

Molino de martillo vs. Molino de rodillo: Efectos de la molienda del cereal principal de la dieta sobre la productividad y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias

PEREZ-BONILLA^{1*}, M. FRIKHA², M. MOHITI-ASLI², A. MARTÍN-DÍAZ¹, J. GARCIA¹, J. HERRERA¹, y G.G. MATEOS²

¹Camar Agroalimentaria-El Canto Agroalimentaria S.L. 45214, Cedillo del Condado, Toledo, España.

²Universidad Politécnica de Madrid, 28040, Madrid.

*email: aperez@huevoscamar.com

RESUMEN

La influencia del cereal principal de la dieta y el tipo de molienda sobre los parámetros productivos y la calidad del huevo fue estudiada en 420 ponedoras rubias de la estirpe Hy-Line en el período 24 a 59 semanas de vida. Se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos ordenados factorialmente bajo un esquema 3 x 2, con 3 tipos de cereales (cebada, trigo blando y maíz) y dos tipos de molineras (molino de martillo o molino de rodillos). Cada tratamiento fue replicado 7 veces y la unidad experimental consistió una jaula enriquecida con 10 gallinas. Las variables productivas de las aves fueron analizadas en periodos de 28 días y las variables de calidad del huevo fueron medidas en la semana 40 y 56 de vida respectivamente. El tamaño medio de partícula fue mayor en las dietas basadas en cebada que en las dietas basadas en trigo o maíz, siendo estas diferencias más pronunciadas cuando se utilizó el martillo de rodillo para moler las dietas. La proporción de partículas menores de 2500 μm disminuyó con la utilización del molino de rodillo respecto al molino de martillo (13.2% vs. 6.0%). Teniendo en cuenta el periodo global del experimento, el consumo medio diario fue mayor en las gallinas que consumieron tanto trigo como maíz respecto a las que consumieron cebada (110.8 y 110.7 vs. 109.7 g/d; $P < 0.05$). Varias interacciones fueron detectadas entre el cereal principal de la dieta y el tipo de molino utilizado, así el consumo medio diario ($P < 0.01$) y el porcentaje de puesta ($P = 0.09$) fue similar en todas las dietas cuando el molino de martillo fue utilizado, sin embargo, ambas variables empeoraron cuando el molino de rodillo fue utilizado en la dieta basada en cebada respecto a la basada en trigo o maíz. A pesar de estos efectos, tanto en el consumo diario como en la puesta, ninguna de las variables productivas restantes fue afectada por el tratamiento. En cuanto a las variables relacionadas con la calidad de huevo, ninguna de las variables estudiadas fue afectada por el tratamiento. Con estas premisas, podemos concluir que el molino de rodillo puede utilizarse de forma exitosa para moler dietas basadas en cereales, especialmente trigo y maíz. Sin embargo, el molino de rodillo quizá no es adecuado para moler cereales con un porcentaje de fibra elevado como es el caso de la cebada.

ABSTRACT

The influence of the main cereal and grinding of the cereal of the diet on productive performance and egg quality was studied in 420 Hy-line brown egg-laying hens from 24 to 59 wk age. The design was completely randomized with 6 treatments arranged as a 3 x 2 factorial with 3 cereals (barley, dented maize, and soft wheat) and 2 grinding type (hammer vs. roller mill). Each treatment was replicated 7 times and the experimental unit was an enriched cage with 10 hens. Productive performance of the hens were recorded every 28-d and egg quality was measured at 40 and 56 wk of age. Geometric mean diameter was higher for the barley than for the maize and wheat diets, with differences among cereals being more pronounced when the roller mill was used. Also, the proportion of particles smaller than 2,500 μm was lower when the cereal was rolled (13.2 vs. 6.0%). For the entire experimental period feed intake was higher in hens fed the wheat or maize diets than in hens fed the barley diets (110.8 vs. 110.7 vs. 109.7; $P < 0.05$). Several interactions between the main cereal of the diet and type of mill used to grind the cereal was detected; average daily feed intake ($P < 0.01$) and egg production ($P = 0.09$) were similar for all diets when the cereal was hammer milled but lower for the barley than for the wheat or maize diets when the cereal was rolled. However, none of the other productive traits was affected by treatment. Similarly, egg quality traits were not affected by dietary treatment. We conclude that roller mills can be used successfully to grind low fiber cereals such as maize or wheat destined to the production of feeds for egg-laying hens. However, the roller mill used might not be adequate when barley is the main cereal of the diet.

