

Granos secos de destilería con solubles en la alimentación del pollo de carne

Dry distillery grains with solubles in the meat feed

AGUILERA TIGRE, Mery Lizeth¹; DEL CARPIO RAMOS, Pedro Antonio²

Resumen

Se emplearon 100 pollos Cobb 500 de un día de edad, de ambos sexos, en un ensayo de alimentación con los siguientes tratamientos: T₁, dieta testigo; T₂, dieta con 5% de DDGS-maíz; T₃, dieta con 10% de DDGS-maíz; T₄, dieta con 15% de DDGS-maíz; con la finalidad de determinar el efecto sobre el consumo de alimento, incremento de peso vivo, conversión alimenticia, mérito económico y peso y rendimiento de carcasa. El ensayo se condujo bajo la condiciones de un diseño completamente al azar. La alimentación fue *ad libitum* y el ensayo tuvo una duración de 42 días. La presencia de DDGS-maíz motivó un pequeño pero consistente incremento en el consumo de alimento conforme se incrementó la proporción del producto; con 10% de DDGS-maíz se logró incremento de peso acumulado similar al del testigo, los mejores incrementos en los primeros 14 días de edad se lograron con 5% del producto, de los 15 a 28 días con 10% del producto, en el acabado el testigo superó a los tratamientos con DDGS. Así mismo, con 10% se logró la conversión alimenticia más próxima a la del testigo y el mérito económico fue ligeramente mejor, debido a que permitió reemplazar parte de la torta de soja que es considerablemente más cara; el mejor peso y rendimiento de carcasa se logró con 10% de DDGS en la dieta.

Palabras clave: DDGA, alimentación, pollos de carne.

Abstract

One hundred day old Cobb 500 chickens of both sexes were used in a feed trial with the following treatments: T₁, control diet; T₂, diet with 5% of DDGS-maize; T₃, diet with 10% of DDGS-maize; T₄, diet with 15% of DDGS-maize; With the purpose of determining the effect on food consumption, live weight gain, feed conversion, economic merit and carcass weight and performance. The test was conducted under the conditions of a completely random design. Feeding was *ad libitum* and the trial had a duration of 42 days. The presence of DDGS-corn caused a small but consistent increase in food consumption as the proportion of the product increased; The highest increases in the first 14 days of age were achieved with 5% of the product, from 15 to 28 days with 10% of the product, at the same time, with 10% of DDGS-maize. Finished the control exceeded the treatments with DDGS. Likewise, with 10%, the food conversion was achieved closer to that of the control and the economic merit was slightly better, because it allowed to replace part of the soybean cake that is Considerably more expensive; The best carcass weight and yield was achieved with 10% DDGS in the diet.

Key words: DDGA, feed, broilers.

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Hacer – UCV – Filial Chiclayo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

Recibido: 17 de junio de 2016

Aceptado: 1 de agosto de 2016

Publicado: diciembre de 2016

¹Bachiller en Ing. Zootecnia, abril_426@hotmail.com

²Doctor en ciencias ambientales, Docente de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, UNPRG, delcarpiofiz@hotmail.com

Introducción

La industria de la producción de combustibles ecológicos, también denominados iocombustibles, deja una serie de subproductos que si no se emplean se convierten en agentes de polución. Para muchos resulta evidente que una de las utilizaciones lógicas de estos subproductos radica en la alimentación, tanto humana como animal.

A estos subproductos se les conoce como granos secos de destilería con solubles (DDGS, por sus siglas en el idioma inglés), al haber perdido los carbohidratos solubles se enriquecen en proteína y otros componentes que pueden dar lugar a un comportamiento productivo un tanto diferente al que se espera del maíz. Sin embargo, es necesaria su evaluación como componente de las dietas bajo condiciones locales, debido a que los productores le achacan algunos inconvenientes y no se sabe si existe un sustento real a ello.

En la región Lambayeque se está introduciendo a los DDGS, sin embargo bajo las condiciones locales no se ha evaluado el efecto de su inclusión en la dieta sobre el rendimiento en vivo; aunque de apariencia promisorio, es necesario cuantificar su efecto para que el productor local sepa cual es su verdadero potencial. Entendiendo el rendimiento del pollo de carne como incrementos de peso vivo, conversión alimenticia, mérito económico, peso y rendimiento de carcasa; cabe hacer el siguiente cuestionamiento pertinente: ¿Podrá lograrse adecuado rendimiento en los pollos de carne cuando se les alimenta con dietas en las que se incluya a los DDGS?

Para responder a esta interrogante se implementó el ensayo descrito en el presente artículo, asumiéndose como hipótesis: La inclusión de DDGS en la dieta de pollos de carne permitirá realizar el análisis del comportamiento del rendimiento expresado a través del incremento de peso, conversión alimenticia, mérito económico, peso y rendimiento de carcasa; considerando la relación que estas variables tienen con el consumo de alimento.

Habiéndose fijado los siguientes **objetivos**: Determinar y analizar el consumo de alimento de pollos de carne que reciben proporciones crecientes de DDGS en el alimento.

Determinar y analizar el comportamiento del

peso vivo y de los cambios en el peso. Determinar y analizar la eficiencia de utilización de los alimentos para ganar peso vivo a través de la conversión alimenticia.

Determinar y analizar la eficiencia económica del alimento a través del mérito económico.

Determinar y analizar el peso y rendimiento de carcasa.

Según FAO (2012), los humanos estamos encarados con desafíos ambientales importantes como resultado del cambio climático y una escasez prevista de combustibles fósiles que se emplean para transporte. Las causas inherentes del cambio climático no son completamente entendidas, pero se acepta que las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente metano, son un factor contribuyente sobre el que podemos ejercer algún control. El mismo organismo menciona que la escasez de combustibles fósiles puede mitigarse mediante su combinación con biocombustibles, ya sea etanol con petróleo o biodiesel con diesel, ambos ocasionan una reducción en las emisiones de carbono, por lo que se ha concordado en la fijación de tasas mínimas de inclusión. Sin embargo, la producción de biocombustible procede, comúnmente, de cosechas agrícolas, usualmente cereales que contienen almidón para el etanol y semillas de oleaginosas para biodiesel. Para que esta propuesta sea exitosa debe ser económicamente sostenible y no debe generar conflicto con el uso tradicional de la tierra agrícola en la producción de alimentos para humanos y para la ganadería. Ambos criterios sólo pueden reunirse si los residuos de la producción de biocombustible, referidos también como subproductos, son empleados completamente.

Los granos, tales como el maíz, trigo, cebada y sorgo son los insumos más comunes para la producción de etanol, y en una menor cantidad también se incluyen el centeno, triticale, sorgo y avena. El proceso es generalmente el mismo para todos los granos, aunque se dan algunas pequeñas diferencias y las características de los subproductos varían algo dependiendo del grano usado.

Primariamente se utilizan dos procesos para hacer etanol a partir de los granos: molienda en seco y molienda en húmedo. En el proceso de molienda en seco, típicamente el grano entero es molido hasta harina y procesado sin separación de los varios componentes nutricionales que conforman el grano. La harina es humedecida

con agua para formar una masa. Se adicionan enzimas a la masa, la que es entonces procesada en una estufa a alta temperatura, enfriada y transferida a fermentadores donde se adiciona levadura y empieza la conversión de azúcar a etanol. Después de la fermentación, la “cerveza” resultante se transfiere a columnas de destilación donde el etanol es separado de la “vinaza” residual.

La vinaza es expedita mediante una centrífuga que separa los sólidos de los líquidos. Los líquidos, o solubles, son entonces concentrados a un estado semisólido mediante evaporación, dando solubles de destilería condensados (CDS) o “jarabe”. A veces los CDS se venden directamente dentro del mercado de alimentos para animales, pero más a menudo los sólidos residuales del grano grueso y los CDS son combinados y deshidratados para producir los granos secos de destilería con solubles (DDGS). En los casos en los que los CDS no son re- adicionados a los granos residuales, el producto de sólidos de grano es llamado simplemente granos secos de destilería (DDG). Si los granos de destilería se suministran al ganado en la proximidad de la fábrica de producción de etanol puede evitarse el paso de deshidratación y el producto es llamado granos húmedos de destilería (WDG). Debido a varias prácticas de deshidratado y aplicación de jarabe, existen algunas variantes de granos de destilería (una de las que se denomina granos húmedos de destilería modificados), pero la mayoría se comercializa como DDGS, DDG o WDG.

Algunas plantas de etanol de molienda seca en los Estados Unidos en la actualidad extraen en aceite del maíz crudo de los CDS o de la vinaza en la parte final del proceso empleando una centrífuga. El aceite de maíz es comercializado típicamente como un ingrediente alimenticio individual o vendido como materia prima para un proceso adicional (ej., para producción de biodiesel). El subproducto resultante de este proceso es conocido coloquialmente como DDGS con “aceite extraído” o DDGS “desaceitado”. Típicamente estos subproductos tienen menor contenido de grasa que los DDGS convencionales, pero concentraciones ligeramente más altas de proteína y otros nutrientes. Una pequeña cantidad de plantas de molienda seca también tienen la capacidad de fraccionar el grano al final del proceso, obteniendo germen, salvado, “DDGS de alto contenido proteico” y otros productos. En algunos casos los productores de etanol consideran utilizar las porciones celulósicas del salvado de maíz como un insumo para etanol

celulósico. La mayoría del etanol de grano producido alrededor del mundo en la actualidad proviene de los procesos de molienda seca (RFA, 2011; Cooper y Weber, 2012).

