Efectos del cereal principal y el tipo de grasa de la dieta sobre los parámetros productivos y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias en el período 22-54 semanas

A. PÉREZ-BONILLA[1]*, J. GARCÍA[1], M. DE VEGA[1], J. HERRERA[1], S. NOVOA[1], C. JABBOUR[2] Y G.G. MATEOS[2]*

[1]Camar Agroalimentaria S.L. 45214, Cedillo del Condado, Toledo, España.
[2]Univesidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid.

*gonzalo.gmateos@upm.es; aperez@huevoscamar.com

RESUMEN

Maíz, trigo y cebada son los cereales más comúnmente utilizados en piensos para ponedoras. A nivel práctico estos piensos incluyen un mínimo de 25 a 30% de maíz para asegurar altos consumos y mejorar el tamaño del huevo. Esta práctica puede estar relacionada con la mejora de la estructura del pienso al añadir maíz, así como al mayor contenido en ácido linoléico (LIN) de este cereal, que puede dar lugar a un incremento del peso del huevo, especialmente en inicio de puesta cuando el consumo es bajo. La adición de grasa aumenta la concentración energética del pienso y en general, el contenido en LIN. En este trabajo se investigó el efecto del tipo de cereal y grasa añadida sobre la productividad en ponedoras rubias. Un segundo objetivo fue evaluar la relación entre contenido en LIN del pienso y el tamaño del huevo. Se utilizaron un total de 756 gallinas rubias de la estirpe Lohmann Brown con 22 semanas de vida. Se formularon 9 tratamientos formando un factorial con 3 cereales (cebada, trigo y maíz) y 3 grasas (aceite de soja, oleína vegetal y manteca). Debido al diseño, los niveles de LIN variaron entre 0.8% y 3.4%. Se analizaron muestras representativas de cereales y grasas según los métodos descritos por la AOAC International (2000). Se controló la puesta a diario y el resto de variables cada 28 días. Se analizaron los efectos del cereal, grasa y de sus interacciones a través de un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM (SAS Institute, 1990). Cuando los efectos del cereal y grasa fueron significativos se utilizó un test de Tukey para comparar las medias. El tipo de cereal no afecto al índice de puesta, el peso del huevo o la masa de huevo producido a lo largo de la prueba. Asimismo, ni el consumo de pienso ni el índice de conversión se vieron afectados. El tipo de grasa no afectó a ninguna de las variables productivas estudiadas. Se estudio la correlación entre el nivel de ácido linoléico (LIN) y el peso del huevo, independiente del tipo de pienso, observándose que la correlación era superior cuando se estudiaban niveles de LIN entre 0.8% y 1.30% que cuando se estudiaba entre 1.30% y 3.40%. En base a estos resultados se concluye que maíz, trigo y cebada pueden ser utilizados en dietas de gallinas ponedoras en porcentajes superiores al 45% si se controla de forma adecuada el consumo de LIN, siendo 1,2 gLIN/gallina/día suficiente para maximizar el tamaño del huevo. Asimismo, las 3 fuentes de grasa pueden utilizarse in dietas de ponedoras sin ningún efecto sobre las variables productivas, siempre que el pienso resultante no sea limitante en LIN. Finalmente, las actuales prácticas de formulación de dietas para ponedoras, con mínimos de ácido linoleico de 1.8% de LIN no están justificadas.

ABSTRACT

The influence of the main cereal and type of supplemental fat in the diet on productive performance and egg quality of the eggs was studied in 756 brown-egg laying hens from 22 to 54 wks. The experiment was conducted as a completely randomized design with 9 treatments arranged factorially with 3 cereals (dented corn, soft wheat, and barley) and 3 types of fat (soy oil, acidulated vegetable soapstocks, and lard). Each treatment was replicated 4 times (21 hens per replicate). All diets were formulated to have similar nutrient content except for linoleic acid that

ranged from 0.8 to 3.4% depending on the combination of cereal and fat source used. Productive performance and egg quality traits were recorded every 28 d and BW of the hens was measured individually at the beginning and at the end of the experiment. Egg production, egg weight, and egg mash were not affected by dietary treatment. Body weight gain was higher (P<0.05) for hens fed corn or wheat than for hens fed barley and also for hens fed lard than for hens fed soy oil or acidulated vegetable soapstocks. Egg quality was not influenced by dietary treatment except for yolk color that was higher (P< 0.001) for hens fed corn than for hens fed wheat or barley and for hens fed lard than for hens fed soy oil or acidulated vegetable soapstocks. It is concluded that brown egg laying hens do not need more than 1.0% linoleic acid in the diet to maximize egg production and egg size. The 3 cereals and the 3 fat sources tested can replace each other in the diet provided that the linoleic acid requirements to maximize egg size are met.

