


# El uso de granos secos de destilería con solubles de maíz en dietas para cerdos


G. Shurson\*, M. Spiehs y M. Whitney  
Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul, USA

## Resumen




EUA está produciendo cantidades crecientes de granos secos de destilería con solubles a partir del maíz (DDGS), y el valor nutritivo de éstos DDGS de “nueva generación” para cerdos es mucho mejor en comparación con las fuentes tradicionales de DDGS en la molienda seca en la industria del etanol. Los resultados de trabajos recientes indican que los DDGS de “nueva generación” tienen mayor energía digestible y metabolizable, así como mayor digestibilidad aparente de aminoácidos y mayor fósforo disponible que los valores publicados. Se ha logrado un comportamiento en crecimiento satisfactorio al incluir hasta 25% de DDGS en dietas pre-destete, considerando que los lechones pesan al menos 7 kg y las dietas son formuladas en base a aminoácidos digestibles. Cuando se formulan las dietas para crecimiento-finalización con base en lisina total, y contienen más de 10% de DDGS, el comportamiento en crecimiento de los animales puede reducirse. El contenido de aceite relativamente elevado de los DDGS puede reducir la calidad de la grasa del cerdo a medida que se incrementan los niveles en la dieta. Las cerdas pueden consumir dietas hasta con 50% de DDGS durante la gestación y de 20% durante la lactancia. Al proporcionar éstos niveles de DDGS a las cerdas se puede mejorar el tamaño de la camada en ciclos reproductivos subsecuentes, en comparación con cerdas que estén recibiendo dietas con base en maíz-pasta de soya. Sin embargo, el consumo inicial puede ser reducido a medida que la cerda se adapta a niveles elevados de DDGS en la dieta. El contenido de fósforo altamente disponible de los DDGS, reduce la cantidad de suplemento inorgánico necesaria en la dieta y al mismo tiempo se reduce la salida de P en las excretas. El proporcionar DDGS a cerdos en crecimiento- finalización puede reducir la incidencia, severidad y tiempo de las lesiones causadas por *Lawsonia intracellularis* durante un reto moderado de la enfermedad, pero no así en casos de retos muy severos.

## Introducción



Los Granos Secos de Destilería con Solubles (DDGS) son un co-producto de la molienda seca para la producción de combustible etanol y de industrias que producen ciertas bebidas. Durante el proceso de producción de etanol, el almidón del grano se convierte a alcohol y dióxido de carbono. A continuación en la Fig. 1 [1] se presenta una ilustración del proceso de molienda seca en la producción de etanol. Durante éste proceso, la concentración de los nutrientes remanentes en el grano se incrementa por tres veces [2]. La definición oficial de la AAFCO de DDGS es “ El producto obtenido después de remover el etil alcohol por medio de destilación de la fermentación de grano o de una mezcla de granos con levaduras, condensando y deshidratando al menos tres cuartas partes de los sólidos de todo el destilado resultante a través de métodos de destilación empleados en la industria destilera de granos.” [3]



El maíz es el principal grano utilizado en la producción de combustible etanol en los Estados Unidos. El trigo, la cebada, el centeno y el sorgo, o combinación de estos granos también es utilizado en ciertas regiones de Norteamérica y otros países, dependiendo de la cantidad y precio de los granos disponibles. Consecuentemente, el tipo de grano utilizado como materia prima, afectará grandemente el perfil de nutrientes y el valor alimenticio de los DDGS.



En el 2000, la producción anual de DDGS en Norteamérica fue de aproximadamente 3.5 millones de toneladas métricas. Debido al rápido crecimiento de ésta industria, se estima que 7.0 millones de toneladas métricas de DDGS serán producidas anualmente a partir de 2005 (Steve Markham, comunicación personal, 2003). Hasta 2001, 96% de los DDGS eran consumidos por el ganado lechero y productor de carne en los Estados Unidos, con sólo el 4% utilizado para adicionar en raciones de cerdos y aves. Sin embargo, se estima que el 15% de los DDGS producidos en Estados Unidos serán utilizados para alimento para cerdos en 2003, en un momento en que la producción anual de DDGS haya incrementado (Steve Markham, comunicación personal, 2003).

