



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MÁSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**Caracterización Química y Valor Nutritivo
de los DDGS de Cebada, Maíz y Trigo para
Conejos en Crecimiento**

Tesis de Máster
Valencia, Julio 2012

Gilbert Alagón Huallpa

Director:
Juan José Pascual Amorós

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento y gratitud a la Dra. Concepción Cervera Fras y al Dr. Juan José Pascual Amorós, por el asesoramiento y seguimiento en las diferentes etapas de la investigación y hacer posible la culminación del presente estudio.

A todos los profesores de la Maestría de Producción Animal de la UPV, mis sinceros agradecimientos por sus sabias enseñanzas, sus experiencias transmitidas y la amistad brindada.

Mis agradecimientos a Luis, Javier, Eugenio y Juan Carlos, que apoyaron con interés y dedicación las labores de laboratorio y granja, cada uno desde sus responsabilidades contribuyeron en lograr objetivos del estudio.

A mis compañeros y amigos del Máster de Producción Animal, Davi, Eva, Alberto, Juan, Juanjo, María del Carmen, María, Nuria, Orlando, Patricia y Silvia, con quienes compartí momentos inolvidables. Gracias a todos por su amistad.

A Frida, Flor de María, María del Carmen, Paloma, Chaska y el Gran Chemo, mi querida esposa e hijos, a quienes dedico este estudio por soportar con hombría mi ausencia y no estar a su lado para compartir el día a día que la vida nos depara, pronto estaremos juntos, Dios mediante.

A mi madre Plácida y mis hermanos Luis Alberto, Ronald, Guido, Freedy, Jesús y Edwin, por la energía milenaria que transmiten, desde el otro lado del charco, para sentirme entero y lograr objetivos.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú, por la oportunidad brindada para seguir con estudios de posgrado.

A todas la personas que de una u otra manera apoyaron en la realización del presente estudio.

RESUMEN

El presente estudio de caracterización química y determinación del valor nutricional de los DDGS de cebada, maíz y trigo, como co-productos de la industria de bioetanol de España, se realizó con conejos en crecimiento, en las instalaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la UPV. Para caracterizar los DDGS se determinó la composición bromatológica (MS, MO, PB, GB, FND, FAD, LAD, FSND, Celulosa, Hemicelulosa, PB ligada FND, almidón y P), en aminoácidos y ácidos grasos de ocho muestras de DDGS (dos de cebada, dos de maíz y cuatro de trigo). La valoración nutricional se realizó a partir de los coeficientes de digestibilidad aparente (d), para lo cual se formularon y fabricaron cinco piensos experimentales, un pienso control (C) y cuatro que incorporaron por sustitución un 20% de los DDGS de cebada nacional (Dcn), maíz nacional (Dmn), maíz brasileño (Dmb) y trigo nacional (Dtn). Se utilizaron 60 conejos de 42 días de edad, alojados en jaulas de digestibilidad individuales. Se determinaron los dMS, dPB, dGB, dFND, dFAD, dLAD, dEB, dFSNDF, de los aminoácidos (AA) y ácidos grasos (AG). Para determinar los valores de proteína digestible (PD) y energía digestible (ED) de los DDGS se empleó el método de sustitución. Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en la composición entre los DDGS analizados para los constituyentes Ce, PB, GB, FDN, ADF, hemicelulosas y celulosas. Los DDGS de trigo y maíz obtuvieron mayores contenidos de PB, mientras que los DDGS de maíz fueron más ricos en GB, en tanto que la cebada presentó mayor contenido en FND y FAD. En la composición de los AG como % AG totales, los DDGS de cebada y trigo tuvieron mayor proporción de saturados (SFA), mientras que el de trigo fue mayor en poliinsaturados (PUFA), y los DDGS de maíz en monoinsaturados (MUFA). La GB de los DDGS fueron ricos en PUFA y MUFA. La composición aminoácídica de la proteína de los DDGS mostró gran variabilidad en contenidos de lisina, metionina y cistina; muy similares a los contenidos en los granos de origen. Las dMS, dMO y dEB aumentaron con la incorporación de los DDGS de maíz y trigo, mientras que la incorporación de los DDGS de cebada sólo aumentó la dFAD ($P < 0.05$). La dPB no fue afectada por la incorporación de los DDGS. Los SFA mostraron menores valores de digestibilidad que los MUFA y éstos que los PUFA. Los valores de dAA para la lisina, treonina y metionina fueron más altos en los piensos con DDGS de maíz y trigo, comparado con el que incluía DDGS de cebada. Se obtuvieron valores de 11.9, 15.9, 14.7 y 15.7 MJ de ED/kgMS y de 168, 195, 221 y 263 g de PD/kgMS para los DDGS de cebada nacional, maíz nacional, maíz brasileño y trigo nacional, respectivamente.

Palabras claves: DDGS, valor nutricional, proteína, energía, conejos.

ABSTRACT

In this study chemical characterization and determination of the nutritional value of DDGS from barley, maize and wheat, as co-products of bioethanol industry in Spain, was conducted with growing rabbits on the facilities of the Institute of Animal Science and Technology of the UPV. To characterize the DDGS were determined by chemical composition (DM, OM, CP, EE, NDF, ADF, ADL, FSNDF, cellulose, hemicellulose, CP linked NDF, starch and P), amino acids (AA) and fatty acids (FA) of eight samples DDGS (two of barleys, two corns and four wheats). Nutritional assessment was determining the apparent digestibility coefficients (d) for which were formulated and manufactured five experimental feeds, a control feed (C) and four replacing basal diet by 20% of national barley (Dcn), national corn (Dmb), Brazilian corn (Dmb) and national wheat (Dtn) DDGS. Sixty rabbits 42 days old housed in individual digestibility cages were used. The dDM, dOM, dCP, dEE, dNDF, dADF, dADL, dGE, dFSNDF, dAA and dFA were determined. To determine the values of digestible (DP) and digestible energy (DE) of DDGS the substitution method was used. Significant differences ($P < 0.05$) between DDGS analyzed for the constituents, ash, CP, EE, NDF, ADF, hemicellulose and cellulose were found. Wheat and corn DDGS had higher contents of CP, while the corn DDGS was rich in EE, while barley was higher content of NDF and ADF. For the composition of the AG as% total AG, DDGS barley and wheat had higher proportion of SFA, while the PUFA was higher on wheat and corn DDGS on MUFA. The EE of DDGS were shown to be rich in PUFA and MUFA. The amino acid composition of the protein in DDGS showed high variability for lysine, methionine and cystine contents, very similar to those contained in the origin grains. The dDM, dOM and dEB values increased with the inclusion of corn and wheat DDGS, while barley DDGS inclusion only increased the dADF ($P < 0.05$). The dPB values were not affected by the inclusion of the DDGS evaluated. The SFA showed lower digestibility values than MUFA, which were lower than PUFA. The dAA values for lysine, threonine and methionine were higher in feeds including corn and wheat DDGS compared to those including barley DDGS. Values of 11.9, 15.9, 14.7 and 15.7 MJ DE/kgDM and, 168, 195, 221 and 263 g DP/kgDM for national barley, national corn, Brazilian corn and national wheat DDGS, respectively.

Keywords: DDGS, nutritive value, protein, energy, rabbits.

CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	1
2. MATERIALES Y METODOS.....	2
2.1 Muestreo de los DDGS.....	5
2.2. Caracterización de los DDGS.....	5
2.2.1. Análisis químico.....	5
2.2.2. Análisis estadístico de la composición bromatológica.....	6
2.3. Prueba de digestibilidad	7
2.3.1. Piensos.....	7
2.3.2. Instalaciones.....	9
2.3.3. Animales.....	10
2.3.4. Determinación del valor nutritivo	11
2.3.5. Análisis estadístico.....	11
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1. Composición bromatológica de los DDGS de cebada, maiz y trigo.....	15
3.2. Valoración nutritiva de los DDGS de cebada, maíz y trigo.....	19
3.2.1. Valoración energética y proteica de los DDGS.....	25
4. CONCLUSIONES.....	28
5. BIBLIOGRAFIA.....	29

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Ingredientes (%MS) de los piensos control (C) y experimentales (D).....7

Tabla 2. Composición química de DDGS (% MS) utilizados en los piensos experimentales.....8

Tabla 3. Composición química de los piensos experimentales (%MS) con 20% de DDGS..9

Tabla 4. Composición química de los granos secos de destilería y solubles (DDGS) de cebada, maíz y trigo.....13

Tabla 5. Composición en ácidos grasos (como porcentaje respecto al total de ácidos grasos) de los DDGS de cebada, maíz y trigo. Entre paréntesis contenido en g/Kg de MS.....17

Tabla 6. Composición en aminoácidos de la proteína de los DDGS de cebada, maíz y trigo (en %PB). Entre paréntesis contenido de aminoácidos en %MS de DDGS.....19

Tabla 7. Ingestión (gMS/día) y coeficientes de digestibilidad aparente (d; %) de los piensos experimentales en conejos en crecimiento.....20

Tabla 8. Composición (g/Kg MS) y entre paréntesis digestibilidad (%) de los ácidos grasos en los piensos experimentales.....22

Tabla 9. Composición (g/Kg MS) y entre paréntesis digestibilidad aparente (%) calculada de la GB y de los ácidos grasos más relevantes en los DDGS.....22

Tabla 10. Composición (% MS) y entre paréntesis digestibilidad aparente (%) de los aminoácidos de los piensos experimentales.....24

Tabla 11. Composición (%MS) y entre paréntesis digestibilidad aparente (%) de los aminoácidos de los DDGS.....25

Tabla 12. Contenidos en Proteína Digestible (PD) (%) y Energía Digestible (ED) (kJ/kg MS) de los DDGS en conejos en crecimiento.....26

ABREVIATURAS

DDGS: Granos y solubles de destilería desecados
AG: Ácidos grasos
MS: Materia seca
PB: Proteína bruta
MO: Materia orgánica
Ce: Ceniza
GB: Grasa bruta
FND: Fibra neutro detergente
FAD: Fibra ácido detergente
LAD: Lignina ácido detergente
FSDN: Fibra soluble detergente neutro
EB: Energía bruta
ED: Energía digestible
EM: Energía metabolizable
EMA: Energía metabolizable aparente
EMV: Energía metabolizable verdadera
AL-RIE: Almidón en
AOAC: Association of Official Analytical Chemist
HPLC:
PROC GLM: Procedimiento de modelo lineal general
SAS: Statistical Analysis System
CD: Coeficiente de digestibilidad
AGT: Ácidos grasos totales
MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados
SFA: Ácidos grasos saturados
PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados
CV: Coeficiente de variabilidad
dMS: Digestibilidad de la materia seca
dPB: Digestibilidad de la PB
dEB: Digestibilidad de la energía bruta
dMO: Digestibilidad de la materia orgánica
dFND: Digestibilidad de la fibra neutro detergente
dFAD: Digestibilidad de la fibra ácido detergente
dFSND: Digestibilidad de la fibra soluble detergente neutro
AA: Aminoácidos
dAA: Aminoácidos digestibles

1. INTRODUCCION

La producción mundial de bioetanol para uso como carburante se ha incrementado a partir del 2004 en 22% (Hayes, 2008). Brasil produce etanol principalmente a partir de la caña de azúcar, EEUU a partir de maíz, mientras que en Europa y Canadá, el insumo más utilizado es el grano de trigo. En España tres principales plantas de bioetanol procesan 1 225 000 tn de granos de cereales (trigo, maíz y cebada) por año, produciendo 546 millones litros de etanol y 360 000 tn de granos y solubles de destilería desecados o DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles), este último utilizado mayoritariamente como materia prima para la alimentación animal. (Abengoa, 2011).

