

Capítulo 28

Impacto de los métodos y herramientas de formulación de dietas en la evaluación del valor de los DDGS

Introducción

Variabilidad de nutrientes

Uno de los desafíos de obtener el mejor valor económico y nutricional de los DDGS de EUA es saber el contenido real de nutrientes, y su digestibilidad, de la fuente que estamos utilizando. El **cuadro 1** muestra un resumen de ejemplo de los promedios e intervalos del contenido y digestibilidad de nutrientes para cerdos entre fuentes de DDGS. Refiérase al **Capítulo 4 “Composición y digestibilidad de nutrientes de los DDGS: Variabilidad y medición *in vitro*”** de este manual para ver recomendaciones específicas sobre el contenido y digestibilidad de nutrientes de varias especies animales.

Cuadro 1. Composición y digestibilidad de nutrientes de muestras de DDGS de varias plantas de etanol del Medio Oeste de EUA¹.

Nutriente	Promedio	Mínimo	Máximo
Materia seca, %	89.22	86.22	92.4
Proteína cruda, %	30.8	27.3	33.9
Grasa cruda, %	11.2	3.5	13.5
Fibra cruda, %	7.41	5.37	10.58
EM, kcal/kg	3,855	3,504	4,087
Calcio, %	0.05	0.02	0.51
Fósforo, %	0.61	0.51	0.74
P digestible, %	0.36	0.28	0.47
Lisina, %	0.97	0.61	1.19
Lisina SID, %	0.65	0.33	0.77
Metionina, %	0.63	0.54	0.76
Metionina SID, %	0.47	0.40	0.66
Treonina, %	1.15	1.01	1.32
Treonina SID, %	0.87	0.68	0.96
Triptofano %	0.24	0.18	0.34
Triptofano SID, %	0.17	0.10	0.21

¹Adaptado de www.ddgs.umn.edu, Urriola (2005), y Stein y Shurson (2009).

El conocimiento del contenido y digestibilidad de nutrientes de la fuente específica de DDGS que se alimenta es el único factor importante para evaluar el valor económico y obtener un desempeño animal óptimo. La sobreestimación del contenido de nutrientes de DDGS o de cualquier otro ingrediente de alimentos balanceados puede resultar en una reducción del desempeño del crecimiento cuando se añade a alimentos completos y se alimenta a animales. Es más probable que suceda cuando los DDGS se utilizan en niveles de inclusión altos en la

dieta, en comparación con los niveles bajos. En contraste, la subestimación del contenido de nutrientes de los DDGS puede resultar en la alimentación de nutrientes en exceso, por arriba del requerimiento del animal, lo que subestima el valor económico y aumenta la excreción de nutrientes en el estiércol.

Herramientas de decisión para evaluar el valor económico de usar los DDGS en dietas para ganadería y avicultura

Se han desarrollado varias herramientas calculadoras del valor de los DDGS para determinar su valor alimenticio para ganado y aves. Estas herramientas son sumamente útiles para determinar el valor económico actual de los DDGS en dietas específicas de ganado y avicultura; deben utilizarse cuando se evalúa si el precio actual de la materia prima es económico en relación a su contribución de nutrientes y el precio de otros ingredientes que compiten. La herramienta de evaluación más reciente e integral de los DDGS la desarrollaron investigadores de Iowa State University (Dahlke y Lawrence, 2008), la cual es útil para una amplia gama de dietas y especies de animales: <http://www.matric.iastate.edu/DGCalculator> **SESAME**, www.sesamesoft.com desarrollado por investigadores de Ohio State (Dres. Normand St-Pierre, Branislav Cobanov y Dragan Glamocic, 2007), es una herramienta integral para ayudar a ganaderos y avicultores a tomar mejores decisiones de compra. Los investigadores en la University of Nebraska (C. Buckner, G. Erickson, T. Klopfenstein, D. Mark y V. Bremer, 2006) desarrollaron una calculadora del costo del coproducto de maíz para ganado de engorda [Cattle Coproduct Optimizer Decision Evaluator](#) y se han desarrollado 3 herramientas de evaluación de DDGS específicamente para cerdos:

[University of Illinois DDGS Calculator](#) - desarrollada por los Dres. Beob G. Kim y Hans H. Stein (diciembre 2007).

