

Capítulo 19

Uso de los DDGS en las dietas avícolas

Introducción

Se ha realizado una cantidad considerable de investigación sobre los efectos de la alimentación de DDGS en aves. Los DDGS de maíz son un excelente ingrediente alimenticio para usarse en dietas de ponedoras, pollos de engorda, patos y pavos, porque contienen aproximadamente 85% del valor energético del maíz, tiene niveles moderados de proteína y aminoácidos esenciales, y es alto en fósforo disponible. Las dietas de ponedoras y pollos de engorda pueden fácilmente tener hasta un 10% de DDGS, con muy pocos o ningún ajuste en la formulación en cuanto a la energía y aminoácidos. Swiatkiewicz y Korelski (2008) realizaron una revisión de literatura científica sobre los beneficios de alimentar DDGS a aves y concluyeron que son un ingrediente aceptable para usarse en las dietas avícolas y que pueden añadirse de forma segura a niveles del 5 al 8% en dietas de iniciación para pollos de engorda y pavos, y del 12 al 15% para dietas de crecimiento y finalización de pollos de engorda, pavos y gallinas ponedoras. Sin embargo, estos niveles de inclusión son conservadores, si se da por supuesto que las dietas no están formuladas con base en aminoácidos digestibles.

Los estudios recientes de investigación (Shim et al. 2011; Loar et al., 2010; Masa'deh et al. 2011) han mostrado que se pueden añadir los DDGS a dietas avícolas a tasas de inclusión, incluso más altas (por ejemplo, del 20%), siempre y cuando se utilicen perfiles de nutrientes precisos específicos de la fuente de DDGS y que las dietas estén formuladas con base en aminoácidos digestibles.

Valor nutritivo de los DDGS para aves

Los valores de composición y digestibilidad o disponibilidad de nutrientes de los DDGS que se usan en la formulación de dietas avícolas se describe con detalle en el Capítulo 4 “**Composición y digestibilidad de nutrientes de los DDGS: Variabilidad y medición *in vitro***” de este manual. Se describe con más detalle en esta sección la información adicional de las mediciones *in vitro* de la digestibilidad de aminoácidos y la disponibilidad de fósforo para aves.

Digestibilidad y medición de aminoácidos en DDGS

Pahm et al. (2009) realizaron un estudio en el que comparaban la concentración de lisina digestible estandarizada (SDD) y lisina biodisponible relativa en 7 fuentes de DDGS de maíz, y para evaluar los métodos *in vitro* (lisina reactiva y calificación de color) para predecir la concentración de lisina SDD y lisina biodisponible en los DDGS. Los resultados muestran que el promedio de lisina SDD y los valores de biodisponibilidad relativa de la lisina fueron 61.4% y 69.0%, respectivamente. No hubo diferencias entre la concentración de lisina SDD y la de lisina

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

biodisponible en 5 de las 7 fuentes de DDGS. La concentración de lisina SDD estuvo altamente correlacionada ($r^2 = 0.84$) con la concentración de la lisina reactiva en los DDGS. Las altas calificaciones Hunter L* se correlacionaron ($r^2 = 0.90$) con concentraciones más altas de lisina biodisponible en los DDGS. Estos investigadores concluyeron que la concentración de lisina SDD en los DDGS no sobreestima la concentración de lisina biodisponible para aves y que se pueden usar los valores de la lisina reactiva para calcular la concentración de lisina SDD, mientras que las calificaciones de color Hunter L* se pueden usar para estimar la concentración de lisina biodisponible en los DDGS.



Adedokun et al. (2008) determinaron la digestibilidad ileal estandarizada de aminoácidos de 5 ingredientes vegetales (2 muestras de DDGS de maíz de color claro y oscuro; harina de canola, maíz y harina de soya) en pollos de engorda de 5 a 21 días de edad y en pavitos. Después de la estandarización, aumentó la digestibilidad ileal estandarizada de aminoácidos con la edad cuando los pollitos se alimentaron con DDGS y maíz, pero no con harina de soya o harina de canola. En pavitos, los valores de digestibilidad ileal aparente de aminoácidos aumentaron con la edad con todos los ingredientes, excepto los DDGS oscuros y la harina de canola, pero después de la estandarización no hubo efecto de la edad sobre la digestibilidad de aminoácidos, excepto para el maíz. Los resultados de este estudio indican que con excepción del maíz, la estandarización de la digestibilidad de aminoácidos con el flujo de aminoácidos endógenos ileales en aves alimentadas con dieta libre de nitrógeno o una dieta de proteína altamente digestible, no presentó diferencias en la mayoría de los ingredientes vegetales.

Fastinger et al. (2006) evaluaron 5 fuentes de DDGS de maíz, que variaron en la oscuridad del color en cuanto al contenido de aminoácidos y energía, calificación del color, EMVn, digestibilidad aparente y digestibilidad verdadera de aminoácidos, mediante el ensayo del gallo alimentado con precisión. El contenido total de lisina de las fuentes de DDGS estuvo de 0.48 a 0.76%, al tiempo que la fuente de DDG oscura tuvo el contenido de lisina más bajo. La

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

digestibilidad aparente y verdadera de la lisina fue de aproximadamente 30 y 15 unidades porcentuales más baja, respectivamente, para la fuente de DDGS de color oscuro que para las otras cuatro fuentes de DDGS, y la digestibilidad promedio aparente y verdadera de los aminoácidos esenciales fueron 10 y 8 unidades porcentuales más baja para la fuente de DDGS de color más oscuro, respectivamente, que para las otras cuatro fuentes de DDGS. El contenido de EMVn de la fuente de DDGS más oscura fue también más baja que las otras cuatro fuentes de DDGS. Estos resultados indican que cuando se mide la calificación del color de la fuente de DDGS para tener una L^* entre 28 y 34, se reduce la disponibilidad de aminoácidos y el contenido de energía metabolizable verdadera, particularmente para la lisina. A menudo, los DDGS de color oscuro se sobrecalientan durante el proceso de secado, lo que causa una reducción del contenido de lisina total, digestibilidad de lisina y del contenido de la EMVn.

IDEA™ es un ensayo enzimático patentado que se encuentra en el mercado para hacer una rápida predicción de la digestibilidad de aminoácidos de los ingredientes para alimentos avícolas (harina de soya, harina de carne y hueso, harina de subproductos avícolas y harina de plumas); Schasteen et al., 2005). Para poder determinar la aplicabilidad de IDEA™ para predecir la digestibilidad de aminoácidos de los DDGS, se realizó un estudio con 28 muestras de DDGS para comparar los cálculos de digestibilidad de aminoácidos de IDEA™ a la digestibilidad verdadera de aminoácidos determinada mediante el ensayo del gallo cecotomizado de alimentación precisa. La digestibilidad verdadera de lisina varió entre las muestras de DDGS de 59.1% a 83.6%, con un promedio de 70.3%. Hubo una fuerte correlación entre los cálculos de IDEA™ y la digestibilidad de lisina verdadera determinada en gallos ($r^2 = 0.88$), pero fue baja la correlación entre IDEA™ y la digestibilidad verdadera de otros aminoácidos ($r^2 < 0.5$). Los resultados de este estudio muestran que la digestibilidad de lisina *in vivo* varía mucho entre las fuentes de DDGS, con menos variabilidad entre otros aminoácidos, y que IDEA™ proporciona una buena predicción de la digestibilidad *in vivo* en aves de la lisina en los DDGS, pero no para otros aminoácidos.