La utilización de los granos de cereales para la obtención de etanol, ha generado cambios importantes en el mercado mundial de piensos, por un lado, encareciendo el precio de las materias primas y en consecuencia el coste de los piensos, y por otro lado, ofertando nuevas materias primas o co-productos correspondientes básicamente a la fracción no amilácea del grano, debido a que el almidón es hidrolizado y fermentado para producir etanol. Aunque las plantas de etanol de molienda seca producen una gran variedad de co-productos, los DDGS son los más importante que se comercializan internacionalmente para su uso como materia prima en la formulación y preparación de piensos para cerdos, aves, ganado lechero, ganado de engorda y acuicultura (US Grains Council, 2007). Los DDGS están constituido en su mayoría por la mezcla de granos de destilería (DDG) y los soluble (DDS, vinazas o thin stillage), en una proporción 3:1.(Erickson et al., 2005; De Blas y Mateos, 2010; US Grains Council, 2007).

Existe variabilidad en la composición química y el valor nutritivo de los DDGS según las distintas fuentes consultadas. Olantine (1986) ha señalado 35 causas como responsables de esta variabilidad, entre ellas, las variaciones propias de las materias primas (Reese y Lewis, 1989); los factores de procesamiento en la planta y entre plantas (Spiehs et al., 2002; Knott et al., 2004; Noll et al., 2006), cambios en los procesos de producción del etanol (Spiehs et al., 2002; Shurson y Alghamdi, 2008), las variaciones en la relación de mezcla de los componentes de DDGS en la planta (Noll et al., 2006, Kim et al., 2008), y las diferencias en el tiempo y temperatura de secado (US Grains Council, 2007). La

información proveniente de 260 muestras de diversas fuentes sobre la composición química de los DDGS de maíz señalan esta amplia variabilidad (Spiehs et al., 2002; US Grains Council, 2007; Shurson et al., 2004; Widyaratne y Zijlstra, 2007; Martinez-Amezcuca et al., 2007; Stein et al., 2006 ; NRC 1998; De Blas et al., 2010). También ha sido descrita a partir de 20 muestras de DDGS de trigo (Nyachoti et al., 2005; Widyaratne y Zijlstra, 2006; Avelar et al., 2010; Cozannet, et al., 2010; De Blas et al., 2010). Mientras que la información sobre la composición de los DDGS de cebada es bastante escasa (De Blas et al., 2010).

La composición de los aminoácidos también es variable, como indican estudios en 195 muestras de DDGS de maíz (Spiehs et al., 2002; Shurson et al., 2004; Widyaratne y Zijlstra, 2006; Martinez-Amezcuca et al., 2007; Stein et al., 2006 ; NRC 1998; De Blas et al., 2010; Yang et al., 2010, Kim et al., 2010), así como en 10 muestras de DDGS de trigo (Yang et al., 2010; Widyaratne y Zijlstra, 2006; . Avelar et al. 2010; Bandegan et al., 2009; Stein y Shurson, 2009; De Blas et a., 2010).

La información sobre la digestibilidad de los principales constituyentes de los DDGS es también escasa (Stein, 2006; Pedersen et al., 2006; De Blas et al., 2010). La digestibilidad de la lisina es la más variable de todos los aminoácidos esenciales, debido a diferencias en la fuente de los DDGS y al posible daño por el calor durante el proceso de obtención del etanol (Cromwell et al., 1993; Stein et al., 2006). Stein et al. (2006) mostraron rangos en los coeficientes de digestibilidad verdadera de la lisina para porcinos de 43.9 a 63.0%. Fastinger y Mahan (2006) reportan valores de 38.2 a 61.5% de digestibilidad ileal de lisina en la proteína de cinco fuentes de DDGS. Sin embargo, los aminoácidos de los DDGS tienen una digestibilidad media y, a excepción de la lisina, la variabilidad entre las diferentes muestras se encuentra dentro del rango normal de variación que se observa en los ingredientes de un pienso.

La mayor causa de variación en la cantidad de grasa bruta (GB) en los DDGS es la cantidad de solubles condensados añadidos a éstos (Noll et al. 2007). La grasa de los DDGS está formada por ácidos grasos (AG) insaturados, siendo los AG linoleico y oleico los más abundantes, con promedios de 50 % y un 25% de los AG totales, respectivamente (Moreau et al., 2011; Díaz-Royón, 2012).

La concentración de energía bruta (EB) de los DDGS de maíz es aproximadamente de 5434 kcal/kg MS. Este valor es mayor que la concentración de EB del maíz (4496 kcal/kg MS); sin embargo, la digestibilidad de la energía en cerdos, medida como porcentaje de la EB, es menor en los DDGS que en el maíz. Así, Pedersen y colaboradores (2007) obtienen unos valores de energía digestible (ED) y de energía metabolizable (EM) son de 4140 y 3897 kcal/kg MS, respectivamente.

Diversos autores señalan valores de EM de 2865 kcal de energía metabolizable aparente (EMA)/kg, 2905 kcal energía metabolizable verdadera (EMV)/kg y 2805 kcal de EMV/kg para los DDGS en estudios de alimentación en pavos (Noll et al., 2004), pollos de engorde (Lumpkins et al., 2004) y gallinas de puesta (Lumpkins et al., 2005), respectivamente, sin efectos negativos sobre la conversión alimenticia y con niveles de inclusión del 10 % .

De un tiempo a esta parte, los sistemas de crianza intensiva de conejos, en Europa, han evolucionado rápidamente (Lebas, 2010), y consecuentemente para garantizar su rentabilidad, entre otros aspectos, se requiere que los conejos se alimenten con raciones balanceadas que permitan lograr un buen desarrollo de sus capacidades en convertir el alimento en carne y a un costo razonable. En este sentido es necesario evaluar materias primas, como los DDGS, que es muy poco estudiado en la alimentación de conejos (Villamide et al., 1989; De Blas et al., 2010), así como es muy escasa la información de la valoración nutricional de los DDGS provenientes de la cebada y el trigo (De Blas et al., 2010; US Grains Council, 2007). Es razonable pensar que las peculiaridades digestivas del conejo pueden hacer que algunas de las pérdidas nutritivas observadas en otros monogástricos no sean tan relevantes, y que por su composición química (altas fracciones fibrosas) y su disponibilidad en el mercado se trata de un alimento de interés para ser utilizado en piensos para conejos.

El presente trabajo, en conejos en crecimiento, busca caracterizar la composición bromatológica y el valor nutricional de los DDGS proveniente de los granos de cebada, trigo y maíz, como coproductos de las principales plantas industriales de bioetanol de España. Así, los objetivos del presente estudio serán: Determinar la composición bromatológica, de aminoácidos y ácidos grasos de los varios DDGS de cebada, maíz y

trigo producidos en España, y estimar los coeficientes de digestibilidad de las distintas fracciones de nutrientes de los DDGS de cebada, maíz y trigo.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Muestreo de los DDGS

Se obtuvieron ocho muestras de DDGS de tres plantas de bioetanol ubicadas en España, siendo estas dos de cebada nacional, dos de maíz (de origen nacional y brasileño) y cuatro de trigo (uno de origen nacional y tres importados). La cantidad muestreada de cada DDGS, fue de 200 kg de las producciones del último trimestre del 2010, presentados en gránulos de 0.86 ± 0.04 cm de diámetro. Se tomaron submuestras de 1 kg de cada DDGS, las cuales fueron molidas con un tamiz de 3mm de diámetro para los análisis posterior.

2.2. Caracterización de los DDGS

2.2.1. Análisis químico

Los análisis de las muestras de 8 DDGS, y de los 5 piensos y de las heces correspondientes a la prueba de digestibilidad, se realizaron en el Laboratorio de Alimentación del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia.

Se analizaron tres repeticiones por muestra de DDGS y piensos, para determinar materia seca (MS), cenizas (Ce), proteína bruta, grasa bruta, fibra neutro-detergente (FND), fibra ácido-detergente (FDA), lignina ácido detergente (LAD), fibra soluble en detergente neutro (FSDN) y almidón (AL-RIE). En tanto que, en las heces individuales se analizaron dos repeticiones por muestra, para determinar MS, Ce, EB, PB, FND, FAD y LAD. Finalmente, se preparó un “pool” con las heces de los conejos procedentes de un mismo pienso sobre los que se analizaron los contenidos en GB y en FSDN.

Los análisis de MS, Ce, PB y GB se hicieron según los procedimientos descritos por la Association of Official Analytical Chemist (A.O.A.C., 1995); las fibras FND, FAD y LAD se analizaron siguiendo el método secuencial Van Soest con amilasa termoestable (Van Soest et al., 1991) y la FSND se determinó siguiendo la metodología propuesta por Martínez-Vallespín et al. (2011). El contenido en hemicelulosas insolubles en FND y celulosa de los piensos y heces se determinó por diferencia (FND-FAD y FAD-LAD, respectivamente). El contenido de almidón se realizó de acuerdo con batey (1982).

Para determinar los contenidos de esteres metílicos de los ácidos grasos y de aminoácidos totales se analizaron muestras de los DDGS, piensos y “pools” de heces de los conejos procedentes de un mismo pienso.

Los esteres metílicos de los ácidos grasos de las muestras se analizaron en un cromatógrafo de gases Focus Gas Chromatograph (Thermo, Milan, Italy), equipado con un inyector split/splitless y un detector de ionización de llama. La separación se realizó en una columna capilar SPTM 2560 (Supelco, PA, USA) (100 m × 0.25 mm × 0.2 µm film) con un caudal de Helio de 1,1 mL/min, según el siguiente gradiente de temperaturas: 140°C de temperatura inicial durante 5 min, para pasar a partir de este momento a un gradiente lineal de 4°C/min hasta alcanzar los 240°C, temperatura que se mantuvo durante 30 min, para volver finalmente a las condiciones iniciales. El detector y el inyector se mantuvieron a 260°C.

El contenido de aminoácidos en las materias primas se determinó por el método de AQC por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), después de la hidrólisis ácida con HCl 6N a 110 ° C durante 23 h. como lo describe Liu et al., (1995). Este método utiliza un sistema HPLC Waters (Milford, MA, EE.UU.), que consta de dos bombas (Mod. 515, Waters), un inyector automático (Mod. 717, Waters), un detector de fluorescencia (mod. 474, Waters) y un módulo de control de temperatura. Como patrón interno se añadió aminobutírico después de la hidrólisis. Los aminoácidos fueron derivatizados con AQC (6-aminoquinolil-N-hydroxisuccinimidil carbamato) y se separaron con una columna C-18 de fase inversa, Waters AcQ. Tag (150 mm x 3.9 mm). La metionina y cistina se determinaron por separado como sulfona de metionina y ácido cisteico, respectivamente, después de la oxidación con ácido per fórmico seguido por hidrólisis ácida.

2.2.2. Análisis estadístico de la composición bromatológica

Para analizar las diferencias existentes de cada uno de los nutrientes (MS, PB, GB, FND, FAD, ADL, FSFND, AL-RIE, aminoácidos y ácidos grasos) de la composición bromatológica de las materias primas entre tipo de cereal (cebada, maíz y trigo), se realizaron análisis de varianza aplicando el procedimiento PROC GLM del programa estadístico Statistical Analysis System versión 9.2 (SAS, 2008).