[DDGS Cost Calculator for Swine](#) - desarrollada por el Dr. Bob Thaler, Especialista en Cerdos de South Dakota State University (septiembre de 2002).

[DDGS Value Calculator](#) - desarrollada por el Dr. Dean Koehler, Vita Plus Corporation, Madison, WI (septiembre de 2002).

Métodos de formulación de dietas

Para complicar aún más el problema de la variabilidad del contenido y digestibilidad de nutrientes de los DDGS, los métodos de formulación pueden variar entre nutriólogos. Además, los diferentes métodos de formulación de dietas varían entre nutriólogos de rumiantes, cerdos, aves y peces. En el transcurso de los años, los métodos de formulación han mejorado desde la formulación de dietas de monogástricos con base en proteína cruda a la base digestible ileal estandarizada y de la energía digestible a los sistemas de energía neta. Estos avances en la técnica de formulación han aumentado sustancialmente nuestra capacidad de poder cumplir con los requerimientos verdaderos de nutrientes del animal.

Los métodos de formulación de dietas afectan el desempeño del animal y el valor y utilización de los DDGS. La energía, proteína (aminoácidos) y fósforo son los 3 nutrientes más caros que brindan los alimentos para animales. Como resultado, las dietas se formulan para minimizar las cantidades de estos nutrientes en la dieta para minimizar el costo, pero aún así

proporcionan niveles adecuados que garantizan que no se vean afectados la salud animal y el desempeño.

Está bien aceptado que la energía digestible (ED) es una medición más precisa de la energía utilizable en un alimento que la energía bruta. De la misma forma, la energía metabolizable (EM) es una medición más precisa que la ED y la energía neta (EN) es una mejor medida que la EM. Sin embargo, en función de la precisión y disponibilidad de la ED, EM o EN de los ingredientes, el nivel tecnológico de los nutriólogos y el conocimiento y aceptación de los requerimientos de energía mediante estos sistemas de energía, pueden variar mucho las formulaciones. Desafortunadamente, no están bien definidos los valores de EN de los DDGS, pero sí lo están los de EM y ED, aunque son variables.

La proteína cruda es realmente una medición del contenido de nitrógeno de un alimento o ingrediente y no refleja adecuadamente el contenido de aminoácidos. Aunque la proteína cruda es una medición aceptable cuando se formulan dietas de rumiantes, no lo es para lograr la



precisión en cubrir la necesidad de aminoácidos de cerdos, aves y peces. Esto se debe a que los microorganismos del rumen pueden convertir varias formas de nitrógeno en las cantidades necesarias de proteína microbiana, con el contenido adecuado de aminoácidos para cubrir las necesidades de los rumiantes. Los sistemas digestivos de los animales monogástricos no tienen esta capacidad, y por lo tanto, requieren de cantidades específicas de aminoácidos digestibles en la dieta diaria. Para los monogástricos, es

más precisa la formulación de dietas con base en aminoácidos totales que usar la proteína cruda, pero se logra una mayor precisión cuando se formulan dietas de porcinos y avícolas con base en aminoácidos digestibles. Además, es importante monitorear y ajustar las concentraciones de metionina, treonina, triptofano y arginina (aves) en relación a la lisina para garantizar el equilibrio adecuado de aminoácidos en las dietas de DDGS. También es importante asegurar que se proporcione la cantidad adecuada de energía en relación a los niveles de aminoácidos (por ejemplo, kcal/g de lisina). La utilización de sistemas de formulación con aminoácidos digestibles evita la sobrealimentación de proteínas y aminoácidos, minimiza el costo de la dieta y la excreción de nitrógeno en el estiércol.

De la misma forma, las dietas de monogástricos con DDGS deben formularse con base en fósforo digestible o disponible, en lugar del fósforo total. Al tomar en cuenta el nivel relativamente alto de fósforo disponible en los DDGS, se puede reducir sustancialmente la cantidad de suplementación de fósforo inorgánico, el costo de la dieta y la excreción de fósforo en el estiércol. El uso del método de formulación de fósforo disponible o digestible en las dietas de DDGS permite una utilización completa del contenido de fósforo digestible o disponible que se encuentra en esta materia prima.

