Fibra cruda, %	9.17	7.76	10.08	6.50	- 0.51	NS
Cenizas, %	2.58	3.58	3.72	4.62	0.97	0.03
Lisina, %	1.04	1.05	1.09	1.04	0.02	NS
Metionina, %	0.63	0.64	0.59	0.62	- 0.13	NS
Cistina, %	0.61	0.61	0.53	0.62	0.16	NS
Treonina, %	1.20	1.22	1.20	1.20	- 0.18	NS
Fósforo, %	0.53	0.66	0.77	0.91	0.99	0.002
EMVn, kcal/kg	2712	2897	3002	3743	0.94	0.06
Digestib. de Lis, %	78.2	76.0	69.7	75.0	- 0.90	NS
Digestib. de met, %	90.9	88.6	86.3	87.3	- 0.92	NS
Digestib. de cis, %	87.2	87.6	80.7	80.3	- 0.95	NS
Digestib. de tre, %	85.9	83.2	80.5	77.3	- 0.99	0.02
Digestib. de arg, %	92.1	90.7	86.7	88.5	- 0.99	0.07

Digestibilidad de lisina: tiempo y temperaturas de secado

Entre las fuentes de DDGS de color claro, Ergul et al., (2003) mostraron que los coeficientes de digestibilidad verdadera de lisina estaban entre el 59 y 83 % para aves y Stein et al. (2005) mostraron un intervalo similar de los coeficientes de digestibilidad verdadera de lisina para cerdos (44 - 63%).

Los resultados de un estudio de colaboración reciente que no se han publicado, que involucraba a investigadores en nutrición porcina de la Universidad del Estado de Dakota del Sur, la Universidad de Minnesota y Degussa han mostrado que el contenido de lisina está entre el 0.52-1.13% y que los valores de digestibilidad ileal verdadera estandarizada de lisina estaban entre 17.7% y 74.4% entre 34 diferentes fuentes de DDGS. Debido a la variación en la digestibilidad de aminoácidos entre las fuentes de DDGS, y a la necesidad de conocer la digestibilidad de los aminoácidos para cerdos entre las fuentes de DDGS, se están llevando a cabo investigaciones en la Universidad de Minnesota para evaluar la precisión de usar varios procedimientos de laboratorio *in vitro* para predecir la digestibilidad de aminoácidos de las fuentes de DDGS antes de que se usen para formular y fabricar alimentos porcinos.

Es probable que mucha de la diferencia en la digestibilidad de lisina entre las fuentes de DDGS de color claro, se deba al tiempo y temperatura de secado que se usa para producirlos. Las

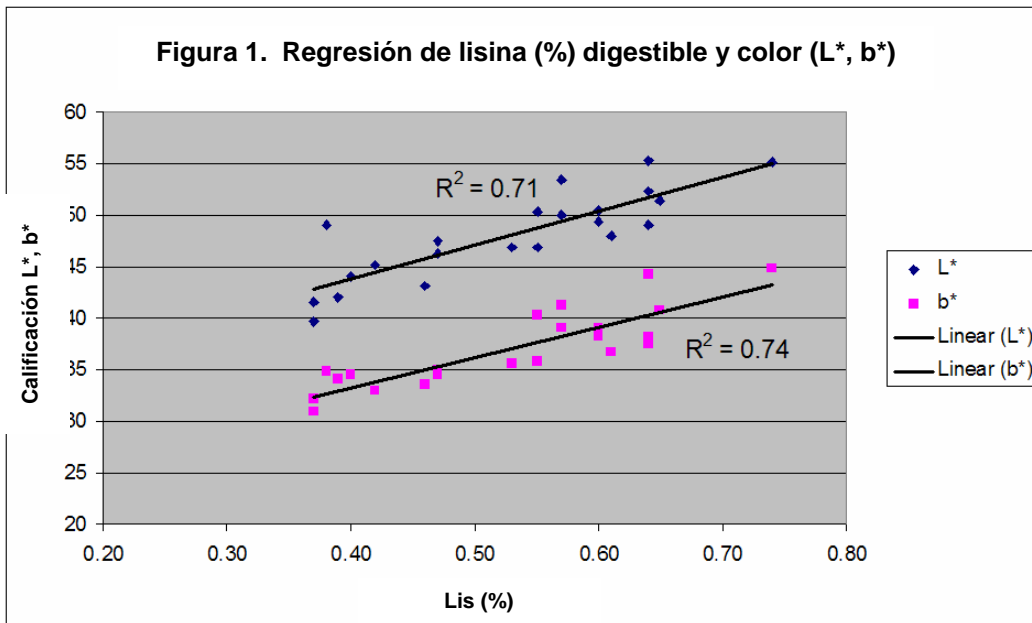
temperaturas de la secadora pueden estar entre 126.5-620.5°C (260° - 1150° F), dependiendo de la planta de etanol (cuadro 7).

Cuadro 7: Temperaturas de secado utilizadas en plantas de etanol seleccionadas de molienda seca en Estados Unidos para producir DDGS

Planta	Secadora (1) Temp. °C	Secadora (2) Temp. °C
A	370-426	399-426
B	565-593	
C	310	
D	229	
E	229	
F	515	258
G	421	312
H	447	410
I	454	127
J	288-371	
K	468	337
L	593	
M	537	
N	482	499
O	510	
P	504	460-471

Debido a que la cantidad y duración del calentamiento está altamente correlacionado con la digestibilidad de la lisina (figura 1), no es de sorprender que haya una gama bastante amplia en la digestibilidad de la lisina entre las fuentes de DDGS de color claro.

Algunas plantas de etanol de molienda en seco utilizan modificaciones del proceso para producir etanol y DDGS. Por ejemplo, algunas plantas utilizan cocedores para añadir calor para la fermentación y usan menos enzimas, mientras que otras usan más enzimas y no se basan en el uso de cocedores para facilitar la fermentación. Teóricamente, el uso de menos calor podría mejorar la digestibilidad de los aminoácidos de los DDGS, pero no se han llevado a cabo estudios que determinen el impacto de estos procesos sobre la composición final de nutrientes y su digestibilidad.



Para reducir el riesgo de sobre o subvaluar los DDGS en los alimentos para animales, los clientes deben seleccionar las fuentes con base en la disponibilidad de la información de los perfiles actuales y completos de nutrientes y de manera ideal, tener un programa muy riguroso de aseguramiento de la calidad para esta materia prima. Además, las plantas de etanol deben desarrollar una base de datos de análisis de muestras para mostrar cuán consistentes pueden ser los coproductos producidos con el tiempo. Los procedimientos *in vitro* precisos, rápidos y económicos necesitan identificarse o desarrollarse para calcular la digestibilidad de aminoácidos entre las fuentes de DDGS para cerdos y aves.

Evaluación del contenido y digestibilidad de nutrientes en los DDGS

Tal vez el desafío más grande de usar los granos secos de destilería con solubles (DDGS) en los alimentos para animales es conocer el contenido y digestibilidad de los nutrientes de la fuente a usarse.

- Hasta que se desarrollen procedimientos *in vitro* más precisos, la medición del color con espectrofotómetros Minolta o Hunter Lab parecen ser el predictor más consistente de la digestibilidad de lisina entre las fuentes de DDGS.
- El uso del nitrógeno insoluble ácidodetergente (NIAD) como predictor de la digestibilidad de proteína y aminoácidos en los DDGS no es tan preciso como lo es para forrajes dañados térmicamente.
- Aunque el uso de los análisis de enzimas como los procedimientos IDEA, pepsina/pancreatina y el de lisina reactiva, son procedimientos *in vitro* prometedores para predecir el contenido de proteína cruda y aminoácidos digestibles, se necesitan refinarse más para mejorar su precisión.
- Las calibraciones para aminoácidos y energía en los DDGS se puede desarrollar con NIRS, pero la calidad de estas calibraciones va a depender de la calibración del método usado. En general, la calidad de estas calibraciones es razonable, pero es más baja de la que se obtiene para otros ingredientes de alimentos.

Color

El color de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) puede ir de un dorado muy claro a café oscuro (figura 1). Las diferencias en color se deben al color del grano inicial, a la cantidad de solubles añadidos a los granos para hacer los DDGS y al tiempo y temperatura de secado que se utilicen.



Figura 1: Diferencias en color entre las muestras de DDGS.

Noll et al. (2006) mostraron que la cantidad de solubles añadidos a los granos afecta el color, tal y como se muestra en el cuadro 1. Ganesan et al. (2005) también mostraron que la claridad (L^*) del color de los DDGS disminuye con el aumento de la adición de porcentaje de solubles ($r^2 = 0.76$), mientras que los valores de la rojez (a^*) y el amarillo (b^*) aumentaron con el incremento de la adición de porcentaje de solubles ($r^2 = 0.63$ y 0.72 , respectivamente).

Cuadro 1: Efectos de aumentar la adición de solubles a la fracción de granos durante la producción de los DDGS sobre color, contenido de nutrientes y energía mecánica total (TME)_n (aves) y la digestibilidad de aminoácidos (con base al 100% de materia seca).

Medición	0 L/min.	45.42 L/min.	94.64 L/min.	158.99 L/min.	Coefficiente de correlación de Pearson	Valor P
Color L^*	59.4	56.8	52.5	46.1	- 0.98	0.0001
Color a^*	8.0	8.4	9.3	8.8	0.62	0.03
Color b^*	43.3	42.1	40.4	35.6	- 0.92	0.0001

La claridad del color de las muestras de DDGS parece estar moderadamente correlacionada con el contenido de lisina total, en donde las muestras de color más claro tendieron a tener más lisina total y mayor de digestibilidad de lisina. La cantidad y duración del calentamiento está altamente correlacionada al color y a la digestibilidad de lisina, y debido a la amplia gama en las temperaturas de la secadoras hay una gran variedad en la digestibilidad de lisina entre las fuentes de DDGS. Una digestibilidad de aminoácidos más baja puede conducir a una reducción en el desempeño del crecimiento cuando se alimenta a cerdos y aves.

Cuando se aplica calor a los ingredientes de alimentos balanceados, sucede la reacción de encafecimiento o de Maillard, que resulta en la formación de compuestos poliméricos de alto peso molecular conocidos como melanoidinos. El grado de encafecimiento (medido a través de la absorbancia a 420 nm) se usa para evaluar el alcance de la reacción de Maillard que ha habido en los alimentos. La digestibilidad de la lisina es la más afectada por el alcance de la reacción de

Maillard. La claridad y el color amarillo de los DDGS parecen ser predictores razonables del contenido de lisina digestible entre las fuentes de DDGS de color claro para aves (figura 1; Ergul et al., 2003) y cerdos (Cromwell et al., 1993; Pederson et al., 2005). Sin embargo, entre las fuentes de DDGS de color claro, Ergul et al., (2003) mostraron que los coeficientes de digestibilidad verdadera de la lisina iban del 59% al 83 % para aves y Stein et al. (2005) mostraron un intervalo similar en los coeficientes de digestibilidad verdadera de lisina para cerdos (44% a 63%). Cromwell et al. (1993) evaluaron la relación entre las calificaciones de color de Hunter Lab de varias fuentes de DDGS y esta relación con el nitrógeno insoluble ácidodetergente (NIAD) y el desempeño del crecimiento de cerdos (cuadro 2).

Se han utilizado en la industria de alimentos para consumo humano los colorímetros Hunter y Minolta para medir el color. El color está definido por la *Commission Internationale d'Eclairage*, en Viena, Austria, como la claridad o L* (0 oscuro, 100 claro), a* para el amarillo – rojo y b* para el azul – verde. Estos colorímetros no se han usado ampliamente en la industria de alimentos para animales como métodos para predecir la concentración de aminoácidos y su digestibilidad en los ingredientes para alimentos balanceados. Sin embargo, con la variación en el color entre las fuentes de DDGS y la correlación relativamente alta entre la claridad (L*) y el amarillo del color (b*) y la alta digestibilidad de lisina, los colorímetros Hunter y Minolta se usan ahora para evaluar la calidad de los DDGS.

Cromwell et al. (1993) fueron los primeros en demostrar que el color de los DDGS se correlaciona con el desempeño del crecimiento de cerdos y aves. En ese estudio, las fuentes de DDGS se combinaron para mezclar tres diferentes dietas de cerdos en crecimiento que contenían DDGS de color claro, medio y oscuro. Como se muestra en el cuadro 2, los cerdos alimentados con la dieta hecha de la combinación de fuentes de DDGS oscuras (A y E) tuvieron un crecimiento más lento, una reducción en el consumo de alimento y una reducción de la eficiencia del alimento en comparación con los cerdos alimentados con la dieta que contenían los DDGS de color claro (B y D). Los investigadores concluyeron que mientras más oscuros sean los DDGS, peor será el desempeño del crecimiento de los cerdos.

Cuadro 2: Efecto del nitrógeno insoluble ácidodetergente y la calificación de color sobre el desempeño del crecimiento de cerdos alimentados con tres fuentes mezcladas de DDGS

Fuente	Color Hunter Lab ³			NIAD %	GDP, g ²	CDPA, g ²	A/G ²
	L*	a*	b*				
A	29.0	6.5	12.7	27.1	218	1,103	5.05
E	31.1	6.1	13.1	36.9			
G	38.8	6.8	16.5	16.0	291	1,312	4.52
I	41.8	6.5	18.8	26.4			
B	53.2	4.7	21.8	8.8	390	1,416	3.61
D	51.7	7.1	24.1	12.0			

¹ Modificado de Cromwell et al., 1993.

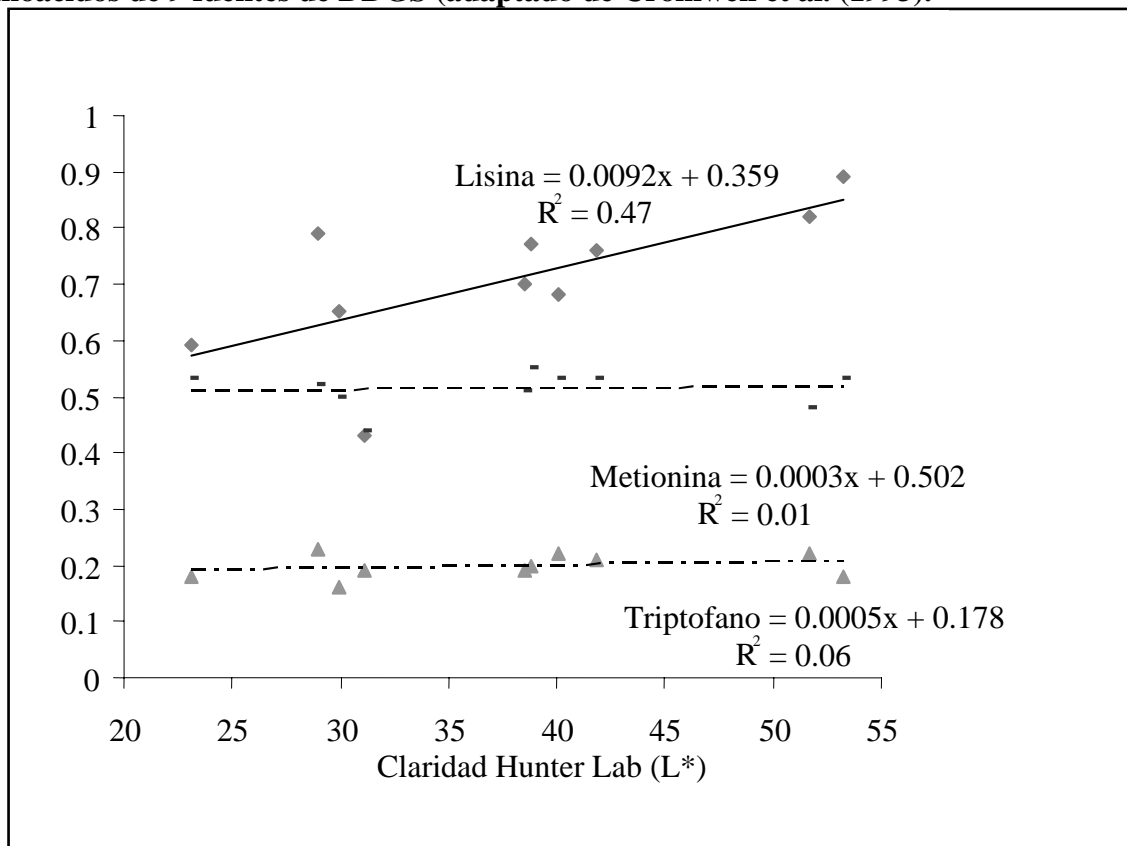
² Diferencia entre dietas $P < 0.01$

³ L = claridad (0 = negro; 100 = blanco). Mientras mayores fueran los valores a* y b*, mayor el grado de rojez y amarillo, respectivamente.