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + e_i$$

Donde: Y_i es el registro del valor de un nutriente evaluado; μ es la media general de las observaciones; D_i es el efecto fijo del i -ésimo DDGS de cereal (cebada, maíz y trigo); y e_i es el error aleatorio.

2.3. Prueba de digestibilidad

2.3.1. Piensos

A partir de una mezcla basal, se formularon los piensos experimentales mediante la sustitución parcial de dicha mezcla basal por el DDGS a evaluar. El contenido en ingredientes del pienso control (obtenido a partir de la mezcla basal) y los piensos experimentales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Ingredientes (%MS) de los piensos control (C) y experimentales (D).

Ingredientes	C	D
Cebada grano	29.0	23.1
Alfalfa henificada granulada	27.0	21.5
Salvado trigo	17.0	13.5
Torta girasol 30%PB	8.5	6.8
Granilla uva	6.5	5.2
Cascarilla soja	3.3	2.6
Cascarilla avena	3.3	2.6
Aceite de soja	2.0	1.6
Melaza de remolacha	1.0	0.8
DDGS a evaluar	0.0	20.0
L-Lisina	0.30	0.26
DL-Metionina	0.06	0.05
L-Treonina	0.18	0.15
Triptófano	0.10	0.08
Carbonato cálcico	0.46	0.46
Cloruro sódico	0.50	0.50
Corrector de vitaminas y oligoelementos ¹	0.50	0.50
Antibióticos ²	0.30	0.30

¹Corrector vitamínico y oligoelementos (L511R; Trouw Nutrition España, S.A.): Vitamina A: 8.375 IU; vitamina D3: 750 IU; vitamina E: 20 mg; Vitamina K3: 1 mg; vitamina B1: 1 mg; vitamina B2: 2 mg; vitamina B6: 1 mg; ácido nicotínico: 20 mg; cloruro de colina: 250 mg; magnesio: 290 mg; manganeso: 20 mg; zinc: 60 mg; iodo: 1.25 mg; hierro: 26 mg; Cobre: 10 mg; cobalto: 0.7 mg; mezcla de butil hydroxylanysole y ethoxiquin: 4 mg.

²Dinco-spectim (29ppm dincomicina + 29 ppm espectinomocina), 120 ppm neomicina, Apsamix Tiamulina (50 ppm tiamulina), normalmente utilizados en las granjas de conejos con alta incidencia de enteropatía mucoide (ERE).

Este diseño experimental se realizó con el objetivo de que todos los piensos se ajustasen a las recomendaciones nutritivas para conejos de cebo (Blas y Mateos, 2010), y siguiendo las directrices para la evaluación de materias primas destinadas a la alimentación de conejos por el método de sustitución (Villamide et al. 2001).

La composición química de los DDGS incorporados en los piensos experimentales obtenidos se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química de DDGS (%MS) utilizados en los piensos experimentales.

Nutrientes	DDGS			
	Cebada nacional	Maíz nacional	Maíz Brasileño	Trigo nacional
MS, %	92.29	92.29	93.76	92.03
Ce	6.17	5.02	4.00	4.28
PB	26.49	29.67	31.35	36.09
GB	7.22	13.81	14.45	6.74
FND	41.08	35.79	38.91	32.34
FAD	12.60	10.83	12.39	9.25
LAD	0.93	0.95	1.06	1.08
Hemicelulosas	28.48	24.96	26.53	23.09
Celulosa	11.67	9.89	11.33	8.17
Almidón	0.93	2.46	2.56	1.04
FSDN	27.22	17.54	25.91	24.00
PB ligada a NDF	10.38	9.84	10.14	9.07
Fósforo	0.49	0.68	0.57	0.67

MS: materia seca, Ce: cenizas, PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, LAD: lignina ácido detergente, FSDN: fibra soluble en detergente neutro.

Los piensos se elaboraron en la fábrica experimental de la Unidad de Alimentación Animal del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, siguiendo el proceso industrial. Se fabricaron cinco piensos experimentales, un pienso convencional para animales de cebo o pienso control (C), a partir del cual se constituyeron los piensos experimentales mediante la incorporación de un 20% de los DDGS de cebada nacional (Dcn), maíz nacional (Dmn), maíz brasileño (Dmb) o trigo nacional (Dtn). La composición química de los piensos experimentales (Tabla 3) se encuentra en los rangos recomendados para conejos en cebo (De Blas y Mateos, 2010); sin embargo, la sustitución de la mezcla por los DDGS modificó el contenido en EB y PB de los piensos.

Tabla 3. Composición química de los piensos experimentales (% MS) con 20% de DDGS.

Nutrientes	PIENSOS				
	C	Dcn	Dmn	Dmb	Dtn
MS (%)	90.84	91.51	91.43	91.23	91.13
Cenizas	7.43	7.26	7.02	6.72	6.65
PB	14.34	16.42	17.03	17.65	18.26
EB (MJ/kg MS)	18.98	19.12	19.66	19.57	19.52
GB	4.38	4.81	6.32	6.44	4.94
FND	39.72	39.19	39.33	36.51	37.85
FAD	20.84	19.62	18.56	17.38	18.37
LAD	5.81	4.79	4.84	4.42	5.06
Hemicelulosas	18.88	19.57	20.76	19.13	19.48
Celulosa	15.04	14.83	13.72	12.96	13.31
FSDN	13.24	15.43	11.00	13.16	12.69
PB ligada a FND	2.22	3.20	2.83	2.61	3.81
Almidón	19.21	16.18	16.39	16.59	16.41

MS: materia seca, MO: materia orgánica, PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, LAD: lignina ácido detergente, FSDN: fibra soluble en detergente neutro. C: Control, Dcn: DDGS cebada, Dmn: DDGS maíz nacional, Dmb: DDGS maíz brasileño y Dtn: DDGS trigo nacional.

2.3.2. Instalaciones

El ensayo de digestibilidad aparente se realizó en la granja experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, utilizando una nave que, además de ventilación estática, posee un sistema de ventilación de control electrónico, que detecta las variaciones de temperatura a través de una sonda situada cerca de los animales. Cuando la temperatura aumenta por encima de un límite establecido se conectan los ventiladores automáticamente. También dispone de paneles de refrigeración por evaporación (cooling system), para las épocas más calurosas del año. Los conejos fueron sometidos a un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad, utilizando tubos fluorescentes conectados a un temporizador cuando la luz solar no era suficiente.

La alimentación de los conejos fue *ad libitum* durante toda la experiencia, con reparto manual de pienso en comederos individuales galvanizados tipo tolva con capacidad aproximada de 1000 g. El agua se distribuyó a todas las jaulas por medio de una red de tuberías de polietileno, disponiendo en cada jaula de un bebedero tipo chupete. El sistema

de tuberías estaba conectado a los depósitos de agua, situados en el interior del edificio para atemperar el agua destinada a los conejos.

Durante el ensayo de digestibilidad se utilizaron jaulas metabólicas de chapa galvanizada individual de 44 × 52 × 32 cm, dispuestos en dos baterías colocadas en un solo piso y con apertura superior. Cada jaula dispone en su piso de una tolva de chapa galvanizada, semejante a un cono invertido con terminal en bisel que permite la evacuación de las deyecciones por gravedad, facilitando las recogidas de heces.

Las heces caían sobre una cubeta de plástico y la orina en un frasco situado en su interior y debajo del vértice del cono. Para separar la orina de las heces, se cubría el bote con una malla fina y se colocaba una lámina de PVC flexible alrededor de la cubeta para evitar salpicaduras y pérdidas de heces.

2.3.3. *Animales*

Se utilizaron 60 conejos entre machos y hembras de la línea “V” (Universidad Politécnica de Valencia) de 42 días de edad, destetados a los 28 días, procedentes de la misma granja, según la metodología de referencia propuestas por Pérez et al. (1995).

Los animales fueron distribuidos al azar en las jaulas de digestibilidad individuales, pero evitando los hermanos en un mismo pienso para evitar el efecto de camada, correspondiendo 12 conejos por dieta experimental.

Los conejos, al igual que los comederos (se determinaba tanto el pienso ofrecido como el rehusado), se pesaron al inicio de la semana de adaptación (7 días) y al inicio y al final de la semana de recogida de heces (4 días), calculando por diferencia el incremento de peso y el pienso consumido durante el periodo correspondiente. La recogida de heces fue diaria y a la misma hora de la mañana. Éstas se introdujeron, individualmente para cada conejo, en bolsas de plástico herméticamente cerradas, que posteriormente se congelaron hasta que fueron deshidratadas, pesadas, muestreadas y molidas para su análisis en el laboratorio. Para los controles de pesos de los piensos, heces y de los conejos se utilizó una balanza con una sensibilidad de 5 g.

2.3.4. Determinación del valor nutritivo

Los datos y muestras procedentes de animales que mostraron sintomatología evidente de enfermedad (diarrea y muy bajo consumo) fueron eliminados de la prueba, con los restantes se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente (d) de los piensos que habían consumido.

Los dMS, dMO, dPB, dGB, dFND, dFAD, dLAD, dEB y dFSNDF de cada uno de los piensos se calculó por diferencia entre las cantidades de nutriente ingerida (I) y la de nutriente excretada con las heces (E), según la siguiente expresión:

$$d \% = ((I-E)/I) \times 100$$

Donde: I= Pienso consumido (g) × contenido en nutriente del pienso (%)

E= Heces excretadas (g) × contenido en nutrientes de las heces (%)

Los valores de Proteína Digestible (PD) y Energía Digestible (ED) de cada uno de los cuatro DDGS estudiados se calcularon según el método de sustitución (Villamide et al., 2001), que se basa en el principio de aditividad de las distintas materias primas incluidas en el pienso. Los valores de ED y de PD empleados en el cálculo fueron los obtenidos con el pienso C, para la mezcla base, y del pienso D que incorporaba el DDGS correspondiente y los porcentajes en que contribuye cada uno al total, fueron de 80% para la mezcla base y de 20% para el DDGS. A modo de ejemplo, la expresión matemática para el caso de la ED del DDGS (siendo la misma para estimar la PD) fue la siguiente:

$$ED_{DDGSx} = (ED_{Dx} - (ED_C \times 0.8))/0.2$$

ED_{DDGSx} = Energía digestible del DDGS "x"

ED_D : Energía digestible del pienso Dx

ED_C : Energía digestible del pienso control

2.3.5. Análisis estadístico

Los coeficientes de digestibilidad y los datos de la ingestión obtenidos en el ensayo de digestibilidad fueron analizados estadísticamente mediante un diseño completamente al azar, utilizando el procedimiento GLM del SAS (2008).

El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_i = \mu + P_i + \epsilon_i$$

Donde: Y_i es el registro del valor de CD del nutriente o ingestión; μ es la media general de las observaciones; P_i es el efecto fijo del i -ésimo Pienso (C, D1, D2, D3, D4); y ϵ_i es el error aleatorio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición bromatológica de los DDGS de cebada, maíz y trigo.

En la Tabla 4 se presenta los resultados de los análisis bromatológicos de los DDGS evaluados. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los DDGS para las variables Ce, PB, GB, FDN, ADF, hemicelulosas y celulosas.

Tabla 4. Composición química de los granos secos de destilería y solubles (DDGS) de cebada, maíz y trigo.