Para ilustrar el impacto a la formulación del método de formulación de alimentos sobre el uso de los DDGS con base en la variabilidad de los nutrientes entre fuentes y métodos de formulación, se han formulado para su comparación varios ejemplos de dietas porcinas. Estas comparaciones relativas también tienen relevancia para otras especies de ganadería y

avicultura que usan perfiles de nutrientes y métodos de formulación específicos para dichas especies, pero están más allá del alcance de este capítulo de dar todas las posibles combinaciones de formulaciones para varias fases de producción de varias especies ganaderas y avícolas.

Impacto de la variación en el contenido y digestibilidad de nutrientes de los DDGS sobre su uso en dietas porcinas

Valores de energía metabolizable (EM) de DDGS

Se seleccionaron dos valores extremos de EM de datos previamente informados (Pedersen et al., 2007 y Anderson et al., 2009). El valor máximo de EM de una fuente de DDGS fue de 4,334 kcal/kg de MS, mientras que el mínimo fue de 3,414 kcal/kg de MS. Las dietas se formularon con base en aminoácidos digestibles ileales verdaderos estandarizados (SID). Los niveles SID se basaron en estudios *in vivo* que determinaron directamente los valores de aminoácidos SID de fuentes específicas de DDGS. Las dietas se formularon para contener concentraciones idénticas de EM (**cuadro 2**). Los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos SID se calcularon en 63%, 82%, 71% y 69% para lisina, metionina, treonina y triptofano, respectivamente. Los niveles de nutrientes deseados se basaron en los requerimientos del NRC (1998) para cerdos de 45 kg con 325 g/día de ganancia de tejido magro. Se añadió grasa blanca de primera a la dieta baja en EM a costa del maíz, para cubrir el requerimiento de energía (**cuadro 2**).

Cuadro 2. Comparación de formulaciones de dietas de crecimiento de cerdos con EM alta (4,334 kcal/kg de MS) y EM baja (3,414 kcal/kg de MS) de fuentes de DDGS sobre la composición de la dieta.

Ingrediente, kg	DDGS altos en EM	DDGS bajos en EM
Maíz en grano	607.0	569.1
Harina de soya	172.5	172.5
DDGS altos en EM, 4,336 kcal/kg	200.0	
DDGS bajos en EM, 3,414 kcal/kg		200.0
Grasa blanca de primera		37.9
Carbonato de calcio	10.0	10.0
Fosfato dicálcico	4.0	4.0
Sal	3.0	3.0
Premezcla de vitaminas y minerales traza	2.0	2.0
L-lisina	1.5	1.5
TOTAL	1000.0	1000.0

Nutriente	DDGS altos en EM	DDGS bajos en EM
Materia seca, %	87.39	84.03
Proteína cruda, %	19.54	19.22
EM, kcal/kg	3526	3526
Lisina, %	0.83	0.83
Metionina, %	0.30	0.30
Treonina, %	0.59	0.58
Triptofano, %	0.16	0.16
Calcio, %	0.57	0.57
Fósforo total, %	0.52	0.51
Fósforo disponible, %	0.25	0.25
Ca:P	1.10	1.12

Debido a que las dos fuentes de DDGS variaban mucho en el contenido de EM, se añadió 3.79% de grasa blanca de primera (grasa de cerdo) a la dieta de DDGS bajos en EM para mantener el mismo contenido de EM que la dieta baja en DDGS. Sin la suplementación de la dieta con grasa blanca de primera, la dieta con DDGS bajos en EM no cubriría los requerimientos energéticos del cerdo. Se pudieron haber usado varias fuentes de grasa suplementaria para cubrir la deficiencia calórica, pero independientemente de la fuente, la adición de esta grasa suplementaria a las dietas bajas en EM puede incrementar dramáticamente el costo total de la dieta. Estos resultados muestran que es importante conocer la fuente de DDGS que se está usando y tener cálculos precisos de la EM, y de preferencia, el contenido de EN de éste y otros ingredientes para maximizar el valor de la energía en las formulaciones y minimizar el costo.

Variabilidad en las concentraciones de lisina total y digestible entre fuentes de DDGS

Como se describió previamente, también varían las concentraciones de aminoácidos digestibles y totales entre las fuentes de DDGS. Para mostrar la importancia de saber los valores de aminoácidos digestibles de las fuentes de DDGS usadas, se formularon tres dietas diferentes para que tuvieran el 10% de DDGS. Las fuentes de DDGS se seleccionaron para usarse en formulaciones de dietas porcinas de crecimiento con base en los valores de lisina SID (**cuadro 3**) obtenidos de datos previamente publicados informados por Urriola (2005). El contenido total de lisina estuvo de 0.76% a 1.02% y la lisina SID de 0.47% a 0.67%.