Key words: cereals, hammer mill, laying hen performance, roller mill.

Introducción

El maíz y el trigo blando (*Triticum aestivum* L.) son los principales cereales utilizados en dietas para avicultura, aunque la cebada (*Hordeum vulgare* L.) es también utilizada ampliamente (Pérez-Bonilla et al., 2011; Jacob and Pescatore, 2012). El maíz es el cereal utilizado en muchos países como fuente de energía en dietas para gallinas ponedoras debido a que su composición nutricional es más uniforme, y en general, mejora la estructura del pienso después de la molienda asegurando un consumo adecuado en las aves (Frikha et al., 2009a).

El interés sobre los efectos del tamaño de partícula de la dieta sobre las variables productivas se ha acrecentado recientemente. Así, la industria continua buscando nuevas prácticas que aseguren la optimización del consumo (Frikha et al., 2009b; Safaa et al., 2009; Svihus, 2010b). Los dos principales métodos utilizados para reducir el tamaño de partícula de los ingredientes de la dieta son el molino de martillo (MM) y el molino de rodillo (MR) (Koch, 1996; Amerah et al., 2007). La principal ventaja del MR comparado con el MM es la mejora en la uniformidad del tamaño de partículas, reduciéndose la formación de finos, obteniéndose probablemente una mejora en el consumo de pienso (Nir et al., 1990, 1995; Svihus et al., 2004). Sin embargo, el MM es más barato de adquirir y tiene un menor consumo energético respecto al MR (Audet, 1995; Koch et al., 1996).

El tamaño de partícula influye sobre el consumo medio diario y el resto de variables productivas en muchas especies de aves (Reece et al., 1985; Nir et al., 1990; Amerah et al., 2007; Svihus et al., 2010a; Mateos et al., 2012). Diversas guías de manejo de ponedoras (Isa Brown, 2012; Lohmann, 2012) recomiendan un rango entre un 75 y un 80% para partículas con un tamaño entre 500 y 3200 μm con el objetivo de optimizar el consumo y las variables productivas de la ponedora. Sin embargo, no hay estudios recientes que cuantifiquen la potencial interacción entre el cereal principal de la dieta y el método de molienda sobre las variables productivas y la calidad de huevo en gallinas ponedoras rubias.

La hipótesis del presente estudio fue que maíz, trigo y cebada podrían utilizarse como cereal principal en la dieta sin ningún efecto negativo sobre los parámetros productivos o la calidad del huevo. El uso del MR podría mejorar los resultados productivos de la ponedora al compararlo con el uso del MM debido a una mejora de la uniformidad en el tamaño de las partículas; y que el beneficio del MR

podría ser mayor tanto en las dietas basadas en trigo como en maíz, cereales menos fibrosos que la cebada. El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia del método de molienda (MM vs. MR) y el cereal principal de la dieta (maíz, trigo, cebada) y su potencial interacción sobre los parámetros productivos y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias en el período comprendido entre la semana 24 y la 59 de vida.