Nutrientes (%MS)	DDGS			P-valor
	Cebada (n=2)	Maíz (n=2)	Trigo (n=4)	
MS	91.83 ± 0.58	93.02 ± 0.58	91.73 ± 0.41	0.2628
Ce	6.11 ^a ± 0.27	4.51 ^b ± 0.27	4.61 ^b ± 0.19	0.0120
PB	26.24 ^c ± 0.51	30.51 ^b ± 0.51	35.32 ^a ± 0.36	0.0001
GB	7.23 ^b ± 0.16	14.13 ^a ± 0.16	6.70 ^b ± 0.12	0.0001
FND	40.10 ^a ± 1.76	37.35 ^a ± 1.76	31.66 ^b ± 1.25	0.0238
FAD	12.85 ^a ± 0.62	11.6 ^{ab} ± 0.62	10.40 ^b ± 0.44	0.0566
LAD	0.94 ± 0.35	1.00 ± 0.35	1.88 ± 0.25	0.1230
Hemicelulosas	27.25 ^a ± 1.63	25.74 ^{ab} ± 1.63	21.26 ^b ± 1.15	0.0569
Celulosa	11.90 ^a ± 0.44	10.61 ^a ± 0.44	8.52 ^b ± 0.30	0.0034
Almidon	0.89 ^b ± 0.27	2.51 ^a ± 0.26	1.37 ^{ab} ± 0.19	0.0179
FSDN	20.98 ± 3.66	21.73 ± 3.66	20.26 ± 2.59	0.9473
PB ligada a FND	8.64 ± 2.46	9.99 ± 0.21	7.55 ± 1.35	0.2672
Fósforo	0.596 ± 0.07	0.628 ± 0.07	0.640 ± 0.05	0.8797

MS: materia seca, PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, LAD: lignina ácido detergente, FSDN: fibra soluble en detergente neutro. ±: Error estándar de las medias, n: número de muestras.

^{a, b, c}: promedios con distinta letra en la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

El contenido de materia seca para los tres tipos de DDGS fue similar ($P > 0.05$), y elevado debido a las altas temperaturas alcanzadas durante el proceso de obtención del etanol ($>126.5^{\circ}\text{C}$; US Grains Council, 2007) y especialmente al proceso de granulado para su comercialización. El bajo contenido en humedad facilita su incorporación en la fabricación de piensos compuestos (Angulo, 1995) y se ubica por debajo de los valores de tolerancia máxima de humedad (12.5%; De Blas et al., 2010). Los valores medios de MS de los DDGS de trigo y cebada fueron similares a los descritos por Spiehs et al., (2002); Shurson et al., (2004); Widyaratne y Zijlstra, (2006); Martinez-Amezcuca et al., (2007); Stein et al., (2006); NRC (1998); De Blas et al., (2010); Yang et al., (2010), Kim et al., (2010),

mientras que el contenido de MS del DDGS del maíz fue mayor a los referidos por estos mismos autores.

El contenido de cenizas de los DDGS de cebada fue significativamente ($P < 0.05$) mayor a los de maíz y trigo, y es reflejo del contenido en cenizas de las materias primas de origen (De Blas, et al., 2010).

Entre los DDGS evaluados, el trigo mostró un significativo mayor contenido en PB (+4.8%; $P < 0.05$) que el de maíz, y éste mayor (+4.3%; $P < 0.05$) que el de cebada. Las diferencias entre los DDGS de trigo y el maíz se deberían principalmente a las propias diferencias en PB de los granos de origen (13.8 y 8.9%MS, respectivamente; De Blas et al. 2010); mientras la superioridad del maíz frente a la cebada parece más deberse a un mayor enriquecimiento en PB por la desaparición de una mayor concentración de almidón en el maíz (De Blas et al, 2010).

Los valores de PB encontrados acusan marcadas diferencias con los reportados por otros autores (entre 27.8 a 44.5% MS); esta variabilidad se debe a diversos factores como las variaciones normales entre variedades de cereales y sus ubicaciones geográficas donde se cultiva, tiempo de fermentación, tecnología de procesamiento, duración y temperaturas de secado, planta procesadora, (Reese y Lewis, 1989; Nuez Ortín et al., 2009; Spiehs et al., 2002; De Blas et al., 2010), así como la relación entre el grano seco y la fracción soluble, que al incrementarse esta última decrece la concentración de la PB (Shurson y Alghamdi, A. S., 2008; Ganesan et al., 2008); finalmente, la proteína de levaduras que aportaría una fracción apreciable de la proteína de los DDGS (Belyea et al., 2004).

El contenido en PB ligado a la fracción de fibra indigestible fue similar ($P > 0.05$) en los tres tipos de DDGS. Esta fracción proteica por estar ligada a los enlaces lignocelulósicos de la pared celular va a ser difícilmente disponible para el animal, reduciendo la digestibilidad de la PB (Van Soest et al., 1991).

EL contenido en GB de los DDGS de maíz fueron superiores (de media +7.2%MS; $P < 0.05$) a los cebada y trigo, debido principalmente a las diferencias existentes de GB en los granos de maíz, cebada y trigo (3.6; 2.0 y 2.0%MS, respectivamente; De Blas et al., 2010). Se advierte que los promedios de GB obtenidos fueron relativamente mayores que los reportados en la bibliografía (entre 3.9 y 12.8%MS; Spiehs et al., 2002; US Grains

Council. 2007; Belyea et al., 2004; Shurson et al., 2004; Widyaratne y Zijlstra, 2007; Martinez-Amezcuca et al., 2007; De Blas et al., 2010; Liu, 2011). Estas diferencias podrían deberse tanto al método análisis de laboratorio (hidrólisis ácida previa) así como a las variedades de las materias primas utilizadas (AOAC, 1995). Una de las causas de variación en GB pueden deberse a la cantidad de solubles añadidos al crear los DDGS, incrementado la cantidad de GB al aumentar la cantidad de solubles adicionados durante su proceso de fabricación (Noll et al., 2007; Ganesan et al., 2008). En este sentido, Diaz-Royón et al., (2012), señala para GB un promedio de 12.6% MS (9.4 - 15.7%) y un CV superior a 25% en 4819 muestras, publicadas por un laboratorio.

Los contenidos de NDF, ADF, hemicelulosa y celulosa en los DDGS de maíz, y especialmente en los de cebada, fueron superiores a los del trigo (+5.7 y 8.4%MS de FND, respectivamente; $P < 0.05$), diferencias que responden a la estructura de los granos y su composición en fibras de estos cereales (De Blas et al., 2010). Aparentemente no hay diferencias en la concentración de LAD entre los DDGS analizados. Muchos autores (Spiehs et al., 2002; US Grains Council. 2007; Belyea et al., 2004; Shurson et al., 2004; Widyaratne y Zijlstra, 2007; Martinez-Amezcuca et al., 2007; De Blas et al., 2010; Liu, 2011) señalan diferencias marcadas en la proporción de fibras Van Soest, incluso superiores a los determinados en el presente estudio.

Como era de esperar la concentración en almidón de los DDGS reflejaron las diferencias en grano de este constituyente, con una mayor concentración en el DDGS de maíz que en de cebada (+1.26%MS; $p < 0.05$). Sin embargo, los valores son menores a los señalados en la bibliografía (5.48 a 9.32%MS), y podrían deberse a una mayor eficiencia durante los procesos de obtención de etanol en nuestros DDGS, como el empleo de levaduras más eficientes (Kim et al., 2010).

En cuanto a FSDN, los contenidos son considerablemente altos (en promedio 21%MS) y no difirieron entre los DDGS estudiados. Este elevado contenido en FSDN puede ser de interés ya que se le atribuye propiedades funcionales en la salud intestinal de conejos destetados (Gómez-Conde et al., 2007). Kim et al. (2008) reporta valores de xilanos del 8.2 %MS, arabanos al 5.3%MS y celulosa al 16%MS para la biomasa celulósica de los DDGS de maíz.

La concentración de fósforo total en los DDGS se sitúan en los niveles mínimos establecidos en los trabajos previos (Spiehs et al., 2002; Shurson et al., 2004; Batal y Dale, 2003, Stein et al., 2005; Widyaratne y Zijstra, 2006), aunque son altos comparados con los contenidos de fósforo en los granos de origen (De Blas et al. 2010, Shurson et al., 2004, Widyaratne y Zijstra, 2006, Belyea et al., 2004). Esto representa una ventaja nutricional para monogástricos debido a que además se produce un posible incremento de la biodisponibilidad relativa del P por el proceso de fermentación, donde las fitasas microbiales reducen la cantidad de fósforo fítico de los granos de origen (Shurson et al., 2004, Widyaratne y Zijstra, 2006; Almeida y Stein, 2010).

En la Tabla 5 se presenta la composición media de los ácidos grasos como % de los ácidos grasos totales (AGT) de los DDGS de cebada, maíz y trigo, cuyos promedios difieren ($P < 0.05$) en cada uno de los ácidos grasos entre los DDGS, con excepción del palmitoleico, linoleico y docosa-cis ($P > 0.05$). Los resultados encontrados para los DDGS de maíz concuerdan con los publicados por otros autores (Moreau et al., 2011; Díaz-Royon et al, 2012; Martínez-Amezcuca et al. 2007).

Los DDGS de maíz se caracterizaron por su mayor proporción en ácidos grasos monoinsaturados (MUFA; de promedio +12.8 puntos porcentuales) que los de trigo y cebada, debido al mayor contenido en oleico (tanto w9 como w7) de su grasa (+13.1 puntos porcentuales; $P < 0.05$). Este ácido graso es el más representativo en la canal del conejo con 25.9 mg /100 g de carne (Dalle Zotte, 2002) y en los DDGS analizados contiene entre el 87 a 94% de sus MUFA.

Los DDGS de trigo y cebada se caracterizaron por su mayor proporción en ácidos grasos saturados (SFA), especialmente los de cebada (+7.8 puntos porcentuales respecto al DDGS de maíz), y en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), especialmente los de trigo (+8.1 puntos porcentuales respecto al DDGS de maíz). Estas diferencias se debieron principalmente a la mayor proporción de su GB en palmítico (85 al 91%) en el caso de los SFA y, en linoléico (93.5 al 97.7%) y linolénico (2.0 al 6.1%) en el caso de los PUFA.

Tabla 5. Composición en ácidos grasos (como porcentaje respecto al total de ácidos grasos) de los DDGS de cebada, maíz y trigo. Entre paréntesis contenido en g/Kg de MS.