En 2010, se empleó globalmente un estimado de 142.5 millones de toneladas de grano para producir etanol, representando 6.3% del uso de grano global sobre una base bruta. Debido a que aproximadamente un tercio del volumen de grano procesado para etanol actualmente fue usado para producir alimento para animales, es apropiado sugerir que el equivalente de 95 millones de toneladas de grano fueron utilizados para producir combustible y las equivalentes restantes 47.5 millones de toneladas ingresaron al mercado de los alimentos en forma de subproductos. De esta manera, la producción de etanol representó el 4.2% del uso total global de grano en 2010/11 sobre una base neta. Los Estados Unidos fue el líder global en la producción de etanol de grano, representando el 88% del grano total usado para etanol. La Unión Europea representó 6% del grano usado para etanol, seguido por China (3.4%) y Canadá (2.3%). La gran mayoría del grano procesado para etanol por los Estados Unidos fue maíz, aunque el sorgo representó una cuota pequeña (aproximadamente 2%). Inicialmente la industria de Canadá utilizó trigo y maíz para etanol, mientras que los productores europeos utilizaron principalmente trigo, pero también procesaban algo de maíz y otros granos gruesos. El maíz también representó la mayoría del grano usado para producir etanol en China (Licht, 2011; Cooper y Weber, 2012).

Los subproductos de biocombustibles son utilizados ampliamente en la actualidad como ingredientes alimenticios en las dietas de ganado, aves y peces. A menudo sustituyen a alimentos de alto precio en las raciones de animales. Se ha indicado que los DDGS han ocasionado un descuento significativo para el maíz y harina de soja, que son los ingredientes que sustituye primariamente en las dietas (Hoffman y Baker, 2010). Los rumiantes, vacunos para carne y vacas lecheras, han sido históricamente los principales consumidores de subproductos alimenticios derivados de etanol y biodiesel. Sin embargo, el empleo de estos subproductos en raciones de no rumiantes, tales como cerdos y broilers, se ha incrementado en los últimos años.

En buena cantidad de estudios se ha examinado el uso de subproductos de biocombustibles en

raciones para animales y han identificado consideraciones clave para diferentes especies animales. La cantidad de subproductos que pueden introducirse en las raciones depende de las características nutricionales de los ingredientes individuales y de los factores limitantes únicos para las varias especies que se alimentan (Shurson y Spiehs, 2002; Anderson *et al.*, 2006; Whitney *et al.*, 2006; Daley, 2007; Klopfenstein *et al.*, 2008; Schingoethe, 2008; Stein, 2008; Bregendahl, 2008; Walker *et al.*, 2011).

En otros ensayos se ha examinado la masa de los insumos tradicionales desplazada de las raciones típicas por efecto de la inclusión de masa de los subproductos provenientes de biocombustibles, como los granos de destilería. En algunos de estos ensayos se muestra que debido a la concentración de ciertos componentes nutricionales, una masa dada de granos de destilería puede desplazar más que la masa equivalente de maíz o harina de soja en algunas raciones. Arora *et al.* (2008), por ejemplo, encontraron que 1 kg de granos de destilería puede desplazar 1.2 kg de maíz en una ración típica de vacunos de carne. Hoffman y Baker (2011) encontraron que "...en agregado incluyendo tipos principales de ganado/ aves), una tonelada métrica de DDGS puede reemplazar, en promedio, 1.22 toneladas métricas de alimento constituido de maíz y harina de soja en los Estados Unidos".

En general, los estudios muestran que los granos de destilería pueden dar cuenta de aproximadamente 30 a 40% en las raciones de ganado vacuno de carne, aunque pueden emplearse tasas más altas. Los estudios de alimentación animal generalmente indican que la inclusión efectiva de granos de destilería en tasas de 20 a 25% para vacas lecheras, 20% para cerdos del nacimiento al acabado, y 10 a 15% para las fases de crecimiento-acabado de aves. El gluten proveniente de la molienda húmeda es típicamente alimento de ganado vacuno de carne en una tasa de inclusión de 30 a 50% de la ración, en tanto que la harina de gluten es también un ingrediente común en los alimentos de mascotas. La pulpa de remolacha planchada o rayada es típicamente alimento para rumiantes en no más de 15 a 20% de la dieta. La glicerina proveniente del procesamiento de biodiesel puede adicionarse a las dietas de vacunos lecheros y de carne en proporciones bajas, típicamente representando no más de 10% de la ración.

La investigación está tratando de determinar la inclusión de niveles apropiados de glicerina en raciones de cerdos y aves (Vander Pol *et al.*, 2006; Flores y Perry, 2009).

Los estudios indican que la producción y consumo de carne, leche, huevos y otros alimentos agrícolas puede reducirse ligeramente debido a los costos más altos de los insumos inducido por la expansión de los biocombustibles pero, de nuevo, se encuentra que los impactos son pequeños. Por ejemplo, la EPA de los Estados Unidos (Agencia para la Protección del Ambiente) encontró que la implementación completa de los mandatos RFS de consumo de biocombustible se esperaba que ocasionara una reducción en el consumo de sólo 0.05% de productos ganaderos y 0.03% de reducción en el consumo de productos lecheros para el 2022 (EPA, 2010). En un análisis de los impactos al mercado agrícola de lograrse el mandato RFS de 2015 para biocombustibles convencionales (almidón de maíz), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) no encontró cambio en el volumen de pollo en EE UU, un promedio de - 0.2% de reducción en el volumen de producción de leche y un promedio de reducción de - 0.3% en el volumen de producción de cerdo sobre valores base de entre 2007 y 2016 (USDA, 2007).

Se indica que mientras que los resultados de estos análisis económicos son instructivos, muchos de los estudios han fallado en incorporar apropiadamente los impactos económicos del consumo incrementado de los subproductos de los biocombustibles por los sectores ganadero y avícola (Taheripour *et al.*, 2010).

La inclusión de DDGS-maíz en las dietas de aves no es nueva; sin embargo, la mayoría de los DDGS descritos en estudios del rendimiento del crecimiento y de digestibilidad antes de la última década provinieron mayormente de la industria cervecera; sin embargo, estos pueden ser diferentes en composición química a los DDGS producidos por las modernas plantas productoras de bioetanol, debido a las mejoradas técnicas de fermentación. Morrison (1954) observó que se podía incluir hasta 8% de DDGS-maíz en la dieta prácticas de pollos broiler sin efectos negativos sobre el peso corporal. En otro estudio, se incluyó hasta 25% de DDGS-maíz en dietas nutricionalmente adecuadas de broilers sin causar reducción en el peso corporal o en la ingestión de alimento. Estudios adicionales, utilizando DDGS-maíz, propusieron que hasta

40% de la harina de soja podría reemplazarse con DDGS-maíz, en tanto que el contenido de lisina de la dieta sea adecuado (Matterson et al., 1966; Waldroup et al., 1981; Parsons y Baker, 1983).

Existe una tendencia general que indica que se disminuye el rendimiento del crecimiento conforme se incrementa la cantidad de DDGS en la dieta. Esto puede deberse a la ineficiencia de las aves para utilizar la fibra. Se sabe que, junto con otros nutrientes, la cantidad de fibra cruda se incrementa casi tres veces por la fermentación; así, altos niveles de inclusión de DDGS pueden incrementar el contenido dietético de fibra lo que, en cambio, puede impedir la digestibilidad de nutrientes. Thacker y Widyaratne (2007) evaluaron la inclusión de DDGS-trigo en dietas de pollos broiler a una proporción de 0, 5, 10, 15 y 20%. No hubo diferencias en la ganancia de peso, ingestión de alimento y conversión alimenticia en todos los tratamientos en comparación con el testigo. Sin embargo, debido a que hubo alta mortalidad con 20% de inclusión, se recomendó que los DDGS-trigo se incorporen en 15% previendo que los contenidos de baja energía y lisina de los DDGS-trigo sean compensados durante la formulación de la dieta. Similarmente, Loar *et al.* (2010) no reportaron diferencias en el peso corporal final, ingestión de alimento y conversión alimenticia de broilers que recibieron 0 u 8% de DDGS-maíz en sus dietas durante el período de inicio.

Wang *et al.* (2007a) observaron que broilers alimentados con 15% de DDGS-maíz no difirieron del control en peso corporal, ingestión de alimento y conversión alimenticia a los 42 días de edad; sin embargo, 30% de inclusión de DDGS-maíz redujo la eficiencia alimenticia sin efecto alguno sobre la ingestión de alimento o la ganancia de peso, en otro estudio (Wang *et al.*, 2007b) se notó que 15 a 20% de DDGS-maíz puede incorporarse en la formulación de dietas de broilers, en base a aminoácidos digestibles, sin efectos negativos sobre el rendimiento. En tanto que Shim *et al.* (2011) observaron mayores incrementos de peso en el período de inicio de broilers que recibieron 24% de DDGS-maíz contra el control.