Key words*: cereal; egg weight; fat source; laying hen performance; linoleic acid.*

INTRODUCCIÓN

Maíz (Zea mays L.) y trigo blando (Triticum aestivum L.) son dos cereales comúnmente utilizados en dietas para avicultura como fuente energética. En algunos países mediterráneos, la cebada (Hordeum vulgare L.) es también una atractiva alternativa comercial. El maíz tiene menos proteína y fibra que el trigo y la cebada, sin embargo, posee más almidón, grasa, energía metabolizable y ácido linoléico (LIN). Además, la composición química y el valor nutritivo del maíz es bastante uniforme respecto a variedades de trigo y cebada que dependen de factores como el tipo de cultivar, las prácticas agronómicas, condiciones climáticas y el tiempo de almacenamiento (Pirgozliev y col., 2003; Gutiérrez-Álamo y col., 2008; Frikha y col., 2011).

En la práctica, muchos productores de huevos formulan dietas para gallinas ponedoras con un mínimo de 20-30% de maíz para asegurar altos consumos y maximizar el peso del huevo al inicio del período de puesta. Las razones de esta práctica son desconocidas pero podrían estar relacionadas con un valor nutritivo más estable en el maíz y la obtención de una mejor textura en el pienso cuando este cereal es incluido en la dieta (Frikha y col., 2009). También el maíz tiene un mayor contenido de LIN respecto al trigo y cebada, siendo esta una razón de la mejora en el tamaño del huevo en gallinas jóvenes cuando el consumo es bajo al inicio de puesta (Jensen y col., 1958; Scragg y col., 1987; Grobas y col., 1999a). Además, el trigo y la cebada contienen cantidades elevadas y en general variables de polisacáridos no amiláceos, siendo estos últimos responsables de la aparición de viscosidad intestinal, ocasionando un empeoramiento en los parámetros productivos (Lázaro y col., 2003; García y col., 2008).

Las grasas son utilizadas en dietas para ponedoras con el objetivo de incrementar el contenido energético de la dieta. La inclusión de grasas ocasiona a menudo reducciones en el consumo voluntario de pienso pero equitativamente la ingesta de energía es mayor, así como, el peso del huevo y la ganancia media diaria de los animales (Grobas y col., 2001; Bouvarel y col., 2010), probablemente debido a una mejora en la palatabilidad del pienso y a una reducción en la formación de finos (ISA Brown, 2011). Asimismo, la inclusión de grasa reduce la velocidad de tránsito digestivo, facilitando el contacto del alimento con los enzimas digestivos, mejorando la utilización de otros nutrientes de la dieta como los carbohidratos o componentes fibrosos (Mateos y Sell, 1980b, 1981).

El aceite de soja (ACS), oleína (OLE) y la manteca (MAN) son las grasas comúnmente utilizadas como fuente energética en dietas para ponedoras. El ACS contiene más LIN y energía que la OLE y MAN. Además, el LIN y el contenido energético de la OLE es más variable que el del ACS ya que depende de las características del aceite original y del proceso de refinado.

Scragg y col., 1987; reportan incrementos en el peso del huevo con incrementos en el nivel de LIN por encima del 2.0%. Además, las guías comerciales de manejo y nutrición de ponedoras (H& N International, 2008; Bálbona Tetra, 2009; Lohmann, 2010) recomiendan niveles de LIN superiores a 1.8% para maximizar la producción y asegurar un incremento rápido en el tamaño del huevo en el comienzo del período de puesta. Sin embargo, otros autores (Shutze y col., 1959; Grobas y col., 1999b,c; Safaa y col., 2009) reportan que no existe beneficios en dichos parámetros por encima de 1.0-1.15% de LIN.