Disponibilidad de fósforo

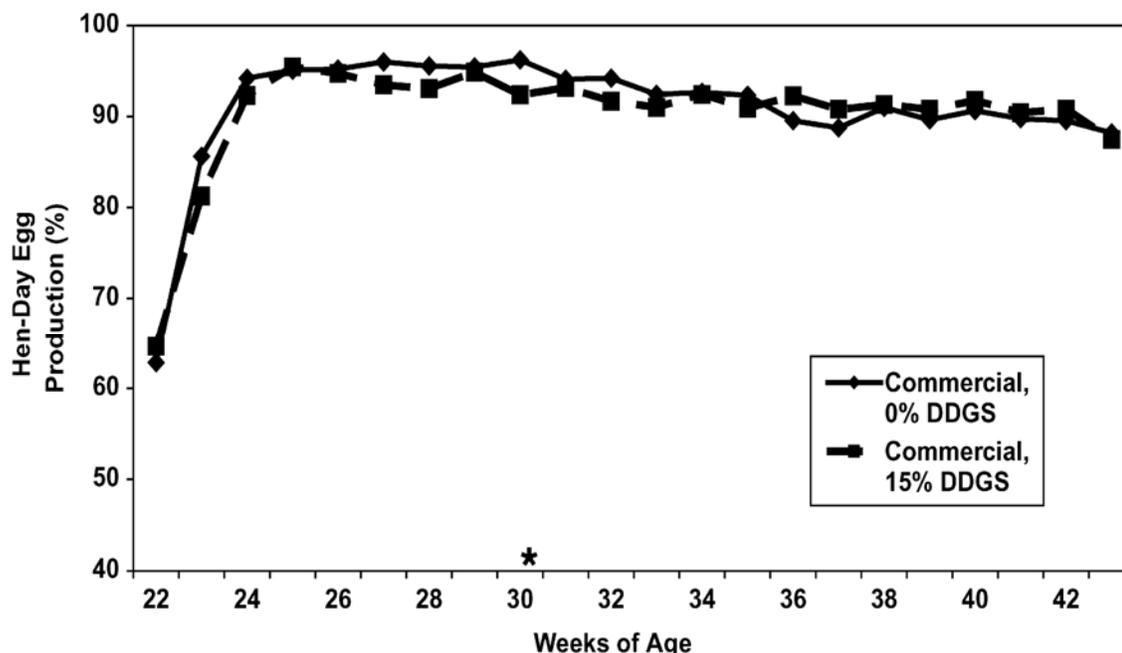
La disponibilidad de fósforo es relativamente alta en los DDGS cuando se alimenta a aves. Sin embargo, para mejorar aún más la disponibilidad de este mineral en los DDGS, Martínez-Amezcu et al. (2005) realizaron dos experimentos para evaluar la efectividad de la fitasa OptiPhos® y el ácido cítrico para mejorar la disponibilidad de fósforo en los DDGS. Con base en las respuestas de las cenizas de la tibia de la suplementación de OptiPhos y ácido cítrico comparadas con las del KH_2PO_4 en estos experimentos, la fitasa OptiPhos® y el ácido cítrico liberaron de 0.04 a 0.07% más fósforo de los DDGS, lo que indica que ambos productos aumentan la disponibilidad del fósforo en los DDGS. En un estudio de seguimiento, Martínez-Amezcu et al. (2006) realizaron 3 experimentos para determinar la efectividad de la fitasa OptiPhos® y el ácido cítrico para la liberación de fósforo que no está biodisponible en los DDGS. Los resultados muestran que la biodisponibilidad de fósforo en los DDGS fue del 67% y que la fitasa suplementaria y el ácido cítrico podrían liberar de 0.04 a 0.07% de fósforo de los DDGS y aumentar su biodisponibilidad de 62 a 72%. Estos resultados indican que la fitasa y el

ácido cítrico aumentan la biodisponibilidad del fósforo en los DDGS, pero la fitasa a 1,000 UFT/kg no tiene un efecto consistente en mejorar la EMAn y la digestibilidad de aminoácidos.

Alimentación de DDGS en gallinas de postura

Ha habido una cantidad significativa de investigaciones recientes realizadas sobre el uso de los DDGS de maíz de alta calidad en dietas de ponedoras, que confirman que es un sustituto parcial excelente del maíz, harina de soya y fosfato inorgánico, y que sustenta un excelente desempeño de las ponedoras y calidad del huevo. Los primeros resultados de las investigaciones informados por Matterson et al. (1966) mostraron que se pueden añadir los DDGS a las dietas de gallinas ponedoras a niveles del 10 al 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 gallinas de postura para sustituir una parte de la proteína, no afectó la producción ni el peso del huevo. Jensen et al. (1974) informaron que la alimentación con dietas que contenían DDGS resultó en un mejoramiento en la calidad interior del huevo (unidades Haugh), aunque no fue una respuesta consistente Lumpkins et al. (2005) fueron los primeros en evaluar el uso de los DDGS de maíz de alta calidad en gallinas ponedoras. Alimentaron a gallinas de postura 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 de las gallinas alimentadas con 0 y 15% de DDGS altos en energía durante todo el experimento de 22 semanas, pero la producción de huevo de las gallinas alimentadas con 15% de DDGS fue consistentemente más bajo hasta la semana 32 (**figura 1**). La adición de 15% de DDGS a la dieta de baja energía, redujo la producción de huevo de las 26 a las 34 semanas de edad, aunque no hubo diferencia después de las 34 semanas de edad (**figura 2**). No hubo diferencias en el peso del huevo, gravedad específica y resistencia a la ruptura del cascarón, conversión alimenticia, peso corporal o 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 gallinas de postura que consumieron la dieta baja en energía, con 15% de DDGS, tuvieron unidades Haugh más bajas en comparación con las gallinas que consumieron 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 debe ser de 10 a 12% en dietas comerciales altas en energía, pero que tal vez sean necesarias tasas de inclusión menores para las dietas de menor contenido de energía.