La figura 2 se desarrolló (Urriola, 2006) con datos de Cromwell et al. (1993), que incluyen la composición de aminoácidos de nueve fuentes de DDGS y sus lecturas de color. Hubo una correlación moderada ($r^2 = 0.47$) entre la claridad del color de los DDGS y el contenido de lisina, donde las muestras de color más claro tendían a tener más lisina total. Otros investigadores han

mostrado relaciones similares entre el daño térmico extremo de los ingredientes de alimentos (color oscuro) y la concentración reducida de lisina total (Finot 2005; Friedman 1992, van Barneveld *et al.*, 1994a).

Figura 2: Correlación entre el color claro de los DDGS (L*) y la composición de aminoácidos de 9 fuentes de DDGS (adaptado de Cromwell *et al.* (1993).



Otros investigadores también han mostrado que están correlacionados el color de los DDGS y el contenido de aminoácidos digestibles (Ergul *et al.*, 2003; Fastinger *et al.*, 2006; Batal y Dale, 2006). Ergul *et al.* (2003) recolectaron 22 muestras de DDGS de cuatro diferentes plantas de etanol que utilizan los procesos de producción modernos de etanol, para determinar los aminoácidos digestibles con gallos cecotomizados. El color (L*, a* y b*) se midió en cada muestra con el colorímetro Minolta y se encontró que la claridad y el color amarillo de las muestras de DDGS se correlacionaban al contenido de lisina digestible ($r^2 = 0.67$ y 0.77 para L* y b*, respectivamente). Fastinger *et al.* (2006) también utilizaron gallos cecotomizados para determinar la correlación de la claridad de los DDGS (L*) de cinco muestras de DDGS con la digestibilidad de lisina, de lo que informaron una correlación de $r^2 = 0.86$. De la misma forma, Batal y Dale (2006) encontraron una alta correlación ($r^2 = 0.74$) entre la claridad del color y el contenido de lisina digestible para aves de muestras de DDGS.

Nitrógeno insoluble ácidodetergente (NIAD)

El Modelo de carbohidratos y proteína neta de Cornell utilizado en la nutrición de rumiantes, separa el nitrógeno de la dieta en cuatro fracciones (Licitra *et al.*, 1996). La fracción A representa el nitrógeno no proteico, la fracción B representa el nitrógeno proteico verdadero que

se divide en subfracciones B₁, B₂ y B₃ con base en el grado de solubilidad, y la fracción C es el nitrógeno insoluble ácidodetergente (NIAD). El NIAD es el residuo de nitrógeno que queda en la fibra ácidodetergente (FAD). Durante muchos años, los nutriólogos de rumiantes han estado interesados en usar el NIAD como un indicador de la digestibilidad y el daño término en proteínas de forrajes y de no forrajes, con altas correlaciones entre NIAD y la digestibilidad de nitrógeno en los forrajes dañados térmicamente.

Sin embargo, la precisión de usar NIAD para predecir el daño térmico en proteínas de no forrajes, parecer ser menor que para los forrajes. Klopfenstein y Britton (1987) mostraron que NIAD se relaciona muy mal con la digestibilidad del nitrógeno ($r = -0.27$) en DDGS. Akayezu et al. (1998), mostraron que la relación entre NIAD y la digestibilidad de proteína no es constante entre los valores NIAD y que las mejores correlaciones entre NIAD y que la disponibilidad intestinal de la proteína no degradada en el rumen (PNDR) se obtiene cuando los valores de NIAD son mayores al 13% de nitrógeno total. Van Soest y Mason (1991) indican que las correlaciones bajas entre NIAD y la digestibilidad de nitrógeno observadas, se deben a los efectos confusos de las pérdidas de nitrógeno endógeno. Cuando se correlacionan los datos matemáticamente para las pérdidas de nitrógeno endógeno, aumentan las correlaciones ($r = 0.84$).

La relación de NIAD con la digestibilidad de aminoácidos ha sido menos estudiada en animales monogástricos en comparación con los rumiantes. Cromwell et al., (1993) analizó el NIAD en nueve muestras de DDGS y encontraron que estaba entre 8.8% y 36.9% y que la oscuridad del color de las muestras de DDGS aumentaba conforme aumentaban los valores NIAD ($r^2 = 0.62$). También encontraron que los pollos alimentados con dietas bajas en contenido de NIAD tuvieron un mejor desempeño del crecimiento que los alimentados con dietas altas en NIAD. El desempeño del crecimiento de los pollos y el NIAD estuvieron altamente correlacionados ($r^2 = 0.86$ y 0.72 para la ganancia de peso y el alimento/ganancia, respectivamente).

Espectrofotometría de infrarrojo cercano (NIRS)

No se han publicado estudios con respecto a la factibilidad de usar la espectrofotometría de infrarrojo cercano (NIRS) para predecir el contenido de aminoácidos de energía de los DDGS. Sin embargo, hay un tremendo interés en usar esta tecnología en las industrias del etanol y de alimentos balanceados, si se pueden lograr calibraciones confiables. En un estudio no publicado, los investigadores de la Universidad de Minnesota y de la Universidad del Estado de Carolina del Norte colaboraron para evaluar la factibilidad de hacer calibraciones NIRS para aminoácidos y energía para DDGS. Las muestras de DDGS ($n = 103$) que se analizaron químicamente por Spiehs et al. (2002) se usaron para calibraciones de NIRS en la Universidad del Estado de Carolina del Norte. Las muestras se molieron por medio de un molino Retsch y se pasaron a través de una malla de 0.5 mm. Se analizaron alícuotas (por duplicado) para energía bruta utilizando una bomba calorimétrica IKA modelo C5000. Las muestras molidas se analizaron con un espectrofotómetro NIR Systems modelo 6500 por medio de una tasa rectangular de medio tamaño. Los barridos se obtuvieron de 400 a 2,500 nm. Los datos espectrales se derivaron a un segundo orden y se uniformaron, mientras que se desarrollaron las calibraciones por medio de una regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS) con una validación cruzada (20 segmentos) mediante The Unscrambler después de eliminar los valores atípicos.

Las calibraciones de lisina, metionina, treonina y energía se desarrollaron con PLS1 (cuadro 3). Con este método, las calibraciones se desarrollaron para parámetros individuales. Las calibraciones obtenidas fueron razonables, con más del 75% de la variación explicada para lisina y energía, y 53% y 66% de la variación para treonina y metionina, respectivamente. Las calibraciones decepcionantes de la treonina muy probablemente fueron el resultado de una variación baja (CV = 6.2%) dentro de las muestras de DDGS. Se esperaba una mejor calibración para la metionina debido a la gran variación entre las muestras de DDGS y debido a que son muy exitosas las calibraciones para metionina en ingredientes para alimentos balanceados, tales como la harina de carne y hueso. Se desarrolló una calibración razonable para la energía, aunque hubo baja variación en el contenido de energía entre las muestras de DDGS (CV = 1.9%).

Cuadro 3: Estadísticas de calibración obtenidas con PLS1.

	R^a	Rmse^b, %	R²	CV, %
Lisina	0.89	0.064	0.79	16.2
Metionina	0.81	0.044	0.66	14.2
Treonina	0.73	0.046	0.53	6.2
Energía	0.87	37	0.76	1.9

^a R es la correlación entre los valores reales y los predichos.

^b Rmse es el error de predicción.

Los datos se usaron también para hacer la calibración tipo PLS2 (cuadro 4). Con este tipo de calibración, se calibraron múltiples variables dependientes (por ejemplo, todos los aminoácidos) al mismo tiempo. El método PLS2 de calibración es un método más rápido para calibrar y la calibración desarrollada puede tomar en consideración la interdependencia de las variables, lo que resulta por lo tanto en calibraciones que son más biológicamente relevantes y más robustas. La desventaja del PLS2 es que la calibración no se optimiza para parámetros individuales porque no se eliminan los valores atípicos para un parámetro específico. Para los aminoácidos, esto puede ser especialmente importante debido a que se usan tres diferentes análisis. Como se muestra en el cuadro 4, los resultados de la calibración obtenidos con PLS1 son mejores que las calibraciones obtenidas con PLS2. Esta diferencia fue mucho mayor para la lisina y treonina, y mínima para la metionina.

Cuadro 4: Estadísticas de calibración obtenidas con PLS2.

	R^a	Rmse^b, %	R²	CV, %
Treo	0.61	0.050	0.37	6.2
Cis	0.74	0.035	0.55	9.4
Val	0.65	0.078	0.43	7.3
Met	0.80	0.046	0.64	14.2
Ile	0.71	0.065	0.50	8.5
Leu	0.84	0.125	0.70	6.5
Fen	0.82	0.052	0.68	6.5
His	0.76	0.036	0.58	7.8
Lis	0.73	0.089	0.53	16.2
Arg	0.75	0.065	0.56	8.7
Trip	0.60	0.017	0.36	9.1
AAT ^c	0.79	1.008	0.63	6.6

^a R es la correlación entre los valores reales y los predichos.

^b Rmse es el error de predicción.

^c AAT = aminoácidos totales

Estos resultados indican que se pueden desarrollar calibraciones de aminoácidos y energía de los DDGS con NIRS. La calidad de estas calibraciones va a depender del método de calibración usado, en los que las calibraciones de PLS1 se prefieren en comparación con las PLS2. En general, la calidad de estas calibraciones fue razonable, pero más bajas de las obtenidas para otros ingredientes para alimentos, como la harina de carne y hueso, que también es muy heterogénea y es un material procesado térmicamente. Esto se puede deber a la variación del análisis de DDGS con el tiempo, a la concentración más baja de aminoácidos en los DDGS en comparación con la harina de carne y hueso o la posibilidad de que se haya analizado una muestra de tamaño pequeño con NIRS que no fuera representativa para los análisis de aminoácidos.

Procedimientos *in vitro* basados en enzimas

Novus International, Inc. ha desarrollado un análisis patentado a base de enzimas (IDEA™) diseñado para predecir rápidamente la digestibilidad de aminoácidos de ingredientes para alimentos balanceados usados en dietas avícolas, entre los que se incluyen la harina de soya, harina de carne y hueso, harina de subproductos avícolas y harina de plumas con tiempos de determinación que van de dos horas a menos de un día para las proteínas animales y vegetales, respectivamente. Schasteen et al. (2005) realizó un estudio para evaluar la aplicabilidad de IDEA para predecir la digestibilidad de aminoácidos de los DDGS. Recolectaron 28 muestras de DDGS y las analizaron con el procedimiento IDEA junto con la determinación de la digestibilidad verdadera de aminoácidos mediante el ensayo de gallos cecotomizados alimentados con precisión. Los resultados muestran que la digestibilidad verdadera de lisina varía entre las muestras de DDGS y está en un intervalo de entre 59.1% y 83.6% con un promedio de 70.3%, mientras que los análisis de IDEA de estas muestras resultaron en una correlación fuerte de los valores de IDEA con los valores de digestibilidad verdadera de lisina ($r^2 = 0.88$). Las concentraciones de proteína cruda en estas muestras iban del 24.5% al 30.2%. Los otros valores

de digestibilidad verdadera de aminoácidos determinados para estas muestras no variaban igual que la lisina (25%), y en los que la cisteína tenía la siguiente variabilidad más grande (20%) y la metionina y la alanina mostraban la menor variación (8%). El análisis IDEA mostró bajas correlaciones ($r^2 =$ menos de 0.5) para todos los aminoácidos aparte de la lisina. Estos resultados indican que existen variaciones en los valores de digestibilidad de lisina *in vivo* para aves entre las muestras de DDGS y que IDEA puede brindar una buena predicción de la digestibilidad de lisina en aves *in vivo* para DDGS, pero no para otros aminoácidos.

Pedersen et al. (2005) evaluaron la efectividad de dos procedimientos *in vitro* basados en enzima (esto es, un procedimiento a base de pepsina y uno a base de pepsina/pancreatina) para calcular los coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda y de los aminoácidos en los DDGS para cerdos en crecimiento. Los coeficientes de digestibilidad ileal estandarizada de la proteína cruda y los aminoácidos se midieron en 14 muestras de DDGS mediante el uso de cerdos en crecimiento con una cánula en T en el íleon distal del intestino delgado. El procedimiento de pepsina calculó la digestibilidad de la proteína cruda después de 16 horas de incubar muestras de DDGS con pepsina a un pH de 1. Para el procedimiento de pepsina/pancreatina, las muestras de DDGS se incubaron con pepsina durante seis horas a pH 2 seguido de una incubación de 16 horas con pancreatina pH a 6.8. Las muestras se filtraron después del periodo de incubación y al filtrado se le analizó la concentración de proteína cruda. La correlación entre la digestibilidad de proteína cruda *in vivo* y la digestibilidad obtenida con el procedimiento de pepsina fue baja ($r^2 = 0.29$), pero mejoró cuando se usó el procedimiento de pepsina/pancreatina ($r^2 = 0.55$). Estos investigadores concluyeron que el procedimiento de pepsina/pancreatina se puede usar para predecir la digestibilidad *in vivo* de la proteína cruda y los aminoácidos en los DDGS, pero que se requiere de trabajo adicional para mejorar las correlaciones.

Lisina reactiva

Pahm et al. (2006) evaluaron el uso de un procedimiento de lisina reactiva (homoarginina) como procedimiento *in vitro* para predecir la digestibilidad de lisina de los DDGS en cerdos en crecimiento. Los resultados de este estudio mostraron que las muestras de DDGS y el bolo alimenticio ileal deben ser guanidinadas durante tres días en una solución de metilisourea al 0.6 molar para lograr una buena recuperación de aminoácidos y que se puede usar el procedimiento de lisina reactiva como un método *in vitro* para predecir la digestibilidad ileal estandarizada del contenido de lisina en los DDGS.

Bibliografía

- Akayezu, J.M., J.G. Linn, S.R. Harty, and J.M. Cassady. 1998. Use of distillers grains and co-products in ruminant diets. Proceedings of the 59th Minnesota Nutrition Conference, Bloomington, MN. September 1998. Available: <http://www.ddgs.umn.edu/info-dairy.htm>. Accessed: August, 2006.
- Batal, A.B., and N.M. Dale. 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. J. Appl. Poult. Res. 15:89-93.
- Batal, A.B. and N.M. Dale, 2004. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. Poultry Sci. 83 (Suppl 1):317.
- Cromwell, G.L., K.L. Herkelman, and T.S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. J. Anim. Sci. 71:679-686.
- Davies, C.G.A, and T.P. Labuza. 2000. The Maillard reaction applications to confectionery products. Available: <http://courses.che.umn.edu/05fscn4111-1f/Readings%20pdf/maillard-confectionary.pdf>. Accessed: August 2006.