Ácidos grasos	Cebada (n=2)	Maiz (n=2)	Trigo (n=4)	CV	P - valor
<i>Saturados</i>					
C14:0	0.28 ^a (0.185)	0.05 ^c (0.06)	0.09 ^b (0.054)	6.89	0.0001
C16:0	23.62 ^a (15.527)	15.95 ^c (20.54)	21.14 ^b (12.583)	5.57	0.0011
C17:0	0.07 ^b (0.043)	0.07 ^b (0.089)	0.14 ^a (0.081)	23.17	0.0227
C18:0	2.21 ^a (1.454)	2.24 ^a (2.878)	1.55 ^b (0.918)	13.83	0.0383
C20:0	0.24 ^b (0.161)	0.38 ^a (0.484)	0.13 ^c (0.078)	21.05	0.0049
C22:0	0.24 ^a (0.159)	0.14 ^b (0.184)	0.19 ^{ab} (0.113)	14.08	0.0387
<i>Monoinsaturados</i>					
C16:1	0.09 (0.047)	0.10 (0.127)	0.08 (0.045)	19.59	0.325
C18:1 w9	13.12 ^b (8.636)	26.01 ^a (7.829)	13.19 ^b (7.829)	10.12	0.0006
C18:1 w7	0.79 ^c (0.519)	1.20 ^a (1.548)	1.08 ^b (0.643)	2.00	0.0001
C20:1	0.50 ^a (0.326)	0.20 ^c (0.258)	0.42 ^b (0.252)	5.66	0.0001
C22:1 w9	0.26 ^b (0.173)	0.28 ^b (0.354)	0.48 ^a (0.287)	21.57	0.035
<i>Poliinsaturados</i>					
C18:2	54.78 (36.06)	52.15 (67.133)	58.06 (34.606)	3.98	0.0646
C18:3 w6	0.00 ^b (0.0)	0.03 ^a (0.037)	0.01 ^b (0.002)	69.40	0.0106
C18:3 w3	3.596 ^a (2.37)	1.04 ^b (1.331)	3.18 ^a (1.896)	10.39	0.0005
C20:2	0.07 ^a (0.043)	0.000 ^b (0.0)	0.08 ^a (0.049)	15.36	0.0003
C22:2	0.14 (0.09)	0.18 (0.226)	0.19 (0.114)	18.59	0.2287
SFA	26.66 ^a (17.529)	18.82 ^c (24.23)	23.24 ^b (13.827)	5.10	0.0031
MUFA	14.75 ^b (9.711)	27.79 ^a (35.79)	15.25 ^b (9.056)	9.22	0.0007
PUFA	58.58 ^{ab} (38.567)	53.39 ^b (68.73)	61.52 ^a (36.667)	4.17	0.0325
PUFA/SFA	2.20 ^b	2.84 ^a	2.66 ^{ab}	8.93	0.0847
UFA/SFA	16.952 ^b (11.91)	30.63 ^a (38.63)	17.90 ^b (11.714)	7.27	0.0004
∑ n-6	54.68 (36.065)	52.18 (61.17)	58.06 (24.608)	3.98	0.0649
∑ n-3	3.60 ^a (2.369)	1.035 ^b (1.331)	3.18 ^a (1.896)	10.39	0.0005
n-6/n-3	15.24 ^b	50.84 ^a	18.39 ^b	9.79	0.0001

n: Número de muestras

^{a, b, c}: promedios con distinta letra en la misma fila difieren estadísticamente (P<0.05).

Las concentraciones porcentuales de los ácidos grasos palmítico y esteárico, mostraron diferencias (P<0.05) entre los DDGS evaluados; la cebada tuvo un significativo mayor contenido de palmítico (+2.48%; P<0.05) que el de trigo y este mayor (5.19%; P<0.05) que el de maíz; en cambio los DDGS de cebada y maíz tuvieron similar concentración de esteárico en su GB y superiores al observado para el DDG de trigo (0.7%; P<0.05). Ambos

ácidos grasos están presentes en la carne del conejo en proporciones importantes, 27.3 y 7.9 mg/100g de carne (Dalle Zotte, 2002).

A partir de los ratios de los PUFA/SFA (de 2.2 a 2.8) y UFA/SFA (de 17 a 31), se muestra como, independientemente del grano de origen, la GB de los DDGS son especialmente ricos en PUFA y MUFA. El DDGS de maíz tienen los ratios más altos, que pueden llevarle a un mayor potencial de oxidación y facilidad de rancidez; así como a una mayor precaución en su inclusión al formular, para evitar posibles efectos negativos en la calidad de la grasa y la canal en monogástricos en la etapa de cebo (Cromwell et al., 2011).

En la Tabla 6 se muestra la composición aminoácidica de la proteína de los DDGS. El análisis de las muestras se caracterizó por la gran variabilidad para el contenido en lisina y en aminoácidos azufrados metionina y cistina (CV del 16 al 26%), que debido a su relevancia nutricional debe ser al menos subrayado.

Los porcentajes medios de los aminoácidos de los DDGS de maíz analizados, fueron similares a los publicados por Spiels et al., (2002); Shurson et al., (2004); Widyaratne y Zijlstra, (2006); Cromwell et al., (1993); Stein et al.,(2006); Martínez-Amezcuca et al., (2007); De Blas et al., (2010); Yang et al., (2010), Kim et al., (2010); Batal y Dale (2006); Han y Liu, (2010). En forma similar para la composición de aminoácidos de los DDGS de trigo (Yang et al., 2010; Widyaratne y Zijlstra, 2006; Avelar et al. 2010; Bandegan et al., 2009; Stein y Shurson, 2009; De Blas et al., 2010).

En general, los granos de cebada, maiz y trigo tienen una baja calidad proteica, por su bajo contenido de lisina (de 2.7 a 3.6%PB) y un mal balance aminoácidico, por consiguiente la proteína de sus DDGS también fueron bajos en lisina (de 2.4 a 3.1%PB). Después de la lisina, Shurson (2007) describió que la treonina es el segundo aminoácido limitante, cuando se utiliza más del 10% de DDGS en la dieta de cerdos. De hecho, el contenido en treonina de los DDGS evaluados fueron en general bajos (menos de un 4% PB).

La variabilidad en la composición aminoácidica que se observa en los DDGS se deberían así principalmente a la proteína de origen, pero también a las diferencias en la efectividad de la fermentación, en las temperaturas de secado, así como en las cantidades de solubles que añaden a los granos secos de destilería (Martínez-Amezcuca et al., 2007; US Grains Council, 2007; Han y Liu, 2010).

Tabla 6. Composición en aminoácidos de la proteína de los DDGS de cebada, maíz y trigo (en %PB). Entre paréntesis contenido de aminoácidos en %MS de DDGS

Aminoácidos	Cebada (n=2)	Maíz (n=2)	Trigo (n=4)	CV	P-valor
<i>No esenciales</i>					
Aspartico	6.63a (1.74)	6.81a (2.078)	5.44b (1.92)	4.22	0.0024
Serina	4.95 (1.299)	5.16 (1.574)	4.99 (1.761)	2.03	0.1734
Glutámico	24.41b (6.405)	18.31c (5.587)	29.05a (10.261)	3.04	0.0001
Glicina	4.69 (1.231)	4.27 (1.302)	4.50 (1.588)	4.94	0.2546
Alanina	4.51b (1.18)	7.49a (2.285)	3.92b (1.385)	5.54	0.0001
Prolina	10.66a (2.796)	7.75c (2.365)	9.16b (3.234)	3.31	0.0006
Cistina	1.63 (0.427)	1.58 (0.481)	1.95 (0.69)	21.79	0.4888
Tirosina	2.48b (0.652)	3.16a (0.963)	2.39b (0.864)	7.23	0.0136
<i>Esenciales</i>					
Histidina	2.27b (0.596)	2.73a (0.831)	2.15b (0.76)	5.19	0.0074
Arginina	5.10a (1.339)	4.35b (1.33)	4.60b (1.624)	3.92	0.0220
Treonina	3.88a (1.018)	3.96a (1.209)	3.29b (1.16)	2.66	0.0007
Valina	5.36a (1.407)	4.90b (1.497)	4.46c (1.576)	2.92	0.0019
Metionina	1.49 (0.391)	1.78 (0.542)	1.51 (0.532)	25.53	0.7178
Lisina	3.08 (0.809)	3.08 (0.941)	2.42 (0.855)	15.75	0.1928
Isoleucina	3.88a (1.019)	3.62ab (1.104)	3.54b (1.252)	3.11	0.0484
Leucina	7.42b (1.946)	11.39a (3.475)	6.59b (2.326)	7.62	0.0007
Fenilalanina	5.54a (1.454)	4.66b (1.421)	4.37b (1.544)	7.61	0.0346

n: Número de muestras

^{a, b, c}: promedios con distinta letra en la misma fila difieren estadísticamente (P<0.05).

3.2. Valoración nutritiva de los DDGS de cebada, maíz y trigo.

3.2.1. Digestibilidad aparente de los nutrientes

Los resultados de la utilización digestiva de los piensos experimentales se presenta en la Tabla 7. Las diferencias en la ingestión de pienso entre los 5 grupos de conejos no fueron significativas (P>0.05), por lo que la inclusión de DDGS en los piensos de conejos (independientemente de su origen) no parecería afectar el consumo. El consumo es un parámetro muy relacionado con la calidad de los alimentos (Van Soest, 1993), que influye sobre la digestibilidad de los nutrientes, debido a que ingestas bajas reducen la velocidad de tránsito por el tubo digestivo, aumentando el tiempo de retención de la digesta en las distintas porciones del tubo y, por tanto, también las posibilidades de digestión, absorción y digestibilidad de los nutrientes. Así, es de suponer que las diferencias en los coeficientes de

digestibilidad que se describen estarían principalmente relacionadas con diferencias en el valor nutritivo de los DDGS estudiados.

Tabla 7. Ingestión (gMS/día) y coeficientes de digestibilidad aparente (d; %) de los piensos experimentales en conejos en crecimiento.

	PIENSOS						
	C	Dcn	Dmn	Dmb	Dtn	CV	P-valor
Ingestión	136.64	139.37	129.04	132.29	135.71	20.91	0.9242
dMS	58.21 ^a	58.30 ^{ab}	59.65 ^{bc}	59.16 ^{ac}	60.03 ^c	2.81	0.0468
dMO	58.32 ^a	58.64 ^{ab}	59.98 ^{bc}	59.53 ^{abc}	60.47 ^c	2.79	0.0187
dPB	71.42	70.06	70.59	71.02	73.22	4.99	0.2668
dEB	57.93 ^a	58.21 ^b	60.62 ^b	59.75 ^{bc}	60.87 ^b	3.33	0.0015
dFND	24.37 ^{ac}	26.33 ^a	29.49 ^b	23.36 ^c	26.39 ^a	10.43	0.0001
dFAD	9.42 ^a	13.38 ^b	13.62 ^b	8.28 ^a	9.01 ^a	35.43	0.0020
dHemicelulosas	40.87 ^{ab}	39.31 ^b	43.68 ^b	37.06 ^c	42.79 ^b	9.11	0.0008
dCelulosa	13.97 ^a	18.14 ^b	18.25 ^b	13.14 ^a	13.47 ^a	24.74	0.0017
dGB ¹	85.38	86.35	88.43	88.05	86.45	-	-
dFSND ¹	64.55	70.59	57.11	64.80	70.98	-	-
dPB-FND ¹²	25.10	47.69	46.57	39.32	57.71	-	-
dAlmidón ¹	98.45	97.69	99.11	98.74	98.87	-	-
dFósforo ¹	57.62	50.37	62.91	47.12	50.03	-	-

MS: materia seca, MO: materia orgánica, PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, LAD: lignina ácido detergente, FSDN: fibra soluble en detergente neutro.

¹Coefficientes de digestibilidad estimados a partir de datos provenientes de análisis únicos a muestras de pool de heces. ² PB ligada a FND.

El tipo de DDGS utilizado afectó significativamente a todos los coeficientes de digestibilidad evaluados (P<0.05), a excepción de la proteína bruta.

Los piensos con DDGS de maíz, especialmente el Dmn, mostraron unos mayores dMS, dMO y dEB (+1.4, +1.7 y +2.7 puntos porcentuales, respectivamente; P<0.05) que el pienso C. Esta mejora en la digestibilidad del pienso que incluía el DDGS de maíz nacional se debió principalmente a un aumento del dFND (P<0.05), dFAD (P<0.05) y del dGB (+5.1, +4.2 y +3.1 puntos porcentuales, respectivamente).

Asimismo, el pienso Dtn mejoró los dMS, dMO y dEB (+1.8, +2.2 y +2.9 puntos porcentuales, respectivamente; P<0.05) respecto al pienso C, la cual se debió fundamentalmente a que incrementó en +2.0 y +6.4 unidades porcentuales el dFND (P<0.05) y dFSND, respectivamente. Por otra parte, aunque no se observaron diferencias

significativas, su valor dPB fue superior al del pienso C (+1.8 puntos porcentuales), que podría deberse a su menor PB ligada a fibra.