Material y métodos

Todos los procedimientos de la prueba experimental fueron aprobados por el comité de ética de la Universidad Politécnica de Madrid y estuvieron de acuerdo con la guía española para el cuidado y el uso de animales en investigación (Boletín Oficial del Estado, 2013). En total 420 gallinas ponedoras de la estirpe Hy-Line fueron obtenidas a partir de una instalación de cría comercial (El Canto Agroalimentaria S.L, Toledo, España) y fueron alojadas en instalaciones de puesta bajo ambiente controlado. En el período de transición hasta el inicio de la prueba todas las aves fueron alimentadas con un pienso basal común (2750 kcal EMA/kg, 17,5% PB, 0,39% Met digestible) durante 2 semanas. En la semana 24 de vida las gallinas fueron pesadas individualmente (1733 ± 48 g) y distribuidas al azar en grupos de 10 gallinas en 42 jaulas enriquecidas provistas de un comedero y 2 bebederos de tetina. La temperatura dentro de la instalación fue recogida diariamente a lo largo del período experimental con una temperatura mínima de $19 \pm 3^\circ\text{C}$ recogida en Enero y una máxima de $25 \pm 3^\circ\text{C}$. El programa de luz fue constante y consistió en 16 h de luz a lo largo de la prueba.

Dos lotes de cada uno de los 3 cereales fueron utilizados durante el experimento y fueron obtenidos a partir de proveedores comerciales. El primer lote fue utilizado durante los primeros 4 períodos de 28 días y el segundo lote durante los últimos 5 períodos de 28 días. Cada lote de cereal fue dividido en 2 fracciones y molido utilizando el MM (Modelo DFZC, Bühler AG. S.A., Uzwil, Suiza) o el MR (Modelo MDDP, Bühler AG. S.A., Uzwil, Suiza). El MM estaba provisto de 2 tamices y fue conducido mediante un motor eléctrico de 115 kW con una velocidad rotacional de 1500 rpm. El diámetro de los orificios de las cribas fue 6 mm para el maíz y 5 mm para el trigo y la cebada. Los rodillos del MR tenían un diámetro de 300 mm y una longitud de 1800 mm. La distancia entre pares de rodillos paros fue de 2 mm para el maíz y 1 mm para el trigo y la cebada para el primer par de rodillos y 1 mm, 0,7 mm y 0,6 mm para el maíz, el trigo y la cebada para el segundo par. Todos los procedimientos durante la fabricación de las dietas experimentales fueron controlados por personal cualificado de fábrica (CATESA, Trujillo, España). Después de la molienda, los cereales fueron mezclados en adecuadas proporciones con el resto de ingredientes de la dieta. El tamaño medio de partícula (TMP) de las dietas fue realizado siguiendo la metodología descrita por ASAE (1995). Los datos del TMP de las dietas son mostrados en la Tabla 1 como media de los 2 lotes utilizados en el experimento. Las variables productivas fueron analizadas según un diseño al azar mediante un modelo mixto con medidas repetidas en el tiempo utilizando el procedimiento MIXED de SAS (Littell et al., 1996) con el cereal principal y método de molienda como elementos fijos y el período de tiempo (28 días) como medida repetida. El análisis de los efectos del tratamiento sobre la calidad del huevo fue analizado mediante un procedimiento ANOVA mediante el procedimiento GLM (SAS Institute, 1990). Cuando los efectos estudiados fueron significativos se utilizó un t-test y un test de tukey como método de comparación y separación de medias para las variables productivas y para la calidad de huevo respectivamente. Los datos de mortalidad fueron analizados mediante el procedimiento GENMOD (SAS Institute, 1990) mediante una distribución binomial.

Todas las dietas cubrieron o excedieron los requerimientos nutricionales de las aves según las recomendaciones de FEDNA (2008). La composición de las dietas fue ajustada para asegurar que tanto los niveles de EMAn como aminoácidos esenciales fueran similares en todas las dietas según las recomendaciones de FEDNA (2010). Sin embargo el nivel de ácido linoléico varió según la combinación del cereal en la dieta, así el ácido linoléico de la dieta varió desde un 1,4% para las dietas de maíz hasta un 0,8% para las dietas de trigo. Todas las dietas incluyeron una dosis recomendada de un complejo enzimático y un pigmentante sintético comercial. La composición y el valor nutricional de las dietas son presentados en la Tabla 1.