- Ergul, T., C. Martinez Amezcua, C. Parsons, B. Walters, J. Brannon and S.L. Noll. 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. Proceedings at the Poultry Science Association Meeting, Madison, WI. July 2003. Available: <http://www.ddgs.umn.edu/info-poultry.htm>. Accessed: August 2006.
- Ergul, T., C. Martinez Amezcua, C.M. Parsons, B. Walters, J. Brannon and S. L. Noll, 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci.* 82 (Suppl. 1): 70.
- Erickson, G.E., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams, and R.J. Rasby. 2006. Utilization of Corn Co-Products in the Beef Industry. Nebraska Corn Board and the University of Nebraska. www.nebraskacorn.org. 17 pp.
- Fastinger, N.D. and D.C. Mahan. 2006. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 84:1722-1728.
- Ferrer E., A. Alegría Farré, G. Clemente, and C. Calvo. 2005. Fluorescence, browning index, and color in infant formulas during storage. *J. Agric. Food Chem.* 53:4911-4917.
- Finot, P.A. 2005. The absorption and metabolism of modified amino acids in processed foods. *J. of AOAC Int.* 88:894:903.
- Friedman, M. 1992. Dietary impact of food processing. *Annual Reviews in Nutrition.* 12:119-137.
- Fu, S.X., M. Johnston, R.W. Fent, D.C. Kendall, J.L. Usry, R.D. Boyd, and G.L. Allee. 2004. Effect of corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) on growth, carcass characteristics, and fecal volume in growing finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 2):50.
- Ganesan, V., K.A. Rosentrater, and K. Muthukumarappan. 2006. Effect of moisture content and soluble levels on the physical and chemical properties of DDGS. ASAE Annual International Meeting, Tampa, FL, July 17-20.
- Ham, G.A., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, E.M. Larson, D.H. Shain, and R.P. Huffman. 1994. Wet corn distillers co-products compared with dried distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *J. Anim. Sci.* 72:3246.
- Hastad, C.W., M.D. Tokach, J.L. Nelssen, R.D. Goodband, S.S. Dritz, J.M. DeRouchey, C.N. Groesbeck, K.R. Lawrence, N.A. Lenehan, and T.P. Keegan. 2004. Energy value of dried distillers grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 2):50.
- Klopfenstein, T. and R. Britton. 1987. Heat damage – Real or Artifact. In: *Dist. Feed Conf. Proceedings.* 42:84-86.
- Knott, J., G.C. Shurson, and J. Goihl. 2004. Effects of the nutrient variability of distiller's solubles and grains within ethanol plants and the amount of distiller's solubles blended with distiller's grains on fat, protein and phosphorus content of DDGS. Available: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-proc-storage-quality/2004-Knott-%20Nutrient%20variability.pdf>. Accessed: June, 2006.
- Licitra G., T.M. Hernandez, and P.J. van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 57:349-358.
- Lumpkins, B., A. Batal and N. Dale, 2004. Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poultry Sci.* 83:1891-1896.
- Lumpkins, B.S. and A.B. Batal. 2005. The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 84:581-586.
- National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 7th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*, 10th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Rev. Ed. National Academy of Sci., Washington, DC.
- Noll, S., C. Abe, and J. Brannon. 2003. Nutrient composition of corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 82(Supplement):71.
- Noll, S. 2004. DDGS in poultry diets: Does it make sense. Midwest Poultry Federation Pre-Show Nutrition Conference, River Centre, St. Paul, MN. March 16, 2004.

- Noll, S. L., J. Brannon, J. L. Kalbfleisch, and K. D. Roberson, 2005. Metabolizable energy value for corn distillers dried grains with solubles in turkey diets. *Poultry Sci.* 84 (Suppl. 1):
- Noll, S., C. Parsons, and B. Walters. 2006. What's new since September 2005 in feeding distillers co-products to poultry. *Proc. 67th Minnesota Nutrition Conference & University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millennium.* pp. 149-154.
- Olentine, C. 1986. Ingredient profile: Distillers feeds. *Proc. Distillers Feed Conf.* 41:13-24.
- Pahm, A.A., C. Pedersen, and H.H. Stein. 2006. Evaluation of reactive lysine (homoarginine) as an *in vitro* procedure to predict lysine digestibility of distillers dried grains with solubles by growing pigs. *J. Anim. Sci. (Suppl. 2)* 84:90.
- Pederson, C., A. Pahm, and H.H. Stein. 2005. Effectiveness of *in vitro* procedures to estimate CP and amino acid digestibility coefficients in dried distillers grain with solubles by growing pigs. *J. Anim. Sci. (Suppl. 2)* 83:39.
- Powers, W.J., H.H. Van Horn, B. Harris, Jr., and C.J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers grains plus solubles on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 78:388-396.
- Reese, D.E. and A.J. Lewis. 1989. Nutrient content of Nebraska corn. Nebraska Cooperative Extension Service EC 89-219, pp. 5-7.
- Roberson, K.D., J.L. Kalbfleisch, W. Pan and R.A. Charbeneau, 2005. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and yolk color. *Intl J. Poultry Sci.* 4(2):44-51.
- Schasteen, C., J. Wu, and C. Parsons. 2005. Enzyme-based protein digestibility (IDEA™) assay accurately predicts poultry *in vivo* lysine digestibility for distiller's dried grain and solubles (DDGS). *J. Anim. Sci. (Suppl. 2)* 83:39.
- Schingoethe, D.J. 2004. Corn Co-products for Cattle. Proceedings from 40th Eastern Nutrition Conference, May 11-12, Ottawa, ON, Canada. pp 30-47.
- Shurson, G.C., C. Santos, J. Aguirre, and S. Hernández. 2003. Effects of Feeding Babcock B300 Laying Hens Conventional Sanfandila Layer Diets Compared to Diets Containing 10% Norgold DDGS on Performance and Egg Quality. A commercial field trial sponsored by the Minnesota Corn Research and Promotion Council and the Minnesota Department of Agriculture.
- Spiehs, M.J., G.C. Shurson, and M.H. Whitney. 1999. Energy, nitrogen, and phosphorus digestibility of growing and finishing swine diets containing distiller's dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 77:188 (Suppl. 1).
- Spiehs, M.J., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639.
- Stein H.H., M.L. Gibson, C. Pedersen, and M.G. Boersma. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 853-860.
- Stein H.H., A.A. Pahm, and C. Pedersen. 2005. Methods to determine amino acid digestibility in corn by-products. In: Proceedings of the 66th Minnesota Nutrition Conference. St. Paul. MN. USA. pp. 35-49.
- Tjardes, J. and C. Wright. 2002. Feeding corn distiller's co-products to beef cattle. SDSU Extension Extra. ExEx 2036, August 2002. Dept. of Animal and Range Sciences. pp. 1-5.
- Urriola, P.E. 2006. Distillers dried grains with solubles digestibility, *in vivo* estimation and *in vitro* prediction. M.S. Thesis, University of Minnesota.
- Urriola, P.E., M.H. Whitney, N.S. Muley, and G.C. Shurson. 2006. Evaluation of regional differences in nutrient composition and physical characteristics among six U.S. soybean meal sources. *J. Anim. Sci. (Suppl. 2)* 84:24.
- van Barneveld, R.J., E.S. Batterham, and B.W. Norton. 1994. A comparison of ileal and fecal digestibilities of amino acids in raw and heat-treated field peas (*Pisum sativum* cultivar Dundale). *Br. J. Nutr.* 72:221-241.
- van Soest, P.J. and V.C. Mason. 1991. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 32:45-53.
- Whitney, M.H., M.J. Spiehs, and G.C. Shurson. 2001. Availability of phosphorus in distiller's dried grains with solubles for growing swine. *J. Anim. Sci.* 79:108 (Suppl. 1).

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de

alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Factores a considerar en la compra de granos secos de destilería con solubles: logística de proveedores, precios y transporte

La Asociación Nacional de Granos y Alimentos Balanceados de EUA preparó las siguientes recomendaciones para las compañías que compran granos secos de destilería con solubles (DDGS). Dada la naturaleza de rápida evolución de la industria de los biocombustibles y sus coproductos, a continuación se encuentran varios procedimientos de aseguramiento de la calidad que deben considerar los usuarios de los DDGS como parte de su programa de aseguramiento de calidad para ayudar a garantizar que el producto que se reciba cumpla con los criterios de calidad necesarios:

- **Conozca quiénes son los proveedores de DDGS:** La composición de nutrientes de los DDGS puede variar significativamente de una planta a la otra. Considere el uso de un proceso aprobado de proveedores para seleccionar a aquéllos que puedan brindarle productos que cumplan con los parámetros de calidad deseados. Esto debe incluir la obtención de análisis de laboratorio de los DDGS, visitar el sitio de fabricación del proveedor para evaluar sus procedimientos de aseguramiento de la calidad y verificar la cobertura de seguros de responsabilidad sobre producto que tenga el proveedor.
- **Especificar las especificaciones de calidad de los DDGS en los contratos de compra:** Considere la incorporación en los contratos de compra de las especificaciones de calidad de los DDGS que sean importantes para su propio negocio. Cuando es importante el un acuerdo entre el comprador y el vendedor sobre la composición precisa de nutrientes, considere que se incluyen los métodos de análisis especificados para aquéllos nutrientes que vienen en el contrato de compra.
- **Tome muestras y verifique los DDGS en la recepción:** Considere la obtención de una muestra representativa de DDGS antes de descargar con los procedimientos de muestreo establecidos, para determinar si cumple con las especificaciones de calidad antes de la descarga. Entre algunos de los procedimientos internos de inspección de DDGS que se deben de considerar se incluyen: 1) inspeccionar el color (un color oscuro puede ser indicativo de un sobrecalentamiento); 2) verificar el olor (un olor a quemado puede ser indicativo de un sobrecalentamiento) y 3) monitorear la densidad de masa y el tamaño de partícula.
- **Monitoreo de las micotoxinas en los DDGS:** Como se hizo notar anteriormente, el contenido de micotoxinas presente en los DDGS es tres veces el del nivel que puede estar presente en el maíz que se usa durante el proceso de producción de etanol. Debe considerarse evaluar periódicamente el contenido de micotoxinas en los DDGS, para asegurar que no estén presentes a niveles excesivos.
- **Monitorear los perfiles de nutrientes de los DDGS:** Considere pedir de manera rutinaria la información del perfil de nutrientes de los proveedores de DDGS. Siga el programa de

análisis establecido para garantizar los valores de nutrientes precisos de la materia prima que se usa en las formulaciones.

Tomado de Feed and Feeding Digest; Volumen 58, Número 1, 1 de febrero de 2007; Publicado por National Grain and Feed Association.

Factores que afectan el precio de los DDGS

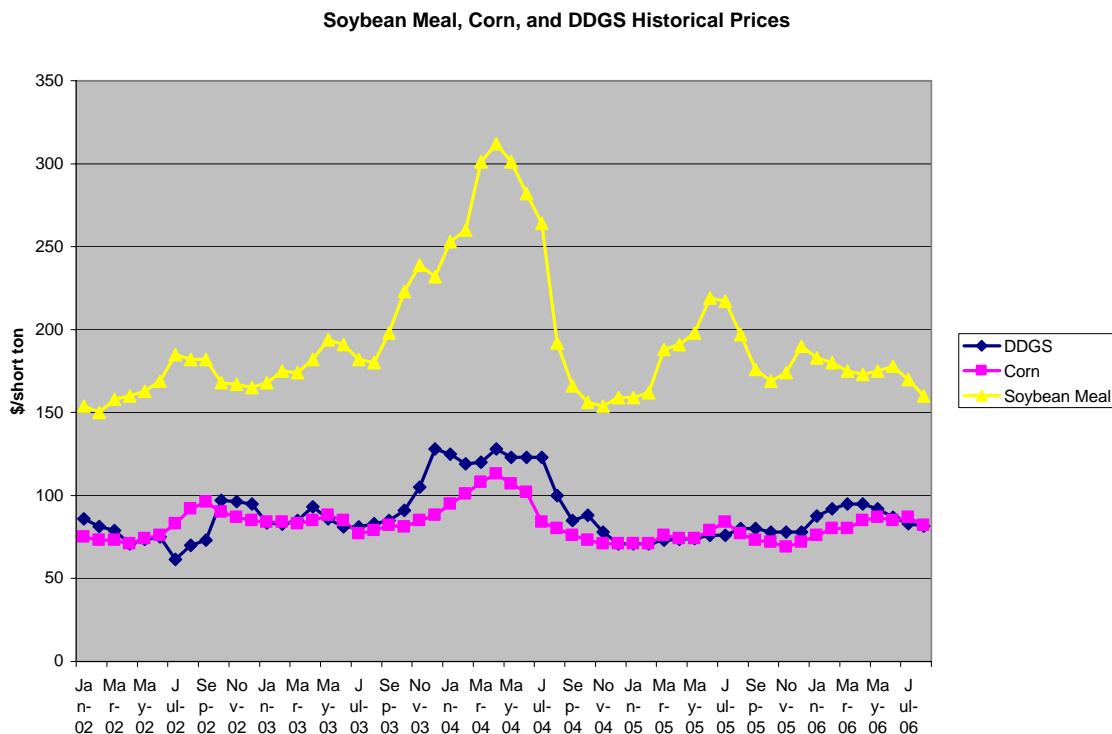
Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son un ingrediente de alimentos balanceados muy especial que está considerado por tener un contenido medio de proteína y de energía. Reemplaza parcialmente al maíz, harina de soya y suplementos de fósforo en los alimentos para animales. Sin embargo, el precio de los DDGS no sigue exactamente los precios del maíz y de la harina de soya. La figura 1 muestra los precios al mayoreo históricos del USDA de los DDGS (US\$/tonelada corta) comparados con los precios al cierre promedio mensuales del mes más cercano de los futuros de maíz y harina de soya de la Chicago Board of Trade. El punto de precios del USDA para los DDGS es Lawrenceburg, Indiana, EUA. Nótese que los precios de los DDGS tienden a seguir el precio del maíz de manera más cercana que el de la harina de soya. Las tendencias en general en los mercados del maíz y de la harina de soya van a afectar el precio de los DDGS, pero la volatilidad diaria en el mercado de estas materias primas en la Chicago Board of Trade no siempre se traduce en una volatilidad diaria en el mercado de los DDGS. Si los precios del maíz y de la harina de soya por lo general son altos en relación a los precios de los DDGS, éstos van a reemplazar una gran proporción de maíz y harina de soya en los alimentos para animales. Por otro lado, durante las épocas de aumentos estacionales en los precios en el mercado de los DDGS, el maíz y la harina de soya van a competir de manera favorable con los DDGS y por lo que van a entrar en las formulaciones de dietas a mínimo costo.

Hay una serie de factores que pueden afectar el precio de los DDGS. El primero y el más importante es que debe notarse que la demanda más alta de los DDGS es en Estados Unidos, en donde aproximadamente 88% de los granos de destilería producidos hoy en día los consumen el ganado y las aves. Sin embargo, anualmente aumenta la cantidad de DDGS exportados a otros países. Muchos productos y comercializadores de DDGS están empezando a considerar el potencial de los mercados de exportación como un componente muy importante en la demanda general de DDGS. La fuerte demanda en los primeros meses del año, junto con los suministros históricamente bajos al mismo tiempo, ha hecho que suban los precios de los DDGS en el periodo de entrega de diciembre a mayo. Sin embargo, aunque esto ha sido una tendencia histórica, no es seguro que los DDGS siempre tendrán un precio más alto durante esta época del año.

El rápido crecimiento de la industria del etanol en Estados Unidos ha resultado en mayores cantidades de DDGS en el mercado cada mes, lo que conduce tanto a compradores como a vendedores a esperar que no haya escasez, lo que previamente ya ha ocurrido a finales del invierno y en la primavera. La mayor parte de los granos de destilería que se producen en Estados Unidos, se alimentan al ganado lechero y de engorda, y el mayor uso en estos animales continúa aumentando la demanda cada año. La industria porcina es el sector de más rápido crecimiento del uso de los DDGS en Estados Unidos. La industria avícola de Estados Unidos aún no ha llegado al potencial de inclusión de DDGS en la dieta, pero los resultados de los estudios de investigación más recientes y continuos, muestran que los DDGS son un excelente ingrediente para uso en alimentos avícolas. Al considerar todos estos factores, el mayor uso en las industrias de ganado de engorda y lechero, la mayor aceptación y el uso en las dietas porcinas y el

potencial para un mayor uso en los alimentos avícolas, hace que aumente la demanda nacional general de DDGS, lo cual va a afectar a los precios en el futuro. Se espera que la cantidad total de DDGS que se produce llegue a los 30 millones de toneladas métricas al año dentro de 10 años, del cual habrá cantidades significativas que se usen en el mercado de exportación.

Figura 1. Precios al mayoreo históricos del USDA de los DDGS (US\$/tonelada corta) en comparación con los precios al cierre promedios mensuales del mes más cercano de los futuros de maíz y de harina de soja de la Chicago Board of Trade.