Lumpkins *et al.* (2004) recomendaron una tasa óptima de inclusión de DDGS-maíz de 9% en las dietas de inicio de broilers y de 12 a 15% en el período de crecimiento a acabado, ya que por encima de estos niveles los DDGS-maíz disminuyeron el rendimiento del

crecimiento. En un estudio reportado por Hoskova *et al.* (2010), en el que se incluyó 0 ó 25% de DDGS-trigo en la dieta de broilers de 12 a 35 días de edad se produjo similar ingestión de alimento y conversión alimenticia pero el tratamiento con 0% produjo superior rendimiento del crecimiento. En tanto que Vilarino et al. (2007) observaron mejora en la conversión alimenticia de broilers que recibieron 10 ó 20% de DDGS- trigo desde el primero hasta los diez días de edad en comparación con el testigo (0% de DDGS- trigo), pero la ingestión de alimento y el peso corporal final a los 37 días de edad se redujo conforme se incrementó el nivel de DDGS-trigo. Similarmente, Richter et al. (2006) observaron una reducción en la ganancia de peso corporal e ingestión de alimento de broilers en la fase de acabado conforme el nivel de DDGS-trigo se incrementó a 20% en la dieta. Lukasiewicz et al. (2009) determinaron mejoras en la conversión alimenticia de broilers que recibieron 7, 9.5 y 9.5% de DDGS-trigo durante el inicio, crecimiento y acabado, respectivamente; sin embargo, los incrementos de peso corporal fueron consistentemente más altos en los grupos control y también en los machos en comparación a las hembras que recibieron DDGS-trigo.

Además, notaron que la inclusión de DDGS-trigo en la dieta de los broilers incrementó la cantidad de microorganismos benéficos en el intestino (hubo una declinación en la población cecal de Enterobacteriaceae).

Ensayos extensivos de alimentación realizados por Noll *et al.* (2002, 2003 a, b) en pavos investigaron la posibilidad de utilización de DDGS-maíz en dietas de crecimiento/ acabado de pavos pesados que recibieron dietas formuladas en base a aminoácidos digestibles. En los estudios no se determinó diferencias en el rendimiento vivo con relación al peso corporal y conversión alimenticia con una tasa de inclusión de 10% de DDGS-maíz. En otro estudio, proporciones de 15 y 20% de DDGS-maíz ocasionaron rendimiento similar al control (Noll *et al.*, 2004); sin embargo, la inclusión de 20% disminuyó el peso corporal final a las 19 semanas de edad en un estudio posterior realizado por los mismos autores (Noll *et al.*, 2005). Estudios posteriores realizados por Noll *et al.* (2009) mostraron que el peso corporal fue mayor a las 5 semanas de edad en pavos que recibieron dietas con 10, 20 y 30% de DDGS-maíz en comparación a los que recibieron dietas que no los incluyeron.

Método

Debido a que los enzimas exógenos en las dietas de aves pueden ayudar a promocionar el crecimiento, la eficiencia de utilización de nutrientes, y la excreción de nutrientes, algunos autores han evaluado sus beneficios en dietas avícolas que contenían DDGS. Slominski (2010) observó la respuesta del rendimiento de broilers alimentados con una combinación de DDGS-maíz con DDGS-trigo, con o sin suplementación enzimática. Se notó que la inclusión de 10% de la combinación DDGS-maíz/trigo propició un rendimiento similar a la dieta control (0% DDGS) en ausencia de enzima y que en presencia de la enzima se logró un rendimiento similar al control con 15% de DDGS. En el estudio reportado por Olukosi *et al.* (2010), la inclusión de 10% de DDGS-maíz en la dieta de broilers suplementada con una mezcla de acción enzimática fitasa, xilanasas, amilasa y proteasa produjo superior ganancia de peso corporal, ingestión de alimento y eficiencia alimenticia a las tres semanas de edad al comparar con dietas sin DDGS-maíz o enzimas suplementales.

Debido a potencial efecto anti-nutricional de los PNA en los DDGS, algunos investigadores han estudiado el efecto de técnicas de procesamiento para reducir el nivel de PNA. Oryschak *et al.* (2010) examinaron el empleo de DDGS-maíz y DDGS-trigo extruidos (ruptura física de la pared celular y reducción en el peso molecular del sustrato) y no extruidos entre 0 a 30% en la dieta de broilers. Los autores recomendaron una tasa de inclusión de no más de 10% ya sea para DDGS-maíz o DDGS-trigo con o son extruido porque por encima de esta proporción las respuestas del rendimiento tendieron a la baja. También se notó que las tasas de inclusión de los DDGS-maíz o DDGS-trigo en la dieta de broilers en las que se nota declinación del rendimiento también se notó que varió entre estudios. Aunque las diferencias en la calidad nutricional de los DDGS usados puede ser responsable de las variaciones en el rendimiento reportadas entre estudios, factores tales como las características químicas de la dieta usada, raza y edad del ave y condiciones ambientales también pueden afectar el rendimiento. Por otro lado, existe la posibilidad que una dieta que contenga DDGS que es formulada utilizando valores de nutrientes digestibles respaldará el rendimiento y los beneficios adicionales pueden derivar a través de la suplementación de la dieta con enzimas exógenas (Adebiyi, 2014).

El presente trabajo de investigación se desarrolló, en su fase de campo, en una crianza familiar ubicada en el sector este de la ciudad de Lambayeque, distrito, provincia y región del mismo nombre. Tuvo una duración efectiva de 42 días.

Se evaluó los siguientes tratamientos:

- T₁: Testigo;
- T₂: 5% de DDGS en la dieta;
- T₃: 10% de DDGS en la dieta;
- T₄: 15% de DDGS en la dieta.

Se emplearon 100 pollos Cobb 500 de un día de edad, de ambos sexos, provenientes de una planta incubadora de la ciudad de Trujillo.

Los pollitos fueron homogéneos en peso inicial y estuvieron en buenas condiciones de salud. Se prepararon raciones similares en el aporte de energía y proteína para los tratamientos. Se consideró un programa de alimentación de dos raciones, la primera de inicio (hasta los 21 días de edad, Tabla 1) y la segunda de crecimiento-acabado (entre los 22 y 42 días de edad, Tabla2).

Tabla 1
Composición porcentual de las raciones para la fase de inicio

Insumos	Tratamientos			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
DDGS	00.00	05.00	10.00	15.00
Maíz	60.00	57.00	56.00	54.00
Torta de soja	29.94	27.94	23.94	20.94
Harina de pescado	03.00	03.00	03.00	03.00
Afrecho de trigo	01.00	01.00	01.00	01.00
Aceite de soja	02.00	02.00	02.00	02.00
Carbonato de Ca	01.93	01.93	01.93	01.93
Sal común	00.18	00.18	00.18	00.18
Cloruro de colina	00.20	00.20	00.20	00.20
Bicarbonato de Na	00.05	00.05	00.05	00.05
Pre-mezcla	00.10	00.10	00.10	00.10
Fosfato di-cálcico	01.15	01.15	01.15	01.15
Mold Zapp	00.05	00.05	00.05	00.05
Bio-Mos	00.10	00.10	00.10	00.10
DL-Metionina	00.19	00.19	00.19	00.19
Coccidiostato	00.05	00.05	00.05	00.05
Alzyme SSF	00.06	00.06	00.06	00.06
Aporte estimado de:				
Proteína, %	19.7	19.5	19.6	19.5
Energía Met., Mcal	3.1	3.2	3.2	3.2

Tabla 2
Composición porcentual de las raciones para la fase de crecimiento

Insumos	Tratamientos			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
DDGS	00.00	05.00	10.00	15.00
Maíz	61.00	58.00	55.00	52.00
Torta de soja	31.92	29.92	27.92	25.92
Afrecho de trigo	01.00	01.00	01.00	01.00
Aceite de soja	03.00	03.00	03.00	03.00
Carbonato de Ca	01.42	01.42	01.42	01.42
Sal común	00.18	00.18	00.18	00.18
Cloruro de colina	00.15	00.15	00.15	00.15
Bicarbonato de Na	00.05	00.05	00.05	00.05
Pre-mezcla	00.10	00.10	00.10	00.10
Fosfato di-cálcico	00.52	00.52	00.52	00.52
Mold Zapp	00.05	00.05	00.05	00.05
Bio-Mos	00.10	00.10	00.10	00.10
DL-Metionina	00.05	00.05	00.05	00.05
Coccidiostato	00.05	00.05	00.05	00.05
Alzyme SSF	00.06	00.06	00.06	00.06
Toxibond	00.25	00.25	00.25	00.25
Lisina	00.10	00.10	00.10	00.10
Aporte estimado de:				
Proteína, %	18.7	19.0	19.3	19.3
Energía Met., Mcal	3.3	3.3	3.3	3.3

El producto evaluado, DDGS-maíz, fue adquirido de un proveedor local y es comercializado en toda la región para productores de diferentes especies animales, principalmente ganado vacuno lechero y aves.

Es un producto importado de los Estados Unidos de América y traído al Perú por vía marítima.

En instalaciones y equipo se empleó: Corrales de tres metros cuadrados que se confeccionaron con cartón, madera, alambre, pajilla como material de cama. Comederos de la bandeja y tolva, bebederos de sifón; Cintas de plástico, plumón de tinta indeleble, engrapador; Libreta de campo; Cámara fotográfica; Balanza electrónica, aproximación de 1g.; Balanza para pesar insumos, además del equipo típico de una granja avícola.