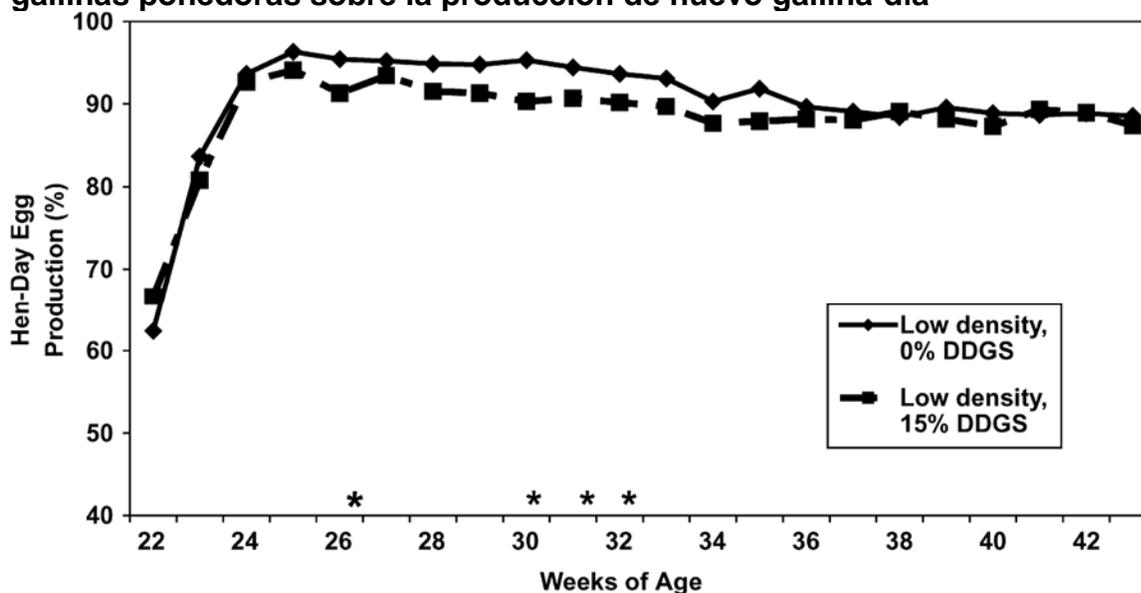
Figura 1. Efectos de alimentar los DDGS en dietas comerciales de alta densidad energética a gallinas ponedoras sobre la producción de huevo gallina-día¹



* Diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los 2 tratamientos

¹ Lumpkins et al. (2005)

Figura 2. Efectos de alimentar los DDGS en dietas de baja densidad energética a gallinas ponedoras sobre la producción de huevo gallina-día¹



* Diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los 2 tratamientos

¹ Lumpkins et al. (2005)

De forma similar, Roberson et al. (2005) llevaron a cabo dos experimentos en los que se alimentaron dietas con 0, 5, 10 ó 15% de DDGS a gallinas de postura 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 dorado a las dietas que se proporcionaron de la semanas 48 a la 56 de edad y después se añadió DDGS de color café a

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

dietas de la semana 58 a la 67 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 de DDGS en la dieta, 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 de DDGS en la dieta a lo largo de todo el experimento. En el experimento 2, lo rojo 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 dorado, 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 gallinas de postura con hasta 15% de DDGS no afectó la producción de huevo, pero la variabilidad de los resultados en el experimento 1 indica que debe de usarse un nivel menor al 15% de DDGS.

Cheon et al. (2008) realizaron un estudio de alimentación de ponedoras durante 10 semanas para investigar los efectos de añadir DDGS de color claro a niveles de 0, 10, 15 y 20% de una dieta isoproteica e isocalórica sobre el desempeño de las ponedoras, la calidad del huevo y la composición de ácidos grasos de la yema. La adición de hasta el 20% de DDGS a dietas de ponedoras no presentó efectos sobre el consumo de alimento, tasa de postura, masa de huevo total, peso promedio del huevo y conversión alimenticia. Además, no se vieron afectados ni el color ni la fortaleza de rompimiento del cascarón de huevo cuando se alimentaban niveles crecientes de DDGS en la dieta. Junto con eso, la altura de la albúmina y las unidades Haugh no se vieron afectadas por la adición de hasta 20% de DDGS en la dieta. Como era de esperarse, aumentó significativamente el color de la yema cuando se añadió DDGS a la dieta. Disminuyó el contenido de ácido oleico y aumentó el de ácido linoleico en la yema de huevo conforme aumentaban los niveles de DDGS añadidos a la dieta, pero la cantidad de ácidos grasos saturados en la yema no se vio afectada por la suplementación de DDGS. Los resultados de este estudio realizado en Corea, indican que los DDGS de color claro ($L^* 56.65$) podrían usarse en niveles de hasta 20% en las dietas de ponedoras sin los efectos negativos sobre el desempeño de las gallinas ponedoras, además de proporcionar beneficios económicos a la industria avícola coreana.

En un experimentado realizado por Swiatkiewicz y Koreleski (2007) se estudió el efecto de reducir el nivel del fosfato del alimento en dietas de ponedoras con DDGS de maíz o centeno, sobre el desempeño, la calidad del cascarón de huevo y la calidad de los huesos tibia y húmero. La alimentación de dietas con 20% de DDGS de maíz no presentaron efectos sobre el desempeño de las ponedoras ni sobre el cascarón de huevo o la calidad de los huesos. Cuando las dietas contenían 20% de DDGS de centeno, se redujo el desempeño de las ponedoras y la conversión alimenticia. Al reducir los niveles de fosfato del alimento en las dietas de ponedoras que contenían DDGS, no se vio afectado el desempeño ni el grosor del cascarón de huevo, densidad y fortaleza, elasticidad y dureza de la tibia y del húmero. Estos resultados indican que puede reducirse la cantidad del nivel de fosfato del alimento en dietas que contienen 20% de DDGS de maíz sin efectos negativos sobre el desempeño, la calidad del

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

cascarón de huevo y las características de los huesos.

Recientemente, Masa'deh et al. (2011) alimentaron dietas con 0, 5, 10, 15, 20 o 25% de DDGS a gallinas ponedoras de 24 a 46 semanas (fase 1) y de 47 a 76 semanas (fase 2) para evaluar las respuestas a la producción de huevo de un ciclo completo. Las dietas se formularon para que fueran isocalóricas (2,775 y 2,816 kcal/kg de EM) e isonitrogenosas (16.5 y 16.0% de proteína cruda) en las fases 1 y 2, respectivamente. Los resultados muestran que la adición de hasta 25% de DDGS en las dietas de gallinas no tuvieron efectos negativos sobre el consumo de alimento, producción de huevo, unidades Haugh o gravedad específica, y mejoraron el color de la yema de huevo en los niveles de inclusión más altos. La inclusión de los DDGS a niveles mayores del 15% durante la fase 1 disminuyó el peso del huevo, pero no durante la fase 2. La retención de nitrógeno y fósforo aumentó y la excreción disminuyó cuando las gallinas estuvieron alimentadas con dietas con 25% de DDGS.