Para la obtención de todas las variables productivas y de calidad de huevo se llevaron a cabo controles cada 28 días a lo largo de 9 períodos. El porcentaje de puesta se obtuvo mediante la

recolección de todos los huevos producidos diariamente y el peso del huevo fue obtenido como media de 3 días antes de cada periodo de 28 días. El consumo fue calculado por réplica a lo largo de los 9 periodos de puesta. A partir de estos datos, se calculó la masa de huevo exportada, así como el IC por kg y por docena de huevo. Para la obtención de la ganancia de peso, todas las aves fueron pesadas al inicio y al final del experimento. El número de huevos sucios, rotos y fárfaras fue recolectado diariamente por réplica utilizando todos los huevos producidos diariamente. Medidas de calidad del huevo como las Unidades Haugh y el color de yema fueron medidas puntualmente en la semana 40 y 59 de vida en 10 huevos elegidos al azar. Para ello se utilizó un equipo multitest (QCM System, Technical Services and Supplies, Dunnington, York, UK) según metodología descrita por Pérez-Bonilla et al. (2011). Asimismo, se midió la proporción de cáscara, albumen y yema, así como el ratio yema:albumen en los mismos 10 huevos (Pérez-Bonilla et al., 2012).

Resultados y discusión

El tamaño medio de partícula fue mayor en las dietas basadas en maíz que las dietas basadas en trigo o cebada (1162 vs. 1141 y 1117 μm , respectivamente). Sin embargo, cuando el cereal fue molido con el MR el TMP fue menor en las dietas basadas en maíz que en las basadas en trigo o cebada (955 vs. 1033 y 1116 μm , respectivamente). El TMP de los cereales fue menor cuando el MR fue utilizado en vez del MM (Tabla 1). Cuando los cereales fueron molidos con MR el TMP del maíz (1162 vs. 955 μm), trigo (1141 vs. 1033 μm) y cebada (1117 vs. 1116 μm) fue reducido un 17,8%; 9,5% y un 0,12% respectivamente. La mejora en la uniformidad del tamaño de partícula se midió con la desviación estándar geométrica, así dicha desviación fue menor para las dietas molidas con MR que en las molidas con MM (1.98 vs. 2.06) mejorándose la uniformidad del tamaño de partícula de la dieta. La proporción de partículas menores de 80 μm (finos) fue menor con el MR que con el MM pero las diferencias fueron menos pronunciadas en la dieta de cebada (0.10% vs. 0.01%) que para la de maíz (0.40% vs. 0.22%) o trigo (0.21% vs. 0.14%). Sin embargo, la proporción de partículas mayores de 2500 μm fueron menores con el MR que con el MM (59%, 47% y 31% para las dietas de cebada, maíz y trigo respectivamente). Los datos de la distribución del tamaño de partícula y la uniformidad de las dietas indican que el uso del MR reduce el TMP y mejora la uniformidad del tamaño de partículas, siendo estos beneficios más pronunciados para la dieta basada en maíz y trigo que para las basadas en cebada. Deaton et al. (1989) compararon dietas basadas en maíz molidas con ambos métodos de molienda, obteniendo unos rangos de 814-873 μm y 1342-1501 μm para el MM y el MR respectivamente.