Transporte de los DDGS

Barcazas y barcos

Una de las opciones de flete más eficaz en costos es embarcar los DDGS por el sistema de ríos de EUA vía barcazas, y luego cargarlos en las embarcaciones marítimas. El flete en barcaza se comercializa como porcentaje del **arancel**. Por ejemplo, el arancel actual de St. Louis, Misuri a Nueva Orleáns, Luisiana es de aproximadamente \$4.40 dólares por tonelada métrica. Si el flete de St. Louis a Nueva Orleáns se comercializa en el intervalo de 300% a 350% de ese arancel, el costo actual real sería de \$13.20 a \$15.40 dólares por tonelada métrica. A menudo, las tasas porcentuales fluctúan, por lo que los números usados en este ejemplo, de ninguna manera constituyen una cuota de flete firme. Simplemente se dan para que el usuario comprador de DDGS potencial tenga una idea de cómo se calcula el flete en barcaza. Los viajes más largos (por ejemplo, Mineápolis, Minnesota a Nueva Orleáns) van a tener un arancel mayor y probablemente una tasa porcentual mayor. Estados Unidos tiene 8,046.72 km (5,000 millas) de vías fluviales navegables para barcazas y remolcadores. En cada río navegable en Estados Unidos se comercializan diferentes aranceles y tasas porcentuales. Las barcazas que comercializan a Nueva Orleáns generalmente se ofrecen como CIF NOLA (Costo, Seguro y Flete a Nueva Orleáns, por sus siglas en inglés). Los DDGS se cargan en barcazas en el interior de Estados Unidos y se envían al Puerto de Nueva Orleáns y áreas cercanas, en donde se transfiere a las bodegas de los barcos de navegación de altura. Esta transferencia por lo general se hace a través de **barcos cargueros a medio río**. Tanto las barcazas como los barcos se colocan

junto a estos barcos cargueros donde se hace la transferencia. Los barcos varían de tamaño, pero los más comunes son los tipos Handysize, Handymax y Panamax. El Handysize almacena de 20,000 a 30,000 toneladas de carga, mientras que el Handymax es de 35,000 a 49,000 toneladas y el Panamax de 50,000 a 75,000 toneladas de carga.

Un barco Panamax va a tener una cantidad de DDGS aproximadamente equivalente a la cantidad que contienen 37 barcasas o 555 carros de ferrocarril. Es importante determinar los requerimientos de descarga del puerto del importador para el barco que intenta usted fletar, ya que los diferentes puertos pueden requerir que los barcos tengan sus propias grúas, requieran diferentes límites de calado de llegada, de longitud y de ancho del barco. El flete por mar se comercializa como un *commodity* y las tasas cambian a diario. Las tasas dependen de una serie de factores, entre los que se incluyen, pero no se limitan a:

- condiciones del mercado
- tipo de barco que se necesita
- calado del puerto
- cargos del puerto
- términos de carga
- términos de descarga

Entre los factores que afectan el mercado de fletes por barco en general, se incluye a:

- cuestiones de oferta y demanda
- costo de la construcción y operación del barco
- construcción de un nuevo barco contra el retiro de barcos
- demanda estacional (por ejemplo, cosecha de granos en Norte y Suramérica)
- demanda de China de todas las materias primas
- duración del viaje
- tiempo de retorno
- psicología o expectativas del mercado

Las opciones de flete incluyen:

- Chárteres de embarques del punto A al punto B
 - menos riesgoso para cálculos de costo
- Chárteres por tiempo, que dan más flexibilidad porque el barco se envía como charter para una cantidad especificada de tiempo, más que por viaje
 - este caso tiene más riesgos, pero también más recompensas.

Contenedores

Aproximadamente, el 55% del comercio en contenedores del mundo se atribuye a Asia. El hecho que Estados Unidos sea actualmente el mayor importador en contenedores del mundo, pone a este país en una situación muy especial. Los contenedores que llegan con electrónicos, textiles, repuestos de automóviles y otros bienes a Estados Unidos, principalmente de Asia, necesitan enviarse de regreso a esa región para que los vuelvan a cargar con los bienes consumibles mencionados anteriormente. Aproximadamente 60 de cada 100 contenedores que salen de Estados Unidos regresan vacíos a Asia. Las compañías navieras obviamente preferirían generar algo de ganancia de regreso a Asia, más que enviar los contenedores vacíos, que no les genera ninguna ganancia. Es aquí en donde los DDGS, junto con otros productos agrícolas han encontrado su nicho en el mercado del flete. El mayor exceso de contenedores vacíos en el interior de Estados Unidos se encuentra en Chicago, Illinois y en Kansas City, Misuri, seguido de

Memphis, Tennesí. El proceso de exportación en contenedores típico es como sigue a continuación:

1. Los DDGS se embarcan de la planta de etanol a una instalación dedicada a la carga de contenedores. Estas instalaciones típicamente se localizan cerca de los patios de recolección de contenedores grandes, donde se almacenan los contenedores vacíos.
2. En algunos casos, las plantas de etanol cargan los contenedores en el sitio, ahorrándose por lo tanto, costos relacionados con la carga de contenedores de terceros.
3. Una vez que el contenedor está cargado con los DDGS, se envía por camión al patio de recolección de contenedores y se coloca en un chasis de ferrocarril.
4. De ahí, se transporta el contenedor al puerto de Estados Unidos para cargarse en un barco de contenedores. Long Beach, California, maneja más contenedores que ningún otro puerto de Estados Unidos. El tiempo de tránsito típico de Chicago a Long Beach es de 7 a 10 días. El tiempo típico de tránsito de Long Beach a los puertos de Asia es de 16 a 18 días.

El embarque de contenedores es una opción excelente para el comprador exigente que anda en búsqueda de comprar DDGS de un número limitado de fuentes o plantas de etanol.

Ferrocarril

Los vagones de carga a granel se usan para exportar DDGS a México y Canadá. Los envíos por ferrocarril de DDGS a México están creciendo de manera exponencial cada año, y también está aumentando el número de embarques por ferrocarril a Canadá. Las exportaciones por ferrocarril se consideran la forma más fácil de manejar, si se considera el número de pasos que implican y el tiempo de tránsito. Los vagones o carros de ferrocarril se cargan a la planta de etanol, se facturan con el ferrocarril y se envían a su destino. Los vagones deben inspeccionarse y limpiarse una vez que llegan a la frontera. Una vez inspeccionados y limpios, cruzan la frontera y llegan a su destino final. Algunos exportadores permiten que sus vagones privados se envíen a través de la frontera, lo cual usan como una fuente de ingresos. Los principales ferrocarriles que dan servicio en Estados Unidos son Union Pacific (UP) y Burlington Northern Santa Fe (BNSF). Las principales empresas ferroviarias de México son Ferromex (FXE) y Kansas City Southern de México (KCSM), antes TFM. Las principales empresas ferroviarias de Canadá son Canadian National Railway (CN) y Canadian Pacific Railway (CPR).

Transporte y planeación de la logística

En general, los programas de embarque de volúmenes altos siempre siguen un calendario. Sin embargo, vale la pena planear el peor de los casos y esperar el mejor. Los carros o vagones de ferrocarril se pueden retrasar por el clima, problemas en las vías, reparaciones de los vagones que están en ruta, elección accidental de rutas a otro destino en un patio de cambios y descarrilamiento de trenes. Las barcasas se pueden retrasar porque se congela el río, inundaciones o sequías que llevan a problemas de sobreexplotación. Los contenedores son la forma más confiable para los programas de embarques, pero si no se cargan a tiempo para llegar al barco que está en la cosa, también se pueden retrasar varias semanas. En resumen, el importador de DDGS debe considerar la posibilidad de retrasos de hasta 30 a 45 días, y por lo tanto mantener siempre algo de inventario en la planta como colchón para estos retrasos. En la mayor parte de los casos, ni el vendedor ni los fleteros son responsables de los retrasos del despacho en el destino.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Procesos de producción usados para producir etanol y coproductos de destilería

Conversión de glucosa a etanol

En Estados Unidos, el maíz es la fuente predominante de almidón (glucosa) que se usa para producir etanol. Con la excepción de la caña de azúcar, el maíz proporciona el rendimiento de etanol más alto en comparación con otras materias primas (cuadro 1). Sin embargo, se están realizando investigaciones para desarrollar métodos para convertir carbohidratos de materias primas celulósicas, como la madera blanda de coníferas (Arwa et al., 2005) y los polisacáridos no almidonosos (Arthur, 2006), así como la remolacha (Savvides et al., 2000) como fuentes de glucosa.

Cuadro 1: Contenido de almidón y rendimiento de etanol de varias materias primas

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

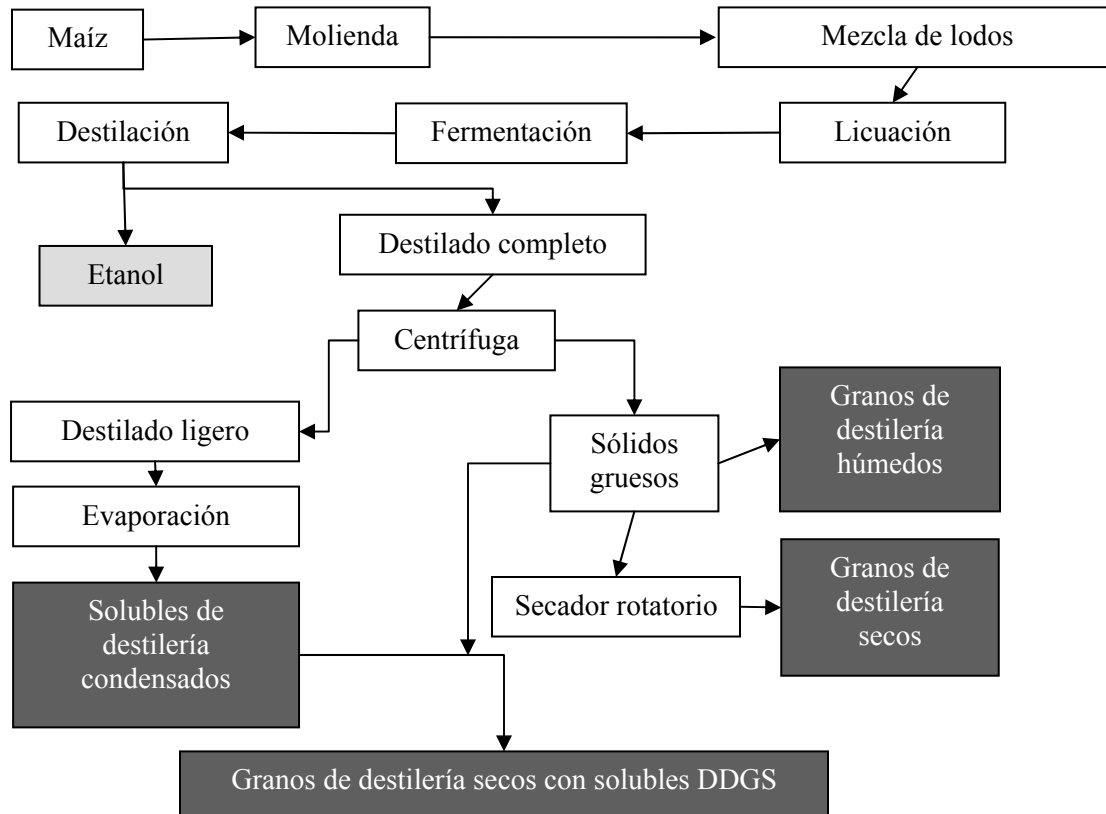
Fuente: Saskatchewan Agriculture and Food (1993)

Plantas de etanol de molienda seca

Reducción del tamaño de partículas de los granos

Como se muestra en la figura 1, el paso inicial en la producción de etanol en las plantas de etanol de molienda en seco, es reducir el tamaño de partícula del maíz con la molienda de molinos de martillo. Los molinos de martillo rompen el grano del maíz con las puntas de martillo de alta velocidad en rotación. La fineza del maíz molido está determinada principalmente por el volumen del rotor, la velocidad de la punta del martillo, el número de martillos y el tamaño de la abertura de la malla (Dupin et al., 1997). Las mallas que se usan en el martillo normalmente están en un intervalo de 1/8 a 3/16 de pulgada de diámetro. El tamaño de partícula del grano puede afectar el rendimiento de etanol (Kelsall y Lyons, 1999), y por lo tanto, los productores tienden a usar maíz molido muy fino para maximizar el rendimiento del etanol. Como se muestra en el cuadro 2, se puede producir un extra de 0.85 litros (0.20 galones) de etanol si el maíz se muele para que pase por una malla de 3/16, en comparación con una de 5/16 de pulgada.

Figura 1: Procesos de producción del etanol de molienda seca y sus coproductos (Erickson et al., 2005)



Cuadro 2: Rendimiento de etanol del maíz molido de diferentes tamaños de partícula

Tamaño de partícula	Rendimiento de etanol (galones/bushel)
Maíz molido fino, 3/16 pulg.	2.65
Maíz molido grueso, 5/16 pulg.	2.45

Cocción y sacarificación

El agua y el destilado reciclado se añaden al maíz molido, los cuales actúan como acondicionadores para empezar la extracción de la proteína soluble, los azúcares y los lípidos ligados no almidonosos (Chen et al. 1999).

La mezcla de lodos se cocina para hidrolizar el almidón y convertirlo a glucosa junto con las enzimas amilolíticas, para que las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) conviertan la glucosa a etanol. Las temperaturas que típicamente se usan durante el proceso de cocción son de 40° - 60° C en el tanque de premezcla, 90° - 165° C para la cocción y 60° C para la licuación (Kelsall y Lyons, 1998). La gelatinización del almidón comienza entre los 50° - 70° C. Un paso crítico en la conversión del almidón a la glucosa involucra la terminación de la gelatinización del almidón (Lin y Tanaka, 2003). Durante la gelatinización, se extrae casi toda la amilosa en los gránulos de almidón (Han y Hamaker, 2001), lo que incrementa la viscosidad debido a los gránulos hinchados y geles que consisten de amilosa solubilizada (Hermansson y Kidman, 1995).

La hidrólisis completa del polímero de almidón requiere de una combinación de enzimas. Las amilasas son las más ampliamente usadas, son enzimas termoestables que se usan en la industria del almidón (Sarikaya et al., 2000). Éstas incluyen las α -amilasas o glucoamilasas (Poonam y Dallel, 1995). Las enzimas deben ser termoestables para que haya hidrólisis del almidón inmediatamente después de la gelatinización. Las enzimas representan del 10% al 20% del costo de producción del etanol (Gregg et al., 1998).

Algunas plantas de etanol utilizan sistemas de cocción por lote, mientras que otras utilizan sistemas de cocción continua (Kelsall y Lyons, 1999). En el sistema de cocción por lotes, se mezcla una cantidad conocida de harina de maíz con una cantidad conocida de agua y de destilado reciclado. En el proceso de cocción continua, la harina de maíz, el agua y el destilado reciclado se añaden continuamente en un tanque de premezcla. La temperatura del tanque de premezcla se mantiene justo por debajo de lo necesario para la gelatinización y la masa se bombea continuamente a través de un cocedor de inyección. La temperatura del cocedor se fija a 120°C, y la masa pasa del cocedor hacia la parte superior de la columna vertical. La masa se mueve hacia abajo de la columna en alrededor de 20 minutos y luego se pasa a una cámara instantánea para la licuación a 80° - 90° C. La amilasa tolerante a las altas temperaturas se añade a razón de 0.05% a 0.08% para que suceda la licuación. El tiempo de retención en la cámara instantánea/de licuación es de alrededor de 30 minutos. El pH del sistema se mantiene entre 6.0 - 6.5. Los sistemas por lote usan menos enzimas en comparación con los continuos y son también más eficientes en energía. La principal desventaja de los sistemas por lote, es la menor productividad o utilización de materias primas por unidad de tiempo.

Fermentación

La fermentación es el proceso en el que la levadura convierte a los azúcares en alcohol. La levadura que más comúnmente se usa es la *Saccharomyces cerevisiae* (Pretorius, 2000) porque puede producir etanol a una concentración de hasta 18% en el caldo de fermentación. *Saccharomyces* también está generalmente reconocida como segura (GRAS, por sus siglas en inglés) como aditivo para alimentos de consumo humano (Lin y Tanaka, 2006). En la fermentación modelo, alrededor de 95% de la azúcar se convierte a etanol y dióxido de carbono, 1% en materia celular de las levaduras y 4% en otros productos como el glicerol (Boulton et al., 1996). La levadura representa alrededor del 10% del costo económico de la producción de etanol (Wingren et al., 2003).

La prefermentación se hace para lograr el número deseado de levaduras para la fermentación, proceso que implica la agitación durante 10 - 12 horas para lograr de 300 a 500 millones de levaduras/mililitro. La fermentación sucede a una temperatura de alrededor de 33° C (Thomas et al., 1996), a un pH de alrededor de 4.0 (Neish y Blackwood, 1951), y dura entre 48 y 72 horas (Ingledeew, 1998). Además del etanol, se produce dióxido de carbono, el cual puede recolectarse o liberarse en el aire.