Para contrastar las hipótesis se empleó un Diseño Completamente al Azar, descrito por el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

Se asumió una máxima probabilidad de 5% de cometer error de Tipo I.

Las instalaciones fueron limpiadas y es infectadas, así como el equipo y mantas, con una anticipación de 20 días. Una semana antes de la llegada de los pollos se hizo vacío sanitario,

se extendió el material de cama (cascarilla de arroz) y se aplicó agua iodada.

Cada uno de los pollitos se asignó aleatoriamente a cada uno de los tratamientos, se identificaron y tomó la pesada inicial; las pesadas posteriores se hicieron cada catorce días. La aleatorización implicó considerar la distribución, lo más homogénea posible, de los machos y hembras entre los grupos; la diferenciación se hizo en función del largo de la plumas del ala izquierda. Durante los primeros catorce días de edad los pollitos estuvieron expuestos a una fuente calor en base a energía eléctrica.

Los insumos para preparar las raciones se adquirieron en un proveedor ubicado en el mercado mayorista de la ciudad de Chiclayo. Las raciones se prepararon en el piso, previamente se limpió y desinfectó. El proceso de mezclado fue progresivo para asegurar la homogeneidad de la mezcla. Los insumos que combinaron primero fueron aquellos que estuvieron en proporciones menores a 1% en la dieta, una vez lograda la homogeneización se combinaron con una fracción del maíz, progresivamente se fue incorporando el resto del maíz y de los restantes insumos. El aceite empleado también fue combinado con una porción de maíz y luego se combinó con la mezcla restante. El alimento se suministró en cantidades para propiciar consumo ad libitum; el consumo se determinó por diferencia entre las cantidades ofertadas y el residuo.

Finalizada la crianza se procedió a sacrificar una muestra de cada uno de los tratamientos para determinar el peso y rendimiento de carcasa; la carcasa no incluyó tarsos, cuello-cabeza, hígado y molleja. Se consideró un período de doce horas de retiro de alimento; en el sacrificio se tuvo en cuenta un aturdimiento (rotura de cuerda dorsal), degüello y sangrado por gravedad, escaldado (70°C), desplume manual y eviscerado. Se separó el cuello-cabeza, la molleja, el hígado y los tarsos y se registraron los pesos.

Se tomaron las medidas sanitarias pertinentes (pediluvio con desinfectante, fumigación periódica, no ingreso de personas ajenas al experimento, control de moscas, etc.) para evitar la presentación de problemas sanitarios.

Se consideró la evaluación de las siguientes variables:

- Consumo de alimento

- Peso e incremento de peso vivo
- Conversión alimenticia
- Mérito económico
- Peso y rendimiento de carcasa

La conversión alimenticia se determinó en la forma tradicional (kilos de alimento consumido/kilos de peso vivo incrementado).

El mérito económico representó a la cantidad de dinero gastado en alimento para incrementar un kilo de peso vivo. El rendimiento de carcasa expresa la relación porcentual entre el peso de la carcasa respecto al peso vivo inmediatamente antes del sacrificio.

En el análisis estadístico se consideró:

Prueba de homogeneidad de varianzas con el peso inicial y los incrementos de peso, con la finalidad de corroborar la exigencia de homocedasticidad para aplicar el análisis de la varianza (Scheffler, 1982).

Análisis de la varianza con los incrementos de peso; en los casos en los que el valor de F resultó significativo se procedió a aplicar la prueba de recorrido múltiple de Duncan. Cuando se analizó el incremento de peso a los 14 y a los 28 días de edad se determinó que el valor de χ^2 de la prueba de Bartlett fue significativo, indicativo que para estas edades no se cumplía la condición de homocedasticidad, por tal motivo se procedió a transformar la información a base logarítmica y proceder a aplicar el análisis de la varianza, recomendación que es sugerida por Ostle (1979).

En el caso de la información trabajada en forma porcentual (rendimiento de carcasa) se procedió a aplicar la transformación raíz cuadrada-arco seno, con la finalidad de normalizar la información que por su propia naturaleza está inclinada (curtosis) hacia uno de los lados de la curva de distribución normal (Scheffler, 1982).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos con el consumo de alimento se presentan en el Cuadro N° 3.

Tabla 3
Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron DDGS-maíz en el alimento en forma progresiva

	Tratamientos			
	1	2	3	4
Pollos/tratamiento	25	25	25	25
Duración, días	42	42	42	42
DDGS, maíz %	00	05	10	15
Consumo por pollo Kg.				
Inicio	0.542	0.548	0.560	0.570
Crecimiento	1.476	1.528	1.533	1.5466
Acabado	2.124	2.262	2.260	2.308
Acumulado	4.142	4.338	4.353	4.424

Como se puede deducir, de la observación de las cifras, todos los tratamientos que recibieron DDGS-maíz presentaron consumo ligeramente superior al testigo; además, se puede notar que dentro de cada tratamiento el mayor consumo en relación al testigo se fue incrementando.

En la Figura 1, se aprecia el comparativo porcentual entre tratamientos para consumo acumulado. Aun cuando el efecto sobre el consumo no fue muy grande, se aprecia que fue consistente; por lo que se puede sostener que conforme se elevó el contenido de DDGS-maíz en la ración también lo hizo el consumo. El mayor consumo acumulado fue de 4.7, 5.1 y 6.8% respectivamente para los tratamientos 2, 3 y 4 con relación al testigo.

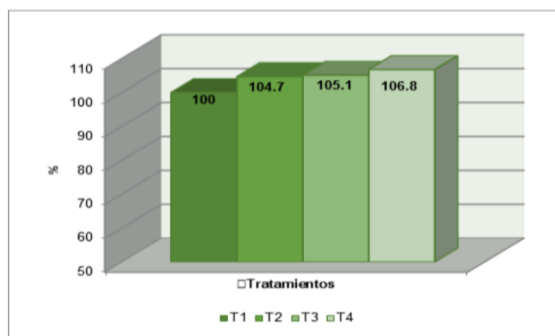


Figura 1. Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo acumulado de alimento

Diferentes investigadores, tanto con DDGS-maíz como con DDGS-trigo, evaluaron proporciones diferentes (de hasta 20%) y no encontraron efectos importantes sobre el consumo de alimento (Parsons y Baker, 1983); como en el aporte de energía en la dieta que motivaría a que el animal consumiera más para compensar el menor contenido energético. En todo ensayo de alimentación el consumo de alimento es el primer indicador evaluado debido a que en función de él se obtiene un adecuado o inadecuado rendimiento. Por otro lado, de nada sirve que el alimento tiene una adecuada composición química si no es consumido. En este caso, por lo menos lo obtenido con el consumo, indica que el insumo es adecuado. Los resultados relacionados con el peso e incremento de peso vivo se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Peso vivo e incremento de peso de pollos de carne que recibieron DDGS- maíz en el alimento en forma progresiva.

Aspectos	Tratamientos			
	1	2	3	4
Pollos/tratamie.	25	25	25	25
duración/días	42	42	42	42
DDGS-maíz %	0	5	10	15
Pesos, gramos por pollo:				
inicial	42.84	43.64	43.48	41.96
14 días	349.04	366.84	351.48	345.96
28 días	1274.2	1315	1345.6	1258.7
42 días	2308.4	2268.7	2323.6	2224.1
Incremento de peso, gramos p/pollo:				
inicio	306.2	323.2	308	304
crecimiento	925.2	948.2	994.1	912.7
acabado	1034.2	953.7	978	965.7
acumulado	2265.6	2225.1	2280.1	2182.1

a, b Letras diferentes sobre los promedios indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$, Duncan) entre tratamientos dentro de períodos de crianza.

Con los incrementos de peso en el período de “inicio”, la prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas permitió determinar que la componente residual de varianzas estuvo uniformemente distribuida entre los tratamientos; al aplicar el análisis de la varianza se determinó que las diferencias entre los tratamientos no alcanzaron significación estadística. El comparativo porcentual entre tratamientos mostró que el tratamiento 2 estuvo 5.6% por encima del testigo; el tratamiento 3 fue muy parecido al testigo, estando 0.6% por encima de él; en tanto que el tratamiento 4 estuvo 0.7% por debajo.

En el período de “crecimiento”, la prueba de homogeneidad de varianzas indicó que hubo ausencia de homocedasticidad, motivo por el cual se procedió a transformar la información a base logarítmica para poder aplicar el análisis de la varianza, el que mostró que las diferencias entre tratamientos alcanzaron significación estadística; el tratamiento 3 fue el que mejor incremento logró. Al realizar el comparativo porcentual se determinó que los tratamientos 2 y 3 superaron al testigo en 2.5 y 7.5%, respectivamente; en tanto que el tratamiento 4 estuvo 1.3% por debajo del testigo.

En el período de “acabado”, la prueba de homogeneidad de varianzas determinó que hubo homocedasticidad y se procedió a aplicar el análisis de la varianza, encontrándose significación estadísticas ($P \leq 0.05$) para las diferencias entre los tratamientos; determinándose que el tratamiento testigo fue superior a los tres tratamientos que incluyeron DDGS-maíz en la dieta.