Cuadro 3. Valores de digestibilidad ileal estandarizada (SID) y total de lisina, metionina, treonina y triptofano entre tres fuentes de DDGS.

Nutriente	Lisina SID baja	Lisina SID promedio	Lisina SID alta
EM, kcal/kg	3,834	3,893	3,838
Proteína cruda, %	28.00	29.10	31.90
Lisina, %	0.76	0.85	1.02
Metionina, %	0.50	0.52	0.58
Treonina, %	1.05	1.05	1.15
Triptofano, %	0.23	0.23	0.28
Lisina SID, %	0.47	0.60	0.67
Metionina SID, %	0.43	0.50	0.53

Treonina SID, %	0.79	0.80	0.87
Triptofano SID, %	0.17	0.20	0.20

Las dietas se formularon para proporcionar 10% (una tasa de inclusión baja) de cada una de las tres fuentes de DDGS para mantener el nivel de lisina SID de la dieta en 0.66% (**cuadro 4**). La precisión de los valores de aminoácidos SID se hace cada vez más importante conforme aumentan los niveles de inclusión de DDGS, debido a que estos contribuyen con una mayor cantidad de aminoácidos a la dieta en relación al requerimiento del cerdo. Estos resultados muestran que, bajo este escenario de formulación, mientras se mantengan los DDGS en un nivel de inclusión constante (10%), aumenta la cantidad de maíz y disminuye la de harina de soya cuando se utilizan DDGS de lisina SID alta en lugar de DDGS con baja lisina SID, al tiempo que también se mantiene constante el contenido de nutrientes de la dieta. En función de las diferencias del costo relativo entre el maíz, harina de soya y de DDGS, la adición de DDGS con lisina SID alta a las dietas porcinas generalmente reduce el costo/ton. del alimento completo.

Cuadro 4. Formulación de dietas de crecimiento de cerdos con valores de digestibilidad ileal estandarizada de lisina (SID) bajos, promedio y altos para DDGS.

Ingrediente, kg	Lisina SID baja DDGS	Lisina SID promedio DDGS	Lisina SID alta DDGS
Maíz	708.1	713.2	715.9
Harina de soya, 47%	172.7	167.5	164.8
DDGS	100.0	100.0	100.0
Fosfato dicálcico	3.0	3.1	3.2
Carbonato de calcio	9.7	9.7	9.7
Sal	3.0	3.0	3.0
Premezcla de vitaminas y minerales traza	2.0	2.0	2.0
L-lisina HCl, kg	1.5	1.5	1.5
TOTAL	1000	1000	1000
Composición de nutrientes			
Proteína cruda, %	17.03	16.94	17.11
EM, kcal/kg	3,416	3,422	3,416
Calcio, %	0.50	0.50	0.50
Fósforo, %	0.45	0.45	0.45
Ca:P	1.11	1.11	1.11
Sal, %	0.36	0.36	0.36
Grasa cruda, %	4.34	4.26	4.24
Lisina, %	0.90	0.90	0.91
Lisina SID, %	0.66	0.66	0.66
Metionina, %	0.29	0.29	0.29
Metionina SID, %	0.26	0.26	0.26
Treonina, %	0.63	0.62	0.63
Treonina SID, %	0.53	0.52	0.52
Triptofano, %	0.18	0.17	0.18
Triptofano SID, %	0.15	0.15	0.15

Métodos de formulación

Base proteína cruda

Hace varias décadas, la mayoría de las dietas porcinas en EUA se formulaban con base en proteína cruda, porque no estaban bien establecidos los requerimientos de aminoácidos totales y digestibles para las diferentes etapas de producción, y no se había determinado el contenido de estos aminoácidos en los ingredientes. Una vez definido el conocimiento de los requerimientos de aminoácidos específicos, los nutriólogos empezaron a formular las dietas con base en aminoácidos totales. Sin embargo, la digestibilidad de aminoácidos varía entre fuentes y para tomar en cuenta esto, las dietas actualmente se formulan con base en aminoácidos digestibles para brindar el mayor valor nutricional y económico a las dietas porcinas, así como para lograr el máximo desempeño.