Suplementación enzimática en dietas con DDGS

Refiérase al **Capítulo 24** de este Manual para ver el resumen detallado del “**Uso de las enzimas en dietas de DDGS para aves y cerdos**”. En un estudio realizado por Swiatkiewicz y Korelski (2005), se alimentaron 132 gallinas Lohman marrones (de 26 a 38 semanas de edad) con 0, 5, 10, 15 o 20% de DDGS de maíz o centeno para determinar los efectos sobre el desempeño de la postura y la calidad del huevo. Las dietas que contenían 20% de DDGS se suplementaron o no con preparaciones enzimáticas que tenían xilanasas y actividad de beta glucanasa. Los niveles de la dieta de los DDGS de maíz no tuvieron efectos sobre la tasa de postura, conversión alimentación, unidades Haugh, porcentaje de cascarón y fortaleza de rompimiento del cascarón, pero aumentó significativamente el color de la yema del huevo. Las dietas que contenían 5, 10 o 15% de DDGS de centeno no afectaron el desempeño de la postura y la calidad del huevo, pero la alimentación de 20% de este ingrediente disminuyó la producción de huevo. Sin embargo, la adición de xilanasas y beta glucanasa a la dieta con 20% de DDGS de centeno mejoró la tasa de postura de huevos.

En un estudio subsiguiente, Swiatkiewicz y Korelski (2006) alimentaron gallinas de postura con dietas isocalóricas e isonitrogenosas con 0, 5, 10, 15 o 20% de DDGS; las dietas que contenían 20% de DDGS estaban suplementadas con enzimas que hidrolizaban polisacáridos no almidonosos y cantidades adicionales de lisina y metionina sintéticas. En la primera fase de producción (de 26 a 43 semanas de edad), el nivel de DDGS de la dieta no tuvo efectos sobre la tasa de postura, el peso diario del huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia. En la segunda fase del ciclo (de 44 a 68 semanas de edad), no hubo diferencias en los criterios de respuesta a la producción de huevo entre los grupos alimentados con dietas que contenían 0, 5, 10 y 15% de DDGS, pero la alimentación del 20% de DDGS redujo la tasa de postura y el peso diario del huevo. Sin embargo, cuando se añadieron enzimas que hidrolizan polisacáridos no almidonosos a la dieta, se mejoró la tasa de postura y el desempeño cuando se alimentaba con 20% de DDGS. El nivel de la dieta de los DDGS no tuvo efectos sobre la altura de la albúmina, unidades Haugh, grosor del cascarón del huevo, densidad y rompimiento, o las propiedades sensoriales de los huevos cocidos, pero cuando se añadió el DDGS a la dieta, aumentó significativamente la calificación del color de la yema del huevo.

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

Gady et al. (2008) determinaron el contenido de energía metabolizable aparente (EMA) de los DDGS de maíz y el efecto de añadir una enzima fúngica que hidroliza polisacáridos no almidonosos producida por *Penicillium funiculosum* (Rovabio™Excel) sobre la digestibilidad de energía de los DDGS en ponedoras. Alimentaron dietas a base de maíz y trigo que contenían 10 o 20% de DDGS de maíz. El valor de la EMA obtenido con la dieta control a base de maíz y trigo fue similar al valor esperado (3,089 contra 3,106 kcal/kg de MS). El valor de EMA de los DDGS de maíz promedió 2,452 kcal/kg de MS, mientras que la de la dieta control solamente se incrementó en 34 kcal/kg de MS con la suplementación de enzimas. Este incremento fue menor al esperado y se puede esperar por el menor consumo de alimento de las gallinas ponedoras alimentadas con la dieta tratada con enzimas, en comparación con la dieta control (99.5 contra 104.4 g/gallina/día). La conversión alimenticia y el peso del huevo fueron similares y no se afectaron por la adición de los DDGS a la dieta. El mejoramiento en la digestibilidad de la energía con la suplementación de enzimas fue mayor para las dietas que contenían 10 y 20% de DDGS de maíz (43 y 58 kcal/kg de MS, respectivamente), lo que indica que la adición de este producto enzimático va a mejorar la utilización de la energía en las dietas a base de maíz y trigo que contienen DDGS de maíz.

Efectos de los DDGS sobre la pelecha

Hong et al. (2007) realizaron un estudio para inducir la pelecha con DDGS y una dieta sin sal para comparar el efecto de los tratamientos de alimentación-pelecha y ayuno-pelecha sobre el desempeño, calidad del huevo, peso de los órganos de las gallinas ponedoras. En este estudio se utilizaron 108 gallinas White Leghorn (de 62 semanas de edad) con una producción de huevo de más del 80% y un peso corporal promedio de 1.08 kg. Los tratamientos de la dieta consistían de: control (tratamiento sin pelecha), tratamiento de alimentación-pelecha (dieta con DDGS y sin sal), y tratamiento de ayuno-pelecha. La producción de huevo disminuyó durante 18 días a 0% en el grupo de alimentación-pelecha y en 17 días a 0% en el grupo de alimentación-pelecha con una dieta de DDGS sin sal. La producción de huevo se detuvo por seis días en el grupo de ayuno-pelecha. La producción de huevo volvió a empezar después de 12 y 16 días en los grupos de alimentación-pelecha y ayuno-pelecha, respectivamente. Excepto por la calidad de la yema del huevo, la calidad del huevo se incrementó en todos los tratamientos de pelecha. Disminuyó el peso del hígado, corazón y oviducto de las gallinas ponedoras con todos los tratamientos de pelecha. Estos resultados indican que el tratamiento de alimentación-pelecha (dieta con DDGS y sin sal) podría reemplazar el tratamiento de ayuno-pelecha, con lo que se reducen las preocupaciones de bienestar animal, debido al ayuno durante el proceso de la pelecha.

Mejía et al. (2010) alimentaron 36, 45 y 54 gramos/día de DDGS en un programa de pelecha sin retiro de alimento en comparación con la alimentación de consumos similares diarios de maíz, en el que encontraron que la producción de huevo posterior a la pelecha (de 5 a 43 semanas) fue mayor para las gallinas alimentadas con dietas de pelechas de DDGS en comparación con las de dieta de maíz. No se observaron diferencias consistentes para la masa de huevo, gravedad específica del huevo, eficiencia alimenticia o consumo de alimento

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

de la ponedora entre los tratamientos de pelecha para el periodo posterior a este proceso. Estos investigadores concluyeron que limitar la alimentación de maíz o DDGS en un programa sin retiro de alimento va a resultar en un desempeño posterior a la pelecha a largo plazo comparable a la alimentación ad libitum de una dieta de maíz y cascarilla de soya.