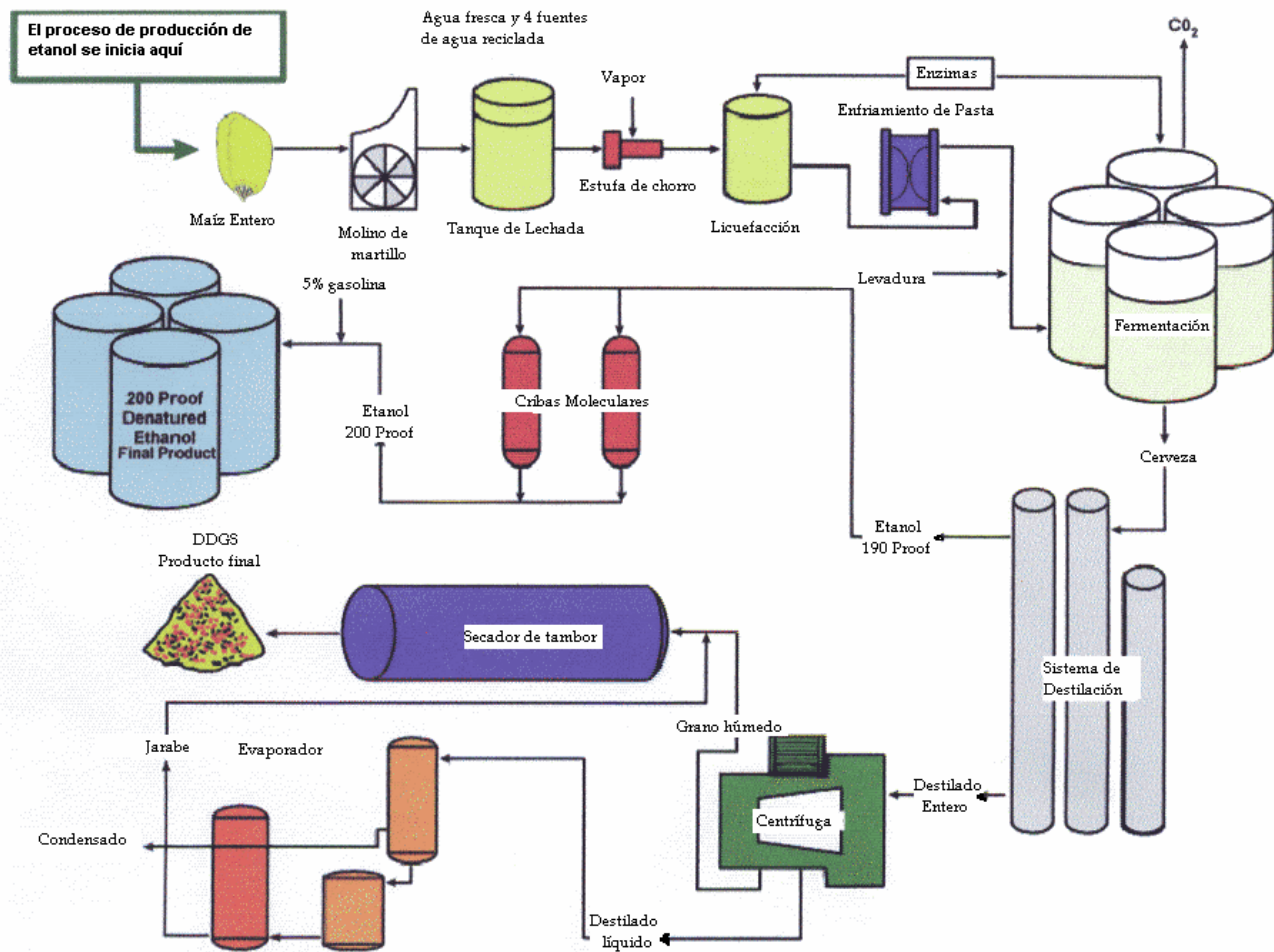


Figura 1. Proceso de producción de etanol por medio de molienda seca ([www.exolmn.com/main.htm](http://www.exolmn.com/main.htm)) [1]

Europa ha sido el principal mercado de exportación (842,000 toneladas métricas en 2002) para los DDGS producidos en Estados Unidos. En 2002, los principales importadores de éste producto norteamericano fueron: Irlanda (298,000 TM), Dinamarca (106,000TM), Reino Unido (87,000TM), España (75,000 TM) y Portugal (74,000 TM) (Steve Markham, comunicación personal, 2003).

A lo largo de los últimos 60 años, se han llevado a cabo trabajos de investigación evaluando tres tipos de co-productos de destilería en dietas para cerdos- los solubles de destilería secos (DDS), granos secos de destilería (DDG) y los DDGS. En 1940 y 1950, la mayor parte de la investigación utilizando los co-productos de destilería en cerdos, se enfocó principalmente a los solubles de destilería secos (DDS). Se llevaron a cabo pruebas de comportamiento para medir la tasa de crecimiento y la

conversión alimenticia de los cerdos cuando se adicionaba DDS a dietas de iniciación [4-5] y dietas de crecimiento- finalización [6-7]. También se llevaron a cabo varios trabajos para determinar si los DDS podían reemplazar la proteína normal [8-10] y los suplementos vitamínicos [11] en dietas a base de maíz durante varias fases de la producción.

Al iniciar hacia finales de 1950, los investigadores continuaron evaluando el comportamiento en el crecimiento de los cerdos consumiendo co-productos de la destilería [12-14], pero la mayor parte de la investigación se enfocó a identificar los “factores de crecimiento no identificados” en productos derivados de la destilería y sus efectos en el comportamiento de cerdos en crecimiento [7,15-17].

Durante 1970 y 1980, se inició la construcción de plantas de etanol a gran escala, y los investigadores empezaron a enfocarse en la evaluación de granos de destilería secos con solubles (DDGS). Una serie de trabajos experimentales con diferentes niveles de inclusión se llevaron a cabo para determinar los rangos máximos de inclusión de los DDGS que podían utilizarse en dietas de iniciación [18-20] y en dietas de crecimiento- finalización [21-23]. Estudios adicionales se enfocaron al contenido de aminoácidos de los DDGS y el efecto de la suplementación con lisina en cerdos consumiendo dietas con DDGS [18,23-24].

De 1986 hasta 1998 se llevó a cabo muy poca investigación para evaluar el uso de co-productos de destilería en dietas para cerdos, a pesar de que varias plantas nuevas de molienda seca para la producción de etanol iniciaron operaciones. Estas plantas de molienda seca de etanol relativamente nuevas, cuentan con la más alta y moderna tecnología, diseño de ingeniería, tecnología de fermentación y proceso de secado en comparación con las plantas antiguas construidas en décadas anteriores.

Aunque hay una considerable variación en el contenido y la digestibilidad de nutrientes entre las fuentes de DDGS, varios trabajos de investigación han demostrado que los DDGS producidos en plantas de etanol de “nueva generación” tienen mayores niveles de nutrientes esenciales que los encontrados en el NRC [25] y otras fuentes publicadas [26].

Estudios recientes han demostrado que la concentración de energía [27], la digestibilidad ileal aparente de aminoácidos [28] así como la relativa bio-disponibilidad de fósforo [29] son mayores que lo que se pensó inicialmente. Estos resultados han incentivado tanto a nutricionistas de cerdos como a productores de cerdos a reconsiderar el valor alimenticio de los DDGS como un ingrediente alternativo para la alimentación de cerdos. Adicionalmente, parece que los DDGS pueden tener algunas propiedades de “valor agregado” junto con los nutrientes que aporta a las dietas de cerdos. Por lo tanto, el propósito de éste trabajo es resumir nuestro entendimiento actual de los valores alimenticios de los DDGS de maíz de “nueva generación” y de alta calidad en dietas para cerdos.

## **2. Contenido nutritivo y variabilidad de los DDGS**

Existen pocos incentivos para estandarizar el contenido nutritivo y la calidad de los DDGS de la industria del etanol en los Estados Unidos, principalmente porque los granos secos de destilería con solubles son un co-producto de un proceso diseñado principalmente para la producción de etanol combustible. Varios factores influyen las características físicas y nutritivas de los DDGS, incluyendo la variabilidad de los niveles de nutrientes del maíz utilizado como materia prima, así como la proporción de los solubles de destilería adicionados a los granos secos de destilería previo a la desecación, la eficiencia en la conversión de almidón en etanol, y la temperatura y tiempo de secado [30-31]. En el Cuadro 1 [3] se muestra una lista de factores que contribuyen a la variabilidad en el contenido de nutrientes y la digestibilidad de los co-productos de destilería.

Las tablas de ingredientes alimenticios publicadas que son utilizadas por los nutricionistas no distinguen los perfiles de nutrientes entre las fuentes de DDGS. Aun más, existen discrepancias entre tablas de ingredientes alimenticios publicadas con respecto a la composición de nutrientes de los DDGS. La densidad energética de los DDGS (base en Materia Seca) está marcada como 3032 kcal de energía metabolizable (EM)/kg por el NRC [25], 3838 kcal EM/kg en el Manual de Co-Productos para Uso Pecuario [2] y 3732 kcal EM/kg en el Manual de Destilados de Uso Pecuario [33]. Los niveles de proteína cruda (materia seca) son menos variables pero aún así tienen un rango de 27.8% en el Manual de Co-Productos para Uso Pecuario [2] y de 29.6% en el Manual de Destilados de Uso Pecuario [33]. Los niveles de fósforo total (materia seca) para los DDGS citados en el Manual de Co-productos de Uso Pecuario [2], el Manual de Destilados de Uso Pecuario [33] y el NRC [25] son similares (0.79, 0.82 y 0.83%, respectivamente), pero son mucho menores que el 1.02% mencionado en el ejemplar de Referencia de Feedstuffs [32].