Teniendo en cuenta estos precedentes, el objetivo del estudio fue determinar la influencia del cereal principal en la dieta (maíz, trigo y cebada) y el tipo de grasa (aceite de soja, oleína y manteca) sobre los parámetros productivos y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias en el período de 22-54 semanas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Todos los procedimientos experimentales llevados a cabo fueron aprobados por el comité ético de la Universidad Politécnica de Madrid y se adecuaron a la legislación vigente referente al cuidado y uso de animales en experimentación (Boletín Oficial del Estado, 2005). Se utilizaron un total de 756 Lohmann Brown de 20 semanas de vida que fueron recriadas en las instalaciones de Camar Agroalimentaria S.L (Toledo). En el período pre-experimental de 20-22 semanas todas las gallinas comieron un pienso común basado en maíz-harina de soja. En la semana 22 de vida, todos los animales se pesaron individualmente y se ubicaron al azar en jaulas. Cada jaula estaba formada por 7 gallinas y la unidad experimental se basó en 3 jaulas adyacentes (600 x 575 mm, General Ganadera S.A). La temperatura en la nave varió según la estación del año y el programa de luz consistió en 16 horas de luz al día. Los cereales y grasas utilizadas fueron obtenidos a partir de proveedores comerciales. Se fabricaron 2 lotes de pienso a lo largo del ensayo, el primer lote para los primeros cuatro períodos y el segundo para los últimos cuatro. Se utilizó un diseño completamente al azar con 9 tratamientos organizados factorialmente con 3 cereales y 3 grasas. Cebada y trigo fueron incluidos en sus respectivas dietas en sustitución de maíz y la composición de las dietas se ajusto para asegurar que tuvieran cantidades similares de minerales, energía e aminoácidos según Fedna, 2003. Los distintos tipos de grasa fueron incluidos en la misma proporción kg/kg en una cantidad de 4.3%. Debido al diseño experimental el contenido en LIN varío en un rango de 0.8-3.4% dependiendo de la combinación de cereal-grasa utilizado. Todas las dietas cumplieron con las recomendaciones nutricionales para gallinas ponedoras (Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal, 2008) (Tabla 1). Todas las dietas fueron suplementadas con un complejo enzimático que incluía β-glucanasa y xilanasa según la dosis recomendada por el proveedor. Asimismo, se incluyó en todas las dietas, cantidades alícuotas de pigmentante sintético basado en cantaxantina y éster de β-caroteno. Sobre muestras representativas de cereales y piensos se llevaron a cabo análisis para conocer el contenido nutricional de los mismos (Tabla 2). Así, se realizaron análisis de humedad (método 930.01), cenizas totales (método 942.05), nitrógeno mediante combustión (método 990.03), calcio y fósforo mediante espectrofotometría (método 968.08 y 965.17) según describe la AOAC International (2000). El extracto etéreo fue determinado mediante Soxhlet previa hidrólisis ácida (Boletín Oficial del Estado, 1995) y la energía bruta fue determinada mediante bomba calorimétrica adiabática. El contenido de ácidos grasos en cereales y grasas fue determinado mediante cromatografía de gases como indica Grobas y col., 1999b. La calidad de las grasas se determinó mediante la obtención de la materia elucible (método 984.20), impurezas (método 926.12) y humedad (método 977.17) según indica la AOAC International (2000). La acidez oleica (método 9) e índices de peróxidos (método 16) fueron determinados según describe el Boletín Oficial del Estado (1995) (Tabla 3). El tamaño de partícula de los piensos se determinó según la metodología de ASAE (1995). Diariamente, todos los huevos de la prueba fueron contados y los 2 últimos días previos a la realización de los controles los huevos fueron pesados para la obtención del peso del huevo por réplica. Así, se llevaron a cabo controles productivos cada 28 días obteniéndose el porcentaje de puesta, peso del huevo, masa de huevo, consumo medio diario, e índice de conversión por kg y por docena por período y acumulado. Diariamente, los huevos contados se clasificaron en 5 categorías: limpios, sucios, rotos, fárfaras y dobles. Las variables de calidad interna del huevo (Unidades Haugh y color) y densidad de la cáscara fueron medidas en 10 huevos producidos el último día previo al control cada 28 días. Además en 5 huevos recogidos al azar en el mismo período fue medido el espesor de cáscara mediante la media de 3 lecturas consecutivas. Al final del segundo periodo experimental fue medida la proporción de albumen/yema, así como el pH de ambas fracciones según indica Safaa y col., (2008) y Shang y col., (2004). El diseño experimental se basó en un diseño completamente al azar con 9 tratamientos que formaron un factorial 3 x 3 (3 cereales y 3 grasas). Los efectos principales y sus interacciones fueron analizados mediante el procedimiento GLM de SAS (1990). La homogeneidad de varianzas de los datos para todos los tratamientos fue testada mediante Test de Levene. Todas las variables a excepción de la mortalidad fueron homogéneas. La mortalidad se analizó mediante transformación logarítmica (arcoseno). Cuando los efectos del cereal y grasa fueron significativos se utilizo un test de Tukey como medio para separar las medias de cada tratamiento. Los