Efectos sobre el contenido nutrientes de la gallinaza y emisiones de gas

Las emisiones de amoníaco (NH_3) son una importante preocupación de la industria avícola de EUA. Roberts et al. (2007a,b) realizaron estudios para determinar si el aumento de la fibra y la reducción de la proteína cruda de la dieta podrían disminuir las emisiones de NH_3 de la gallinaza. Alimentaron dietas que contenían 2 niveles de proteína cruda (normal y reducido) y 4 fuentes de fibra (dieta control a base de maíz y harina de soya, dietas que contenían ya fuera el 10% de DDGS de maíz, 7.3% de harinillas de trigo o 4.8% de cascarilla de soya para brindar cantidades iguales de fibra neutrodetergente adicional). Los niveles de proteína cruda de las dietas reducidas en proteína cruda fueron aproximadamente 1 unidad porcentual más bajos que las de proteína cruda normal; todas las dietas estuvieron formuladas con base en aminoácidos digestibles e isoenergéticas. La adición de DDGS de maíz, harinillas de trigo o cascarilla de soya a la dieta redujo la emisión de NH_3 de la gallinaza acumulada de 7 días de 3.9 g/kg de MS de gallinaza para el control, a 1.9, 2.1 y 2.3 g/kg de MS de gallinaza, respectivamente, además de que también redujo la tasa de emisión diaria de NH_3 . Estos resultados muestran que la adición del 10% de DDGS de maíz, 7.3% de harinillas de trigo y 4.8% de cascarilla de soya son eficaces en reducir las emisiones de NH_3 de la gallinaza, pero la reducción del contenido de proteína cruda de 1% no afectó dichas emisiones.

Hale (2008) comparó los efectos de alimentar una dieta estándar de la industria contra la alimentación de una dieta que contenía 10% de DDGS sobre el pH, contenido de sólidos y emisión de amoníaco de la gallinaza. Las emisiones de amoníaco de la gallinaza se redujeron en un promedio del 16.9% en el periodo de estudio, el pH se redujo en 0.25 SU y el contenido de sólidos se incrementó en 2.36% cuando se alimentó la dieta que contenía 20% de DDGS. Wu-Haan et al. (2010) mostraron que la alimentación de 20% de DDGS en las gallinas ponedoras reduce las emisiones de amoníaco y de sulfuro de hidrógeno sin efectos adversos sobre el desempeño de la gallina.

Alimentación con DDGS a pollos de engorda

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

Los investigadores han observado resultados positivos de manera constante en el desempeño y calidad de la carne cuando se añaden DDGS a las dietas de pollo de engorda. En un primer estudio efectuado por Day et al. (1972), se incrementó la ganancia de peso de pollos de engorda al incluir niveles bajos de DDGS (2.5% y 5%) a dietas de pollo de engorda, en comparación con los pollos que consumieron la dieta control. Luego, Waldroup et al. (1981) demostraron que se pueden incluir niveles de hasta el 25% de DDGS en dietas de pollos de engorda para lograr un buen desempeño, si se mantienen constantes los niveles de energía.

Los estudios sobre el uso de DDGS de maíz de alta calidad han confirmado e incluso indican que se pueden usar de manera efectiva niveles mayores. Lumpkins et al. (2004) llevaron a cabo dos experimentos para evaluar la densidad de energía y de proteína, 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, 3050 kcal de EM_n/kg y baja = 20% de proteína, 3000 kcal de EM_n/kg) contenían 0 o 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 fueron más altas para los pollos que consumieron 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 (**cuadro 1**).

Cuadro 1. Efecto de la alimentación de 15% de DDGS en dietas de pollos de engorda de densidad de nutrientes alta y baja sobre la ganancia de peso y la eficiencia de la ganancia¹

Criterios de respuesta	Densid	Densid	Densid	Densid
	ad alta, 0% de DDGS	ad alta, 15% de DDGS	ad baja, 0% de DDGS	ad baja, 15% de DDGS
Gan. de peso (día 7), g/día	133	134	130	124
Gan. de peso (día 14), g/día	401 ^a	399 ^a	376 ^b	362 ^b
Gan. de peso (día 18), g/día	556 ^a	555 ^a	523 ^b	518 ^b
Ganancia:alimento (día 7)	956 ^a	991 ^b	898 ^c	854 ^d
Ganancia:alimento (día 14)	938 ^a	936 ^a	874 ^b	847 ^c
Ganancia:alimento (día 18)	782 ^a	772 ^a	712 ^b	705 ^b



^{a, b} Medias dentro del mismo renglón con diferentes superíndices son diferentes (P <0 .05).

¹Adaptado de Lumpkins et al., 2004

En el segundo experimento, Lumpkins et al. (2004), alimentaron pollitos con dietas isocalóricas e isonitrogenosas con 0, 6, 12 o 18% de DDGS por un periodo de 42 días. La adición de 18%

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

de DDGS en la dieta redujo la ganancia de peso durante la iniciación (de 0 a 16 días) (**cuadro 2**), además de que hubo una disminución numérica ligera en la ganancia de peso cuando se añadió a la dieta 12% de DDGS. Sin embargo, no hubo diferencia en la ganancia de peso entre los niveles de DDGS de la dieta durante los periodos de crecimiento y finalización. La ganancia de peso general (de 0 a 42 días) de los pollos alimentados con dietas con 18% de DDGS se redujo en comparación con otros niveles de alimentación de DDGS, debido a la reducción de la ganancia de peso durante el periodo de iniciación. El perfil de aminoácidos en la harina de soya es más apto para cumplir los requerimientos de éstos en los pollos que las fuentes de proteína de maíz. Debido a que el porcentaje de proteína proporcionado por la proteína del maíz aumentó de 4.6 a 8.6% cuando se añadió a la dieta 18% de DDGS, y disminuyó el porcentaje de proteína suministrado por la harina de soya, es probable que estuviera deficiente en lisina y resultara en reducción de la tasa de crecimiento, así como de la eficiencia de la ganancia. El consumo de alimento no se vio afectado por el nivel de DDGS de la dieta en todo el experimento. La eficiencia de la ganancia se redujo cuando se alimentó una dieta de 18% de DDGS durante el periodo de iniciación, pero hubo una disminución numérica cuando se añadió 12% de DDGS (**cuadro 2**). Sin embargo, no hubo diferencia en la eficiencia de la ganancia entre ninguno de los niveles de alimentación de DDGS durante el periodo de crecimiento y finalización, y durante todo el periodo de alimentación experimental de 42 días. La alimentación de dietas que contienen 0, 6, 12 o 18% de DDGS no presentó efectos sobre el rendimiento de la canal. Estos investigadores concluyeron que los DDGS de alta calidad son un ingrediente aceptable en las dietas de pollos de engorda, para lo que recomendaron un nivel de inclusión máximo del 6% de la dieta en el periodo de iniciación y de 12 - 15% de DDGS en las fases de crecimiento y finalización de la producción de pollos de engorda.