Cromwell et al. [34] llevaron a cabo un trabajo para comparar las características físicas, químicas y nutritivas de DDGS de 9 fuentes diferentes para su uso en pollos y en cerdos. El color de éstas fuentes variaba de un dorado muy claro a uno muy oscuro y el olor tenía un rango que iba de aroma dulce a un aroma ahumado y quemado. Asimismo, había un rango muy amplio en la concentración de nutrientes entre las fuentes de DDGS. Los rangos en las concentraciones de nutrientes seleccionados (como tal) fueron:

Materia Seca	87 – 93%
Proteína Cruda	23 – 29%
Grasa Cruda	3 – 12%
Cenizas	3 – 6%
Lisina	0.59 – 0.89%



La concentración de lisina tendió a ser mayor en los DDGS de color dorado más claro y la menor en el caso de las fuentes de DDGS más oscuras. Cuando las cuatro opciones más oscuras y de olor a quemado se proporcionaron a los pollos, se observó una reducción en la tasa de crecimiento, consumo alimenticio y conversión alimenticia en 18, 13 y 6% respectivamente, en comparación con pollos alimentados con las opciones de color dorado más claro de DDGS. Los resultados de éste estudio sugieren que los DDGS de color oscuro y/o los que tienen un aroma a quemado no deben ser utilizados en dietas para cerdos y aves.

De manera similar, Spiehs et al. [26] colectaron 118 muestras de DDGS de 10 plantas de etanol de “nueva generación” en Minnesota y en Dakota del Sur durante 1998 a 1999 para determinar la variabilidad de nutrientes entre ellas y dentro de ellas.



**Cuadro 1. Factores que influyen la composición de nutrientes de los co-productos de destilería (Olentine [31]).**

Materia Prima	Factores de procesado
Tipos de Granos	Proceso de molienda
Variabilidad de granos	Fineza
Calidad de granos	Duración
Condiciones de la tierra	Cocción
Fertilizantes	Cantidad de agua
Clima	Cantidad de pre-malteado
Métodos de producción	Temperatura y tiempo
Y cosechado	Fermentación continua o por lotes
Fórmula de los granos	Tiempo de enfriamiento
	Conversión
	Tipo, cantidad y calidad de la malta
	Amilasa Fungal
	Tiempo y temperatura
	Dilución de granos transformados
	Volumen y galones por bushel o conteo de granos
	Calidad y cantidad de los productos de granos
	Fermentación
	Calidad y cantidad de levadura
	Temperatura
	Tiempo
	Enfriamiento
	Agitación
	Acidez y control de producción
	Destilación
	Tipo: Alto vacío o atmosférico, continuo o por lote
	Calentamiento directo o indirecto
	Cambio de volumen durante el proceso de destilación
	Procesado
	Tipo de malla: estacionaria, rotatoria, vibratoria
	Uso de centrífuga
	Tipo de prensas
	Evaporadores
	Temperatura
	Número
	Secadores
	Tiempo
	Temperatura
	Tipo
	Cantidad de jarabe mezclado con el grano (porción fibrosa).

Y comparar éstos niveles de nutrientes contra valores de referencia publicados por el NRC [25], ejemplar de Referencia de Feedstuffs [32] y Heartland Lysine [35], junto con una comparación con los valores de nutrientes obtenidos de los DDGS producidos en una planta de etanol vieja del centro-oeste. Los DDGS de “Nueva Generación” son generalmente de un color dorado claro a un café claro y tienen un aroma dulce, fermentado en comparación con los DDGS de plantas de etanol que

producen DDGS de color oscuro. Los niveles de Energía Digestible (ED), EM y los de extractos libres de nitrógeno fueron calculados basándose en valores de análisis proximal y ecuaciones de predicción de ED y EM publicadas [36]. Los valores medios y coeficientes de variación para cada ingrediente a lo largo de todas las plantas se encuentran resumidos en el Cuadro 2.

Entre los aminoácidos analizados, la lisina fue la más variable (CV= 17.3%), seguida por metionina (CV= 13.6%). Los niveles de nutrientes de los DDGS de “Nueva Generación” fueron mayores en grasa cruda, fibra neutro detergente, ED, EM, fósforo, lisina, metionina, treonina y menores para materia seca, fibra ácido detergente y calcio en comparación con los valores del NRC [25]. Los valores nutritivos tendieron a ser diferentes entre años para el caso de cenizas, ED, manganeso, zinc, cistina (P< 0.10), grasa, total de nutrientes digestibles, EM, metionina, isoleucina (P < 0.05), calcio, fósforo, potasio, magnesio, y cobre (P<0.01). Estos resultados sugieren que los niveles de energía bruta, fósforo, lisina, metionina y treonina son mayores en los DDGS de “nueva generación” en comparación con los valores publicados del NRC [25].

Estudios adicionales en la Universidad de Minnesota han demostrado que los DDGS producidos en plantas de etanol de “nueva generación” (con base en materia seca) son mas elevados en Energía digestible y metabolizable [27] (Cuadro 3), y mas elevados en digestibilidad ileal aparente de aminoácidos [28] (Cuadro 4), y mayor cantidad de fósforo disponible [29] (Cuadro 5) que los DDGS producidos en plantas de etanol antiguas y mas tradicionales. Aunque los DDGS contienen una cantidad significativa de fibra cruda (7 a 8%), también contienen una cantidad elevada de grasa cruda (9 a 10%, como tal) lo que resulta en valores de energía en DDGS de (ED, 3965 kcal/kg; EM, 3592 kcal/kg) similar al encontrado en maíz (ED, 3961 kcal/kg; EM, 3843 kcal/kg) en base seca (Cuadro 3). Los coeficientes de digestibilidad ileal aparente de aminoácidos para la lisina, metionina y treonina fueron mayores (P<0.01) en los DDGS de “nueva generación”, en comparación con valores de DDGS de “antigua generación”, de tono mas oscuro así como con valores del NRC [25], resultando en niveles de digestibilidad ileal aparente de aminoácidos mayores, tal como se muestra en el Cuadro 4. Quizás la ventaja nutritiva mayor al alimentar DDGS a los cerdos es el elevado contenido de fósforo disponible. Es bien sabido que el maíz es bajo en contenido de fósforo (0.28%), asimismo la bio-disponibilidad de fósforo también es baja (14%). Sin embargo, el contenido de fósforo de los DDGS de “nueva generación” es de 0.89% (materia seca) y la bio-disponibilidad relativa del fósforo parece incrementar a 90% después de que el maíz ha pasado por todo el proceso de fermentación (Cuadro 5).