El control del crecimiento normal de las levaduras es un factor importante en la producción eficiente del etanol. La actividad de las levaduras es altamente dependiente de la temperatura del sistema de fermentación. Torija et al. (2003) informaron que la temperatura óptima de reproducción y fermentación de la levadura es de 28° y 32° C, respectivamente. La eficiencia de la fermentación del *S. cerevisiae* a altas temperaturas (arriba de 35° C) es baja (Banat et al., 1998). Por lo tanto, se requiere de un sistema de enfriamiento en los sistemas de fermentación.

Uno de los desafíos de manejar fermentadores en una planta de etanol es prevenir la contaminación con otros microbios. La contaminación microbiana causa la reducción del rendimiento del etanol y de la productividad de la planta (Barbour y Priest, 1988). Los organismos más comúnmente relacionados con la contaminación microbiana son los lactobacilos y las levaduras silvestres. Estos microbios compiten con el *Saccharomyces cerevisiae* por nutrientes (minerales traza, vitaminas, glucosa y aminonitrógeno libre) y produce productos finales inhibitorios como el ácido acético o al ácido láctico. Las levaduras silvestres *Dekkera/Brettanomyces* se han convertido en una preocupación en la producción del combustible de alcohol (Abbott e Ingledew, 2005). La reducción en la contaminación bacteriana de ácido láctico actualmente está logrando con el uso de antibióticos en las plantas de etanol (Narendranath y Power, 2005).

Destilación de etanol

Después de la fermentación, el etanol se recolecta con columnas de destilación. El etanol recolectado de los fermentadores se contamina con agua y se purifica con un sistema de tamices moleculares para eliminar el agua y producir etanol puro.

Coproductos de la molienda seca

El agua y los sólidos que quedan después de la destilación del etanol se les conocen como destilado completo, que constituye principalmente de agua, fibra, proteína y grasa. Esta mezcla se centrifuga para separar los sólidos gruesos del líquido. Los sólidos gruesos también se les llaman pasta húmeda, la cual contiene alrededor del 35% de materia seca. La pasta húmeda se puede vender a los engordadores de ganado locales sin secarse, o se puede secar para producir los granos de destilería secos (DDG),

El líquido, que ahora se le llama destilado ligero, pasa a través de un evaporador para eliminar la humedad adicional, cuyo coproducto resultante se le llama solubles de destilería condensados, que contienen aproximadamente 30% de materia seca. Los solubles condensados de destilería se pueden vender localmente a los engordadores de ganado.

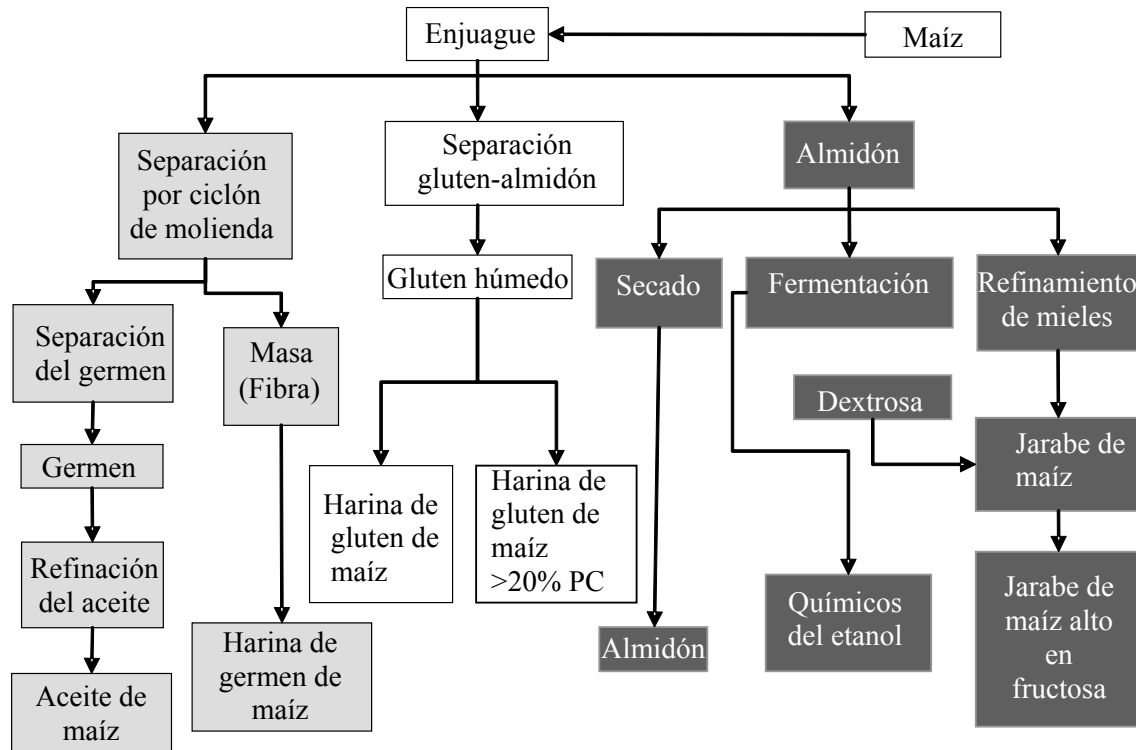
O, la pasta húmeda se puede mezclar con solubles condensados de destilería y secarse para producir los granos secos de destilería con solubles (DDGS), que tienen 88% de materia seca.

Molienda húmeda

A diferencia de las plantas de etanol de molienda seca que fermentan el grano de maíz entero, los molinos húmedos separan el grano del maíz en varias fracciones, lo que permite la producción de múltiples productos alimenticios e industriales, incluyendo el etanol. La industria de la molienda húmeda del maíz se desarrolló a principios del siglo XIX con el propósito principal de producir almidón para uso en alimentos para consumo humano y productos de lavandería (Kerr, 1950). En la década de 1920, los molinos húmedos empezaron a producir dextrosa cristalina (Newkirk, 1923) y, después de la Segunda Guerra Mundial, empezaron a producir etanol.

A principios de la década de 1990, los molinos húmedos empezaron a producir jarabe de maíz alto en fructuosa, además de otros productos. Actualmente, hay aproximadamente 28 plantas de molienda húmeda en Estados Unidos, de las cuales la gran mayoría se construyó en las últimas décadas (Johnson y May, 2003). En la figura 2 se muestra una revisión del proceso de molienda húmeda.

Figura 2: Procesos de molienda húmeda y coproductos (Erickson et al., 2005)



Limpieza del grano

Inicialmente, el grano del maíz se limpia para eliminar los granos rotos, la basura o granzas, pedazos de olote (mazorca) y material extraño. Este proceso es importante porque los granos rotos de maíz pueden liberar almidón en el licor, que puede gelatinizarse y llevar a una viscosidad indeseada durante la evaporación del licor hacia el licor de enjuague (May, 1998).

Enjuague

El enjuague involucra el remojo de los granos de maíz bajo temperatura (48° - 50° C), tiempo (35 a 50 horas), concentración de anhídrido sulfuroso (0.1% a 0.2%) y ácido láctico controlados (Watson, 1984). El agua actúa como un acondicionador para que la molienda se puede hacer bajo condiciones óptimas (Bass, 1988). El enjuague suaviza el grano del maíz para la molienda, inhibe el crecimiento microbiano y mejora la recuperación del almidón puro (Bartling, 1940).

Molienda

Después del remojo, el germen del maíz se hace suave y chicloso. Los hidrociclones con discos contrarrotatorios, en los cuales hay dedos intercalados que separan el germen. Ya que el germen es más ligero en peso que el resto del grano del maíz, se puede separar fácilmente mediante fuerza centrífuga. Una vez eliminado, el germen se purifica para separar el almidón y los extractos de proteína por medio de lavado con agua. Después se extrae el aceite del germen para producir aceite de maíz.

La fibra se separa mediante bombeo de los lodos (almidón, gluten, fibra y fragmentos de grano) con una fuerza considerable en una malla trapezoidal de alambre de 120°. Las partículas de fibra y los fragmentos del grano son grandes de forma y se separan para dejar el almidón y la proteína.

El gluten se separa mediante centrifugas de alta velocidad debido al hecho de que la proteína es más ligera en peso, en comparación con el almidón (May, 1987). El gluten después se espesa en centrifugas, se elimina el agua a 42% de sólidos por medio de filtración al vacío, y se seca a 88% de sólidos para su venta como harina de gluten de maíz (Jackson y Shandera, 1995).

Procesamiento del almidón

Las impurezas, en forma de proteína, se eliminan mediante el lavado del almidón con agua dulce, con proceso contracorriente en las centrifugas. El almidón purificado contiene menos del 0.4% de proteína y menos del 0.01% de proteína libre (May, 1987). La proteína que se elimina consiste principalmente de complejos de almidón proteína que se reciclan de regreso al paso de separación de primario. El almidón purificado se puede vender seco, se puede fermentar para producir etanol o refinar para producir jarabe de maíz. El procedimiento usado para la producción de etanol de almidón en los molinos húmedos es similar al que se describió previamente de las plantas de etanol de molienda seca.

Coproductos

- El **licor** del maíz es un ingrediente para alimentos balanceados líquidos alto en energía. Contiene alrededor del 25% de proteína cruda con base a materia seca del 50%. Este producto a veces se combina con la harina de gluten de maíz >20% de proteína o se vende separadamente como fuente de proteína líquida para raciones de ganado de engorda o lechero. También se puede usar como un aglutinante de pelets, además de ser una fuente de vitaminas B y minerales.
- La harina de germen de maíz contiene 20% de proteína, 2% de grasa y 9.5% de fibra. Tiene un equilibrio de aminoácidos que lo hace valioso para las dietas de aves y cerdos.
- La harina de gluten de maíz >20% de proteína es un ingrediente de proteína mediana compuesto de las porciones de salvado y fibrosas del grano de maíz. Puede o no contener los extractos de maíz condensados. Este coproducto se puede vender húmedo o seco. El salvado y los extractos condensados (a veces llamado harina de germen) se combinan y se deshidratan en un secador rotatorio. La harina de gluten de maíz >20% de proteína seca se peletiza para facilitar su manejo. Por lo general, contiene alrededor del 21% de proteína, 2.5% de grasa y 8% de fibra. La harina de gluten de maíz >20% de proteína húmeda (45% de materia seca) es perecedera en 6 a 10 días y debe alimentarse dentro de ese periodo o almacenarse en un ambiente anaeróbico. La harina de gluten de maíz >20% de proteína se usa principalmente en las raciones para ganado lechero y ganado de engorda.
- La harina de gluten de maíz es un concentrado alto en proteína que generalmente contiene 60% de proteína, 2.5% de grasa y 1% de fibra. Es una fuente valiosa de metionina. La harina de gluten de maíz también tiene un nivel alto de xantofilas, lo que hace que sea un ingrediente atractivo en las dietas para aves como fuente de pigmento amarillo.

Bibliografía

- Abbott, D.A., and W.M. Ingledew. 2005. The importance of aeration strategy in fuel alcohol fermentations contaminated with *Dekkera/Brettanomyces* yeasts. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 69:16-21.
- Arthur, J.R., C.K. Williams, B.H. Davison, G. Britovsek, J. Cairney, C.A. Eckert, W.J. Frederick, Jr., J.P. Hallett, D.J. Leak, C.L. Liotta, J.R. Mielenz, R. Murphy, R. Templer, and T. Tschaplinski. 2006. The path forward for biofuels and biomaterials. *Science*. 311:484-489.
- Arwa, K., A. Berlin, N. Gilkes, D. Kilburn, R. Bura, J. Robinson, A. Markov, A. Skomarovsky, A. Gusakov, O. Okunev, A. Sinitsyn, D. Gregg, D. Xie, and J. Saddler. 2005. Enzymatic hydrolysis of steam-exploded and ethanol organosolv-pretreated Douglas-Firby novel and commercial fungal cellulases. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 26th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals. Volume 121, Issue 1-3, pps. 219-230.
- Banat, I.M., P. Nigam, D. Singh, R. Merchant, and A.P. McHale. 1998. Ethanol production at elevated temperatures and alcohol concentrations: A review; Part-I Yeast In General. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 14:809-821.
- Barbour, E.A., and F.G. Priest. 1988. Some effects of *Lactobacillus* contamination in scotch whisky fermentations. *J. Inst. Brew.* 94:89-92.
- Bartling, F.W. 1940. Wet process corn milling. No. 5. The steep house. *Am. Miller*. 68:40-41.
- Bass, E.J. 1988. Wheat floor milling. Pages 1-68 In: *Wheat Chemistry and Technology*, Vol. 2. Y. Pomeranz. Ed. Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, MN, USA.
- Boulton, B., V.L. Singleton, L.F. Bisson, and R.E. Kunkee. 1996. Yeast and biochemistry of ethanol fermentation. In *Principles and Practices of Winemaking*, Boulton B, Singleton VL, Bisson LF, Kunkee RE (eds). Chapman and Hall. New York, NY, USA. pp. 139-172.
- Chen, J.J., S. Lu, and C.Y. Lii. 1999. Effect of milling on physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chemistry* 76:796-799.
- Dupin, I. V. S., B. M. McKinnon, C. Ryan, M. Boulay, A. J. Markides, P. J. Graham, P.
- Fang, Q., I. Boloni, E. Haque, and C. K. Spillman. 1997. Comparison of energy efficiency between roller mill and a hammer mill. *Appl. Engineering in Agric.*13:631-635.
- Erickson G.E., T.J. Klopfenstein, D.C. Adams, R.J. Rasby. 2005. General overview of feeding corn milling co-products to beef cattle. In: *Corn Processing Co-Products Manual*. University of Nebraska. Lincoln, NE, USA.
- Gregg, D.J., A. Boussaid, and J.N. Saddler. 1998. Techno-economic evaluations of a generic wood-to-ethanol process: effect of increased cellulose yields and enzyme recycle. *Bioresour. Technol.*63:7-12.
- Han, X.Z., and B.R. Hamaker. 2001. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. *J. Cereal Sci.* 34:279-284.
- Hermansson, A.M., and S. Kidman. 1995. Starch – A phase-separated biopolymer system. In: S.E. Harding, S.E. Hill and J.R. Mitchell, Editors, *Biopolymer Mixtures*, Nottingham University Press, UK. pp. 225-245.
- Ingledew, W.M. 1998. Alcohol production by *Saccharomyces cerevisiae*: A yeast primer. Chapter 5 In: *The alcohol textbook*. 3rd ed. K.A. Jacques, T.P. Lyons and D.R. Kelsall Ed. Nottingham University Press. Nottingham, UK.
- Jackson, D.S., and D.L. Shandera, Jr. 1995. Corn wet milling: Separation chemistry and technology. *Adv. Food Nutr. Res.* 38:271-300.
- Johnson, L.A. and J.B. May. 2003. Wet milling: The basis for corn refineries. In: *Corn: Chemistry and Technology*. Ed. S.A Watson. pp. 449-495. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, USA.
- Kelsall, D.R., and T.P. Lyons. 1999. Grain dry milling and cooking for alcohol production: designing for 23% ethanol and maximum yield. Chapter 2. In: *The alcohol textbook*. 3rd ed. K.A. Jacques, T.P. Lyons and D.R. Kelsall Ed. Nottingham University Press. Nottingham, UK.
- Kerr, R.W. 1950. *Chemistry and industry of starch*. Academic Press, New York, NY, USA. p. 29.
- Lin, Y., and S. Tanaka. 2006. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 69: 627-642.
- Narendranath, N.V., and R. Power. 2005. Relationship between pH and medium dissolved solids in terms of growth and metabolism of *Lactobacilli* and *Saccharomyces cerevisiae* during ethanol production. *Applied and Environmental Microbiology*. 71: 2239-2243.