Para poder mostrar los posibles problemas que pueden suceder cuando se formulan dietas que contienen DDGS con base en proteína cruda, se formularon tres dietas para contener 0, 10 y 20% de DDGS para cubrir el requerimiento de proteína cruda (16%) de un cerdo de 50 kg (**cuadro 5**). Cuando se formula la dieta para mantener un nivel constante de proteína cruda de 16%, una tasa de inclusión del 10% de DDGS va a cubrir todos los requerimientos de nutrientes de los cerdos, incluso de los aminoácidos. Sin embargo, cuando se aumenta la cantidad de esta materia prima a 20%, es imposible cubrir el requerimiento total de lisina de 0.75% para un cerdo de 50 kg, aunque se añada el 0.15% de L lisina HCl. Si esta dieta se alimentara a los cerdos, se reducirían tanto la tasa de crecimiento como la conversión alimenticia, en comparación con la alimentación de 0 y 10% de DDGS con este método de formulación.

Cuadro 5. Composición de nutrientes e ingredientes de una dieta de crecimiento para cerdos con 16% de proteína cruda que contiene 0, 10 y 20% de DDGS.

Ingrediente, kg	0% de DDGS	10% de DDGS	20% de DDGS
Maíz	783.5	733.8	684.2
Harina de soya, 47%	196.7	147.1	97.4
DDGS	0.0	100.0	200.0
Fosfato dicálcico	5.1	3.6	2.0
Carbonato de calcio	8.2	9.0	9.9
Sal	3.0	3.0	3.0
L-lisina HCl	1.5	1.5	1.5
Premezcla de vitaminas y minerales traza	2.0	2.0	2.0
TOTAL	1000.0	1000.0	1000.0
Composición de nutrientes			
Proteína cruda, %	16.0	16.0	16.0
EM, kcal/kg	3,372	3,316	3,261
Lisina, %	0.92	0.82	0.72
Metionina, %	0.26	0.27	0.28
Treonina, %	0.59	0.58	0.57

Triptofano, %	0.18	0.16	0.15
Calcio, %	0.50	0.50	0.50
Fósforo, %	0.45	0.45	0.45
Ca:P	1.11	1.11	1.11
Sal, %	0.37	0.41	0.44
Grasa cruda, %	3.65	4.14	4.64

Base aminoácidos totales

Para demostrar los problemas que pueden darse cuando se formulan dietas con base en aminoácidos totales para cerdos, se formularon cuatro dietas de ejemplo con DDGS (0, 10%, 20% y 20% con aminoácidos sintéticos añadidos) con base en aminoácidos totales (**cuadro 6**). Las dietas se formularon utilizando los nutrientes que requiere un cerdo en crecimiento de 50 kg.

Aunque se cubrieron los requerimientos del NRC de lisina, metionina, treonina y triptofano total (en algunos casos se excedieron) en cada una de las dietas, no se consideró la digestibilidad de los aminoácidos. Como resultado, no se cubrieron los requerimientos de aminoácidos SID de lisina y triptofano ni en la dieta de 10% ni en la de 20% de DDGS (**cuadro 6**). Sin embargo, cuando la dieta de 20% de DDGS se suplementó con L-triptofano sintético y más harina de soya (20% de DDGS ajustada), se cubrieron tanto el requerimiento de lisina SID como de triptofano SID.

Cuadro 6. Composición de nutrientes e ingredientes de una dieta de crecimiento porcina con 0, 10 y 20% de DDGS, formuladas con base a lisina total.

Ingrediente, kg	0% de DDGS	10% de DDGS	20% de DDGS	20% de DDGS ajustada
Maíz	796.5	757.5	635.4	610.9
Harina de soya, 47%	183.4	123.0	147.1	170.3
DDGS	0.0	100.0	200.0	200.0
Fosfato dicálcico	5.4	4.1	0.9	0.9
Carbonato de calcio	8.1	9.0	10.0	9.9
Sal	3.0	3.0	3.0	3.0
Premezcla de vitaminas y minerales traza	2.0	2.0	2.0	2.0
L-lisina HCl	1.5	1.5	1.5	1.5
L-triptofano	0.0	0.0	0.0	1.5
TOTAL	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
Composición de nutrientes				
Proteína cruda, %	15.5	15.1	18.0	19.0
EM, kcal/kg	3,372	3,316	3,262	3,281
Lisina, %	0.88	0.75	0.85	0.92
Metionina, %	0.26	0.26	0.31	0.32
Treonina, %	0.57	0.54	0.64	0.83
Triptofano, %	0.17	0.15	0.18	0.20