Sin embargo, la inclusión del DDGS de cebada en el pienso Dcn tan sólo aumentó significativamente el dFAD respecto al pienso C (+4 puntos porcentuales; $P < 0.05$). Los piensos que incorporaron DDGS, aumentaron sus concentraciones de GB y los valores de dGB medios entre +1 y +3 unidades porcentuales con relación al pienso control. Esto podría deberse a que la grasa aportada por estas materias primas, que provienen de semillas (aceites), son más digestibles y mejorían la digestibilidad de GB de las dietas, tal y como han visto otros autores para otros aceites vegetales (Fernández et al., 1994; Peiretti y Meineri, 2008; Falcão e Cunha et al., 2004).

Los valores medios obtenidos para el dFSNDF fueron muy variables, que puede ser debido a diferencias en el tipo de fibra, la composición química, la cantidad presente en el ciego que influye en la actividad fibrolítica de las bacterias (Falcão e Cunha, 2004). Piensos con mayores contenidos de FSDN obtuvieron mejores valores de digestibilidad de ésta fibra (Tazzoli, 2012) y se advierte que la propia naturaleza del análisis de FSNDF y los errores analíticos que conlleva (Martínez-Vallespín *et al*, 2011) podrían haber contribuido a la variabilidad en los coeficientes de digestibilidad registrada entre los piensos.

La Tabla 8, muestra los valores de la composición (g/Kg MS) y la digestibilidad de los ácidos grasos de los piensos experimentales, calculados a partir de muestras de pool de heces correspondiente a cada pienso. La composición de los ácidos grasos y sus correspondientes digestibilidades estimadas de los DDGS de cebada, maíz nacional, maíz brasileño y trigo se presentan en la Tabla 9.

En términos generales y como era de esperar, los SFA mostraron menores valores de digestibilidad (de media 79%) que los MUFA (93%) y éstos un tanto menores que los PUFA (97%) en todos los piensos; estas diferencias se deberían a que los UFA tienen mayor potencial de formación de micelas que los SFA y por tanto mayor digestibilidad (Stahly, 1984). De hecho, son varios los autores que afirman que la composición de los AG y el nivel de aporte de la GB influyen en la digestibilidad de la GB y de los AG (De Blas et al. 2003; Fernández et al., 1994).

Tabla 8. Composición (g/Kg MS) y entre paréntesis digestibilidad (%) de los ácidos grasos en los piensos experimentales.

Ácidos grasos	PIENSOS				
	C	Dcn	Dmn	Dmb	Dtn
<i>Saturados</i>					
C14:0	0.155 (71.6)	0.096 (44.0)	0.076 (40.0)	0.080 (49.7)	0.080 (47.5)
C16:0	7.212 (86.5)	8.122 (84.3)	9.137 (86.6)	9.690 (87.4)	8.238 (85.8)
C18:0	1.269 (61.5)	1.168 (52.2)	1.378 (43.3)	1.496 (48.2)	1.118 (33.1)
C20:0	0.125 (60.1)	0.119 (55.0)	0.156 (61.4)	0.257 (75.2)	0.103 (53.9)
C22:0	0.149 (63.1)	0.138 (57.2)	0.134 (50.7)	0.135 (51.4)	0.131 (58.0)
<i>Monoinsaturados</i>					
C18:1n9c	7.424 (91.9)	7.579 (91.1)	12.093 (93.9)	14.376 (94.8)	7.760 (92.2)
C18:1(n-7)	0.585 (92.1)	0.570 (90.9)	0.734 (92.9)	0.802 (93.2)	0.630 (92.9)
<i>Poliinsaturados</i>					
C18:2	22.862 (96.5)	25.661 (96.0)	32.746 (97.2)	34.963 (97.6)	27.403 (97.0)
C18:3	2.457 (96.6)	2.455 (96.0)	2.296 (96.3)	2.433 (97.0)	2.623 (96.6)
AG Total	42.504 (92.3)	46.230 (91.3)	59.060 (93.0)	64.588 (93.8)	48.356 (92.3)
SFA	8.910 (80.4)	9.644 (77.7)	10.881 (78.5)	11.657 (80.2)	9.671 (77.5)
MUFA	8.184 (92.1)	8.387 (91.3)	13.050 (93.9)	15.442 (94.8)	8.578 (92.5)
PUFA	25.411 (96.5)	28.199 (96.0)	35.130 (97.1)	37.490 (97.6)	30.107 (96.9)
PUFA/SFA	2.852	2.924	3.229	3.216	3.113
UFA/SFA	11.036	11.311	16.278	18.658	11.691
n6	22.862 (96.5)	25.661 (96.0)	32.746 (97.2)	34.963 (97.6)	27.403 (96.9)
n3	2.457 (96.58)	2.455 (96.0)	2.296 (96.3)	2.433 (97.0)	2.623 (96.6)
n6/n3	9.303	10.452	14.259	14.368	10.447

Tabla 9. Composición (g/Kg MS) y entre paréntesis digestibilidad aparente (%) calculada de la GB y de los ácidos grasos más relevantes en los DDGS.

Ácidos grasos	DDGS			
	Cebada nacional	Maíz nacional	Maíz brasileño	Trigo nacional
GB	72.2 (81.6)	138.9 (95.7)	144.5 (94.4)	67.4 (96.5)
C16:0	15.364 (35.8)	20.098 (31.8)	20.978 (42.3)	12.488 (45.4)
C18:1n9c	8.256 (52.7)	31.316 (44.5)	35.683 (60.2)	6.892 (67.0)
C18:2	34.382 (60.1)	69.531 (46.7)	64.736 (65.9)	37.255 (65.7)
C18:3	2.214 (62.7)	1.474 (60.6)	1.189 (88.7)	2.179 (79.4)
SFA	17.373 (30.4)	23.483 (31.9)	24.983 (36.7)	13.484 (35.6)
MUFA	9.292 (52.8)	33.577 (55.2)	37.994 (59.5)	8.167 (63.3)
PUFA	36.720 (60.1)	71.244 (54.2)	66.212 (66.1)	39.564 (66.2)
n6	34.382 (60.1)	69.564 (54.1)	64.777 (65.43)	37.255 (66.6)
n3	2.214 (62.7)	1.474 (66.7)	1.189 (81.8)	2.179 (79.4)

Por otra parte, los SFA mostraron valores de digestibilidad superiores a 78%, que se pueden deber a que los UFA ayudan en la digestión de los ácidos grasos saturados mediante el aumento de la formación de micelas de SFA (Powles et al., 1993). Así, se ha sugerido que la proporción de UFA/SFA es determinante en la digestibilidad de los lípidos; en cerdos en crecimiento la digestibilidad empeora cuando la proporción UFA/SFA es menor de 1.5 (Stahly, 1984; Powles et al., 1995).

Los resultados de composición y la digestibilidad de los aminoácidos de los piensos experimentales se presentan en la Tabla 10. En general, los valores de digestibilidad para los aminoácidos del pienso Dcn fueron inferiores (de 2 a 7.8 puntos porcentuales) comparado a los del pienso C, con excepción de la histidina. En cambio los piensos que contienen DDGS de maíz y trigo, los valores de digestibilidad de la mayoría de aminoácidos fueron superiores a los del control, con excepción de la metionina. Aunque los valores de digestibilidad para la lisina y treonina fueron similares entre el pienso C y los piensos Dmn y Dmb, se observó una mejora en los valores de digestibilidad para estos aminoácidos en el pienso Dtn (de 3 puntos porcentuales).

Al parecer, el efecto negativo relacionado con el tratamiento térmico de los DDGS que reduce la digestibilidad de la lisina en cerdos (Pahm et al., 2008, Stein et al., 2006), no se observa a nivel de digestibilidad aparente en el caso de conejos. Es probable que la digestión cecal y la cecotrofia reduzcan este efecto. En tanto que el resultado final de la actividad bacteriana en el ciego lleva a un cambio sustancial en la composición de aminoácidos de la proteína que entra en el ciego, éste puede conducir a un enriquecimiento en lisina, metionina y treonina al comparar la excreción total de heces duras y blandas (García et al., 2005).

Aunque no existe información sobre la digestibilidad aparente de los aminoácidos de los DDGS en conejos, los valores bibliográficos de digestibilidades fecales aparentes para la lisina, metionina y treonina en dietas de conejos para materias primas proteicas y, cereales y sus subproductos (Llorente et al., 2007; Llorente et al., 2006; García et al., 2005) no muestran grandes variaciones respecto a los encontrados en el presente trabajo. Asimismo, es de destacar el hecho de que las dAA estimadas de la mayoría de aminoácidos superan a los coeficientes de digestibilidad de la PB (70 a 73%) de los piensos, especialmente en

lisina y metionina, que junto a la treonina son considerados aminoácidos limitantes en conejos (Xiccato y Trocino, 2011).

Tabla 10. Composición (% MS) y entre paréntesis digestibilidad aparente (%) de los aminoácidos de los piensos experimentales.

Aminoácidos	C	DDGS1	DDGS2	DDGS3	DDGS4
<i>Esenciales</i>					
His	0.35 (83.5)	0.36 (84.6)	0.45 (84.4)	0.45 (84.9)	0.44 (88.0)
Arg	0.84 (89.9)	0.86 (86.4)	0.92 (88.7)	0.95 (89.8)	0.97 (88.8)
Thr	0.71 (76.1)	0.72 (69.1)	0.83 (77.4)	0.83 (75.9)	0.83 (79.7)
Val	0.71 (74.2)	0.79 (67.9)	0.88 (75.7)	0.89 (77.0)	0.89 (80.4)
Met	0.27 (86.7)	0.32 (79.1)	0.35 (81.4)	0.34 (83.1)	0.33 (85.4)
Lys	0.91 (85.2)	0.87 (78.4)	0.92 (85.4)	0.94 (86.4)	0.97 (88.2)
Ile	0.53 (73.5)	0.58 (68.5)	0.65 (76.5)	0.66 (77.1)	0.68 (80.9)
Leu	0.93 (75.6)	1.05 (71.1)	1.40 (79.7)	1.48 (79.7)	1.24 (82.6)
Phe	0.63 (79.6)	0.70 (75.0)	0.78 (78.8)	0.77 (80.5)	0.74 (84.5)
<i>No esenciales</i>					
Asp	1.34 (78.8)	1.35 (70.0)	1.53 (79.4)	1.54 (81.4)	1.46 (81.9)
Ser	0.68 (75.9)	0.75 (72.9)	0.91 (78.2)	0.88 (79.7)	0.91 (83.4)
Glu	2.60 (85.0)	3.21 (84.3)	3.30 (86.1)	3.28 (86.4)	4.34 (91.2)
Gly	0.83 (73.3)	0.85 (66.0)	0.94 (72.7)	0.92 (74.7)	0.94 (78.4)
Ala	0.69 (70.2)	0.75 (62.9)	1.02 (77.6)	1.07 (77.1)	0.86 (78.6)
Pro	1.02 (80.7)	1.25 (80.3)	1.25 (82.0)	1.36 (82.1)	1.50 (89.9)
Cys	0.21 (77.8)	0.23 (75.8)	0.28 (77.0)	0.27 (78.0)	0.30 (81.5)
Tyr	0.28 (75.0)	0.32 (73.7)	0.41 (78.8)	0.42 (81.2)	0.35 (83.8)

La composición de los aminoácidos (%MS) así como sus valores calculados de digestibilidad aparente para los DDGS en estudio se muestran en la Tabla 11. Los valores de dAA estimados fueron más altos (61-100%) en los DDGS de maíz y trigo con respecto al DDGS de cebada (32-96%), en todos los aminoácidos, con excepción de la metionina donde el DDGS de maíz brasileño mostró un menor valor de digestibilidad. En general los valores más bajos encontrados en el DDGS de cebada se deberían a la menor concentración y digestibilidad de su proteína bruta, comparado con los otros DDGS estudiados.