- Neish, A.C., and A.C. Blackwood. 1951. Dissimilation of glucose by yeast at poised hydrogen ion concentrations. *Canadian Journal of Technology*. 29:123-129.
- Newkirk, W.B. 1923. Method of making grape sugar. U.S. Patent 1:471,347.
- Poonam, N. and S. Dalel. 1995. Enzyme and microbial systems involved in starch processing. *Enzyme Microb. Technol.* 17:770-778.
- Pretorius, I.S. 2000. Tailoring wine yeast for the new millennium: Novel approaches to the ancient art of winemaking. *Yeast* 16:675-729.
- Renewable Fuels Association. 2006a. <http://www.ethanolrfa.org/industry/locations/>. Accessed October, 2006.
- Renewable Fuels Association. 2006b. <http://www.ethanolrfa.org/industry/resources/coproducts/>. Accessed October, 2006.
- Sarikaya, E., T. Higassa, M. Adachi, and B. Mikami. 2000. Comparison of degradation abilities of α - and β -amylases on raw starch granules. *Proc. Biochem.* 35:711-715.
- Saskatchewan Agriculture and Food. 1993. Establishing an Ethanol Business.
- Savvides, A.L., A. Kallimanis, A. Varsaki, A.I. Koukkou, C. Drainas, M.A. Typas, and A.D. Karagouni. 2000. Simultaneous ethanol and bacterial ice nuclei production from sugar beet molasses by a *Zymomonas mobilis* CP4 mutant expressing the *inaZ* gene of *Pseudomonas syringae* in continuous culture. *J. Appl. Microbiol.* 89: 1002-1008.
- Thomas, K.C., S.H. Hynes, and W.M. Ingledew. 1996. Practical and theoretical considerations in the production of high concentrations of alcohol by fermentation. *Proc. Biochem.* 31:321-331.
- Toriya, Ma. J., N. Rozès, M. Poblet, J.M. Guillamón, and A. Mas. 2003. Effects of fermentation temperature on the strain population of *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Food Microbiology*. 80: 47-53.
- Watson, S.A. 1984. Corn and sorghum starches: Production. In: *Starch: Chemistry and Technology*. Ed. R.L. Whistler, J.M. BeMiller, and E.F. Paschall. 417-467. Academic Press, Orlando, FL, USA.
- Wingren, A.M., Galbe, and G. Zacchi. 2003. Techno-Economic Evaluation of Producing Ethanol from Softwood: Comparison of SSF and SHF and Identification of Bottlenecks. *Biotechnol. Prog.* 19:1109-1117.

El Consejo de Granos de Estados Unidos (USGC, por sus siglas en inglés) proporciona estas recomendaciones de alimentación para ayudar a los compradores potenciales a entender los niveles generalmente aceptados de alimentación. Sin embargo, deben formularse todos los alimentos para los grupos de animales específicos por un nutriólogo calificado. El USGC no tiene control alguno sobre el contenido nutritivo de ningún producto en específico que pudiera seleccionarse para la alimentación. Los compradores potenciales deben consultar al nutriólogo adecuado para saber las recomendaciones específicas. El USGC no garantiza que estas recomendaciones sean aptas para algún animal o grupo de animales en particular. EL USGC niega toda responsabilidad de la organización misma o sus miembros por cualquier problema que se encuentre en el uso de estas recomendaciones. Al revisar este material, los compradores están de acuerdo con estas limitaciones y renuncian a cualquier reclamación contra el USGC por la responsabilidad que surja de este material.

Preguntas más frecuentes sobre los granos secos de destilería con solubles

¿Cuál es el contenido promedio de proteína en los DDGS de alta calidad?

En un estudio de muestreo de DDGS de la Universidad de Minnesota se evaluaron 32 fuentes diferentes de DDGS, cuyo contenido de proteína cruda promedio fue de 27.6% con base en cómo se alimenta y con un intervalo de 25.6% a 29.4%. Recientemente algunas plantas de etanol están buscando nuevos procesos para producir etanol y DDGS de mayor proteína que pueden llegar a contener hasta 40-50% de proteína cruda.

¿Hay DDGS que tengan niveles de proteína cruda de 40% o más?

Sí. Sin embargo, estos DDGS de alta proteína actualmente representan un porcentaje muy pequeño del total de producción de esta materia prima.

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los DDGS que se anuncian como de 40% de proteína o más, en comparación con los DDGS con una proteína promedio de 26-28%?

Los DDGS de alta proteína (de más del 40%) ofrecen la mayor ventaja en las dietas para rumiantes, porque los microbios del rumen pueden convertir el nitrógeno en esta proteína en proteína microbiana que cumple con los requerimientos de aminoácidos del animal. Los DDGS de alta proteína son más bajos en grasa, lo que permite mayores niveles de alimentación a las vacas lecheras lactantes sin preocuparse por la disminución de la grasa láctea. Los DDGS de alta proteína también son más bajos en fósforo que los DDGS normales, lo cual también representa una ventaja para los rumiantes, porque se reduce la cantidad de fósforo que secreta en el estiércol.

Sin embargo, conforme aumenta el contenido en proteína de los DDGS, el contenido de grasa, de fibra y de fósforo disminuye y estos factores pueden limitar su valor en las dietas para cerdos y aves.

¿Puede cualquier DDGS reemplazar a la harina de soya uno a uno en las dietas para ponedoras, pollo de engorda, cerdos, rumiantes? ¿Por qué sí o por qué no?

No. Cada ingrediente para alimentos balanceados en particular es un paquete de nutrientes en varias cantidades y proporciones. Los tres nutrientes más caros en los alimentos para ganado y aves son: energía, aminoácidos y fósforo. Dependiendo de los precios relativos de los ingredientes, los DDGS *reemplazan parcialmente* parte de las fuentes de energía, aminoácidos y fósforo en las dietas comerciales para ganado y aves. En las raciones típicas de maíz y soya, los DDGS puede reemplazar parcialmente el maíz y a la harina de soya. Pero donde hay una mayor variedad de fuentes de energía y proteína, los DDGS pueden reemplazar otros ingredientes sin reducir la harina de soya en la ración.

La compensación entre la harina de soya y los DDGS en las raciones para cerdos y aves es compleja:

- El valor energético de los DDGS es igual o mayor que el de la harina de soya descascarillada en las dietas para ganado y la avicultura.
- El contenido de proteína de DDGS típicamente promedia alrededor del 27%, mientras que la harina de soya contiene de 44% a 48% de proteína cruda.
- Los aminoácidos que más probablemente sean limitantes en una dieta para aves y cerdos a base de maíz y harina de soya son la lisina, metionina, treonina y triptofano. La harina de soya es sustancialmente más alta en estos aminoácidos y son más digestibles que en los DDGS.
- La harina de soya contiene alrededor de la misma concentración de fósforo que los DDGS, pero la mayoría del fósforo en los DDGS está en una forma química que es fácilmente digerible y utilizable por los cerdos y aves, en comparación con la forma indigestible del fósforo (ácido fítico) que se encuentra en la harina de soya. Esta ventaja nutricional de los DDGS permite al nutriólogo reducir de manera significativa la cantidad de suplementación de fósforo inorgánico que se necesita en la dieta, el costo de la dieta y las concentraciones de fósforo en las heces, mientras que sustenta al mismo tiempo un desempeño óptimo del ave y del cerdo.

¿Necesitan tratarse los DDGS con ácido propiónico o inhibidores de hongos para poder aumentar su vida de anaquel?

Los conservadores y los inhibidores de hongos comúnmente se añaden a los **granos de destilería húmedos** (~50% de humedad) para prevenir el deterioro y aumentar la vida de anaquel. Sin embargo, ya que por general el contenido de humedad de los **DDGS** es de 10% a 12%, hay un riesgo mínimo de que se deterioren durante el tránsito y el almacenamiento, a menos de que haya goteras de agua en los barcos o en las bodegas. No se han llevado a cabo estudios de investigación para demostrar que son necesarios los conservadores e inhibidores de hongos para prevenir el deterioro y aumentar la vida de anaquel de los DDGS.

En un estudio de campo del Consejo de Granos de EUA, los DDGS se embarcaron de una planta de etanol en Dakota del Sur a Taiwán en un contenedor de 40 pies. A la llegada a Taiwán, los DDGS se pusieron en sacos de 50 kg y se almacenaron bajo techo de acero durante 10 semanas en el transcurso de un estudio de alimentación de ganado lechero en una granja lechera comercial ubicada a 20 km al sur del Trópico de Cáncer. Las temperaturas ambientales promediaron los 90° F y la humedad sobrepasó el 90% durante el periodo de almacenamiento. Se recolectaron muestras de DDGS a la llegada a la granja y después de las 10 semanas del periodo de almacenamiento. Durante este estudio no hubo cambio en el valor de peróxido (medición de la rancidez oxidativa del aceite).

¿Contienen alcohol los DDGS?

No. El proceso de destilación que se usa en las plantas de etanol es muy completo y como el alcohol es muy volátil (se evapora rápidamente), cualquier alcohol que haya quedado se pierde durante el proceso de secado que se usa para producir los DDGS.

¿Cómo puedo calificar a un proveedor de DDGS?

Debido a la variabilidad en los procesos usados en las plantas de etanol para producir etanol y DDGS, puede haber una variación significativa en el contenido y digestibilidad de nutrientes entre las fuentes. Esta variación en contenido de nutrientes y su digestibilidad hace que no sea recomendable para los nutriólogos formular dietas con valores “típicos” de nutrientes. Por lo tanto, muchos usuarios de DDGS han decidido contactar directamente a los comercializadores para pedirles información de nutrientes y muestras de las plantas de etanol específicas de su interés, desarrollar una lista de “proveedores seleccionados” de plantas de etanol que cumplan con sus criterios de calidad, y comprar y usar solamente los DDGS de esas fuentes.

¿Cómo se valoran los DDGS con relación al costo?

El mejor método para determinar el valor de los DDGS en varios tipos de dietas de ganado y de aves es obtener un perfil de nutrientes completo y los coeficientes de digestibilidad de la fuente a considerarse, el precio al que se está comprando y ofrecerlo como un ingrediente para competir con los perfiles de nutrientes y precios de otros ingredientes que se estén usando en el programa de formulación a mínimo costo de las dietas. De manera alternativa, el valor se puede calcular sabiendo el contenido de proteína (aminoácidos), grasa y fósforo por tonelada de DDGS y usar el costo en concentraciones de estos nutrientes en los ingredientes que compiten que comúnmente se usan (por ejemplo, harina de soya, grasa blanca de primera y fosfato dicálcico). Sin embargo, este método no representa la digestibilidad de los nutrientes que pueden ser más baja o más alta en los DDGS en comparación con otras fuentes de nutrientes.

¿Qué debe estar por escrito en el certificado de análisis de los DDGS?

Típicamente, los DDGS se comercializan con garantías de una combinación de nutrientes de proteína, grasa o “pro grasa”. Sin embargo, cada vez más clientes de DDGS están solicitando garantías adicionales, dependiendo de la aplicación en alimentación a la que van a destinarlos. Las garantías adicionales se negocian entre el comprador y el vendedor. Es extremadamente importante estar de acuerdo con el laboratorio y el método de análisis que se va a usar para cualquier análisis de nutrientes que garantice o se vaya a verificar, porque el procedimiento puede tener una influencia significativa de si se cumple o no con la garantía.

¿Cuántas aflatoxinas hay en los DDGS?

La mayor parte del maíz que se usa para producir DDGS se cultiva en la parte superior del Medio Oeste de los Estados Unidos donde hay un riesgo mínimo de producción de aflatoxinas, excepto bajo condiciones de cultivo inusuales (alta temperatura y humedad). Cuando hay estas condiciones de cultivo, generalmente son regiones relativamente pequeñas y aisladas. En promedio, las condiciones de cultivo que llevan a la producción de aflatoxinas en la parte superior del Medio Oeste ocurren en uno de cada 10 años. Si se detectan las aflatoxinas en una zona dada, la mayoría de las plantas de etanol que reciben maíz de esas áreas van a usar “luz negra” para monitorear el maíz que entra y muchos van a fijar un nivel máximo permisible para evitar concentrar las aflatoxinas en los DDGS. Si se usa maíz que contiene aflatoxinas u otras micotoxinas para producir el etanol y DDGS, esas micotoxinas se van a concentrar tres veces en comparación con el nivel inicial encontrado en el maíz.

¿Cómo se maneja el apelmazamiento de los DDGS en los contenedores?

Se están llevando a cabo estudios de investigación para determinar los factores que causan problemas de flujo y las soluciones potenciales para reducir estos problemas. Para ser que hay varios factores que contribuyen a que los DDGS se “asientan” o no en un contenedor, entre los que se incluyen: un tamaño de partícula fino, temperaturas cálidas cuando se carga, contenido de humedad, proporción de solubles añadidos a la fracción de granos antes del secado y número de veces que se han manejado y descargado durante el tránsito.

¿Mejoran los DDGS la pigmentación de la yema de huevo y de la piel de pollo cuando se añaden a la dieta?

Sí. Varios estudios que se han llevado a cabo en los últimos años muestran que la pigmentación de la yema del huevo y de la piel del pollo mejora cuando se añaden DDGS a la dieta. Actualmente, hay datos limitados sobre el contenido de xantofilas en los DDGS pero las muestras iniciales indican que puede variar de muy poco (DDGS de color oscuro) a aproximadamente 40-50 partes por millón (ppm) (DDGS de color ligeramente dorado). Aunque el nivel de xantofilas es significativamente menor a lo encontrado a la harina de gluten de maíz (180 a 200 ppm), aún así contribuye con una cantidad significativa de pigmento a las dietas de aves y como resultado se tiene que añadir menos pigmento sintético a la dieta para lograr el nivel deseado de pigmentación. Esto puede representar un ahorro significativo en el costo de la dieta.

Proveedores de EUA de granos secos de destilería con solubles (DDGS)

AG Processing, Inc (AGP)

Contacto: Jeremy Frandson; (402) 492-3322; jfrandson@agp.com

Históricamente, AGP ha sido un comercializador de granos húmedos de destilería, pero ahora también comercializa DDGS de dos plantas de etanol en Iowa y Nebraska. Entre sus capacidades de exportación se incluyen embarques por barcaza, vagón de ferrocarril y contenedor. AGP posee instalaciones de exportación ubicadas en el puerto de Grays Harbor, en el estado de Washington.

Archer Daniels Midland Company (ADM)

Contacto: Greg Morris; (217) 451-4322; Greg_morris@admworld.com

Contacto: Matt Woodhouse; (217) 451-7469; m_woodhouse@admworld.com

Página web: www.admworld.com

ADM es productor y exportador de DDGS. Tienen plantas de producción en Peoria, Illinois y Walhalla, North Dakota. Hay dos plantas más en construcción en Cedar Rapids, Iowa y Columbus, Nebraska. Además, ADM tiene acuerdos de comercialización de plantas de etanol no identificadas. ADM tiene cuatro elevadores de granos de exportación en el golfo, así como una plataforma flotante para cargar los barcos con DDGS o una combinación de *commodities*. ADM tiene tres instalaciones de carga de contenedores exclusivas y también utiliza dos instalaciones públicas adicionales de contenedores. Entre sus capacidades de exportación se incluyen embarques por barco, barcaza, vagón de ferrocarril y contenedor. ADM es el productor y exportador de DDGS a granel más grande de EUA.

Aventine Renewable Energy Inc.

Contacto: Greg Kauls; (309) 347 9713; greg.kauls@aventinerei.com

Página web: <http://www.aventinerei.com/index.html>

Aventine Renewable Energy es productor de etanol y DDGS. Aventine comercializa DDGS secos y húmeros por ferrocarril, barcaza y camión. Por favor, entre a su página web y contáctelos directamente para más informes.

Cargill, Inc.

Contacto: Larry Holy; (952) 742-0193; larry_j_holy@cargill.com

Contacto: Todd Nicklaus; todd_nicklaus@cargill.com

Página web: www.cargill.com

Cargill tiene acuerdos de comercialización con plantas de etanol de molienda seca. También son inversionistas en dichas plantas. Cargill toma posiciones en el mercado de otros comercializadores de DDGS en Estados Unidos. Cargill vende una combinación de DDGS de 36% de proteína con grasa. Entre sus capacidades de exportación se incluyen embarques por

barco, barcaza, contenedor, vagón de ferrocarril y camión. Cargill comercializa aproximadamente 1 millón de toneladas métricas de producto al año.