Diversas interacciones entre el tratamiento y período de tiempo fueron detectadas tanto para el consumo como para el porcentaje de puesta (Datos no mostrados). Sin embargo, para el periodo global, el tiempo fue la única variable que afectó a las variables productivas. El tipo de cereal no afectó a ninguna de las variables productivas estudiadas. Una interacción ($P < 0.01$) entre el tipo cereal de la dieta y el método de molienda fue detectado, así las gallinas que comieron la dieta basada en cebada y molida con MR tuvieron una reducción en el consumo de un 2.2% respecto al resto de gallinas que comieron maíz (110.8 vs. 110.6 g/d) o trigo (110.9 vs. 110.6 g/d). En el mismo sentido, las gallinas que comieron la dieta basada en cebada y molida con MR tuvieron una reducción en el índice de puesta respecto a las que comieron el mismo cereal pero molido con MM (90.6 vs. 87.9%, $P=0.09$), pero dicho efecto no fue observado en las gallinas que comieron la dieta basada en maíz o trigo (Tabla 2). Para el periodo global, el tipo de cereal no afectó a ninguna de las variables productivas estudiadas. Estos resultados están en concordancia con previos estudios (Lázaro et al., 2003; Safaa et al., 2009) los cuales mostraron que cuando el trigo y la cebada fueron suplementados con enzimas exógenos la productividad de las gallinas fue similar que en las dietas basadas en maíz. Resultados similares a estos autores han sido obtenidos por Pérez-Bonilla et al. (2011) al comparar dietas basadas en maíz, trigo blando y cebada en gallinas ponedoras rubias en el periodo 22 a 54 semanas de vida. Coon et al. (1988) compararon dietas basadas en maíz o en 2 cultivares de cebada sin enzimas exógenos y reportaron un mayor consumo en los animales que consumieron las dietas basadas en cebada que los animales que consumieron la dieta basada en maíz. Contrariamente, en el presente experimento el consumo fue menor en las gallinas que comieron la dieta basada en cebada respecto a la basada en maíz o trigo (109.7 vs. 110.7 y 110.8 g/d, $P < 0.05$; respectivamente) (Tabla 2).

El tipo de cereal y el método de molienda no afectó a ninguna de las variables de calidad del huevo en concordancia con previos experimentos (Safaa et al., 2009; Pérez-Bonilla et al., 2011) (Tabla 3). La única variable que fue afectada por el tipo de cereal fue el color de yema ($P < 0.001$) que fue mayor en los huevos de gallinas alimentadas con maíz que en los huevos de gallinas que consumieron cebada o trigo (9.6 vs. 8.8 y 8.7, respectivamente) (Tabla 3).

Como conclusión del presente trabajo indicar que las variables productivas de la gallina ponedora quizá sean afectadas por el tipo de molino utilizado para moler la dieta. El molino de rodillo quizá no sea recomendable cuando la cebada es utilizada como cereal principal de la dieta. Sin embargo, cuando el maíz o el trigo son utilizados como cereal principal, ambos métodos de molienda pueden ser utilizados de forma exitosa. La principal ventaja del uso del molino de rodillo comparado con el uso del molino de martillo es la reducción en el tamaño medio de partícula con un aumento de la uniformidad y una reducción en la formación de finos en el pienso.

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales (g/kg)

Ingredientes	Molino Martillo			Molino Rodillo		
	Cebada	Maíz	Trigo	Cebada	Maíz	Trigo
Cebada	549.0	-	98.0	549.0	-	98.0
Maíz	51.0	549.0	-	51.0	549.0	-
Trigo	-	51.0	549.0	-	51.0	549.0
Harina soja, 470 g PB/kg	245.0	269.0	225.0	245.0	269.0	225.0
Manteca	45.0	19.0	18.3	45.0	19.0	18.3
Fosfato bicálcico	12.2	16.2	12.0	12.2	16.2	12.0
Carbonato cálcico ^a	88.0	86.0	88.0	88.0	86.0	88.0
Sal	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
DL-metionina, 990 g/kg	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.7
Premix ^b	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Análisis calculados ^c						
EMAn (MJ/kg)	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Proteína bruta	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0
Lisina digestible	8.8	8.7	8.5	8.8	8.7	8.5
Metionina digestible	4.1	4.2	4.0	4.1	4.2	4.0
Treonina digestible	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
Triptófano digestible	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Ácido Linoleico	11.0	14.1	8.1	11.0	14.1	8.1
Calcio	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0
Fósforo total	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Fósforo disponible	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Análisis determinado ^d						
Materia seca	911.0	887.0	905.0	910.0	893.0	898.0
Proteína bruta	173.0	173.0	171.0	173.0	174.0	172.0
Energía bruta (MJ/kg)	15.35	15.37	15.36	15.37	15.36	15.37
Extracto etéreo	40.0	43.0	44.0	40.0	43.0	44.0
Cenizas totales	127.5	120.3	126.8	130.0	128.3	127.7
TMP ^e	1117	1162	1141	1116	955	1033
DGM ^f	±2.02	±2.12	±2.05	±1.93	±2.03	±1.97