Cuadro 2. Efecto de alimentar 0, 6, 12 y 18% de DDGS en dietas isocalóricas e isonitrogenosas en pollos de engorda en un periodo de alimentación de 42 días sobre la ganancia de peso y la eficiencia de la ganancia¹

Criterios de respuesta	0% de DDGS	6% de DDGS	12% de DDGS	18% de DDGS
Gan. de peso (día 0 a 16), g/día	414 ^a	416 ^a	399 ^{ab}	387 ^b
Gan. de peso (día 17 a 31), g/día	1,052	1,055	1,049	1,039
Gan. de peso (día 0 a 42), g/día	2,314 ^a	2,289 ^a	2,291 ^a	2,243 ^b
Gan.:Alim. (día 0 a 16)	746 ^a	739 ^a	715 ^{ab}	702 ^b
Gan.:Alim. (día 17 a 31)	597	600	604	599
Gan.:Alim. (día 0 a 42)	566	554	565	554

^{a, b} Medias dentro del mismo renglón con diferentes superíndices son diferentes (P <0 .0.05).

¹ Adaptado de Lumpkins et al., 2004

Se han realizado varios estudios adicionales para evaluar el uso de los DDGS en diversas tasas de inclusión en la dietas de pollo de engorda (Shim et al., 2008; Choi et al., 2008; Wang et al, 2007 a, b, c, Wang et al., 2008 a, b, c; Youssef et al., 2008; Min et al., 2008; y Moran y Lehman, 2008).

Shim et al. (2011) alimentaron dietas de maíz y harina de soya con 0, 8, 16 y 24% de DDGS y grasa avícola como fuente de energía suplementaria. Las dietas se formularon en base a aminoácidos digestibles con aminoácidos cristalinos. La ganancia de peso corporal mejoró al final de la fase de iniciación (día 18) cuando las aves se alimentaron con DDGS en comparación con la dieta control, mientras que a los 42 días la ganancia de peso y la relación alimento:ganancia fueron similares entre los niveles de DDGS de la dieta. La grasa abdominal, el rendimiento de carne de pechuga y la calidad de la canal no fueron diferentes entre los niveles de dieta de DDGS. Estos resultados muestran que los DDGS pueden ser un buen ingrediente alternativo en las dietas para pollos de engorda en niveles de hasta 24% cuando se formulan con base a aminoácidos digestibles.

Las investigaciones adicionales de Youssef et al. (2008) en las que alimentaron dietas que contenían 0, 5, 10 o 15% de DDGS de 12 a 35 días de edad, no mostraron efectos significativos de los niveles crecientes de DDGS sobre el consumo de alimento, ganancia de peso, calidad de las excretas o digestibilidad de la proteína y de la materia orgánica. La conversión alimenticia tendió a disminuir cuando se alimentó un 15% de DDGS. La digestibilidad de la proteína de los DDGS se calculó en 77%. Los resultados de este estudio indican que los DDGS se pueden usar como una fuente eficaz de proteína en dietas de finalización de pollos de engorda en niveles de 10 a 15%.

Choi et al. (2008) confirmaron los hallazgos de Youssef et al. (2008) y mostraron que la adición de hasta 15% de DDGS en dietas de pollos de engorda no presentan efectos sobre el desempeño del crecimiento, calificación de color o firmeza del músculo de la pechuga y muslo, pero el contenido de ácidos grasos insaturados de la carne y lo amarillo de las patas aumentó con la adición de los DDGS a la dieta. Concluyeron que se pueden añadir los DDGS hasta un

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

15% de la dieta para disminuir el costo del alimento mediante la sustitución parcial del maíz y harina de soya, sin efectos negativos sobre el desempeño del crecimiento y la calidad de la carne.

Wang et al., (2007 a,b,c; 2008 a,b,c) realizaron una serie de estudios en los que mostraron que la alimentación de dietas con hasta 30% de DDGS pueden sustentar de manera satisfactoria el desempeño del crecimiento, siempre y cuando las dietas se formulen con base en aminoácidos digestibles. Sin embargo, la reducción de la densidad de masa, la calidad del pélet y la suplementación inadecuada de aminoácidos cristalinos de la dieta pueden causar reducciones en el desempeño del crecimiento en niveles de DDGS en la dieta mayores al 15 - 20%. Además, se pueden reducirse el rendimiento de la canal y el rendimiento de la carne de pechuga cuando se alimentan niveles de DDGS mayores del 15 al 20% de la dieta. Cuando las dietas contienen 15% de DDGS y se formulan con base en aminoácidos digestibles, la eliminación abrupta de este nivel de DDGS no afecta de forma adversa el desempeño de los pollos.

Min et al. (2008) realizaron un experimento para determinar los efectos de alimentación de 0, 15 o 30% de DDGS con o sin 0 o 5% de glicerina sobre el desempeño del crecimiento y el rendimiento de carne. Las dietas se formularon con base de aminoácidos digestibles y se proporcionaron en pélets. Los resultados de este estudio demuestran que se puede utilizar el 15% de DDGS de una calidad nutricional conocida en dietas para pollos en crecimiento sin efectos negativos sobre el desempeño del crecimiento y el rendimiento de carne, si se formulan con base en aminoácidos digestibles y cumplen los requerimientos nutricionales de los pollos. Pueden ser aceptables los niveles altos en la dieta de DDGS, pero puede reducirse la conversión alimenticia a menos que se mejore la calidad del pélet. Según lo notificado en estudios previos, se redujo el porcentaje de rendimiento de la canal cuando se añadieron niveles más altos (>15%) de DDGS a la dieta, pero parece que la adición del 5% de glicerina como fuente de energía proporciona un crecimiento y un rendimiento de carne satisfactorios.

Moran y Lehman (2008) mostraron que la inclusión de una combinación de amilasa, fitasa, proteasa y xilanasas en los alimentos para pollos de engorda sin antimicrobianos en un periodo de alimentación de 8 semanas resultó en respuestas positivas en el desempeño del crecimiento, rendimiento de la carne sin hueso y sin piel, e integridad del esqueleto, sin importar la inclusión de harina de alfalfa o de DDGS, ni si la energía metabolizable o el fósforo disponible estuvieran debajo de los requerimientos.

Corzo et al. (2009) realizaron un estudio para evaluar los efectos de alimentar 0 u 8% de DDGS sobre la calidad de la carne de pechuga y muslo del pollo. No se observaron diferencias entre los tratamientos control y DDGS en el color (CIE L*, a*, b*), pH final, pérdida por cocción, valores de corte y aceptabilidad de la textura. Sin embargo, las aves alimentadas con la dieta control tuvieron un sabor preferente y una aceptabilidad general ligeramente más altos en comparación con los pollos alimentados con DDGS. Las pechugas del pollo de ambos tratamientos recibieron calificaciones de "me gusta moderadamente" en la escala hedónica, y el consumidor al que le gustaban las pechugas de pollo "moderadamente" o "mucho" (más del 50% de los panelistas) no pudo diferenciar entre ambos tratamientos. Hubo una variación ligera

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

en la composición de ácidos grasos entre los tratamientos; el músculo de aves alimentadas con dietas de DDGS tenían un mayor porcentaje de ácido linoleico y ácidos grasos poliinsaturados totales, lo que indica que puede ser más susceptible a la oxidación de lípidos. En general, estos muestran que la alimentación de 8% de DDGS en la dieta resulta en una carne de pechuga y de muslo de alta calidad con diferencias mínimas en el producto.