Calcio, %	0.50	0.50	0.50	0.50
Fósforo, %	0.45	0.45	0.45	0.46
Ca:P	1.11	1.11	1.11	1.09
Sal, %	0.37	0.41	0.44	0.44
Grasa cruda, %	3.66	4.16	4.60	4.57
Lisina SID, %	0.66	0.52	0.60	0.66
Metionina SID, %	0.23	0.23	0.26	0.27
Treonina SID, %	0.49	0.44	0.51	0.54
Triptofano SID, %	0.15	0.11	0.12	0.13

Base digestibilidad ileal verdadera

Actualmente, la mayoría de las dietas porcinas en EUA se formulan con base en aminoácidos SID. Este método de formulación proporciona una alta precisión para cubrir los requerimientos de nutrientes de los cerdos y permite al nutriólogo o nutricionista utilizar tasas altas de inclusión de DDGS (>10%), si se conocen los valores de digestibilidad de aminoácidos de la fuente, además sin poner en riesgo el desempeño de los cerdos. Como se muestra en el **cuadro 7**, las dietas formuladas con base en SID contienen hasta 30% de DDGS, todas cubren el nivel de lisina SID de 0.66% para un cerdo de 50 kg y todos los otros requerimientos de nutrientes, como la metionina, treonina y triptofano SID. Nótese que no se utilizaron aminoácidos sintéticos adicionales en estas dietas más allá de la tasa de inclusión constante de 0.15% de L lisina HCl. Estos resultados muestran que para poder garantizar un excelente desempeño porcino, incluso cuando se añaden DDGS hasta el 30%, las dietas se deben formular con base en aminoácidos SID para garantizar que se cubran los requerimientos de aminoácidos digestibles.

Cuadro 7. Composición de nutrientes e ingredientes de una dieta de crecimiento de cerdos con 0, 10, 20 y 30% de DDGS, formulada con base en lisina digestible ilegal estandarizada (SID).

Ingrediente, kg	0% de DDGS	10% de DDGS	20% de DDGS	30% de DDGS
Maíz	795.9	746.3	672.1	586.4
Harina de soya, 47%	184.0	134.4	109.8	96.6
DDGS	0.0	100.0	200.0	300.0
Fosfato dicálcico	5.4	3.9	1.7	0.0
Carbonato de calcio	8.2	9.0	9.9	10.5
Sal	3.0	3.0	3.0	3.0
Premezcla de vitaminas y minerales traza	2.0	2.0	2.0	2.0
L-lisina HCl	1.5	1.5	1.5	1.5
TOTAL	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
Composición de nutrientes				
Proteína cruda, %	15.48	17.17	18.86	20.55
EM, kcal/kg	3371	3317	3262	3205
Calcio, %	0.50	0.50	0.50	0.50
Fósforo, %	0.45	0.45	0.45	0.49
Ca:P	1.11	1.11	1.11	1.02
Sal, %	0.37	0.41	0.44	0.48
Grasa cruda, %	3.66	4.54	4.58	5.04
Lisina, %	0.88	0.90	0.92	0.94
Lisina SID, %	0.66	0.66	0.66	0.66
Metionina, %	0.26	0.29	0.32	0.35
Metionina SID, %	0.23	0.25	0.27	0.29
Treonina, %	0.57	0.63	0.68	0.74
Treonina SID, %	0.48	0.51	0.54	0.57
Triptofano, %	0.17	0.18	0.2	0.21
Triptofano SID, %	0.15	0.14	0.13	0.12

Aminoácidos sintéticos suplementarios y reducción del uso de harina de soya

La adición de aminoácidos sintéticos (cristalinos) a la dieta presenta varias ventajas. Reduce el exceso de nitrógeno (proteína) al reducirse la cantidad de harina de soya u otros ingredientes altamente proteínicos de la dieta, al mismo tiempo que se cumplen los requerimientos de aminoácidos de los cerdos y sustentan un excelente desempeño. También minimiza la excreción de nitrógeno y las emisiones de amoníaco del estiércol, y puede reducir significativamente el costo total de la dieta, en especial cuando es cara la harina de soya. Con el aumento de la disponibilidad comercial de la lisina, metionina, treonina y triptofano cristalinos a precios razonables, se puede eliminar una cantidad importante de harina de soya de la dieta, al tiempo que se cubren los requerimientos de los primeros cuatro aminoácidos limitantes (lisina, metionina, treonina y triptofano), siempre y cuando se formulen con base en aminoácidos SID.