^a 50% del carbonato cálcico fue suplementado como carbonato grosero.

^b Incluye macrominerales, microminerales, vitaminas, enzimas y pigmentante.

^c Según Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal (2010).

^d Análisis realizados en muestras por triplicado.

^e Tamaño medio de partícula. Dato correspondiente a la media de los lotes de pienso suplementados desde la semana 24 a la 39 y desde la 39 a la 59 de vida.

^f Desviación geométrica media. Log normal DS. Dato correspondiente a la media de los lotes de pienso suplementados desde la semana 24 a la 39 y desde la 39 a la 59 de vida.

Tabla 2. Influencia del cereal principal y el método de molienda sobre los parámetros productivos en el periodo 24-59 semanas^a

Cereal	Molienda	Puesta (%)	Consumo (g/d)	Peso huevo (g)	Masa huevo (g)	IC (kg/kg)	IC (kg/doc)	GMD (g)	Mortalidad (%)
Cebada									
	Martillo	90.6	110.9 ^a	62.4	56.5	1.96	1.46	238	2.2
	Rodillo	87.9	108.4 ^b	62.2	54.7	1.99	1.48	226	0
Maíz	Martillo	90.3	110.8 ^a	62.2	56.2	1.98	1.47	241	4.4
	Rodillo	90.5	110.6 ^a	62.3	56.3	1.97	1.48	254	2.2
Trigo	Martillo	90.6	110.9 ^a	62.0	56.2	1.98	1.47	236	0
	Rodillo	90.4	110.6 ^a	61.8	55.9	1.98	1.48	209	1.1
	E.E.M ^b	0.68	0.40	0.23	0.51	0.02	0.015	22.7	
Cereal									
	Cebada	89.3	109.7 ^b	62.3	55.6	1.98	1.47	232	1.1
	Maíz	90.4	110.7 ^a	62.2	56.3	1.97	1.47	247	3.3
	Trigo	90.5	110.8 ^a	61.9	56.0	1.98	1.48	223	0.6
	E.E.M ^c	0.48	0.28	0.16	0.36	0.014	0.011	16.1	
Molienda									
	Martillo	90.5	110.9 ^a	62.2	56.3	1.97	1.47	238	2.2
	Rodillo	89.6	109.9 ^b	62.1	55.6	1.98	1.48	230	1.1
	E.E.M ^d	0.48	0.23	0.13	0.29	0.011	0.009	13.1	
Probabilidad									
Cereal		NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	0.103
Molienda		NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	0.315
Cereal*Molienda		†	**	NS	NS	NS	NS	NS	0.364

^(a-c) Medias con superíndice distinto difieren (P<0.05).^a Los datos presentados corresponden a la media de 8 periodos de 28 días.^b Error estándar de la media: (n=7 jaulas enriquecidas de 10 gallinas).^c Error estándar de la media: (n=14 jaulas enriquecidas de 10 gallinas).^d Error estándar de la media: (n=14 jaulas enriquecidas de 10 gallinas).

†P <0.10; *P <0.05; **P <0.01.