El comparativo porcentual entre tratamientos permitió determinar que los tratamientos 2, 3 y 4 estuvieron por debajo del testigo en 7.8, 5.4 y 6.7%; el tratamiento 3 (10% de DDGS-maíz en la dieta) fue el que menos merma presentó.

Al evaluar el incremento acumulado de peso, la prueba de homogeneidad de varianzas determinó que la componente residual de varianzas estuvo uniformemente distribuida entre los tratamientos; al aplicar el análisis de varianza se determinó que las diferencias entre tratamientos no alcanzaron significación estadística.

El comparativo porcentual mostró que el tratamiento 2 estuvo 1.8% por debajo del testigo, el tratamiento 3 estuvo 0.6% por encima y el tratamiento 4 estuvo 3.7% por debajo. Este comportamiento es indicativo de que el DDGS-maíz puede ser incorporado en la dieta hasta en la proporción de 10%, con mayor inclusión parecedarse una tendencia de merma considerable en el rendimiento, aun cuando la diferencia con el testigo no fue significativa. El análisis de covarianza entre el incremento acumulado de peso y el peso inicial determinó que el efecto de la variable concomitante fue no significativo.

El análisis de covarianza entre el incremento acumulado de peso y el peso inicial determinó que el efecto de la variable concomitante fue no significativo.

En el caso del presente ensayo se apreció que los incrementos de peso fueron mejores con 5% en el inicio, 10% en el crecimiento y sin DDGS en el acabado. Al considerar sólo el incremento acumulado de peso se puede observar que con 10% de DDGS se logra la misma eficiencia biológica que con el testigo.

Concordando con diferentes investigadores; sin embargo, al análisis estadístico no hubo diferencias significativas entre el testigo y el tratamiento con 15% de DDGS en la dieta, la diferencia entre estos tratamientos fue de 3.7% a favor del testigo, bajo determinadas condiciones esa diferencia puede llegar a ser de considerable importancia económica.

El contenido de proteína y energía relativamente altos (27 a 29.8% de PC; 20.5 a 23.2 MJ/ kg) hacen, al parecer, sostenible técnicamente la inclusión de DDGS-maíz en la dieta de los pollos. Sin embargo, es difícil de explicar porque no se comportaron los pollos mejor que el testigo en la fase de acabado. Richter et al. (2006) y Hoskova et al. (2010) obtuvieron mejores rendimientos del control en el acabado, atribuible a una interacción entre nutrientes debido al considerable mayor consumo de alimento de los pollos durante este período, en la que la fibra puede jugar un rol importante. Esta apreciación es reforzada por los resultados obtenidos por Shim et al. (2011) quienes con 24% de DDGS-maíz en la dieta de inicio obtuvieron mejores resultados que con el testigo.

Los resultados de conversión alimenticia y mérito económico se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Conversión alimenticia y merito económico de pollos de carne que recibimos DDGS-maíz en el alimento en forma progresivo.

ASPECTOS	TRATAMIENTOS			
	1	2	3	4
Pollos/Tratamiento	25	25	25	25
duración, días	42	42	42	42
DDGS - maíz %	0	5	10	15
Conversión alimenticia:				
inicio	1.77	1.7	1.82	1.88
crecimiento	1.6	1.61	1.54	1.69
acabado	2.05	2.37	2.31	2.39
acumulado	1.83	1.95	1.91	2.03
gasto en alimento:				
	197.2	196.3	194.9	193.7
merito económico	3.48	3.69	3.44	3.65

En el “inicio”, la conversión lograda por el tratamiento 2 (5% de DDGS-maíz) fue 3.9% más eficiente que la lograda por el testigo; en tanto que la de los tratamientos 3 y 4 (10 y 15% de DDGS-maíz, respectivamente) fue 2.8 y 6.2% menos eficiente que la del testigo.

Esto concuerda con la opinión de diferentes investigadores (Zijlstra et al., 1999; Boros et al., 2002; Carre et al., 2002; Bedford et al., 2004; Choc et al., 2004; Zijlstra et al., 2007; Adeola y Cowielson, 2011) que indican que al incrementarse, por encima de cierta proporción, la presencia de DDGS en la dieta se reduce la eficiencia de la conversión alimenticia debido a que se incrementa la presencia de fibra, la que no sólo está constituida por celulosa y hemicelulosa, sino también por arabinosilanos y β -glucanos y otras fracciones de arabinogalactanos, galactanos y polisacáridos pécticos.

Los arabinosilanos y β -glucanos son altamente solubles en agua y los procesos digestivos y de absorción de nutrientes en el TGI están comprometidos cuando se ingieren en cantidades excesivas. Los polisacáridos no almidones (PSN) solubles en agua ejercen sus propiedades anti nutricionales por su alta afinidad al agua y formación de sustancias tipo gel.

La formación del medio gel causa un incremento en la viscosidad de la digesta, más lenta tasa de tránsito de la digesta en el TGI y también una reducción en la absorción de nutrientes mediante encapsulación de otros nutrientes y enzimas dentro del medio gel. Estos efectos tienen consecuencias negativas sobre la utilización de la energía y nutrientes.

En el "crecimiento", en el mismo orden de tratamientos, en el tratamiento 3 (10% de DDGS) la conversión fue 3.7% más eficiente que la del testigo; en los tratamientos 2 y 4 (5 y 15%, respectivamente, de DDGS) la conversión fue menos eficiente en 0.6 y 5.6%.

Con el incremento de la edad mejora la soportabilidad del pollo a una proporción mayor de DDGS. Sin embargo, como se observó con los incrementos de peso, en el acabado todos los tratamientos que recibieron el producto fueron menos eficientes que el testigo en la utilización del alimento para ganar peso y esto es interesante de resaltar si se tiene en cuenta que todas las dietas que se suministraron entre los 22 y 42 días de edad recibieron un suplemento enzimático y lisina, el suplemento enzimático también se suministró en la dieta suministrada entre los días 1 y 21 en todos los tratamientos.

Varios investigadores (Cromwell et al., 1993; Spiehs et al., 2002; Fastinger et al., 2006; Vilarino et al., 2007; Cozannet et al., 2011) han indicado que pueden estar presente una serie de factores que actúen en forma negativa, limitando la utilidad como alimento de los DDGS; entre ellos el balance de aminoácidos, principalmente lisina. En un período en el que los pollos ganaron un kilo o más de peso vivo existe la posibilidad de que el suplemento de lisina haya sido insuficiente para lograr mejor eficiencia en la utilización del alimento en el período de "acabado".

La lisina podría verse disminuida en su disponibilidad si el producto recibió excesivo tratamiento térmico. El excesivo tratamiento térmico de los DDGS puede causar que el grupo amino de la lisina reaccione con el grupo carbonilo sobre los azúcares reductores en una reacción de Maillard. Debido a que las aves no disponen de los enzimas capaces de romper la ligadura entre la lisina y el residuo azúcar, el producto de la reacción no está disponible, generalmente, para hidrólisis en el tracto gastrointestinal y es excretado. Sin embargo, se esperaría que la

cantidad de azúcares libres en los DDGS sea más baja, puesto que la fermentación los cambiaría a alcohol. Sin embargo, la reducción en azúcares no puede reducir el potencial para las reacciones Maillard, puesto que se piensa que la cantidad de aminoácidos libres incrementa con la fermentación (Cromwell et al., 1993; Nyachoti et al., 2005; Noll et al., 2007a; Vilarino et al., 2007; Kingsly et al., 2010; Liu, 2011).

Se podría, así mismo, asumir que al "acabado" podría haberse dado una inadecuada ingestión de minerales, sobre todo de fósforo por la peculiaridad de estar, una parte importante, ligado al ácido fítico (Martínez-Amezcu et al., 2004; Martínez-Amezcu y Parsons, 2007; Steiner et al., 2007; Widyaratne y Zijlstra, 2007; Szczurek, 2009; Liu y Han, 2011); sin embargo, esta opción dejó de ser considerada al incluirse un suplemento enzimático con acción fitasa en el alimento.

Al considerar el valor acumulado de conversión alimenticia se pudo notar que el tratamiento que más se aproximó al testigo fue el que incluyó 10% de DDGS, seguido del tratamiento con 5% de DDGS y el que más se alejó (menos eficiente en 10.9%) fue el tratamiento con 15%; como se puede apreciar en la Figura N° 2, teniendo en cuenta la eficiencia de utilización del alimento para ganar peso vivo se podría incluir 10% de DDGS-maíz en la dieta de pollos de carne. Pero sería aconsejable implementar un plan en que se emplee 5% en el inicio, 10% en el crecimiento y no utilizarlo en el acabado. Sin embargo, es necesario tener en cuenta otra variable como el mérito económico.

Al considerar el mérito económico, al realizar el comparativo porcentual entre tratamientos se pudo determinar que el tratamiento 3 (10% de DDGS) fue 1.1% más eficiente que el testigo y que los tratamientos 2 y 4 (5 y 15% de DDGS) fueron menos eficiente económicamente en 6 y 2% respectivamente. Estos resultados corroboran la recomendación de emplear 10% de DDGS en la dieta, el relativamente pequeño margen económico a favor de este tratamiento se debe al hecho de que la inclusión de DDGS permite reemplazar parcialmente a un insumo más caro (torta de soja), con un diferencial de precio por kilo de 0.76 nuevos soles a favor de DDGS.