### **3. Pruebas con cerdos alimentados con DDGS de “nueva generación”.**

#### **3.1 Iniciador**

Whitney y Shurson [37] llevaron a cabo dos experimentos para determinar los efectos sobre el comportamiento en crecimiento al incrementar los niveles de inclusión (0- 25%) de DDGS de “nueva generación” en dietas para cerdos destetados tempranamente. Un total de 96 cerdos cruzados (peso corporal  $6.18 \pm 0.14$  kg) fueron bloqueados de acuerdo a género y raza, y los cerdos dentro de cada bloque fueron asignados al azar a uno de seis tratamientos /dieta (4 cerdos/corral, 4 corrales/tratamiento) en cada uno de dos experimentos de comportamiento de crecimiento. Los tratamientos/dieta consistieron en proporcionar 0, 5, 10, 15, 20 o 25% de DDGS durante las Fases 2 y 3 de un programa de alimentación de 3-fases. Los cerdos en el experimento 1 fueron ligeramente mayores (19.9 vs. 16.9 días de edad) y mas pesados (7.10 vs. 5.26 kg) al inicio del experimento en comparación con los cerdos del experimento 2. A todos los cerdos se les proporcionó una dieta peleteada comercial por los primeros 4 días post-destete, y posteriormente se les cambió a su respectiva dieta experimental correspondiente a las dietas de Fase 2 (proporcionadas por los siguientes 14 días), seguidos por las dietas experimentales de Fase 3 (proporcionadas por un período

adicional de 21 días). Las dietas experimentales fueron formuladas para contener digestibilidades ileales aparentes de lisina equivalentes (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%) en las Fases 2 y 3 respectivamente.

**Cuadro 2. Comparación de la composición de nutrientes de los DDGS de “nueva generación” con los de “antigua generación”, así como de valores de referencia publicados (con base en materia seca).**

	DDGS Nueva generación	DDGS Antigua generación	NRC [25]	Heartland Lysine [35]	Valores de Referencia Feedstuffs [32]
Materia Seca, %	89.1 (1.2)	89.5	93.0	90.8	93.0
Proteína Cruda, %	30.5 (1.4)	29.0	29.8	28.5	29.0
Grasa Cruda, %	10.7 (1.0)	9.7	9.0	-	8.6
Fibra Cruda, %	8.9 (0.6)	7.4	-	-	9.1
Cenizas, %	5.8 (0.7)	8.0	-	-	4.8
ELN, %	44.2 (2.2)	45.9	-	-	-
FAD, %	15.7 (2.1)	16.7	17.5	-	-
FND, %	43.5 (3.0)	38.0	37.2	-	-
ED calculada,kcal/kg	3990 (3.2) <sup>a</sup>	3879 <sup>a</sup>	3449	-	-
EM calculada,kcal/kg	3749 (3.3) <sup>b</sup>	3661 <sup>b</sup>	3038	-	3848
Arginina, %	1.20 (9.1)	0.92	1.22	1.21	1.08
Histidina, %	0.76 (7.8)	0.61	0.74	0.75	0.65
Isoleucina,%	1.12 (8.7)	1.00	1.11	1.09	1.08
Leucina, %	3.55 (6.4)	2.97	2.76	3.27	2.90
Lisina, %	0.85 (17.3)	0.53	0.67	0.81	0.65
Metionina, %	0.55 (13.6)	0.50	0.54	0.63	0.65
Fenilalanina, %	1.47 (6.6)	1.27	1.44	1.43	1.29
Treonina, %	1.13 (6.4)	0.98	1.01	1.11	1.02
Triptofano, %	0.25 (6.7)	0.19	0.27	0.20	0.22
Valina, %	1.50 (7.2)	1.39	1.40	1.43	1.43
Ca, %	0.06 (57.2)	0.44	0.22	-	0.38
P, %	0.89 (11.7)	0.90	0.83	-	1.02
K, %	0.94 (14.0)	0.99	0.90	-	1.08
Mg, %	0.33 (12.1)	0.40	0.20	-	0.38
S,%	0.47 (37.1)	0.51	0.32	-	0.32
Na, %	0.24 (70.5)	0.28	0.27	-	0.86
Zn, ppm	98 ( 80.4)	80	86	-	91
Mn, ppm	16 (32.7)	50	26	-	32
Cu, ppm	6 (20.4)	14	61	-	54
Fe, ppm	120 (41.1)	219	276	-	323

<sup>a</sup> ED calculada= 4151 – (122 x % Cenizas) + (23 x % PC) + (38 x % EE) – (64 x % fibra cruda)

<sup>b</sup>EM calculada = ED x [( 1.003 –(0.0021 x % PC)]


(Noblet y Perez [36])

<sup>c</sup> Los valores en paréntesis son coeficientes de variación entre 10 fuentes de DDGS de “nueva generación.

La tasa de crecimiento en general, el peso corporal final, y la conversión alimenticia de los cerdos fue similar entre los tratamientos independientemente de los niveles de DDGS incluidos en cada dieta para ambos experimentos. En el experimento 1, el consumo alimenticio no se afectó por la dieta (P< 0.01). En el experimento 2, sin embargo, los niveles crecientes linealmente de DDGS en la dieta disminuyeron el consumo (P<0.02) durante la Fase 2, y tendieron a disminuir el consumo alimenticio

voluntariamente ( $P < 0.09$ ) por el tiempo en que duró el experimento. Estos resultados sugieren que los DDGS de “nueva generación” pueden ser incluidos en las dietas de la Fase 3 para cerdos post-destete a niveles de hasta 25%, sin afectar negativamente el crecimiento después de un período de adaptación de 2 semanas. También es posible lograr un comportamiento de crecimiento satisfactorio con la adición de 25% de DDGS de “nueva generación” durante la Fase 2 para cerdos pesando al menos 7 kg de peso. Incluir estos niveles tan elevados inmediatamente post-destete, sin embargo puede influenciar de manera negativa en el consumo de alimento, resultando en un comportamiento de crecimiento inicial muy pobre.