Tabla 3. Influencia del cereal principal y el método de molienda sobre los parámetros de calidad del huevo en el periodo 24-59 semanas^a

Cereal	Molienda	Huevos sucios (%)	Huevos rotos (%)	Unidades haugh	Color yema	Cáscar (%)	Yema (%)	Albúmen (%)	Ratio yema:albúmen
Cebada									
	Martillo	6.7	1.4	84.7	8.9	10.2	24.6	65.1	0.38
	Rodillo	5.2	1.4	85.1	8.4	10.2	24.3	65.5	0.37
Maíz	Martillo	6.5	1.3	84.4	9.8	10.2	24.5	65.3	0.38
	Rodillo	6.7	0.9	85.0	9.4	10.3	24.8	65.0	0.38
Trigo	Martillo	5.6	1.2	85.0	8.9	10.3	24.8	64.9	0.38
	Rodillo	6.9	1.7	84.3	8.7	10.0	24.7	65.3	0.38
	E.E.M ^b	0.68	0.28	0.23	0.33	0.20	0.75	0.85	0.013
Cereal									
	Cebada	6.0	1.4	84.9	8.7 ^b	10.1	24.5	65.3	0.38
	Maíz	6.6	1.1	84.7	9.6 ^a	10.2	24.6	65.2	0.38
	Trigo	6.3	1.4	84.8	8.8 ^b	10.1	24.7	65.3	0.38
	E.E.M ^c	0.45	0.20	1.37	0.23	0.21	0.53	0.60	0.009
Molienda									
	Martillo	6.3	1.3	84.7	9.2 ^a	10.2	24.6	65.1	0.38
	Rodillo	6.3	1.3	84.8	8.8 ^b	10.2	24.6	65.2	0.38
	E.E.M ^d	0.37	0.16	0.10	0.19	0.17	0.43	0.49	0.007
Probabilidad									
Cereal		NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Molienda		NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Cereal*Molienda		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^(a-c) Medias con superíndice distinto difieren (P<0.05).^a Los datos presentados corresponden a la media de 2 periodos (semanas 40 y 56 de vida).^b Error estándar de la media: (n=7 jaulas enriquecidas de 10 gallinas).

^c Error estándar de la media: (n=14 jaulas enriquecidas de 10 gallinas).

^d Error estándar de la media: (n=14 jaulas enriquecidas de 10 gallinas).

***P <0.001.

Bibliografía

- AMERAH, A.M., RAVINDRAN, V., LENTLE, R. G., AND THOMAS, D.G., 2007.** Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *World's Poult. Sci. J.* 63, 439-451.
- AUDET, L., 1995.** Emerging feed mill technology: keeping competitive. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53, 157-170.
- ASAE, 1995.** American Society of Agriculture Engineers. Method of Determining and Expressing Fineness of Feed Material by Sieving. ASAE standard S319.2. In: *Agriculture Engineers Yearbook of Standard*. ASAE, St Joseph, MO, pp. 461-462.
- AOAC INTERNATIONAL, 2000.** Association of Official Analysis Chemists. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. 17th ed. AOAC, Gaithersburg, MD.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. 2013.** Real Decreto 53/2013, de 1 de Febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. *BOE* 34:11370-11421.
- COON, C.N., OBI, I., HAMRE, M.L., 1988.** Use of barley in laying hen diets. *Poult. Sci.* 67, 1306-1313.
- DEATON, J.W., LOTT, B.D., SIMMONS, J.D., 1989.** Hammer mill versus roller mill grinding of corn for commercial egg layers. *Poult. Sci.* 68, 1342-1344.
- FRIKHA, M., SAFAA, H. M., SERRANO, M. P., ARBE, X., MATEOS, G. G., 2009a.** Influence of the main cereal and feed form of the diet on performance and digestive tract of brown-egg laying pullets. *Poult. Sci.* 88, 994-1002.
- FRIKHA, M., SAFAA, H. M., JIMÉNEZ-MORENO, E., LÁZARO, SERRANO, M., MATEOS, G. G., 2009b.** Influence of energy concentration and feed form of the diet on growth performance and digestive traits of brown egg-laying pullets from 1 to 120 days of age. *Anim. Feed Sci. Technol.* 153, 292-302.
- FEDNA. 2008.** Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal. Necesidades nutricionales para avicultura: Pollos de carne y aves de puesta. In: R. Lázaro, G.G. Mateos (Eds) *Fund. Esp. Desarro. Nutr. Anim.*, Madrid, Spain
- FEDNA. 2010.** Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal. Normas FEDNA para la Formulación de Piensos Compuestos. In: C. De Blas, G.G. Mateos, P.G. Rebollar (Eds) *Fund. Esp. Desarro. Nutr. Anim.*, Madrid, Spain.
- ISA BROWN, 2012.** Nutrition Management Guide. Institut de Selection Animale. B.V. Boxmeer, the Netherlands.
- JACOB, J.P., PESCATORE, A.J., 2012.** Using barley in poultry diets-A review. *J. Appl. Poult. Res.* 21, 915-940.
- KOCH, K., 1996.** Hammermills and rollermills. MF-2048 Feed Manufacturing. Dept. Grain Sci. Ind., Kansas State Univ., Manhattan.
- LÁZARO, R., GARCÍA, M., ARANÍBAR, M.J., MATEOS, G.G., 2003.** Effect of enzyme addition to wheat, barley, and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 44, 256-265.