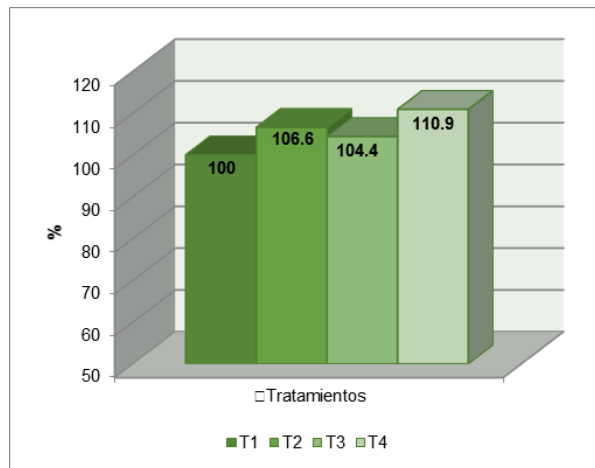


Figura 2. Comparativo porcentual entre tratamientos para CA acumulada.

El producto evaluado (DDGS-maíz) muestra potencialidad de ingresar en las raciones de pollos de carne en función del desempeño, técnico y económico, en vivo. Aun cuando los precios del petróleo han disminuido a su mínimo en el mercado internacional, lo cual motivará una disminución en la producción de etanol y biodiesel, es cierto que tal disminución no podrá ser sostenida por mucho tiempo.

Aun más, es un hecho que el petróleo se agota en el mundo y, en consecuencia, los seres humanos nos veremos obligados a utilizar los combustibles alternativos entre los que se encuentran el etanol y el biodiesel y tendremos que dar uso obligado a los subproductos de dicha industria y el empleo como insumo alimenticio es buena, sino mejor, alternativa.

Los resultados de peso y rendimiento de carcasa se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Peso y rendimiento de carcasa de pollos de carne que recibieron DDGS-maíz en el alimento en forma progresiva.

ASPECTOS	TRATAMIENTOS			
	1	2	3	4
Pollos/Tratamiento	25	25	25	25
duración, días	42	42	42	42
DDGS - maíz %	0	5	10	15
peso de carcasa kg:	1695	1732	1839	1936
comparativo porcentual:	100	102.2	114.3	113.8
Rendimiento de la carcasa %:	73.85	75.37	81.85	83.9

Con relación al peso de la carcasa, El análisis de la varianza mostró que las diferencias entre tratamientos fueron significativas, los tratamientos 3 y 4 fueron similares entre sí y superiores a los tratamientos 1 y 2. Al realizar el comparativo porcentual se apreció que todos los tratamientos que incluyeron DDGS-maíz fueron superiores al testigo; así, los tratamientos 2, 3 y 4 lo superaron en 2.2, 14.3 y 13.9%, respectivamente.

Con el rendimiento de carcasa, Las diferencias entre los tratamientos alcanzaron significación estadística; como en el caso del peso de la carcasa, los tratamientos 3 y 4 fueron similares entre sí y superiores a los tratamientos 1 y 2, que tampoco difirieron entre ellos. El producto DDGS-maíz es lo que queda después de haberse retirado buena parte de los carbohidratos del maíz en forma de alcohol (etanol), permitiendo que se incremente considerablemente la proporción de proteína y de lípidos. Por otro lado, el proceso de fermentación es realizado por *Saccharomyces cerevisiae* y, al parecer, da lugar a que componentes de esta levadura estén presentes en el producto y que, además, el tenor y composición de la proteína exhibida por el hayan sido modificados hacia un mejor amino grama.

Ingledew (1999) reportó que la levadura puede constituir hasta 5.3% de la proteína total en DDGS-maíz. Por otro lado, Belyea et al. (2004) notaron que la proteína de la levadura contribuye aproximadamente 55% al contenido total de proteína de DDGS-maíz. Sin embargo, al parecer el valor indicado por Belyea et al., puede haber sobreestimado la contribución de la proteína de la levadura a la proteína total en DDGS porque los investigadores no cuantificaron para aminoácidos

dispensables en su estimación. Martínez-Amezcuca (2005) reportó que, aproximadamente, 10% de los aminoácidos totales en DDGS-maíz es contribuido por la levadura. Belyea et al. (2004) también argumentaron que el aminoácido lisina que es encontrado en bajas concentraciones en el grano de maíz (0.24 g/ 100g) y en concentraciones mucho más altas en la levadura (3.32 g/ 100 g) incrementó en DDGS-maíz (0.77 g/ 100 g). En el estudio de Liu (2011) se encontró que la post-fermentación del maíz hubo incrementos rápidos en las concentraciones de algunos aminoácidos, la de otros permaneció inalterada y la de otros disminuyó.

Esto podría hacer que los DDGS-maíz, de alguna manera, se puedan comportar como un reemplazante de la torta de soja y que los principios aportados por la levadura estimulen el metabolismo hacia la funciones de tipo anabólico, como ha sido mostrado en diferentes ensayos en los que los componentes de la pared de la levadura se constituyen en prebióticos, atrapadores de micotoxinas y, sobre todo, proveedores de nucleótidos y nucleósidos que favorecen las funciones de síntesis de tejidos debido a su participación mejorando la disponibilidad de energía útil, como componentes de coenzimas, de reguladores fisiológicos, como portadores de intermediarios activados, mejorando la síntesis de proteínas, la mitosis celular, optimizando el metabolismo de lípidos, propiciando mejor actividad hematológica, morfología intestinal y tejido hepático (Berne et al., 1983; Gil et al., 1985; Sánchez-Pozo et al., 1985; Delucci et al., 1987; Uauy et al., 1990; Scopesi et al., 1999; Cory, 1992; Mosqueda-García, 1993; Bueno et al., 1994; Carver, 1994; Ortega et al., 1994; Sanderson y He, 1994; Carver y Walker, 1995; Matsumoto et al., 1995; Voet y Voet, 1995; López et al., 1996, 1997; Nishizawa et al., 1996; Iwasa et al., 1997; Kishibuchi et al., 1997; Yamamoto et al., 1997; Yamauchi et al., 1998; Tsujinaka et al., 1999; Stryer et al., 2013).

Los resultados obtenidos con los pesos y rendimientos de carcasa evidencian que los DDGS-maíz constituyen una buena alternativa en la alimentación del pollo de carne por lo menos hasta la proporción de 15% en la dieta.

El problema que podría surgir para su conveniente empleo estaría en la calidad del producto que llegue a nuestro país, como se ha indicado en la bibliografía citada la calidad podría verse afectada negativamente por varios factores en el proceso de producción y almacenamiento.

Conclusiones

Se evidenció una tendencia definida a incrementar el consumo de alimento conforme se incrementó la proporción de DDGS-maíz en la dieta; en 4.7, 5.1 y 6.8% en el consumo acumulado en los tratamientos con 5, 10 y 15% del producto, respectivamente, sobre el testigo.

Los incrementos de peso acumulados fueron similares a los del testigo con 10% de DDGS-maíz en la dieta; se observó que en el inicio fue mejor con 5%, en el crecimiento con 10% del producto, en el acabado todos los tratamientos con DDGS-maíz estuvieron por debajo del testigo.

En el inicio la mejor conversión alimenticia fue con 5%, en el crecimiento con 10%, en el acabado fue mejor con el testigo; la conversión alimenticia acumulada que más se aproximó al testigo fue con 10% de DDGS-maíz.

Se logró mejor mérito económico con 10% de DDGS-maíz, superando al testigo en 1.1%; esto se debió al diferencial de precio al reemplazar parte de la torta de soja.

El peso y rendimiento de carcasa fue significativamente mejor con 10 y 15% de DDGS-maíz, superando al testigo en 14% en el peso y en 10 unidades porcentuales en el rendimiento.