Tabla 11. Composición (%MS) y entre parentesis digestibilidad aparente (%) de los aminoácidos de los DDGS.

Aminoácidos	DDGS			
	Cebada	Maíz nacional	Maíz brasileño	Trigo
<i>Esenciales</i>				
His	0.59 (56.4)	0.81 (90.4)	0.86 (86.3)	0.82 (91.0)
Arg	1.28 (53.6)	1.35 (77.9)	1.30 (96.0)	1.69 (75.6)
Thr	0.99 (34.5)	1.23 (84.9)	1.19 (81.7)	1.14 (100.2)
Val	1.43 (40.5)	1.47 (83.4)	1.52 (88.3)	1.53 (95.6)
Met	0.33 (96.5)	0.37 (87.5)	0.72 (65.5)	0.51 (93.2)
Lys	0.73 (42.2)	0.98 (87.6)	0.90 (99.9)	1.02 (99.2)
Ile	1.05 (42.1)	1.11 (84.6)	1.10 (88.3)	1.21 (99.5)
Leu	2.06 (43.8)	3.26 (84.7)	3.69 (83.29)	2.23 (99.3)
Phe	1.57 (39.1)	1.38 (78.2)	1.46 (76.9)	1.49 (75.7)
<i>No esenciales</i>				
Asp	1.68 (33.1)	2.13 (89.7)	2.02 (103.0)	1.92 (94.8)
Ser	1.28 (53.2)	1.58 (94.0)	1.57 (91.0)	1.73 (99.0)
Glu	6.34 (73.8)	5.44 (98.3)	5.73 (93.2)	9.98 (106.6)
Gly	1.21 (32.0)	1.35 (74.5)	1.26 (81.2)	1.53 (82.6)
Ala	1.15 (36.6)	2.18 (92.7)	2.39 (91.6)	1.33 (104.6)
Pro	2.88 (59.9)	2.31 (79.2)	2.42 (95.1)	3.23 (106.7)
Cys	0.35 (65.2)	0.33 (86.1)	0.64 (61.1)	0.65 (86.8)
Tyr	0.69 (50.3)	0.91 (84.7)	1.01 (84.9)	0.79 (77.5)

Los valores de dAA de lisina, metionina y treonina en conejas adultas para los granos de cebada, maíz y trigo reportados por Lorente et al. (2007) y García et al. (2005), son menores que los hallados en presente estudio; ello podría estar relacionado a la una menor concentración de estos aminoácidos en los cereales referidos y/o la interacción con otros nutrientes (como el alto contenido en GB de los DDGS que puede aumentar la digestibilidad del resto de nutrientes).

3.2.1. Valoración energética y proteica de los DDGS.

Los coeficientes de digestibilidad de la PB, ED, MS, MO y GB, así como los valores de energía digestible (ED kJ/kg MS) y proteína digestible (PD, %) de los DDGS en estudio, se presentan en la Tabla 12.

En general, el DDGS procedente del trigo nacional mostró unos valores de digestibilidad aparente superiores para todos los nutrientes respecto al DDGS procedente de cebada

nacional (entre 7 y 11 puntos porcentuales), quedando ambos DDGS procedentes del maíz con valores de digestibilidad intermedios entre los DDGS de trigo y cebada nacionales.

Tabla 12. Contenidos en Proteína Digestible (PD) (%) y Energía Digestible (ED) (kJ/kg MS) de los DDGS en conejos en crecimiento.

	DDGS				CV	Pr >F
	Cebada nacional	Maíz nacional	Maíz brasileño	Trigo nacional		
PD, %	16.83 ^c	19.46 ^{bc}	22.07 ^b	26.33 ^a	15.46	0.0001
dPB, %	63.54	65.58	70.40	74.82	15.81	0.0827
ED kJ	11874 ^a	15887 ^b	14725 ^b	15689 ^b	13.55	0.0001
dEB, %	58.22 ^c	71.77 ^{ab}	65.32 ^{cb}	74.95 ^a	13.63	0.0006
dMS, %	64.67 ^b	72.17 ^{ab}	68.36 ^{ab}	75.43 ^a	13.26	0.0547
dMO, %	58.87	65.61	63.19	68.17	13.24	0.0819

Estas diferencias en los coeficientes de digestibilidad se vieron de igual modo traducidos en los contenidos estimado en PD y ED para los diferentes DDGS evaluados.

La PD del DDGS de trigo fue significativamente superior (263 g/Kg MS; P<0.0001) al resto de DDGS, seguido en este orden por el DDGS de maíz brasileño (221 g PD/Kg MS), el DDGS de maíz nacional (195 g PD/Kg MS) y finalmente el DDGS de cebada (168 g PD/Kg MS). La diferencia de 10 unidades entre el de trigo y cebada es sustancial, y esta se podría deberse a que la cebada tiene menor contenido de PB y mayor en PB ligada a la fibra. Estas diferencias también se observan en las digestibilidades de los aminoácidos. Si bien no se encontró diferencias estadísticas (P>0.05) en la dPB, las diferencias entre la cebada y trigo va en el orden de 11 unidades, y con los DDGS de maíz de 2 y 8 unidades. Sin embargo, es importante mencionar que estos co-productos muestran amplia variabilidad en la digestibilidad. Así, Stein et al. (2005) señala 72±5.3% de digestibilidad ileal estandarizada para la PB en DDGS de maíz en cerdos.

Las dPB obtenidos para los DDGS de maíz y trigo fueron, en general, algo superiores, mientras que para el DDGS de cebada fue más bajo, comparado con los que se refieren en la tablas FEDNA (68-72%) (De Blas et al., 2010) y similar (70%) al encontrado por Villamide et al.(1989) para el DDGS de maíz. Ello, se refleja en los resultado obtenidos de PD, con mejores valores en los DDGS de maíz, igual con la PD del DDGS de trigo, y

valores más bajos para el DDGS de cebada, comparados con los publicados por De Blas et al. (2010).

Por otra parte, los valores calculados de ED para los DDGS de trigo y maíz (de 14.7 a 15.9 MJ ED/Kg MS) fueron superiores a del DDGS de cebada (11.9 MJ ED/Kg MS). De hecho, estos altos valores caracterizarían a estos co-productos como energéticos, con valores muy similares a los granos de cereal del que proceden y superiores a los referidos en las tablas FEDNA (De Blas et al., 2010) para los DDGS de maíz y trigo. Villamide et al. (1989) obtuvo un valor de dEB mayor, aunque similar en ED para los DDGS de maíz.

En función a los valores de las fracciones de fibras, aminoácidos, GB, PD y ED encontradas en los DDGS, estos pueden ser considerados como materias primas de un alto valor nutritivo para el conejo, y sin embargo, tiene importantes variaciones en su composición nutritiva, siendo un desafío para investigadores e industriales en reducir la variabilidad existente.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados encontrados en el presente estudio podemos señalar las siguientes conclusiones:

1. Acorde con su composición química, los DDGS pueden ser considerados como buenas fuentes de proteína para conejos, en especial los de trigo y maíz por ser los que tienen más concentración de PB y de mayor digestibilidad.
2. Aunque el contenido en AA y sus digestibilidades aparentes son muy variables en función del tipo de DDGS (más altas en maíz y trigo), los DDGS pueden considerarse una buena fuente de AA, sin una aparente caída de la digestibilidad de la lisina como se ha observado en otras especies.
3. Los contenidos de ED son altos en los DDGS de maíz y trigo (15887, 14725 y 15689 kJ); en caso del maíz se debe a un alto contenido en GB (139 y 144 g/KgMS) y con alta digestibilidad, mientras que en el DDGS del trigo se debe al mayor aporte de PD (26.3%). Por tanto se puede considerar a ambos DDSG como fuentes energéticas para conejos.
4. La composición en AG de la GB en los DDGS son ricos en SFA (palmítico y esteárico), PUFA (oleico) y MUFA (linoleico), con altas digestibilidades de los PUFA y MUFA. El DDGS de maíz tiene ratios UFA/SFA altos que puede indicar un mayor riesgo de oxidación y rancidez.
5. Por el elevado contenido en FND y en FSNDF, los DDGS también pueden ser valorados como fuentes fibrosas, y su inclusión en piensos de conejos en crecimiento mejoró la digestibilidad de algunas de sus fracciones fibrosas, aunque con diferencias entre los DDGS evaluados.

5. BIBLIOGRAFIA

- Abengoa 2011. www.abengoabioenergy.com/corp/web/es/trading/productos/dgs/ Accesado en noviembre del 2011.
- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Almeida, F. N. and H. H. Stein. 2010. Effects of graded levels of phytase on the apparent and standardized total tract digestibility of phosphorus in corn and corn co-products. *J. Anim. Sci.* 88(E-Suppl. 2):378 (Abstr.)
- Avelar, E.; Jha, R.; Beltranena, E.; Cervantes, M.; Morales, A and Zijlstra, R.T. 2010. The effect of feeding wheat distillers dried grain with solubles on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 160:73–77.
- Bandegan A., Guenter W., Hoehler D., Crow G.H., Nyachoti C.M., 2009. Standardized ileal amino acid digestibility in wheat distillers dried grains with solubles for broilers. *Poultry Sci.* 88, 2592-2599
- Batal, A. B.; Dale, N. M. 2003. Mineral composition of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 12, 400–403.
- Batey, I.L., 1982. Starch analysis using thermostable alpha-amylases. *Starch/Stärke* 34, 125–128.
- Belyea, R. L.; Rausch, K. D.; Tumbleson, M. E. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology.* 94: 293–298.
- Carabaño, R.; Piquer, J.; Menoyo, D. and Badiola, I. 2011. The Digestive System of the Rabbit. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds). *The Nutrition of the Rabbit*. 2nd ed., CABI International. Wallingford (UK), pp. 1-18.
- Cozannet, P.; Primot, Y.; Gady, C.; Métayer, J.P.; Callu, P.; Lessire, M.; Skiba, F. and Noblet, J. 2010. Composition and amino acids ileal digestibility of wheat distillers dried grains and solubles in pigs: Sources of variability. *Livestock Science* 134:176–179.
- Cromwell, G. L.; Herkelman, K. L.; Stahly, T. S. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 1993, 71, 679–686
- Cromwell, G. L.; Azain M. J.; Adeola, O., Baidoo, S. K.; S. D. Carter, S. D.; Crenshaw, T. D.; Kim, S. W.; Mahan, D. C.; Miller, P. S. and Shannon, M. C. 2011. Corn distillers dried grains with solubles in diets for growing-finishing pigs: A cooperative study. *J Anim. Sci.* 89:2801-2811.
- Dalle-Zotte, A. 2002. Perception of rabbit meat and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75, 11-32.
- De Blas C., Mateos G.G. 2010. Feed formulation. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds). *The Nutrition of the Rabbit*. 2nd ed., CABI International. Wallingford (UK), pp. 222-232.