El nivel de harina de soya utilizado en la dieta con 30% de DDGS con menos harina de soya del **cuadro 8**, se determinó con la adición de la suficiente esta harina a la dieta para prevenir que se convirtiera en deficiente el siguiente (quinto) aminoácido limitante (isoleucina). Las dietas se formularon para cubrir o exceder todas las recomendaciones del NRC (1998) de cerdos de 45 kg, con base en aminoácidos SID.

Uno de los desafíos de alimentar dietas que contienen cantidades altas (>20%) de DDGS es la cantidad excesiva de proteína cruda (nitrógeno) que proporcionan, debido a su proporción relativamente mala de proteína cruda: lisina. Si el nivel de proteína cruda es demasiado alto, puede reducir el desempeño del crecimiento debido al costo energético de eliminar el exceso de nitrógeno del organismo del cerdo. Al adicionar aminoácidos sintéticos a las dietas con DDGS, se reduce el exceso de proteína. De hecho, al reducir la harina de soya a sólo 2% de la dieta y añadir suficientes aminoácidos sintéticos para cubrir el requerimiento del cerdo, el nivel de proteína cruda estuvo por debajo del típico de una dieta de maíz-harina de soya (**cuadro 8**).



Cuadro 8. Composición de ingredientes y nutrientes de una dieta con 30% de DDGS, altas cantidades de aminoácidos sintéticos y reducción de harina de soya.

Ingrediente, kg	Reducción de harina de soya, 30% de DDGS y aminoácidos sintéticos	
	Control	
Maíz	738.5	653.1
Harina de soya	238.8	20.0
DDGS	0.0	300.0
Carbonato de calcio	8.2	12.0
Fosfato dicálcico	8.0	2.6
Sal	3.0	3.0
Premezcla	2.0	2.0
L-lisina	1.5	5.9
L-treonina	0.0	0.7
DL-metionina	0.0	0.0
L-triptofano	0.0	0.7
TOTAL	1000.0	1000.0
Composición de nutrientes		
Proteína cruda, %	17.6	16.3
EM, kcal/kg	3,333	3,459
Lisina SID, %	0.92	0.84
Metionina SID, %	0.26	0.26
Treonina SID, %	0.56	0.52
Triptofano SID, %	0.18	0.17
Isoleucina SID, %	0.61	0.46
Calcio, %	0.60	0.58
Fósforo total, %	0.52	0.48
Fósforo disponible, %	0.21	0.26
Ca:P	1.15	1.20

Conclusiones

Para poder lograr el mejor valor económico y nutricional de los DDGS, debe conocerse la fuente, el contenido de nutrientes y la digestibilidad. En función de la composición de nutrientes de la fuente de DDGS que se está utilizando y de los métodos de formulación elegidos, puede variar sustancialmente el valor económico y nutricional relativo de los DDGS. El uso de valores precisos de digestibilidad de energía, aminoácidos y fósforo para los DDGS puede reducir la alimentación excesiva de nutrientes, evitar las deficiencias de los mismos y reducir el costo de la dieta al mismo tiempo que se sustenta un óptimo desempeño animal.

Bibliografía

Anderson, P.V., B.J. Kerr, T.E. Weber, C.Z. Ziemer, and G.C. Shurson, 2009. Determination and prediction of energy from chemical analysis of corn co-products fed to finishing pigs. J. Anim. Sci. (submitted).

NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, D.C.

Pedersen, C., M.G. Boersma, and H.H. Stein. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85(5):1168-1176.

Stein, H.H. and G.C. Shurson. 2009. **Board invited review: The use and application of distillers dried grains with solubles (DDGS) in swine diets.** *J. Anim. Sci.* 87:1292-1303.

Urriola, P.E. 2005. Distillers Dried Grains with Solubles digestibility, *in vivo* estimation and *in vitro* prediction. M.S. thesis, University of Minnesota.