Commodity Specialists Company (CSC)

Contacto: Steve Markham; (800) 769-1066; smarkham@csc-world.com

Contacto: Sean Broderick; (800) 769-1066; sbroderick@csc-world.com

Página web: www.csc-world.com

Actualmente CSC comercializa DDGS de 21 plantas de etanol en Estados Unidos. CSC está constantemente en la búsqueda de nuevas oportunidades para comercializar DDGS de nuevas plantas de etanol que están en planeación o en construcción. El último año fiscal, CSC comercializó aproximadamente 1.76 millones de toneladas métricas de granos de destilería húmedos y secos. Tienen la capacidad de cargar camiones y vagones de ferrocarril en sus plantas. El producto se puede embarcar de sus plantas a las instalaciones de carga de contenedores, así como a barcasas para exportación. CSC tiene la capacidad de embarcar productos vía ferrocarril a Duluth, Minnesota, para cargar a embarcaciones marítimas para exportación. La lista a continuación incluye las plantas de etanol para las que CSC hace la comercialización de los DDGS, las cuales son aptas para el mercado de exportación:

- Adkins Energy, LLC - Lena, Illinois
- Golden Grain Energy LLC - Hampton, Iowa
- Glacial Lakes Energy - Watertown, Dakota del Sur
- Dakota Ethanol - Wentworth, Dakota del Sur
- Bushmills Energy - Atwater, Minnesota
- Lincolnway Energy - Nevada, Iowa
- Corn Plus (DDG, sin solubles añadidos) - Winnebago, Minnesota

Consolidated Grain and Barge Company (CGB)

Contacto: Mitchell McGee; (985) 867-3554; mitchell.mcgee@cgb.com

Contacto: Eric Woodie; (985) 871-4438; eric.woodie@cgb.com

Página web: www.cgb.com

CGB es una compañía de comercialización y logística de *commodities* agrícolas de servicio completo que se especializa en comercializar y exportar DDGS dorados. Enfocan su servicio a embarcar solamente aquellos DDGS con calidad consistente, mediante fuertes relaciones con varias plantas de origen. Entre sus capacidades de logística se incluyen embarques por camión, vagón de ferrocarril, contenedor, barcaza y barco. CGB tiene varias instalaciones de carga en contenedores y barcasas en todo el Medio Oeste, además de que, cuando es necesario, usa otras de terceros. Además, pueden cargar y descargar barcasas en ubicaciones múltiples en el Golfo de México y cargar embarcaciones con DDGS o combinación de *commodities*. Actualmente, CGB da servicio a numerosos mercados de exportación en todo el mundo y puede hacer más eficiente la cadena de suministros de DDGS calidad dorada del origen al destino. Por favor, entre a su página web y contáctelos directamente para más informes.

Dakota Gold Marketing

Contacto: Mike Salonen; (605) 332-2200; msalonen@dakotagoldmarketing.com

Página web: www.dakotagoldmarketing.com

Actualmente, Dakota Gold comercializa DDGS de 19 plantas de etanol en Estados Unidos. Dakota Gold comercializa aproximadamente 1.8 millones de toneladas métricas de granos de destilería húmedos y secos al año. Tienen una asociación comercial en el sureste asiático con Delst Asia. Entre sus capacidades logísticas se incluyen los embarques por camión, ferrocarril y

barcaza. El producto también se puede embarcar de ferrocarril a contenedores para exportación. Dakota Gold comercializa un producto llamado HP DDGS (*high protein* o alta proteína). Los procesos modificados en una de sus plantas de etanol resulta en DDGS más altos en proteína y de menor energía. Las siguientes plantas de etanol para las que Dakota Gold comercializa DDGS pueden proveer al mercado de exportación.

- Northstar Ethanol - Lake Crystal, Minnesota
- Voyager Ethanol - Emmetsburg, Iowa
- Sioux River Ethanol - Hudson, Dakota del Sur
- Otter Creek Ethanol - Ashton, Iowa
- Iowa Ethanol - Hanlontown, Iowa
- James Valley Ethanol - Groton, South Dakota del Sur
- Great Plains Ethanol - Chancellor, Dakota del Sur
- Ethanol 2000 - Bingham Lake, Minnesota
- Tall Corn Ethanol (tienen HP DDGS) - Coon Rapids, Iowa
- Northern Lights Ethanol - Milbank, Dakota del Sur
- Northeast Missouri Grain - Macon, Misuri
- EXOL - Albert Lea, Minnesota

FC Stone

Contacto: Chris Aberle; (386) 409-3999; chrisa@fcstone.com

Página web: www.fcstone.com

FC Stone es una compañía de comercialización y manejo de riesgos de *commodities* amplia y diversa, con oficina matriz en Des Moines, Iowa. Ofrecen servicios de comercialización de DDGS a las plantas de etanol. Por favor, entre a su página web y contáctelos directamente para más informes.

J.D. Heiskell & Co.

Contacto: Brent Lorensen; (402) 289-5700; blorensen@heiskell.com

Página web: www.heiskell.com

J.D. Heiskell & Co. es una exportador por ferrocarril de DDGS. Por favor, entre a su página web y contáctelos directamente para más informes.

Land O Lakes, LLC (LOL)

Contacto: Duane Kriener; (651) 765-5644; dpkriener@landolakes.com

Página web: www.landolakes.com

Actualmente, LOL tiene acuerdos exclusivos con ocho plantas de etanol para la comercialización de sus DDGS. Planean comercializar DDGS de otras ocho plantas que están en construcción. Tienen la capacidad de exportar DDGS a granel en barco, barcaza, vagón de ferrocarril y contenedores. El producto también se puede ensacar si así lo solicita en cliente.

Louis Dreyfus Commodities Inc.

Contacto: Kim Hawks; (203) 761-2156; kim.hawks@ldcommodities.com

Página web: www.louisdreyfus.com

Louis Dreyfus Commodities Inc. va a empezar a producir etanol y DDGS en octubre de 2007. También es una compañía de servicio completo en comercialización y exportación de todas los

principales *commodities*. Los DDGS que comercializan incluye las exportaciones, así como embarques nacionales por camión y ferrocarril.

MB Commodities Inc.

Contacto: Pete Thiele; (303) 247-0010

MB Commodities es una empresa de corretaje de *commodities* con pago en efectivo de servicio completo que acopian los principales *commodities* agrícolas de EUA, tales como los DDGS, maíz, soya, harinas y trigo. Acopian DDGS para los principales proveedores de EUA, así como importadores internacionales y usuarios finales nacionales de la industria de alimentos balanceados.

Mills Brothers

Contacto: Erick Mills; (206) 575-3000; erick@millsbros.com

Página web: www.millsbros.com

Mills Brothers es una compañía de comercialización de la costa oeste que se especializa en exportaciones de DDGS en contenedores. Por favor, entre a su página web y contáctelos directamente para más informes.

Pattison Bros.

Contacto: Russ Leuck; (563) 425-3569; leuckr@pattisonbros.com

Página web: www.pattisonbros.com

Pattison Bros. comercializa DDGS dorados con un 36% de combinación de proteína/grasa, así como DDGS más altos proteína (35%-45%) en todo el mundo. Pattison puede exportar embarques en contenedor, barco, barcaza y vagones de ferrocarril. Pattison ha comercializado productos agrícolas al sureste asiático durante más de 15 años y entiende la importancia de la calidad. La clave de la calidad de los DDGS es comprar de orígenes conocidos para lograr consistencia. Calidad consistente, servicio consistente y precio consistente.

Quality Technology International, Inc. (QTI)

Contacto: Daniel Hammes; (847) 649-9300, Ext. 17; danh@qtitech.com

Página web: www.qtitech.com

QTI actualmente comercializa “versiones mejoradas” de DDGS. Estas versiones mejoradas tienen un mayor contenido de proteína (45%-60%) y menor contenido de grasa y de fibra. QTI en la actualidad busca nuevos clientes y mercados que tengan aplicaciones en la alimentación de estos productos de “DDGS mejorados”. Su enfoque será principalmente en identificar los que quieran usar estos productos en dietas para ponedoras, alimentos para mascotas y acuícolas. Estos productos se van a fabricar en la parte sur de Wisconsin, Indiana y Ohio. Entre sus capacidades de exportación se incluyen embarques por barcaza, vagón de ferrocarril y contenedor.

The Rice Company

Contacto: Don Morrison; (203) 256-0333; krohn@riceco.com

Página web: www.riceco.com

Durante más de 25 años, la Krohn Division de The Rice Company ha enviado DDGS para exportación desde Estados Unidos. Comercializan producto de varios procesadores y embarcan a

usuarios finales en todo el mundo en barcos a granel. También venden barcos cargados en la costa del golfo y comercializan producto en contenedores y vagones de ferrocarril. Tienen red de distribución en varias ubicaciones en el extranjero.

The Scoular Company

Contacto: Thomas Kopp; (612) 851-3703; tkopp@scoular.com

Página web: www.scoular.com

Entre sus capacidades de exportación de Scoular se incluyen embarques por barcaza, vagón de ferrocarril y contenedor. Tienen su propia división de carga y flete de contenedores, TSC Container Freight, que es una subsidiaria de Scoular. Scoular tiene acuerdos de comercialización con plantas de etanol para la venta de DDGS.

United Bio Energy Ingredients, LLC (UBE)

Contacto: Randy Ives; (800) 796-7890; randy.ives@usbioenergy.net

Contacto: Byron Stewart; (316) 616-3515; byron.stewart@usbioenergy.net

Páginas web: www.usbioenergy.net y www.unitedbioenergy.com

UBE produce etanol y DDGS. Tienen acuerdos de comercialización exclusivos de DDGS con 16 planta de etanol en operación, con una capacidad de producción anual de 2.6 millones de toneladas. UBE tiene siete plantas propias de etanol en construcción. Proporcionan servicios básicos para la gerencia general, gerencia de operaciones, gerencia de proyectos, comercialización de etanol y granos de destilería, gerencia de origen de granos y riesgos generales para plantas de etanol. De las 16 plantas de etanol que comercializan sus DDGS a través de UBE, 11 pueden enviar embarques a los mercados de exportación. Las siete plantas adicionales de etanol en construcción de U.S. Bio Energy/UBE serán capaces de proveer producto al mercado de exportación. La capacidad de producción anual de DDGS de las siete plantas en construcción es de 2.0 millones de toneladas adicionales. Entre sus capacidades de transporte se incluyen embarques por camión, ferrocarril, barcaza y contenedores. A continuación está una lista de las plantas de etanol operativas para las que UBE hace la comercialización, que son capaces de proveer DDGS al mercado de exportación:

- Big River Resources- West Burlington, Iowa
- Amaizing Energy - Denison, Iowa
- Hawkeye Renewables - Iowa Falls, Iowa
- Golden Triangle - Craig, Misuri
- EKAE (DDGS de mezcla de sorgo y maíz) - Garnett, Kansas
- Illinois River Energy - Rochelle, Illinois
- Hawkeye Renewables - Fairbank, Iowa
- U.S. Bio Energy - Albert City, Iowa
- U.S. Bio Energy - Woodbury, Michigan
- U.S. Bio Energy - Janesville, Minnesota
- Western Wisconsin - Wheeler, Wisconsin

U.S. Commodities

Contacto: Mr. Jamie Williams; (612) 486-3880; jwilliams@agmotion.com

Página web: www.uscommodities-ag.com

U.S. Commodities es una compañía importante de comercialización y exportación que se especializa en DDGS, entre otros *commodities* importantes de EUA. Por favor, entre a su página web y contáctelos directamente para más informes.

Verasun Energy

Contacto: Allan Assmann; (605) 693-6821; aassmann@verasun.com

Página web: www.verasun.com

Actualmente, Verasun produce y comercializa DDGS de dos plantas de etanol. Su planta en Aurora, Dakota del Sur, procesa 35 millones de bushels de maíz y produce aproximadamente 290,000 toneladas métricas de DDGS al año. Su planta en Fort Dodge, Iowa, procesa 39 millones de bushels de maíz y produce aproximadamente 319,000 toneladas métricas de DDGS al año.

Recursos adicionales de proveedores de DDGS

Laidig Systems Inc.

Contacto: Roger Laidig, V.P. Sales; Tel: +1 574-256-0204; rogerlaidig@laidig.com

Página web: www.laidig.com

Laidig Systems fabrica sistemas de recuperación con fondo de tornillo sinfín de tecnología de punta y muy potentes que hacen posible el almacenamiento de los DDGS y otros productos con malas características de flujo en silos redondos de hasta 30 metros de diámetro. La familia de recuperadores de Laidig proporciona volumen alto, descarga automatizada, que permite un manejo del inventario higiénico de lo primero que entra es lo primero que sale. Desde 1998, Laidig ha suministrado más de 60 sistemas de silos y recuperadores de DDGS a plantas de etanol en Estados Unidos para un volumen total de 200,000 toneladas. Durante más de 40 años, Laidig ha sido pionera en la industria del almacenamiento y recuperación a granel; está reconocida como un líder mundial en la recuperación de muchas materias primas, entre las que se incluye madera y harinas de oleaginosas, con instalaciones en Asia, Europa, África y Suramérica.

Glosario de términos

Absorción (en nutrición animal): movimiento de los nutrientes del tubo digestivo hacia la sangre o sistema linfático.

Ácido fítico: formas químicas alternativas del fitato o fitina, que son compuestos naturales que ligan al fósforo en granos y coproductos de granos, que tienen una baja digestibilidad y disponibilidad para animales monogástricos.

Ácido linoleico: ácido graso esencial.

Ácido oleico: ácido graso de 18 carbonos que contiene una doble ligadura y que se encuentra en la grasa animal y vegetal.

Ácido palmítico: ácido graso saturado con 16 carbonos.

Ácido propiónico: uno de los ácidos grasos volátiles comúnmente encontrado en el contenido del rumen.

Ácidos grasos volátiles: ácidos grasos de cadena corta producidos en el rumen del ganado y en el ciego y colon de los monogástricos, que proporcionan valor energético al animal.

Ácidos grasos: componentes de una molécula de grasa que tienen diferentes longitudes de carbono y que pueden ser insaturadas o saturadas.

Acidosis: condición indeseable que puede suceder en los animales rumiantes cuando se alimentan con dietas altas en carbohidratos fácilmente fermentables, como el almidón.

Ad libitum, alimentación: acceso ilimitado o a libre acceso al alimento o agua.

Adiposo: tejido graso de un animal o canal.

Aditivo: ingrediente añadido en pequeñas cantidades a la dieta con el propósito de fortificarla con nutrientes traza o medicamentos.

Aeróbico: vida o funcionamiento en presencia de oxígeno.

Aflatoxinas: micotoxina carcinógena producida por hongos bajo condiciones ambientales específicas en granos en crecimiento y almacenados.

AGV: ácidos grasos volátiles que incluyen a los ácidos propiónico, acético y butírico.

Aleurona: porción de proteína del endospermo de una semilla.

Alimento completo: mezcla de alimento balanceado que el animal puede usar como la única fuente de nutrientes, excepto el agua.

Almidón: carbohidrato polisacárido blanco, insípido e inodoro que se encuentra en grandes cantidades en el maíz, sorgo, trigo y otros granos, que con de la hidrólisis produce glucosa.

Amilasa: enzima que puede hidrolizar al almidón a maltosa o glucosa.

Aminoácido esencial: aminoácido que no se puede sintetizar en el cuerpo en cantidades suficientes para las necesidades y que debe suministrarse en la dieta.

Aminoácidos: moléculas orgánicas que contienen nitrógeno que son los ladrillos constructores de las proteínas y componentes esenciales de la nutrición.

Anaeróbico: vida o funcionamiento en ausencia de oxígeno.

Análisis proximal: combinación de procedimientos analíticos que se usan para describir a los alimentos y sus ingredientes.

Análisis: determinación de los componentes químicos de un ingrediente para alimentos o alimento completo.

Antibiótico: sustancia producida por un microorganismo que tiene un efecto inhibitor sobre otros microorganismos.

Antioxidante: sustancia que previene que se enrancien las grasas por la oxidación.

Arginina: aminoácido esencial

Bacterias: organismos vivos unicelulares que se multiplican por simple división. Algunos son benéficos, mientras que otros pueden causar enfermedades.

Betacaroteno: fuente precursora de la vitamina A que se encuentra en algunas plantas y productos vegetales.

Biopsia: eliminación e inspección de tejidos u otros materiales del cuerpo de un ser vivo.

Caloría: unidad de medición de la energía definida como la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14.5 a 15.5°C.

Cancerígeno/carcinógeno: sustancias que causan cáncer.

Capacidad de flujo: capacidad de una masa de partículas de alimento o granos para moverse por gravedad fuera del almacén o contenedores de transporte.