- De Blas, C., Mateos, G.G., García-Rebollar, P. 2010. Tablas FEDNA de la composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Tercera edición. Madrid.
- Díaz-Royón, F.; Rosentrater K. A. 2012. Composition of Fat in Distillers Grains. Livestock. Dairy Sc. IGrow February 2012. South Dakota State University.
- Erickson G.E.; Klopfenstein, T.J.; Adams, D.C.; Rasby, R.J. 2005. General overview of feeding corn milling co-products to beef cattle. In. Corn Processing Co-Products Manual. University of Nebraska. Lincoln, NE, USA.
- Falcão e Cunha, L., Peres, H., Freire, J.P.B. and Castro-Solla, L. 2004. Effects of alfalfa, wheat bran or beet pulp, with or without sunflower oil, on caecal fermentation and on digestibility in the rabbit. *Animal Feed Science and Technology* 117, 131–149.
- Fastinger, N. D., and D. C. Mahan. 2006. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *J. Anim.Sci.* 84:1722-1728.
- Fernández, C., Cobos, A. and Fraga, M.J. 1994. The effect of fat inclusion on diet digestibility in growing rabbits. *Journal of Animal Science* 72, 1508–1515.
- Ganesan, V., K.A. Rosentrater, and K. Muthukumarappan. 2008. Effect of Moisture Content and Soluble Levels on the Physical and Chemical Properties of DDGS. *Cereal Chem.* 85(4):464-470
- García, A.I., de Blas, J.C. and Carabano, R. 2005. Comparison of different methods for nitrogen and amino acid evaluation in rabbit diets. *Animal Science* 80, 169–178.
- Gómez-Conde, M. S.;García, J.; Chamorro, S.;Eiras, P.; Rebollar, P.G.; Pérez de Rozas, A., Badiola, I.; De Blas, C. and Carabaño, R. 2007. Neutral detergent-soluble fiber improves gut barrier function in twenty-five-day-old weaned rabbits. *J AnimSci*, 85:3313-3321.
- Han, J. C.; Liu, K. S. Changes in proximate composition and amino acid profile during dry grind ethanol processing from corn and estimation of yeast contribution toward DDGS proteins. *J. Agric. Food Chem.* 2010, 58, 3430–3437.
- Hayes, F. D. 2008. Introduction. In. Babcock A. B., Hayes J. D.; Lawrence D. J. (Eds) *Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries.* Matric. Iowa State University, U.S.A. pp.1-2.
- Kim, E. J.; Parsons, C. M.; Srinivasan, R; and Singh, V. 2010. Nutritional composition, nitrogen-corrected true metabolizable energy, and amino acid digestibilities of new corn distillers dried grains with soluble produced by new fractionation processes. *Poult. Sci.* 89:44-51.
- Kim, Y.; Mosier, S. N.; Hendrickson, R.; Ezeji, T.; Blaschek, H.; Dien, B.; Cotta, M.; Dale, B., Ladisch, M. R. 2008. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. *Bioresource Technology.* 99: 5165–5176.
- Knott, J., G.C. Shurson, and J. Goihl. 2004. Effects of the Nutrient Variability of Distiller’s Solubles and Grains with in Ethanol Plants and the Amount of Distiller’s Solubles Blended with Distiller’s Grains on Fat, Protein and Phosphorus Content of DDGS.

<http://www.ddgs.umn.edu/articles-proc-storage-quality/2004-Knott-Nutrientvariability.pdf>. (accessed September 2011).

Lebas, F. 2010. Antecedentes históricos de la producción cunícola. Curso de Cunicultura on line. UPV. España.

Liu K S. 2011. Chemical composition of distillers grains, a review. *J. Agric. Food Chem.* 59: 1508-1526.

Liu, H.J., Chang, B.Y., Yan, H.W., Yu, F.H. y Liu, X.X. 1995. Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate and reverse-phase liquid chromatographic separation. *Journal of AOAC International*. 78: 736-744.

Llorente, A., García, A.I., Nicodemus, N., Villamide, M.J. and Carabano, R. 2006. Digestibilidad ileal aparente y verdadera de aminoácidos de harinas de girasol, productos de soja y guisante en conejos. In: Proceedings of the XXXI Symposium de Cunicultura de ASESCU. Lorca, Spain, pp. 117–124.

Llorente, A., Villamide, M.J., García, A.I. and Carabano, R. 2007. Digestibilidad de la proteína de los aminoácidos de cereales y sus subproductos en conejos. Proceedings of XXXII Symposium de Cunicultura de ASESCU. Vila-Real, Portugal, pp. 87–90.

Lumpkins, B.S., A. Batal, and N. Dale. 2005. Use of Distillers Dried Grains plus Solubles in Laying Hen Diets. *J. Appl. Poult. Res.* 14: 25–31.

Lumpkins, B.S., A.B. Batal, and N.M. Dale. 2004. Evaluation of Distillers Dried Grains with Solubles as a Feed Ingredient for Broilers. *Poult. Sci.* 83: 1891–1896.

Martinez-Amezcuca, C.; Parsons, C.M.; Singh, V.; Srinivasan, R. and Murthy G.S. 2007. Nutritional characteristics of corn Distillers Dried Grains with Solubles as affected by the Amounts of Grains Versus Solubles and Different Processing Techniques. *Poult. Sci.* 86:2624-2630.

Martínez-Vallespín B., Navarrete C., Martínez-Paredes E., Ródenas L., Cervera C., Blas E. 2011a. Determinación de la Fibra Soluble en Detergente Neutro: Modificaciones del Método Original. AIDA. XIV Jornadas sobre Producción Animal, 1. Zaragoza: 291-293.

Martínez-Vallespín, B. 2011b. Use of weaning diets in combined feeding of females and young rabbits. Ph.D. Thesis. Departamento de Ciencia Animal. UPV.

Moureau, R. A., K. Liu., J. K. Winkler-Moser, V. Singh. 2011. Changes in Lipid Composition During Dry Grind Ethanol Processing of Corn. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 88:435–442.

Noll, S., C. Parsons, B. Walters. 2006. What's New since September 2005 in Feeding Distillers Co-products to Poultry. Proceedings of the 67th Minnesota Nutrition Conference and University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millennium, pp. 149-154.

Noll, S.L., J. Brannon, C. Parsons. 2007. Nutritional Value of Corn Distiller Dried Grains with Solubles (DDGS): Influence of Solubles Addition. *Poult. Sci.* 86 (Suppl. 1): 68.

- Noll, S.L., V. Stangland, G. Speers, C. Parsons, and J. Brannon. 2002. Utilization of Canola Meal and Distillers Grains with Solubles in Market Turkey Diets. *Poult. Sci.* 81(Suppl. 1): 92.
- NRC. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. (9th Ed.). National Academy Press, Washington, D.C.
- Nuez Ortín, W. G.; Yu, P. 2009. Nutrient variation and availability of wheat DDGS, corn DDGS and blend DDGS from bioethanol plants. *J. Sci. Food Agric.* 89, 1754–1761.
- Nyachoti, C.M., J.D. House, B.D. Slominski, and I.R. Seddon. 2005. Energy and Nutrient Digestibilities in Wheat Dried Distiller's Grains with Solubles Fed to Growing Pigs. *J. Sci. Food Agr.* 85: 2581–258
- O'Fallon, J.V., Busboom, J.R., Nelson, M.L. & Gaskins, C.T. 2007. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *J. Anim. Sci.* 85: 1511-1521.
- Olentine, C. 1986. Ingredient profile: Distillers feeds. *Proc. Distillers Feed Conf.* 41:13-24.
- Pahm, A. A., C. Pedersen, and H. H. Stein. 2008. Application of the reactive lysine procedure to estimate lysine digestibility in distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Agric. Food Chem.* 56:9441-9446.
- Pedersen, C., Boersma, M. G. and Stein, H. H. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in 10 samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85:1168–1176.
- Peiretti, P.G. and Meineri, G. (2008) Effects of golden flaxseed supplementation on the performance and feed digestibility of rabbits. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 7, 56–60.
- Powles, J., J. Wiseman, D. J. A. Cole, and S. Jagger. 1995. Prediction of the apparent digestible energy value of fats given to pigs. *J. Anim. Sci.* 61:149–154.
- Reese, D.E. and A.J. Lewis. 1989. Nutrient content of Nebraska corn. Nebraska Cooperative Extension Service EC 89-219, pp. 5-7.
- SAS. 2008. *SAS/SAT User's Guide* (Release 9.2). SAS Inst. Inc. Cary NC, USA.
- Shurson, J and Alghamdi, A. S. 2008. Quality and New Technologies to Create Corn Co-Products from Ethanol Production. In: Babcock, B.; Hayes, D. J, and Lawrence, J. D. (Eds). *Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries*. Matric. Iowa State University. pp. 231-259.
- Shurson, J., M. Spiehs, M. Whitney, and J. Knott. 2004. Nutritional and value added benefits of feeding maize DDGS and other dry-mill co-products to swine. Presented at the Eastern Nutrition Conf. Pre-conf. Symposium, Ottawa, Canada. May 11, 2004. <http://www.ddgs.umn.edu/articles-swine/2004-Shurson-%20Eastern%20nutr%20conf.pdf>. (Accessed October 2011)
- Spiehs, M. J., M. H. Witney, and G. C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639–2645.

- Stahly, T. S. 1984. Use of fats in diets for growing pigs.. In: J. Wiseman. (Ed). Animal Nutrition. Butterworths, London, U.K. 313-331
- Stein, H. H., C. Pedersen, and M. G. Boersma. 2005. Energy and nutrient digestibility in dried distillers grain with solubles. J. Anim. Sci. 83 (Suppl. 2): 49 (Abstr.).
- Stein, H. H., C. Pedersen, C.; Gibson, M.L; and Boersma, M. G. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles by growing pigs. J. Anim. Sci. 84:853–860.
- Stein, H.H. and Shurson, G.C. 2009. The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. J. Anim. Sci. 87:1292–1303.
- Tazzoli, M. 2012. Feeding strategies to improved healt status and feed efficiency in growing rabbits. Thesis Ph.D. Universita Degli Studi Di Padova. Italy.
- US Grains Council. 2007. Nutrient Content of DDGS. Variability and Measurement. DDGS Users Handbook.US Grains Counc., Washington, DC. pp.1–18.
- Van Soest, P. J.; Roberston, J. B.; Lewis, B. A. 1991.Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition.J. Dietary Sci., 74: 3583-3597.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant, Second Edition. Cornell University Press, Ithaca,
- Villamide J. M., De Blas J.C. and Carabano R. 1989. Nutritive value of cereal by-products for rabbits: wheat bran, corn gluten feed and dried distillers grains and soluble. J. Appl. Rabbit Res. 12:152-155.
- Villamide M.J., Martens L., Cervera C., Perez J.M., Xiccato G. 2001. A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. World Rabbit Science 9, 19-25.
- Widyaratne, G.P and Zijlstra, R.T. 2007. Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: Disgetibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. Can. J. Anim. Sci. 87:103-114.
- Xiccato, G. and Trocino, A. 2011. Energy and Protein Metabolism and Requirements. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds). The Nutrition of the Rabbit.2nd ed., CABI International. Wallingford (UK), pp. 83-119.
- Yang, Y; Kiarie, E.; Slominski, B. A.; Brule-Babel, A, and Nyachoti, C. M. 2010. Amino acid and fiber digestibility, intestinal bacterial profile, and enzyme activity in growing pigs fed dried distillers grains with solubles-based diets. J. Anim. Sci, 88:3304-3312.