**Cuadro 3. Comparación de los valores de energía para DDGS (base en materia seca).**



	DDGS “nuevos” calculado	DDGS “nuevos” Promedio Prueba	DDGS “viejos” calculado	DDGS NRC[25]
ED, kcal/kg	3965	4011	3874	3441
EM, kcal/kg	3592	3827	3521	3032

Maíz: ED (kcal/kg) = 3961, EM (kcal/kg)= 3843 (NRC[25])

**Cuadro 4. Comparación de la digestión ileal aparente de la composición de aminoácidos de los DDGS (base materia seca) entre los DDGS de “nueva generación”, los de “antigua generación” y los valores publicados en el NRC [25].**



	DDGS “Nueva generación”	DDGS “antigua generación”	DDGS NRC [25]
Arginina, %	0.90	0.60	0.88
Histidina, %	0.51	0.30	0.45
Isoleucina, %	0.72	0.42	0.73
Leucina, %	2.57	1.84	2.10
Lisina, %	0.44	0.00	0.31
Metionina, %	0.32	0.24	0.39
Fenilalanina, %	0.89	0.68	1.09
Treonina, %	0.62	0.36	0.56
Triptofano, %	0.15	0.15	0.14
Valina, %	0.92	0.51	0.88





**Cuadro 5. Comparación de niveles de fósforo y relativa disponibilidad en los DDGS y en maíz (base materia seca).**

	DDGS "nuevos"	DDGS "antiguos"	DDGS NRC [25]	Maíz NRC [25]
Fósforo Total, %	0.89	0.90	0.83	0.28
Disponibilidad relativa de P, %	90	no data	77	14
Fósforo, disponible, %	0.80	no data	0.64	0.04

### 3.2. Cerdos crecimiento- finalización

Whitney et al. [38] llevaron a cabo una prueba de comportamiento en crecimiento y evaluación en canal para determinar los efectos de alimentar niveles crecientes de DDGS de "nueva generación" en dietas de crecimiento – finalización, cuando las dietas eran formuladas con base en lisina total. Se asignaron al azar un total de 240 cerdos (28.4 ± 0.8 kg) cruzados {(Yorkshire x Landrace) x Duroc} a uno de cuatro tratamientos/dietas secuenciados en un programa de alimentación de crecimiento – finalización de 5 Fases. Los tratamientos /dietas consistieron en dietas a base de maíz- pasta de soya conteniendo 0, 10, 20 o 30% de DDGS. El tiempo para cambiar a la dieta siguiente se baso en el peso promedio del corral dentro del tratamiento/dieta secuencial. Los cerdos fueron procesados y se obtuvo la información de la canal cuando el promedio del corral alcanzó los 115 kg.

Los cerdos que consumieron dietas con 20 o 30% de DDGS tendieron a presentar niveles bajos de GDP (Ganancia Diaria Promedio) ( $P < 0.10$ ) en comparación con cerdos consumiendo dietas con 0 o 10% de DDGS, pero el CAPD (Consumo de Alimento Promedio Diario) no se afectó ( $P > 0.10$ ) por el tratamiento/dieta. Consumo/ganancia tendieron a incrementar ( $P < 0.10$ ) cuando lo cerdos consumieron dietas con 30% de DDGS en comparación con lo cerdos consumiendo dietas con 0, 10 y 20% de DDGS. El porcentaje de rendimiento disminuyó linealmente ( $P < 0.03$ ) con niveles crecientes de DDGS en la dieta, pero el peso al sacrificio fue también menor ( $P < 0.05$ ) para los cerdos que consumieron dietas con 20 o 30% de DDGS en comparación con los cerdos consumiendo dietas con 0 o 10% de DDGS. La profundidad de la chuleta tendió a ser menor en cerdos con 30 % de DDGS en las dietas ( $P < 0.10$ ), pero la grasa dorsal y el porcentaje magro no difirieron entre tratamientos ( $P < 0.10$ ). Los resultados de éste trabajo sugieren que cuando las dietas crecimiento-finalización son formuladas con base en aminoácidos totales, no debe incluirse más del 10% de DDGS en las dietas para lograr un optimo crecimiento y composición de canal. Los niveles de inclusión de DDGS mayores al 10% pueden resultar en un comportamiento de crecimiento satisfactorio siempre que las dietas hayan sido formuladas con base en aminoácidos digestibles. Se recomienda un máximo de inclusión de 20% de DDGS en dietas para cerdos en crecimiento-finalización ya que existe preocupación con respecto a niveles elevados de yodo y de grasa suave en el cerdo debido al elevado contenido de aceite en los DDGS.

### 3.3. Cerdas en gestación y lactancia

Se han llevado a cabo tres estudios para determinar los rangos óptimos de inclusión de DDGS en dietas para cerdas durante la gestación y lactancia [39- 41], y se han publicado recomendaciones sobre niveles de inclusión máximos, basados en resultados obtenidos en 1964 por Thong et al y en 1995 por Monegue y Cromwell [2, 42]. Como resultado de una información limitada en cuanto a la alimentación de cerdas con DDGS, las recomendaciones mas recientes para el uso de DDGS en

cerdas son algo distintas. El Manual de Co-Productos de uso Pecuario [2] enlista niveles máximos de inclusión de DDGS de 50% en dietas para cerdas gestantes y de hasta 20% en dietas para cerdas en lactancia. El Manual de la Industria Porcina, sin embargo, sugiere usar hasta un 40% como nivel máximo de inclusión en dietas para cerdas gestantes y de 10% máximo para el caso de dietas de lactancia [42].

Thong et al [39] llevaron a cabo un experimento usando 64 cerdas primerizas para evaluar el uso de DDGS para reemplazar a la pasta de soya en dietas a base de maíz- pasta de soya durante la gestación. Para llevar a cabo éste trabajo, se alimentó a las cerdas con dietas conteniendo ya sea 0, 17.7 o 44.2% de DDGS durante la gestación. Todas las dietas fueron formuladas para contener 0.42% de lisina total en la dieta. El número de cerdos nacidos por camada y el peso promedio al nacimiento no fueron afectados significativamente ( $P > 0.10$ ) por los tratamientos/dietas. Los autores concluyeron que los DDGS puedan reemplazar a la pasta de soya en una base equivalente de lisina como fuente suplementaria de aminoácidos a niveles de hasta 44.2% de la dieta de cerdas en gestación.