Más recientemente, Loar et al. (2010) evaluaron los efectos de alimentar 0 u 8% de DDGS en la dieta de iniciación (de 0 a 14 días) y 0, 7.5, 15, 22.5 o 30% de DDGS en dietas de crecimiento (de 14 a 28 días). La conversión alimenticia y las tasas de mortalidad no se vieron afectadas por el nivel de inclusión en la dieta de los DDGS, pero se puede ver afectada negativamente la tasa de crecimiento por la alimentación de dietas con 15% o más de DDGS. No obstante, Shim et al. (2011) alimentaron dietas isonutricionales que contenían 0, 8, 16 y 24% de DDGS, con lo que mostraron que los pollos alimentados con dietas que contenían 8% de DDGS o más tuvieron una mayor tasa de crecimiento en comparación con los alimentados con 0%, durante el periodo de iniciación de 0 a 18 días. Sin embargo, al día 42 los pesos corporales fueron casi idénticos entre los niveles de DDGS. El índice de durabilidad del pélet se redujo cuando se añadieron DDGS a las dietas, pero no afectó el desempeño del crecimiento. Estos resultados indican que los pollos se desempeñan bien cuando se alimentan dietas adecuadamente equilibradas con hasta 24% de DDGS, sin efectos negativos sobre la calidad de la carne o la canal.

Schilling et al. (2010) alimentaron dietas con 0, 6, 12, 18 y 24% de DDGS a pollos durante 42 días; sin importar el nivel de DDGS, rindieron carne de pechuga de alta calidad. La calidad de la carne del muslo fue similar entre las aves alimentadas con dietas que contenían 0 a 12% de DDGS, pero los niveles de inclusión mayores resultaron en una carne más susceptible a la oxidación.

Pavos



Noll (2004) resumió los resultados de tres estudios en los que se alimentaron dietas con hasta 12% de DDGS a pavos machos durante el periodo de crecimiento y finalización, en los que no se encontraron diferencias en la ganancia de peso corporal y la conversión alimenticia, en comparación con las dietas control de maíz, pasta de soya y harina de carne. Un estudio posterior de Noll y Brannon (2005) mostró que se puede incluir hasta el 20% de DDGS en dietas de crecimiento o finalización de pavos macho, pero que cuando se alimentan dietas altas en proteína, las dietas con 15% de DDGS pueden mejorar el desempeño del crecimiento. Roberson (2003) llevó a cabo dos estudios con pavos hembras Large White para evaluar los efectos de incrementar el nivel de DDGS en la dieta sobre el desempeño del crecimiento. En el primer experimento, se alimentaron dietas de maíz y harina de soya con 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) notó que aumentó la incidencia de buches colgantes en las aves alimentadas con dietas con niveles altos de DDGS. En el segundo experimento, se alimentaron dietas con 0, 7 ó 10% de DDGS durante el periodo de crecimiento; la 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 pavas, si se usan valores adecuados de nutrientes de los DDGS.

Patos

El Consejo Norteamericano de Granos patrocinó recientemente un estudio realizado en la Rama I-lan del Instituto de Investigaciones Ganaderas de Taiwán, en el que los investigadores evaluaron los efectos de alimentar dietas que contenían granos secos de destilería con solubles de maíz sobre el desempeño de producción y la calidad del huevo de patas ponedoras

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

café Tsaiya (Huang et al., 2006). Después de 14 semanas y hasta las 50 semanas de edad, los patos se asignaron al azar a uno de los cuatro tratamientos de la dieta que contenían 0, 6, 12 o 18% de DDGS. Las dietas fueron isocalóricas e isonitrogenosas, con un contenido de 2750 kcal/kg de EM y 19% de PC. Los resultados de este estudio indican que la adición de DDGS a niveles de hasta 18% de la dieta de patas de postura no tuvo efectos significativos sobre el consumo de alimento, conversión de alimento o la calidad del cascarón de huevo. Cuando las patas de postura se alimentaron con la dieta de 18% de DDGS, se incrementó la tasa de postura durante la estación fría. El peso del huevo tendió a ser mayor cuando se incluyeron el 12% o el 18% de DDGS en la dieta. El color de la yema mejoró en forma lineal con las cantidades crecientes de DDGS en las dietas de patas de postura. Las patas de postura pueden utilizar las xantofilas de los DDGS. 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 máximos de inclusión en la dieta actualmente recomendados de los DDGS de maíz son 15% para pollos, pavos, ponedoras y patos, pero se pueden utilizar con éxito niveles más altos con los ajustes adecuados de la formulación de la dieta en cuanto a energía y aminoácidos (Wang et al., 2007a,b,c; 2008a,b,c; Noll et al., 2004; Waldroup et al., 1981). Cuando se formulan dietas que contienen DDGS de maíz, deben usarse valores de aminoácidos digestibles, especialmente para lisina, metionina, cistina y treonina. Las dietas también deben formularse mediante el establecimiento de niveles mínimos aceptables de triptófano y arginina, debido a la naturaleza de segundo aminoácido limitante en la proteína de los DDGS de maíz.

Bibliografía

- Adedokun S.A., O. Adeola, C.M. Parsons, M.S. Lilburn, and T.J. Applegate. 2008. Standardized ileal amino acid digestibility of plant feedstuffs in broiler chickens and turkey poults using a nitrogen-free or casein diet. *Poult. Sci.* 87(12):2535-48.
- Cheon, Y.J., H.L. Lee, M.H. Shin, A. Jang, S.K. Lee, J.H. Lee, B.D. Lee, and C.K. Son. 2008. Effects of corn distiller's dried grains with solubles on production and egg quality in laying hens. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 21(9):1318-1323.
- Choi, H.S., H.L. Lee, M.H. Shin, C. Jo, S.K. Lee, and B.D. Lee. 2008. Nutritive and economic values of corn distiller's dried grains with solubles in broiler diets. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 21(3):414-419.
- Corzo, A., M.W. Schilling, R.E. II. Loar, V. Jackson, S. Kin, and V. Radhakrishnan. 2009. The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poult. Sci.* 88(2):432-439.
- 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.