Carbohidratos/hidratos de carbono: sustancias orgánicas que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno; en los tejidos vegetales se encuentran muchos tipos diferentes, entre los que se incluye al almidón, azúcar, celulosa, hemicelulosa, pectinas y gomas.

Caroteno: compuesto orgánico amarillo que es precursor de la vitamina A.

Cascarilla/cáscara: cubierta externa de las semillas.

Celulosa: polímero de la glucosa que tiene enlaces entre las moléculas de glucosa resistentes a la hidrólisis en cerdos y aves, pero que se pueden descomponer mediante los microbios en el rumen del ganado y ovejas, y convertirla a energía.

Cenizas: residuo que queda después de la incineración completa de un alimento a 500° a 600°C, que comprende óxidos metálicos.

Cerdo castrado: cerdo castrado antes del desarrollo sexual.

Cerveza, en la producción de etanol: término que se refiere a la masa fermentada que contiene etanol.

Ciego: sección del tubo gastrointestinal que sigue del intestino delgado y precede al intestino grueso, que contiene una cantidad significativa de bacterias que descomponen la fibra no digerida en el intestino delgado.

Cistina: aminoácido con azufre que puede reemplazar hasta un 50% del requerimiento de metionina en cerdos.

Colon: porción baja del intestino grueso.

Como se alimenta: tal y como lo consume el animal.

Condensación: proceso para reducir un producto, como el destilado, a una forma más densa mediante la eliminación de la humedad.

Conversión alimenticia: cantidad de alimento que un animal requiere por unidad de aumento o ganancia de peso.

Coproducto: productos secundarios producidos además de los principales.

Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol

- El agua y los sólidos que permanecen después de la destilación del etanol se les conocen como **destilado completo**, que constituye principalmente agua, fibra, proteína y grasa. Esta mezcla se centrifuga para separar los **sólidos gruesos** del líquido. Los sólidos gruesos también se les llaman **pasta húmeda**, la cual contiene alrededor del 35% de materia seca. La pasta húmeda se puede vender a los engordadores de ganado locales sin secarse, o se puede secar para producir los **granos secos de destilería** (DDG).
- El líquido, que ahora se le llama **destilado fino**, pasa a través de un evaporador para eliminar la humedad adicional, cuyo coproducto resultante se le llama **solubles condensados de destilería**, que contiene aproximadamente 30% de materia seca. Los solubles condensados de destilería se pueden vender localmente a los engordadores de ganado.
- O, la pasta húmeda se puede mezclar con solubles condensados de destilería y secarse para producir los **granos secos de destilería con solubles (DDGS)**, que tiene 88% de materia seca.
-

Deoxinivalenol (DON): micotoxina, que a veces se abrevia como DON, y que con frecuencia se conoce como vomitoxina, debido a que a una baja concentración en la dieta causa reducción del consumo y rechazo del alimento, así como vómitos a concentraciones más altas.

Desaminación: eliminación del grupo amino de un aminoácido.

Destilado: véase Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol.

Dieta balanceada/equilibrada: combinación de ingredientes para alimentos que proporcionan los nutrientes esenciales en las cantidades requeridas para cubrir las necesidades del animal.

Dieta: selección ordenada o mezcla de ingredientes para alimentos suministrada continuamente o con un programa prescrito.

Digestibilidad aparente: cantidad de un nutriente que se absorbe del tubo gastrointestinal.

Digestibilidad: medición del grado en que el animal digiere y absorbe los nutrientes en el alimento.

Digestión: proceso que se lleva a cabo en el tubo gastrointestinal del animal, que descompone los nutrientes complejos en formas que el animal puede absorber.

Disponibilidad de un nutriente: proporción de un nutriente que utiliza el animal.

DL-metionina: fuente de metionina sintética.

Duodeno: primera porción del intestino delgado.

ELN (extracto libre de nitrógeno): es el cálculo de la fracción de carbohidratos de un ingrediente para alimentos al que se le resta la humedad, grasa, fibra, proteína y cenizas del 100%.

Endógeno, en nutrición: compuestos como las enzimas y hormonas que se producen internamente en el cuerpo.

Endospermo: parte de la semilla que proporciona alimento al embrión en desarrollo.

Energía bruta (EB): calor total de combustión de un alimento o ingrediente para alimentos que se quema en una bomba calorimétrica.

Energía digestible: energía bruta del alimento menos la energía sobrante en las heces.

Energía metabolizable (EM): energía bruta menos energía fecal y urinaria de la alimentación de un alimento completo o ingrediente para alimentos.

Energía neta (EN): energía metabolizable menos el incremento de calor.

Enjuague: proceso de la molienda húmeda del maíz, que implica el remojo de los granos de maíz bajo condiciones controladas de temperatura, tiempo y concentración de ácido sulfúrico y ácido láctico para suavizar el grano antes de separar el germen, salvado, gluten y almidón en la producción de etanol de molienda húmeda.

Ensilado: alimento que resulta del almacenamiento y fermentación de cultivos húmedos bajo condiciones anaeróbicas.

Enzima: proteína formada en las células animales o vegetales que actúa como catalizador biológico para aumentar la tasa de las reacciones químicas.

Estómago: parte del tubo digestivo donde se inicia la digestión química en la mayoría de las especies animales.

Excretas: productos de la excreción del cuerpo de un animal que principalmente son heces y orina.

Exógeno, en nutrición: que se origina fuera del cuerpo.

Extracto etéreo: usado para medir la cantidad de grasas y aceites en los alimentos e ingredientes para alimentos con base en su solubilidad en éter.

Factores antinutrientales: componentes químicos de ingredientes para alimentos que reducen el valor nutritivo de un ingrediente para alimentos.

FAD (fibra ácidodetergente): fracción de un ingrediente de alimento balanceado que no es soluble en un detergente ácido en un procedimiento de laboratorio que se usa para determinar algunos componentes de la fibra.

Fermentación: cambios químicos ocasionados por las enzimas producidas por varios microorganismos.

Fibra cruda: la porción menos digestible de un ingrediente para alimentos, compuesta de celulosa, hemicelulosa, lignina y otros carbohidratos complejos.

Fibra neutrodetergente (FND): componentes de la fibra en las paredes celulares vegetales y de los granos que es indigerible para los animales monogástricos.

Fitasa: enzima comercial que se añade a las dietas de monogástricos para mejorar la digestibilidad del fósforo del ácido fítico en granos y coproductos de granos para los animales monogástricos.

Fraccionamiento: procesos usados en las plantas de producción de etanol de molienda seca para separar varios componentes del grano de maíz para mejorar el rendimiento del etanol y producir una gran variedad de coproducidos con diferente composición nutrimental.

Fumonisina: micotoxina producida por hongos específicos que puede estar presente en ingredientes para alimentos y reducir la salud animal y el desempeño.

Gástrico: que se refiere al estómago de los animales.

Gastrointestinal: se refiere al estómago y al resto del tubo intestinal usado en la digestión y absorción de nutrientes.

GDP (ganancia diaria promedio): tasa de la ganancia o aumento de peso corporal de un animal expresada a diario.

Germen: el embrión de una semilla.

Glicerol: componente de tres carbonos de una grasa.

Granos de cervecería: coproducto de los granos de la industria de la cerveza.

Granos húmedos de destilería: véase Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol.

Granos secos de destilería con solubles: en la producción del etanol con molienda seca, mezcla de la pasta húmeda y al menos 75% de solubles condensados, secada a un contenido de humedad de aproximadamente 10%. Véase Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol

Grasa cruda: porción de un alimento o ingrediente para alimentos que es soluble en éter y que a menudo se le conoce como extracto etéreo.

Grasa insaturada: grasa que contiene de uno a tres ácidos grasos con una o más ligaduras dobles.

Grasa saturada: grasa que no contiene ácidos grasos con dobles ligaduras, que se vende a temperatura ambiente.

Harina de germen de maíz: coproducto de las plantas de etanol de molienda húmeda que contiene alrededor del 20% de proteína cruda, 2% de grasa y 9% de fibra con un equilibrio de aminoácidos que lo hace ser un ingrediente para alimentos útil en dieta porcinas y avícolas.

Harina: granos o ingrediente para alimentos o dieta que se ha molido o que se le ha reducido el tamaño de partícula.

Hidrogenación: adición química de hidrógeno a cualquier compuesto insaturado (de doble ligadura), con frecuencia ácidos grasos.

Hidrólisis: proceso químico en el que un compuesto se divide en unidades más sencillas con la absorción de agua.

Íleon: porción baja del intestino delgado.

In vitro: se refiere a cosas que suceden fuera del cuerpo del animal en un ambiente artificial, como un tubo de ensayo.

In vivo: se refiere a cosas que suceden dentro del cuerpo del animal.

Kcal (kilocaloría): unidad de energía igual a 1,000 calorías.

Kjeldahl: método para determinar el contenido de nitrógeno de un ingrediente para alimentos que se usa en el cálculo de la proteína cruda.

Lesión: cambio poco saludable en el color, tamaño o estructura de tejidos corporales.

Licor del enjuague del maíz: coproducto líquido alto en energía producido en las plantas de etanol de molienda húmeda que a veces se combina con harina de gluten de maíz >20% de proteína o se vende por separado como fuente líquida de proteína para ganado de engorda y lechero.

Licuación: proceso de convertir sólidos a líquidos.

Lignina: componente inorgánico indigerible de la fibra.

Lípido – grasa.

Macrominerales/ minerales principales: minerales presentes o requeridos en grandes cantidades en relación con el requerimiento del animal, que incluyen al calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, azufre y cloruro.

Masa: mezcla de agua y harina de maíz antes de la fermentación en una planta de producción de etanol de molienda seca.

Materia seca: porción del alimento que queda después de eliminársele el agua mediante el secado en un horno.

Medicamento: definido por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EUA como una sustancia destinada al uso en el diagnóstico, cura, alivio, tratamiento o prevención de enfermedades en humanos y otros animales.

Megacaloría (Mcal): unidad de energía igual a 1, 000,000 de calorías o 1,000 kilocalorías.

Metabolismo: efecto neto de los cambios bioquímicos en el cuerpo que incluyen la construcción (anabolismo) y la descomposición (catabolismo).

Micotoxicosis: intoxicación de un animal que sucede cuando consume cantidades significativas de micotoxinas.

Micotoxinas: sustancias tóxicas producidas por tipos específicos de hongos bajo tipos específicos de condiciones climáticas y ambientales.

Microminerales (minerales traza): minerales presentes o que se requieren en cantidades pequeñas en alimentos e ingredientes para alimentos en relación al requerimiento del animal, que incluyen al hierro, cobre, zinc, yodo, selenio y manganeso.

Mieles: véase Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol.

Minerales traza: véase microminerales.

Moler, molienda: proceso mecánico para reducir el tamaño de partícula por impacto, corte o desgaste.

Molienda húmeda: procesos usados para separar varios componentes del grano de maíz en fracciones que incluyen al jarabe de maíz alto en fructosa, aceite de maíz, almidón y fibra.

Molienda seca: se refiere en un proceso de la producción de etanol que implica la molienda del grano completo del maíz y la fermentación de la harina resultante, sin separar sus componentes.

Monogástrico: se refiere a los animales, como los cerdos o aves, que tienen un solo estómago.

NIAD (nitrógeno insoluble ácidodetergente): medición de la porción insoluble del nitrógeno en un ingrediente para alimentos, que se usa para calcular la PCIAD.

NNP (nitrógeno no proteico): cualquiera compuesto que contiene nitrógeno que no es proteína verdadera, que se puede precipitar de una solución (por ej., amoníaco y urea).

Número de yodo: cantidad de yodo (en gramos) que puede absorber 100 gramos de grasa o ácidos grasos, la cual es una medida de la insaturación.

Nutriente: cualquier sustancia química que proporciona valor nutritivo al cuerpo.

Ocratoxina: micotoxina producida por el hongo aspergillus que ataca los riñones, reduce el desempeño del crecimiento y puede causar defectos congénitos.

Oxidación: unión de una sustancia con oxígeno.

Pasta húmeda modificada: mezcla de granos húmedos de destilería parcialmente secos con solubles condensados de destilería, que tiene una materia seca de aproximadamente el 50%. Véase también Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol

Pasta húmeda: véase Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol.

PCIAD (proteína cruda insoluble ácidodetergente): medición de la proteína de sobrepaso o no degradable en el rumen de un ingrediente para alimentos.

pH: medición de la acidez o alcalinidad de una sustancia; el pH = 7 es neutral.

PNDR (proteína no degradable en el rumen): conocida a veces como proteína de sobrepaso, que es la proteína que no la degradan los microbios del rumen y entra al intestino delgado del rumiante. Por lo general, la proteína no degradada es proteína con daño térmico.

Porcentaje de rendimiento de la canal: también conocido como faenado de la canal, es la porción de la canal que queda después de la eliminación de la mayor parte de los órganos internos, patas, y en la mayoría de los casos, la cabeza.

ppm (partes por millón): unidad de concentración de compuestos que se encuentran en pequeñas cantidades en alimentos e ingredientes para alimentos, que es igual a mg/kg.

Premezcla: mezcla de las proporciones adecuadas de vitaminas y minerales traza que cuando se añade a las dietas de animales cumple con los requerimientos de esos nutrientes.

Productos de Maillard: grupo de complejos de proteína-carbohidrato mal digeridos que se producen en los ingredientes para alimentos que están sujetos a cantidades significativas de calor y que se caracterizan por oscurecer el color (encafecimiento), y sabor y olor a quemado.

Proteína cruda: cálculo de la proteína en un alimento o ingrediente para alimentos, obtenido por la medición del contenido de nitrógeno (las proteínas contienen alrededor del 16% de nitrógeno) y multiplicándolo por un factor de 6.25, para obtener el porcentaje de proteína cruda.

Proteína de sobrepaso: proteína que no se descompone por los microbios del rumen y que queda disponible para la digestión posterior en el intestino delgado.

Ración: porción fija de alimento, generalmente expresada como la cantidad de dieta permitida al día.

Rancio: término usado para describir a las grasas que se han descompuesto parcialmente.

Rumen: segundo compartimiento del estómago del rumiante.

Rumia: proceso de regurgitar alimento previamente consumido, volver a tragar los líquidos y volver a masticar los sólidos (rumia o bolo alimenticio).

Rumiante: cualquier grupo de mamíferos con pezuñas que tienen un estómago complejo de cuatro compartimientos y que rumian.

Sacarificación: proceso que involucra a la hidrólisis (descomposición) del almidón con agua y enzimas en la producción de etanol.

Salvado: recubrimiento de las semillas de los granos de cereales.

Solubles (mieles): Véase Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol En la producción de etanol de molienda seca, es la porción líquida del destilado separada del grano grueso mediante centrifugación y concentrada a alrededor del 30% de sólidos por evaporación.

Solubles condensados de destilería: véase Coproductos de la molienda seca para la producción de etanol.

TND (total de nutrientes digestibles): valor que indica el valor relativo energético de un alimento para un animal.

Úlcera: erosión o desintegración del tejido estomacal.

Unidades internacionales (UI): escala arbitraria usada para comparar la actividad biológica de algunas vitaminas.

Urea: nitrógeno sintético altamente concentrado que se usa a veces como fuente de nitrógeno en las raciones para rumiantes.

Verraco: cerdo macho intacto, es decir, no castrado.

Vitaminas liposolubles: vitaminas A, D, E y K (menadiona).

Yeyuno: porción media del intestino delgado.

Zearalenona: micotoxina producida por los hongos fusarium bajo condiciones climáticas y ambientales específicas; posee efectos estrogénicos que causan problemas de reproducción en el animal.

Vínculos de páginas web relacionadas con la producción de granos secos de destilería con solubles y etanol

- Distillers Grains Technology Council: <http://www.distillersgrains.org/grains/>.
- National Corn Growers Association (NCGA): <http://www.ncga.com/>.
- Renewable Fuels Association (RFA): <http://www.ethanolrfa.org/>.
- Ethanol Producer Magazine: <http://www.ethanolproducer.com/index.jsp>.
- The Online Distillery Network: <http://www.distill.com/offlinks.html>.
- ep Overviews Publishing Inc.: <http://www.epoverviews.com/>.
- University of Minnesota: <http://www.ddgs.umn.edu/>.
- United States Department of Agriculture, Foreign Agriculture Service (FAS):
 - <http://www.fas.usda.gov/ustrade/>
 - <http://www.fas.usda.gov/>