Monegue y Cromwell [40] compararon el comportamiento reproductivo de las cerdas consumiendo dietas a base de maíz-pasta de soya reforzadas, con cerdas consumiendo dietas con 40 u 80% de gluten de maíz y cerdas consumiendo dietas con 40 u 80% de DDGS durante la gestación. En éste estudio se utilizaron un total de 90 cerdas híbridas de 4° parto (18 cerdas/dieta tratamiento). Las dietas contenían niveles similares de lisina total y fueron proporcionadas a diferentes niveles para igualar el consumo de EM a 6.2 mcal/cerda/día. Las cerdas consumieron la dieta de maíz-pasta de soya fortificada ad libitum a lo largo de los 28 días que duró el período de lactancia. La tasa de partos promedio fue de 91% y no fueron afectados por el tratamiento/dieta ( $P = 0.20$ ). Las ganancias de peso durante la gestación tendieron a ser mayores en cerdas consumiendo las dietas con gluten de maíz y DDGS, indicando que la energía de estos productos derivados del maíz fue bien aprovechada. El consumo de alimento durante la lactancia y la pérdida de peso de las cerdas durante éste período fue similar entre tratamientos. El tamaño de camada al nacimiento y el peso de los lechones al nacimiento no se afectó por la dieta/tratamiento ( $P = 0.20$ ) entre tratamientos, aunque numéricamente hablando, las cerdas que consumieron 80% de DDGS tuvieron camadas ligeramente más pequeñas. El tamaño de camada destetada y el peso de la camada al destete tampoco mostró diferencias ( $P = 0.20$ ) entre tratamientos, aunque al consumir dietas con 80% de gluten de maíz y las dietas con DDGS durante la lactancia, numéricamente redujo el tamaño de la camada destetada e incrementó el peso del lechón al destete. No hubo diferencias ( $P = 0.20$ ) en el peso de la camada al destete ni en el porcentaje de sobrevivencia al destete entre los tratamientos. Los días de retorno al estro post-destete en las cerdas fue similar entre los grupos tratamiento/dieta y promediaron 4.7 días. Los autores concluyeron que las dietas con un elevado contenido de gluten de maíz y DDGS, de hasta 80% de la dietas de gestación, fueron bien aprovechados, y no parecen alterar el comportamiento reproductivo o la lactancia.

Más recientemente, Wilson et al. [41] llevaron a cabo un trabajo de doble parto utilizando hembras multíparas para determinar los efectos en el comportamiento reproductivo o de lactancia de la cerda al consumir dietas con 50% de DDGS durante la gestación y 20% de DDGS durante la lactancia. El balance de nutrientes estuvo determinado a partir del día 100 al 105 de gestación, utilizando 14 cerdas gestantes. Las cerdas fueron asignadas a una de dos dietas de gestación, en base a la paridad y al peso corporal inicial, (0 o 50% DDGS, dietas a base de maíz- pasta de soya), y una de dos dietas de lactancia (0 o 20% de DDGS, en una dieta a base de maíz-pasta de soya). Las cerdas fueron alimentadas diariamente una cantidad de alimento en base al 1% del peso corporal de la cerda mas 100, 300, 500 g por día en los días 0 a 30, 31 a 60, y 61 a 90 días de gestación respectivamente. Las cerdas tuvieron acceso libre al alimento durante la lactancia. Las cerdas permanecieron en sus respectivas combinaciones de tratamientos/dietas a lo largo de dos ciclos reproductivos.

No hubo diferencias para las cerdas consumiendo dietas con 0 y 50% DDGS durante la gestación en ambos ciclos reproductivos ( $P > 0.10$ ) en cuanto a: ganancia de peso en las cerdas durante la gestación, ni en el número de lechones nacidos vivos por camada, ni en el peso de la camada al nacimiento, o en el promedio de peso corporal de los lechones. La combinación de tratamientos/dietas no tuvo efecto sobre el tamaño de la camada, peso de la camada al nacimiento o peso de la camada al destete a lo largo del primer ciclo reproductivo, pero las cerdas que consumieron las dietas de gestación y lactancia con 0% DDGS destetaron menor número de lechones por camada a lo largo del segundo ciclo reproductivo ( $P < 0.05$ ). La mortalidad pre-destete fue mayor ( $P < 0.05$ ) para las cerdas consumiendo la dieta de gestación con 50% de DDGS y 20% de DDGS en la dieta de lactancia, en comparación con la combinación de tratamientos a lo largo de primer ciclo reproductivo, pero la combinación de dietas/tratamientos no tuvo efecto en la mortalidad pre-destete durante el segundo ciclo reproductivo.

Las cerdas consumiendo la dieta de gestación con 0% DDGS y la dieta de lactancia con 20% de DDGS tuvieron menor consumo de alimento de lactancia ( $P < 0.01$ ), que ocurrió principalmente durante los primeros 7 días del período de lactancia, pero éste mismo efecto no se presentó durante el segundo período reproductivo. El intervalo destete a estro, fue mayor para las cerdas consumiendo 0% de DDGS en gestación y las dietas de lactancia a base de combinación de tratamientos, comparados con las cerdas consumiendo 50% de DDGS durante la gestación y 20% DDGS en la dieta combinada y 50% DDGS en gestación, 0% DDGS en dieta combinada de lactancia a lo largo del primero ciclo reproductivo. No se observaron diferencias en el intervalo destete a estro durante el segundo ciclo reproductivo. Las cerdas que consumieron la dieta con 50% de DDGS durante la gestación tardía tendieron a consumir más energía, nitrógeno, azufre y potasio, y presentaron mayor retención de nitrógeno, azufre ( $P < 0.05$ ) y fósforo ( $P < 0.10$ ) en comparación con las cerdas que consumieron 0% DDGS en dietas de gestación. Estos resultados indican que al proporcionar una dieta de gestación con 50% de DDGS va a permitir un mejor comportamiento reproductivo. Sin embargo, proporcionar 20% de DDGS en dietas de lactancia, puede reducir el consumo de alimento durante la primera semana post-parto, cuando a las cerdas se les ha estado alimentando con una dieta a base de maíz-pasta de soya durante la gestación y no se les permite un período de adaptación a las dietas con elevadas cantidades de DDGS durante la lactancia.

#### **4. DDGS y manejo de las excretas**

Spiehs et al. [43] llevaron a cabo una prueba de 10 semanas para medir las características del gas y el olor de las excretas de cerdo, así como el balance de energía, nitrógeno y fósforo de cerdos en crecimiento-finalización consumiendo dietas en base a maíz-pasta de soya conteniendo niveles de 0 o 20% de DDGS. Se asignaron al azar 16 cerdos PIC castrados de entre  $57.6 \pm 3.8$  kg a uno de dos tratamientos/dietas (8 cerdos/tratamiento): control (0% DDGS) y 20 % DDGS. Una secuencia de dietas de tres-Fases fue utilizada. Los cálculos de niveles de lisina total y fósforo total fueron idénticos para ambas dietas dentro de cada fase. Las excretas de cada cerdo colocado en jaulas para colección, fueron colectadas diariamente excepto durante los 3 últimos días de las semanas 2, 6, y 10, cuando las excretas urinarias y fecales totales se colectaron para hacer mediciones de balance nutricional. Las heces y orina fueron mezcladas y vaciadas en una cámara de simulación anaeróbica de acuerdo a los tratamientos/dietas respectivos. Las muestras de aire fueron colectadas semanalmente a partir de cada cabecera de cada cámara de simulación para llevar a cabo análisis de  $H_2S$  y  $NH_3$ . Las muestras de aire colectadas en las semanas 0, 2, 5 y 8 fueron evaluadas para nivel de detección de olor utilizando un panel de olor humano y un olfatómetro.