Referencias bibliográficas

- Adebisi, A. O. 2014. The nutritional value for poultry and pigs of biofuel co-products. PhD thesis. University of Glasgow. Scotland, United Kingdom.
- Adeola, O. and A. J. Cowieson. 2011. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non ruminant animal production: BOARD-INVITED REVIEW. *Journal of Animal Science*, **99**:3189-3218.
- Anderson, J., D. Schingoethe, K. Kalscheur, and A. Hippen. 2006. Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **89**: 3133-3142.
- Arora, S., M. Wu, and M. Wang. 2008. Update of distillers grains displacement ratios for corn ethanol life-cycle analysis. Center for

- Transportation Research, Energy System Division, Argonne National Laboratory. Chicago, Illinois, USA.
- Bedford, M. R. 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition--their current value and future benefits 1. *Animal Feed Science and Technology*, 86:1-13.
- Belyea, R. L., K. D. RAUSCH, and M. E. TUMBLESON. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles in grind ethanol processing. *Bioresource Technology*, 94:293-298.
- Berne, R. M., R. M. Knabb, S. W. Ely, and R. Rubio. 1983. Adenosine in the local regulation of blood flow: a brief overview. *Federation Proc.*, 42:3136-3142.
- Boros, D., R. R. Marquardt, W. Guenter, and J. Brufau. 2002. Chick adaptation to diets based on milling fractions of rye varying in arabinoxylans content. *Animal Feed Science Technology*, 101: 135-149.
- Bregendahl, K. 2008. Use of distillers co-products in diets fed to poultry. Chapter 5, in: B.A. Babcock, D.J. Hayes and J.D. Lawrence (editors). *Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries*. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center.
- Bueno, J., M. Torres, A. Almendros, R. Carmona, M. C. Núñez, A. Rios, and A. Gil. 1994. Effect of dietary nucleotides on small intestinal repair after diarrhoea. *Histological and ultrastructural changes*. *Gut*, 35:926-933.
- Carre, B., A. Idi, S. Maisonnier, J. P. Melcion, F. X. Oury, J. Gomez, and P. Pluchard. 2002. Relationship between digestibilities of food components and characteristics of wheats (*Triticum aestivum*) introduced as the only cereal source in broiler chicken diet. *British Poultry Science*, 43: 404-415.
- Carver, J. D. 1994. Dietary nucleotides: cellular immune, intestinal and hepatic system effects. *J. Nutr.*, 12:144-148.
- Carver, J. D., and W. A. Walker. 1995. The role of nucleotides in human nutrition. *Nutr. Biochem.*, 6:58-72.
- Choct, M., A. Kocher, D. L. E. Waters, D. Pettersson, and G. Ross. 2004. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 92:53-61.
- Cooper, G. and A. Weber. 2012. An Outlook on world biofuel production and its implication for the animal feed industry. In: *Biofuel Co-Products as Livestock Feed: Opportunities and Challenges*. (MAKKAR, H.P.S., ed.) FAO. Rome, Italy. pp. 1-12.
- Cory, J. G. 1992. Purine and pyrimidine nucleotide metabolism. Pages 529-571 in *Textbook of Biochemistry*. T. M. Devlin, ed. Wiley-Liss, Inc., New York, NY.
- Cozannet, P., Y. Primot, C. Gady, J. P. Metayer, M. Lessire, F. Skiba, and J. Noblet. 2011. Standardised amino acid digestibility of wheat distillers' dried grains with solubles in force-fed cockerels. *British Poultry Science*, 52:72-81.
- Cromwell, G. L., K. L. Herkelman, and T. S. Stahly. 1993. Physical, Chemical, and Nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *Journal of Animal Science*, 71:679-686.
- Daley, E. 2007. Impact of ethanol expansion on the cattle feeding industry. MSc Thesis. Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
- De Lucchi, C., M. L. Pita, N. J. Faus, J. A. Molina, R. Uauy, and A. Gil. 1987. Effect of dietary nucleotides on fatty acid composition of erythrocyte membrane lipids in term infants. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 6:568-574.
- EPA [United States Environmental Protection Agency]. 2010. Renewable Fuel Standard Program (RFS2) Regulatory Impact Analysis. Washington, D.C., USA. 901 p.
- 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. *Poultry Science*, 85:1212.
- Flores, A. and A. Perry. 2009. Biodiesel with benefits: Fuel for cars and leftovers for livestock. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. *Biofuel Co-Products as Livestock Feed: Opportunities and Challenges*. H. P. S. Makkar (editor). United Nations Organization. Rome, Italy. 553 pp.
- Gil, A., M. L. Pita, J. Martinez, J. A. Molina, and F. Sánchez-Medina. 1985. Effect of dietary nucleotides on the plasma fatty acids in at-term neonates. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.*, 40:185-195.
- Hoffman, L. and A. Baker. 2010. Market issues and prospects for U.S. distillers' grains: supply, use, and price relationships. USDA,

- Economic Research Service, Washington, D.C., USA. 2 p.
- Hoffman, L. and A. Baker. 2011. Estimating the substitution of distillers' grains for corn and soybean meal in the U.S. feed complex. USDA, Economic Research Service, Washington, D.C., USA. 1 p.
- Hoskova, S., A. Vasatkova, P. Kratochvilova, M. Balabanova, M. Lichovnikova, and L. Zerman. 2010. The influence of distillers dried grains with solubles in broilers feed mixtures on their growth parameters. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 58:179-184.
- Ingledeu, W. M. 1999. Yeast- could you base a business on this bug? In *Biotechnology in the Feed Industry; Proceedings of Alltechs 15th Annual Symposium*. Nottingham University Press: Nottingham, U.K. pp 27-47.
- Iwasa, Y., M. Iwasa, Y. Omori, T. Toki, A. Yamamoto, H. Maeda, M. Kume, and S. Ogoishi. 1997. The well-balanced nucleoside-nucleotide mixture "OG-VI" for special medical purposes. *Nutr.*, 13:361-364.
- Kingsly, A. R. P., K. E. Ileleji, C. L. Clementson, A. García, D. E. Maier, R. L. Strohshine, and S. Radcliff. 2010. The effect of process variables during drying on the physical and chemical characteristics of corn dried distiller's grains with solubles (DDGS) - Plant scale experiments. *Bioresource Technology*, 101:193-199.
- Kishibuchi, M., T. Tsujinaka, M. Yano, T. Morimoto, S. Iijima, A. Ogawa, H. Shiozaki, and M. Monden. 1997. Effects of nucleoside and a nucleotide mixture on gut mucosal barrier function on parenteral nutrition in rats. *J. Parenter. Enterol. Nutr.*, 21:104-111.
- Klopfenstein, T. J., G. E. Erickson, and V. R. Bremer. 2008. Use of distillers co-products in diets fed to beef cattle. Chapter 2, in: B.A. Babcock, D.J. Hayes and J.D. Lawrence (editors). *Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries*. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center. USA.
- Licht, F. O. 2011. Feedstock use for biofuels – The outlook for 2011. *World Ethanol & Biofuels Report*, 9(17): 1.
- Liu, K. 2011. Chemical composition of distillers grains, a review. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 59:1508-1526.
- Liu, K. and J. Han. 2011. Changes in mineral concentrations and phosphorus profile during dry-grind processing of corn into ethanol. *Bioresource Technology*, 102: 3110–3118.
- Loar, R. E., J. S. Moritz, J. R. Donaldson, and A. Corzo. 2010. Effects of feeding distillers dried grains with solubles to broilers from 0 to 28 days posthatch on broiler performance, feed manufacturing efficiency, and selected intestinal characteristics. *Poultry Science*, 89:2242-2250.
- López, N. A. T., J. D. Bueno, A. Gil, and A. P. Sánchez. 1996. Morphological changes in hepatocytes of rats deprived of dietary nucleotides. *British J. Nutr.*, 76:579-589.
- López, N. A., A. Gil, and A. P. Sánchez. 1997. Age related effect of dietary nucleotides on liver nucleic acid content in rats. *Annal. Nutr. Metab.*, 41:324-330.
- Lukasiewicz, M., M. Michalczyk, J. Gajewska, K. Wilczynska-Czyz, and J. Niemiec. 2009. Wheat distilled dried grains with solubles (DDGS) as a replacer of extraction soil meal in nutrition of broiler. *Annals of Warsaw University of Life Sciences: Animal Science*, 46: 315-321.
- Lumpkins, B. S., A. B. Batal, and N. M. Dale. 2004. Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poultry Science*, 83:1891.
- Martínez-Amezcuca, C. 2005. Nutritional evaluation of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) for poultry. PhD Dissertation. University of Illinois-Urbana Champaign, Urbana, IL.
- Martínez-Amezcuca, C., C. M. Parsons, and S. L. Noll. 2004. Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poultry Science*, 83:971.
- Martínez-Amezcuca, C. and C. M. Parsons. 2007. Effect of increased heat processing and particle size on phosphorus bioavailability in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Science*, 86: 331-337
- Matsumoto, Y., A. A. Adje, K. Yamauchi, M. Kise, Y. Nakasone, Y. Shinegawa, H. Yokoyama, and S. Yamamoto. 1995. Mixture of nucleosides and nucleotides increases bone marrow cell and peripheral neutrophil number in mice infected with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. Biochemical and molecular roles of nutrients. *J. Nutr.*, 125:815-822.