- LITTELL, R.C., MILLIKEN, G.A., STROUP, W.W., WOLFINGER, R.D., 1996.** SAS System for Mixed Models. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- LOHMANN, 2012.** Management Guide for Laying Hens: Lohmann Brown-Classic. Lohmann Tierzucht GmbH, Cuxhaven, Germany.
- MATEOS, G. G., JIMÉNEZ-MORENO, E., SERRANO, M. P., LÁZARO, R., 2012.** Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. Appl. Poult. Res.* 21, 156-174.
- NIR, I., MELCION, J.P., PICARD, M., 1990.** Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. *Poult. Sci.* 69, 2177-2184.
- NIR, I., HILLEL, R., SHEFET, G., NITSAN, Z., 1994.** Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions. *Poult. Sci.* 73, 781-791.
- PÉREZ-BONILLA, A., FRIKHA, M., MIRZAI, S., GARCÍA, J., MATEOS, G.G., 2011.** Effects of the main cereal and type of fat of the diet on productive performance and egg quality of brown-egg laying hens from 22 to 54 weeks of age. *Poult. Sci.* 90, 2801-2810.
- PÉREZ-BONILLA, A., NOVOA, S., GARCÍA, J., MOHITI-ASLI, M., FRIKHA, M., MATEOS, G.G., 2012.** Effect of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of Brown egg-laying hens differing in initial body weight. *Poult. Sci.* 91, 3156-3166.
- REECE, F.N., LOTT, B.D., DEATON, J.W., 1985.** The effects of feed form, grinding method, energy level, and gender on broiler performance in a moderate (21°C) environment. *Poult. Sci.* 64, 1834-1839.
- SAFAA, H.M., JIMÉNEZ-MORENO, E., VALENCIA, D.G., FRIKHA, M., SERRANO, M.P., MATEOS, G.G., 2009.** Effect of main cereal of the diet and particle size of the cereal on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in early phase of production. *Poult. Sci.* 88, 608-614.
- SVIHUS, B., KLOVSTAD, K.H., PÉREZ, V., ZIMONJA, O., SAHLSTROM, S., SCHÜLLER, R. B., JEKSRUD, PRESTLOKKEN, E., 2004.** Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117, 281-293.
- SVIHUS, B., 2010a.** The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poult. Sci. J.* 67, 207-224.
- SVIHUS, B., 2010b.** Challenging current poultry feeding dogmas by feed intake restriction and the use of coarse feed ingredients. *Proc. of the Austr. Poult. Sci. Symp.* 21, 9-16.
- SAS INSTITUTE., 1990.** SAS STATs User's Guide. Version 6, 4th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.