El tratamiento/dieta no tuvo efecto sobre H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> o sobre niveles de olor a lo largo del período de almacenamiento de 10 semanas en comparación con la alimentación a base de maíz – pasta de soya. El consumo de DDGS no sólo incrementa el consumo de EG y mejora la utilización de fósforo a lo largo de las etapas finales, sino que también mejora la excreción de nitrógeno. Cuando las dietas que contienen DDGS son formuladas en base a fósforo disponible, valor obtenido por Whitney et al. [38], uno podría esperar que la excreción de fósforo en las excretas de cerdos sea reducida.

## 5. Efecto del consumo de DDGS sobre la salud del intestino de cerdos en crecimiento.

Whitney et al. [44] llevaron a cabo dos experimentos para determinar si la inclusión de DDGS en la dietas de cerdos jóvenes en crecimiento reduce la incidencia o severidad de signos clínicos, derrame fecal, lesiones intestinales, y/o infecciones celulares indicativo de Enteropatía Proliferativa Porcina (ileítis) después de un reto con *Lawsonia intracellularis*. En el primer experimento, se destetaron 80 lechones a los 17 días de edad y fueron asignados al azar (bloqueado por sexo y por peso) a uno de cuatro grupos de tratamientos. Se dejó un control negativo para no inocularlo y se le proporcionó una dieta control a base de maíz- pasta de soya. Los 3 grupos restantes fueron inoculados oralmente con  $1.5 \times 10^9$  de *L.intracellularis* por cerdo después de un período de adaptación a la dietas de 4 semanas, y se les proporcionó ya sea una dieta control a base de maíz- pasta de soya o una dieta similar con 10 o 20% DDGS. En el día 21 post-inoculación, todos los cerdos fueron sacrificados y se examinó la mucosa intestinal para observar presencia de lesiones. Las muestras de tejido ileal fueron analizadas para determinar la presencia y proliferación de *L. intracellularis*. La inoculación a los cerdos redujo CAPDI, GDP y G/C por 25, 55 y 40% respectivamente, durante la 3° semana post-inoculación. La dieta/tratamiento no afectó el crecimiento. Se pudieron observar lesiones en el 63% de los cerdos inoculados en comparación con el 0% en el grupo control negativo. La inclusión de DDGS en la dieta no afectó positivamente la ocurrencia ni la longitud de las lesiones, ni la proliferación de *L. intracellularis*, o la severidad de las lesiones ( $P > 0.10$ ). En el segundo experimento se manejaron los 100 cerdos utilizados para éste trabajo de manera similar al primer experimento, a excepción de la dosis de *L. intracellularis* utilizada para inocular a los cerdos, que fue reducida en 50%. Los grupos tratamiento consistieron de un grupo control negativo y 4 tratamientos con un arreglo factorial 2 x 2 probando el efecto de la inclusión de 10% de DDGS en la dieta y/o régimen anti-microbiano.

El régimen anti-microbiano consistió en agregar 30 mg de BMD ®/kg dieta (administrado continuamente en la dieta), con clortetraciclina (Aureomicina ®) aplicando  $500 \text{ mg kg}^{-1}$  3 días previos a 11 días post-inoculación. El consumo de dietas con 10% de DDGS redujo la longitud y ocurrencia de lesiones de colon e íleon ( $P < 0.05$ ) y redujo la severidad de las lesiones en el íleon ( $P < 0.05$ ) y colon ( $P < 0.10$ ) en comparación con otros cerdos inoculados. Los cerdos que consumieron las dietas con el régimen anti-microbiano manifestaron una reducción en la ocurrencia y severidad de las lesiones en el yeyuno ( $P < 0.05$ ), y tendieron a presentar menor número de lesiones a lo largo del tracto ( $P = 0.11$ ). La combinación de DDGS y anti-microbiano no mostró diferencias ( $P > 0.10$ ) en longitud, severidad u ocurrencia de lesiones, pero la dispersión de *L. intracellularis* en heces fue reducida a partir del día 14 post-inoculación ( $P < 0.05$ ). La proporción de células intestinales infectadas con *L. intracellularis* se redujo cuando se incluyeron DDGS ( $P = 0.05$ ) o anti-microbianos en la dieta ( $P = 0.10$ ). En conclusión, parece que la inclusión en la dieta de DDGS puede ayudar a los cerdos jóvenes en crecimiento a resistir retos moderados de ileítis similares a los regímenes anti-microbianos aprobados por los Estados Unidos, pero bajo retos mas severos, los DDGS no serán efectivos.

Nota: Este es uno de varios artículos que fueron obtenidos de la página de la Universidad de Minnesota: [http:// www.ddgs.umn.edu](http://www.ddgs.umn.edu) y fueron traducidos al español y publicados con autorización de sus respectivos autores.

Este artículo aparece publicado en *animalscience.com Reviews* (2004) No. 9 y en *Pig News and Information* 25 (2), 75N- 83N, CAB International 2004.

## Referencias

1. Agra Resources Coop. The process (2000). Available at [www.exolmn.com/main.htm](http://www.exolmn.com/main.htm).
2. Weigel, J.C., Loy, D. & Kilmer, L. Feed Co-Products of the Dry Corn Milling process. Renewable Fuels Association and National Corn Growers Association. Washington, D.C. and St. Louis Missouri, USA (1997).
3. American Association of Feed Control Officials. Official Publication. Atlanta, Georgia, USA (1995)
4. Krider, J.L., Fairbanks, B.W. & Carroll, W.E. Distillers by-products in swine rations. II. Lactation and growing-fattening rations. *Journal of Animal Science* 3: (1944) 107-119.
5. Catron, D.V., Diaz, F., Speer, V.C. & Ashton, G.C. Distillers dried solubles in pig starters. *Proceedings of the Distillers Feed Conference* 9: (1954) 49-51.
6. Fairbanks, B.W., Krider, J.L., Carroll, W.E. Distillers by-products in swine rations. I. Creep-feeding and growing-fattening rations. *Journal of Animal Science* 3: (1944) 29-40.
7. Beeson, W.M. Jeter, D.L. & Conrad, J.H. Effect of organic and inorganic sources of unidentified growth factors on the growing pig. *Proceedings of the Distillers Feed Conference* 14: (1959) 62-69.
8. Fairbanks, B.W., Krider, J.L., & Carroll, W.E. Distillers by-products in swine rations. III. Dried corn distiller' solubles, alfalfa meal, and crystalline B-vitamins compared for growing-fattening pigs in drylot. *Journal of Animal Science* 4: (1945) 420-429.
9. Hanson, L.E. Swine feeding trials with distillers solubles. *Proceedings of the Distillers Feed Research Conference* 3: (1948) 47- 56.
10. Winford, E.J., Garrigus, W.P. & Barnhard, C.E. Distillers dried solubles as a protein supplement for growing and fattening hogs in drylot. Kentucky Agricultural Experiment Station. Bull. No. 577, Lexington, Kentucky, USA (1951) pp. 3-16.
11. Krider, J.L. & Terrill, S.W. Recent work at the Illinois station on distillers grain solubles in swine rations. *Proceedings of the Distillers Feed Research Conference* 4: (1949) 21-33.
12. Livingstone, R.M. & Livingstone, D.M.S. A note on the use of distillers' by-products in diets for growing pigs. *Animal Production* 11: (1966) 259-261.
13. Combs, G.W. & Wallace, H.D. Dried distillers' grains with solubles in pig starter diets. Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville, Florida, USA, Mimeograph Series No. AN69-14 (1969).
14. Combs, G.E. & Wallace, H.D. Dried distillers' grains with solubles for growing finishing pigs. Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville, Florida, USA, Mimeograph Series No. AN70-13 (1970).
15. Couch, J.R., Stelzner, H.D., Davies, R.E. & Deyoe, C.W. Isolation of an unidentified factor from corn distillers dried solubles. *Proceedings of the Distillers Feed Conference* 15: (1960) 11-19.
16. Conrad, J.H. Recent research and the role of unidentified growth factors in 1961 swine rations. *Proceedings of the Distillers Feed Conference* 16: (1961) 41-51.
17. Wallace, H.D. & Combs, G.E. Distillers' dried corn solubles as a source of unidentified nutritional factor(s) for the gestating-lactating sow. Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville, Florida, USA, Mimeograph Series No. AN69-3 (1968).