- Matterson, L.D., J. Tlustohowicz, and E.P. Singsen. 1966. Corn Distillers Dried Grains with Solubles in Rations for High-Producing Hens. *Poultry Science*, 45:147-151.
- Morrison, F. B. 1954. *Feeds and Feeding: A Handbook for the Student and Stockman*. 21st edition. The Morrison Publishing Company. Ithaca, NY, USA.
- Mosqueda-García, R. 1992. Adenosine as a therapeutic agent. *Clin. Invest. Med.*, 15:445-455.
- Nishizawa, N., Y. Harada, and M. Fujimoto. 1996. Effect of dietary nucleotides on cholesterol metabolism in mice. Page 15 in Proc. 70th Annual Meeting of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry. Tokyo, Japan. (Abstr.)
- Noll, S. L., C. Abe, and J. Brannon. 2003a. Nutrient composition of corn distiller dried grains with solubles. *Poultry Science*, 82:71.
- Noll, S. L., C. Parsons, and W. Dozier III. 2007b. Formulating Poultry Diets with DDGS – How Far Can We Go? In: Proceedings of the 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference, N.G. Zimmerman, ed. College Park, MD: Maryland Feed Industry Council and Dept. of Animal and Avian Sciences, University of Maryland, USA. Page 91-99.
- Noll, S. L., J. Brannon, and C. Parsons. 2007a. Nutritional value of corn distiller dried grains with solubles (DDGS): influence of solubles addition. *Poultry Science*, 86:68.
- Noll, S. L., J. Brannon, and V. Stangeland. 2004. Market tom turkey performance and inclusion level of corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Science*, 83:321.
- Noll, S. L., J. Brannon, J. L. Kalbfleisch, and K. D. Roberson. 2005. Metabolizable energy value for corn distillers dried grains with solubles in turkey diets. *Poultry Science*, 84:12.
- Noll, S. L., V. Stangeland, G. Speers, C. M. Parsons, and J. Brannon. 2003b. Market tom turkey response to protein and threonine. *Poultry Science*, 82:73.
- Noll, S. L., V. Stangeland, G. Speers, C. Parsons, and J. Brannon. 2002. Utilisation of Canola Meal and Distillers Grains with Solubles in Market Turkey Diets. *Poultry Science*, 81:92.
- Nyachoti, C. M., J. D. House, B. A. Slominski, and I. R. Seddon. 2005. Energy and nutrient digestibilities in wheat dried distillers' grains with solubles fed to growing pigs. *Journal of Science Food Agriculture*, 85:2581-2586.
- Olukosi, O. A., A. J. Cowieson, and O. Adeola. 2010. Broiler responses to supplementation of phytase and admixture of carbohydrases and protease in maize-soyabean meal diets with or without maize Distillers' Dried Grain with Solubles. *British Poultry Science*, 51:434-443.
- Ortega, M. M., M. C. Núñez, A. Gil, and A. Sánchez-Pozo. 1994. Dietary nucleotides accelerate intestinal recovery after food deprivation in old rats. *J. Nutr.* 124(Suppl.):1413-1418.
- Oryschak, M., D. Korver, M. Zuidhof, X. Meng, and E. Beltranena. 2010. Comparative feeding value of extruded and nonextruded wheat and corn distillers dried grains with solubles for broilers. *Poultry Science*, 89:2183-2196.
- Ostle, B. 1979. *Estadística Aplicada*. Limusa. México, D. F.
- Parsons, C. M. and D.H. Baker. 1983. Distillers dried grains with solubles as a protein source for the chick. *Poultry Science*, 62:2445-2451.
- RFA. 2011. *Fueling a Nation; Feeding the World*. Washington, D.C., USA. 4 p.
- Richter, G., H. Hartung, E. Herzog, and F. Otto. 2006. Use of dried wheat-based distillers grain from bioethanol production in poultry. In: IX Tagung Schweine-und Geflügelernahrung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle, Germany. Page 265-267.
- Sánchez-Pozo, A., M. L. Pita, A. Martínez, J. A. Molina, R. Sánchez-Medina, and A. Gil. 1985. Effect of dietary nucleotides upon lipoprotein pattern of newborn infants. *Nutri. Res.*, 6:53-57.
- Sanderson, I. R., and Y. He. 1994. Nucleotide uptake and metabolism by intestinal epithelial cells. *J. Nutr.*, 124:131-137.
- Scheffler, E. 1982. *Bioestadística*. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Schingoethe, D. J. 2008. Use of distillers co-products in diets fed to dairy cattle. Chapter 3, in: B.A. Babcock, D.J. Hayes and J.D. Lawrence (editors). *Using Distillers Grains in the U. S. and International Livestock and Poultry Industries*. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center. USA.
- Scopesi, F., C. M. Verketse, D. Paola, D. Gazzalo, M. A. Pronzato, P. L. Bruschetti, and U. M. Marinari. 1999. Dietary nucleotide supplementation raises erythrocyte 2,3-

- diphosphoglycerate concentration in neonatal rats. *J. Nutr.*, 129:662-665.
- Shim, M. Y., G. M. Pesti, R. I. Bakalli, P. B. Tillman, and R. L. Payne. 2011. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles as an alternative ingredient for broilers. *Poultry Science*, 90:369-376.
- Shurson, G. and M. Spiehs. 2002. Feeding recommendations and example diets containing Minnesota-South Dakota produced DDGS for swine. Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul Minnesota, USA.
- Slominski, B. A. 2010. Recent advances in enzymes for poultry diets. The Poultry Federation annual Nutrition Conference 7-9 September 2010. Rogers, Arkansas. USA. www.thepoultryfederation.com/.../2-6%20Wed%20%20Bogdan%20Slominski%20-%20Enzymes%20for%20Poultry.pdf.
- Spiehs, M. J., M. H. Whitney, and G. C. Shurson. 2002. Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, 80:2639.
- Stein, H.H. 2008. Use of distillers co-products in diets fed to swine. In: *Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries*. Chapter 4. B. A. Babcock, D. J. Hayes and J. D. Lawrence (editors). Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center. USA.
- Steiner, T., R. Mosenthin, B. Zimmermann, R. Greiner, and S. Roth. 2007. Distribution of phytase activity, total phosphorus and phytate phosphorus in legume seeds, cereals and cereal by-products as influenced by harvest year and cultivar. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 113:320-334.
- Stryer, L., J. M. Berg, y J. L. Tymoczko. 2013. *Bioquímica, con aplicaciones clínicas*. 7ma ed. Editorial Reverté. España.
- Szczurek, W. 2010. Standardized ileal digestibility of amino acids in some cereals, rapeseed products and maize DDGS for broiler chickens at the age of 14 days. *Journal of Animal Feed Science*, 19:72-80.
- Taheripour, F., T. Hertel, and W. Tyner. 2010. Biofuels and their by-products: global economic and environmental implications. *Biomass and Bioenergy*, 34: 278-289.
- Thacker, P. A. and G. P. Widyaratne. 2007. Nutritional value of diets containing graded levels of wheat distillers grains with solubles fed to broiler chicks. *Journal of Science Food Agriculture*, 87:1386-1390.
- Tsujinaka, T., M. Kishibuchi, S. Iijima, M. Yano, and M. Monden. 1999. Nucleotides and intestine. *J. Parenter. Enteral Nutr.*, 23:74-77.
- Uauy, R., G. Stringel, R. Thomas, and R. Quan. 1990. Effect of dietary nucleosides of growth and maturation of the developing gut in rat. *J. Pediatr. Gastroenterology Nutr.*, 10:497-503.
- USDA [United States Department of Agriculture]. 2007. An analysis of the effects of an expansion in biofuel demand on U.S. agriculture. USDA Economic Research Service and The Office of the Chief Economist, Washington, D.C., USA.
- Vander Pol, K., G. Erickson, T. Klopfenstein, M. Greenquist, M. and T. Robb. 2006. Effect of dietary inclusion of wet distillers grains on feedlot performance of finishing cattle and energy value relative to corn. *Nebraska Beef Cattle Report*. pp. 51-53. Lincoln, Nebraska, USA.
- Vilarino, M., J. M. Gauzere, J. P. Metayer, and F. Skiba. 2007. Energy value of wheat-DDGS in adult cockerels and growth performances of broiler chickens. In: *16th European Symposium on Poultry Nutrition*, Strasbourg, France. World Poultry Science Association, French Branch, Tours, France. Pages 83-86.
- Voet D., and J. G. Voet. 1995. *Nucleotide Metabolism*. In: *Biochemistry*. 2nd ed. (N. Rose, ed.) John Wiley and Sons, Inc. New York, NY. Pages 795-797.
- 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 Science*, 60: 1479-1484.
- Walker, J., J. Jenkins, and T. Klopfenstein. 2011. Protein, fiber, and digestibility of selected alternative crops for beef cattle. *Nebraska Beef Cattle Reports*. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.
- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P. W. Waldroup. 2007a. Use of constant or increasing levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets. *International Journal of Poultry Science*, 6:501-507.
- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P. W. Waldroup. 2007b. Utilisation of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler

- diets using a standardized nutrient matrix. *International Journal of Poultry Science*, 6:470-477.
- Whitney, M.H., G. C. Shurson, L. J. Johnston, D. M. Wulf, and B. C. Shanks. 2006. Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *Journal of Animal Science*, 84: 3356–3363.
- Widyaratne, G. P. and R. T. Zijlstra. 2007. Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: Digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 87:103-114.
- Yamamoto, S., M. F. Wang, A. A. Adjei, and C. K. Ameho. 1997. Role of nucleotides and nucleosides in the immune system, gut reparation after injury, and brain function. *Nutr.*, 13:372-374.
- Yamauchi, K., A. A. Adjei, C. K. Ameho, S. Sato, K. Okamoto, S. Kakinohana, and S. Yamamoto. 1998. Nucleoside-nucleotide mixture increases bone marrow cell number and small intestine RNA content in protein deficient mice after an acute bacterial infection. *Nutri.*, 14:270-275.
- Zijlstra, R. T., G. Widyaratne, and E. Beltranena. 2007. Characterization of wheat DDGS and feeding to swine. *Proceedings of the 2007 Western Nutrition Conference*. Saskatoon, SK, Canada. 211-214.
- Zijlstra, R.T., C.F.M. De Lange, J. F. Patience. 1999. Nutritional value for wheat for growing pigs: chemical composition and digestible energy content. *Canadian Journal Animal Science*, 79:187-194.