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

- Fastinger, N.D., J.D. Latshaw, and D.C. Mahan. 2006. Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poult. Sci.* 85(7):1212-1216.
- Gady, C., P. Dalibard, and P.A. Geraert. 2008. Nutritional evaluation of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) in layers and potential benefit of NSP-enzyme supplementation on energy digestibility. *Poult. Sci.* 87(Suppl. 1):112.
- Hale, E.C. III. 2008. Effect of 10% dietary DDGS on laying hen manure ammonia emissions, pH, and solids content. *Poult. Sci.* 87(Suppl. 1):160.
- 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.
- Hong, E.C., J.C. Na, D.C. You, H.K. Kim, W.T. Chung, H.J. Lee, I.H. Kim, and J. Hwangbo. 2007. Effects of feeding non-salt diet on the induced molting in laying hens. *Korean J. Poult. Sci.* 34:4, 279-286.
- 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 aqape118@sonet.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.
- Loar, R.E. II, J. S. Moritz, J.R. Donaldson, and A. Corzo. 2010. Effects of feeding distillers dried grains with soluble to broilers from 0 to 28 days posthatch on broiler performance, feed manufacturing efficiency, and selected intestinal characteristics. *Poul. Sci.* 89:2242-2250.
- 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., A. Batal and N. Dale, 2005. Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets. *J. Appl. Poultry Sci.* 14:25-31.
- Martinez, C., C.M. Parsons, and D.H. Baker. 2005. Microbial phytase and citric acid increase P availability in corn distillers dried grains with solubles (DDGS) for chicks. *Poultry Science.* 84(Suppl. 1):51.
- Martinez-Amezcuca, C., C.M. Parsons, and D.H. Baker. 2006. Effect of microbial phytase and citric acid on phosphorus bioavailability, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poult. Sci.* 85(3): 470-475.
- Masa'deh, M.K., S.E. Purdum, and K.J. Hanford. 2011. Dried distillers grains with soluble in laying hen diets. *Poul. Sci.* 90:1960-1966.
- 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.
- Mejia, L., E.T. Meyer, P.L. Utterback, C.W. Utterback, C.M. Parsons, and K.W. Koelkebeck. 2010. Evaluation of limit feeding corn and distillers dried grains with soluble in non-feed-withdrawal molt programs for laying hens. *Poult. Sci.* 89:386392.
- Min, Y.N., F.Z. Liu, Z. Wang, C. Coto, S. Cerrate, F.P. Costa, F. Yan, and P.W. Waldroup. 2008. Evaluation of distillers dried grains with solubles in combination with glycerin in broiler diets. *International J. Poult. Sci.* 7:7, 646-654.
- Moran, E.T., and R. Lehman. 2008. Response to combined amylase-phytase-protease-xylanase supplementation when 8 week broiler males had received corn-soybean meal feeds devoid of antimicrobials with/without alfalfa meal and/or DDGS. *Poult. Sci.* 87(Suppl. 1):158.
- 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., and J. Brannon. 2005. Influence of dietary protein level and inclusion level of DDGS on performance of market tom turkeys. *Minnesota Turkey Growers Association, Gobbles* 62:6-8.

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

- Pahm, A.A., C.S. Scherer, J.E. Pettigrew, D.H. Baker, C.M. Parsons, and H.H. Stein. 2009. Standardized amino acid digestibility in cecectomized roosters and lysine bioavailability in chicks fed distillers dried grains with solubles. *Poult. Sci.* 88(3):571-8.
- Roberson, K.D. 2003. Use of dried distillers' grains with solubles in growing-finishing diets of turkey hens. *International Journal of Poultry Sci.* 2 (6): 389-393.
- 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.
- Roberts, S.A., H. Xin, B.J. Kerr, J.R. Russell, and K. Bregendahl. 2007a. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure. *Poult. Sci.* 86(8):1625-1632.
- Roberts, S.A., H. Xin, B.J. Kerr, J.R. Russell, and K. Bregendahl. 2007b. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on nitrogen balance and egg production in laying hens. *Poult. Sci.* 86(8):1716-1725.
- Salim, H.M., Z.A. Kruk, and B.D. Lee. 2010. Nutritive value of corn distillers dried grains with soluble as an ingredient of poultry diets: A review. *World's Poul. Sci. J.* 66:411-432.
- Schasteen, C., J. Wu, and C. Parsons. 2005. Enzyme-based protein digestibility (IDEA (TM)) assay accurately predicts poultry in vivo Lysine digestibility for Distiller's Dried Grain and Solubles (DDGS). *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2):69.
- Schilling, M.W. V. Battula, R.E. Loar II, V. Jackson, S. Kin, and A. Corzo. 2010. Dietary inclusion level effects of distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poult. Sci.* 89:752-760.
- Shim, M.Y., G.M. Pesti, R.I. Bakalli, P.B. Tillman, and R.L. Payne. 2011. Evaluation of DDGS as an alternative ingredient for broiler chickens. *Poult. Sci.* 90:369-376.
- Swiatkiewicz, S., and J. Koreleski. 2008. The use of distillers dried grains with soluble (DDGS) in poultry nutrition. *World Poultry Sci. J.* 64(2):257-265.
- Swiatkiewicz, S., and J. Koreleski. 2007. Quality of egg shells and bones in laying hens fed a diet containing distillers dried grains with solubles. *Medycyna Weterynaryjna.* 63(1): 99-103.
- Swiatkiewicz, S., and J. Koreleski. 2006. Effect of maize distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens. *J. Anim. Feed Sci.* 15(2):253-260.
- Swiatkiewicz, S., and J. Koreleski. 2005. Preliminary results of study on the use of corn and rye distillers dried grains with solubles in the laying hens nutrition. *Proceedings of the 15th European Symposium on poultry nutrition, Balatonfured, Hungary,* 601-603.
- 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.
- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, F. Perazzo, A. Abdel-Maksoud, and P. Waldroup. 2008a. Evaluation of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets formulated isocaloric at typical industry levels or formulated for optimum density with constant 1% poultry oil. *Poultry Science* 87(Suppl. 1):112.
- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, F.P. Costa, A. Abdel-Maksoud, and P.W. Waldroup. 2008b. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles in broiler diets formulated to be isocaloric at industry energy levels or formulated to optimum density with constant 1% fat. *International J. Poultry Sci.* 7: 630-637.
- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P.W. Waldroup. 2008c. Evaluation of high levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets. *International J. Poultry Sci.* 7:10, 990-996.
- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P.W. Waldroup. 2007a. Effect of rapid and multiple changes in level of distillers dried grain with solubles (DDGS) in broiler diets on performance and carcass characteristics. *International J. Poultry Sci.* 6:10, 725-731.

Capítulo 19. Uso de los DDGS en las dietas avícolas

- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P.W. Waldroup. 2007b. Utilization of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets using a standardized nutrient matrix. *International J. Poult. Sci.* 6:7, 470-477.
- Wang, Z.R., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P.W. Waldroup. 2007c. Use of constant or increasing levels of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in broiler diets. *International J. Poult. Sci.* 6:501-507.
- Wu-Haan, W., W. Powers, R. Angel, and T.L. Applegate. 2010. The use of distillers dried grains plus soluble as a feed ingredient on air emissions and performance from laying hens. *Poul. Sci.* 89:1355-1359.
- Youssef, I.M.I., C. Westfahl, A. Suender, F. Liebert, and J. Kamphues. 2008. Evaluation of dried distillers' grains with solubles (DDGS) as a protein source for broilers. *Arch. Anim. Nutr.* 62(5):404-414.