18. Wahlstrom, R.C. & Libal, G.W. Effect of distillers dried grains with solubles in pig starter diets. SDSU Swine Day, Brookings, South Dakota, USA, Bulletin No. 80-6: (1980) pp 14-16.
19. Orr, D.E., Owsley, W.F. & Tribble, L.F. Use of corn distillers dried grains, dextrose, and fish meal. In: Proceedings of the 29<sup>th</sup> Swine short Course, Texas Agricultural Experiment Station, Lubbock, Texas, USA (1981) pp 48-50.
20. Cromwell, G.L., Stahly, T.S., Monegue, H.J. Distillers dried grains with solubles and antibiotics for weanling swine. Kentucky agricultural Experiment Station, Lexington. Progress Report 292. (1985) pp 10-11.
21. Wahlstrom, R.C., German, C.S. & Libal, G.W. Corn distillers dried grains with solubles in growing-finishing swine rations. Journal of Animal Science 30: (1970) 532-535.
22. Smelski, R.B. & Stothers, S.C. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles for finishing pigs. Proceedings of the Western Section, American society of Animal Science 23: (1972) 122-127.
23. Cromwell, G.L., Stahly, T.S., Monegue, H.J. & Overfield, J.R. Distillers dried grains with solubles for growing-finishing swine. Kentucky Agricultural Experiment Station, Lexington, Kentucky, USA, Progress report 274 (1983) p. 30-32.
24. Cromwell, G.L., & Stahly, T.S. Distillers dried grains with solubles for growing finishing swine. Proceedings of the Distillers Feed Conference 41 (1986) 77-87.
25. National Research Council. Nutrient Requirements of Swine. 10<sup>th</sup> ed., National Academy Press, Washington, D.C., USA (1998).
26. Spiehs, M.J., Whitney, M.H. & Shurson, G.C. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. Journal of Animal Science 80: (2002) 2639.
27. Spiehs, M.J. Shurson, G.C. & Whitney, M.H. Energy, nitrogen, and phosphorus digestibility of growing and finishing swine diets containing distiller's dried grains with solubles. Journal of animal Science 77: (Supplement 1) (1999) 188.
28. Whitney, M.H., Spiehs, M.J. Shurson, G.C. & Baidoo, S.K. Apparent ileal amino acids digestibilities of corn distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. Journal of Animal Science 78: (Supplement 1) (2000) 185.
29. Whitney, M.H., Spiehs, M.J. & Shurson, G.C. Availability of phosphorus availability of distiller's dried grains with solubles for growing swine. Journal of Animal Science 79: (Supplement 1) (2001) 108.
30. Carpenter, L.E. Nutrient composition of distillers feeds. Proceedings of the Distillers Feed Research council 25: (1970) 54-61.
31. Olentine, C. Ingredient profile: distillers feeds. Proceedings of the distillers feed Conference 41: (1986) 13-24.
32. Feedstuffs Reference Issue. Ingredient analysis table. Miller Publishing Co., Minnetonka, Minnesota, USA 71: (1999) 24-31.
33. Distillers feeds. Distillers Grains Technology Council. Louisville, Kentucky, USA (2000).
34. Cromwell, G.L., Herkelman, K.L. & Stahly, T.S. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. Journal of Animal Science 71: (1993) 679-686.
35. Heartland Lysine, Inc. Digestibility of essential amino acids for poultry and swine. Version 3.51, Heartland Lysine, Inc. Chicago, Illinois, USA (1998).
36. Noblet, J. & Perez, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. Journal of animal Science 71: (1993) 3389- 3398.
37. Whitney, M.H., & Shurson, G.C. 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. Journal of Animal Science 82: (2004) 122-128.

38. Whitney, M.H., Shurson, G.C., Johnston, L.J., Wulf, D. & Shanks, B. Growth performance and carcass characteristics of pigs fed increasing levels of distiller's dried grains with solubles. *Journal of Animal Science* 79: (Supplement 1) (2001) 108.
39. Thong, L.A., Jensen, A.H., Harmon, B.G. & Cornelius, S.G. Distillers dried grains with solubles as a supplemental protein source in diets for gestating swine. *Journal of Animal Science* 46: (1978) 674-677.
40. Monegue, H.J. & Cromwell, G.L. High dietary levels of corn by-products for gestating sows. *Journal of Animal Science* 73: (Supplement 1): (1995) 86.
41. Wilson, J.A., Whitney, M.H., Shurson, G.C. & Baidoo, S.K. Effects of adding distiller's dried grains with solubles (DDGS) to gestation and lactation diets on reproductive performance and nutrient balance. *Journal of Animal Science* 81(Supplement 1): (2003).
42. *Pork Industry Handbook*, Relative value of feedstuffs for swine. Purdue University, Factsheet no. 112 (1998).
43. Spiehs, M.J., Whitney, M.H., Shurson, G.C. & Nicolai, R.E. Odor characteristics of swine manure and nutrient balance of grow-finish pigs fed diets with and without distillers dried grains with solubles. *Journal of Animal Science* 78 (Supplement 2): (2000) 69.
44. Whitney, M.H., Shurson, G.C., Guedes, R.M., Gebhart, C.J. & Winkleman, N.L. Effect of corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) and/or antimicrobial regimen on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *Journal of Animal Science* 81(Supplement 2): (2003) 70.