resultados son presentados como medias y las diferencias fueron consideradas como significativas cuando P< 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se detectaron interacciones entre el tipo de cereal y grasa a lo largo del período experimental. No hubo diferencias significativas en ninguna de las variables productivas estudiadas. En todo el periodo experimental, el porcentaje de puesta (92.9, 91.5 y 92.1% para maíz, trigo y cebada, respectivamente) y peso del huevo (64.5, 63.6 y 64.1 g para maíz, trigo y cebada, respectivamente) no fue afectado por el tipo de cereal. Consecuentemente, la masa de huevo no fue distinta entre tratamientos (59.9, 58.2, y 59.1 g para gallinas que comieron maíz, trigo o cebada, respectivamente). En contraste, las gallinas alimentadas con trigo y maíz tuvieron mayor ganancia media diaria que las gallinas alimentadas con cebada (243, 238, y 202 g, respectivamente; P< 0.05). La fuente de grasa no afecto a ninguno de los parámetros productivos estudiados excepto para la ganancia media diaria que fue mayor para las gallinas alimentadas con MAN que para las gallinas alimentadas con ACS o OLE (251, 221, y 210 g, respectivamente; P< 0.05). La mortalidad media acumulada fue 7.5% y no fue afectada por el tratamiento. (Tabla 4).

En todo el periodo experimental, el porcentaje de huevos limpios, sucios, rotos, fárfaras, dobles, Unidades Haugh, espesor de cáscara y densidad de cáscara no fue afectado por el tratamiento. La pigmentación del huevo fue mayor (P< 0.001) para las gallinas alimentadas con maíz que las alimentadas con trigo o cebada. También, la yema de los huevos de gallinas alimentadas con MAN fue mejor (P< 0.001) que los huevos de gallinas alimentadas con ACS o OLE. (Tabla 5)

A lo largo del período experimental, el consumo, puesta, peso del huevo, e índice de conversión fue similar para los 3 tipos de cereales, resultados que coinciden con anteriores ensayos (Craig y Goodman., 1993; Lázaro y col., 2003; Safaa y col., 2009) mostrando que cuando el trigo y la cebada son suplementados con enzimas exógenas la productividad no se ve afectada por el cereal principal en la dieta. La utilización de ACS, OLE o MAN en la dieta no afectó a ninguna de las variables productivas estudiadas excepto en la ganancia de peso que fue mayor para las gallinas alimentadas con MAN que para las alimentadas con ACS u OLE. Probablemente, un alto porcentaje de energía fue derivado para incrementar el peso corporal en vez de utilizarse para su deposición en el huevo cuando las gallinas fueron alimentadas con MAN en vez de ACS u OLE. Nuestros resultados coinciden con los encontrados por Vila y Esteve- García (1996) y Sanz y col., 2000, los cuales reportan que broilers alimentados con dietas basadas en sebo y manteca poseían mayor contenido en grasa abdominal que broilers alimentados con grasas más insaturadas.

El tipo de cereal no afecto a ninguna de las variables de calidad del huevo estudiadas, excepto para el color de yema, el cual se incremento para las gallinas alimentadas con maíz. Esto fue debido a que independientemente del cereal utilizado en la dieta se suplemento con la misma cantidad de pigmentante sintético a cada dieta. Asimismo, el tipo de grasa afecto al color de yema, de tal manera que gallinas alimentadas con MAN tuvieron un mejor color de yema que las gallinas alimentadas con ACS u OLE. Esto puede ser debido a que la MAN al ser más saturada provoca una mayor estabilidad del pigmentante en el tracto gastrointestinal.

Los autores de este estudio concluyen que el maíz, trigo y cebada pueden ser utilizados de forma satisfactoria en dietas de gallinas ponedoras en niveles superiores al 45%. También que el aceite de soja, oleína o manteca pueden ser utilizados en dietas para ponedoras sin ningún efecto significativo sobre los parámetros productivos y parámetros de calidad del huevo cuando los requerimientos de los animales son cubiertos.

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales (%)

	Cebada			Trigo			Maiz		
Ingrediente	ACS[1]	OLE[2]	MAN[3]	ACS	OLE	MAN	ACS	OLE	MAN
Maíz	15.6	15.6	15.6	10.2	10.2	10.2	51.4	51.4	51.4
Trigo	--	--	--	45.0	45.0	45.0	--	--	--
Cebada	45.0	45.0	45.0	--		--	--	--	--
Grasa	4.3	--	--	4.3	--	--	4.3	--	--
Harina de soja, 47%	23.3	23.3	23.3	17.4	17.4	17.4	22.0	22.0	22.0
Harina de girasol, 32%	0.6	0.6	0.6	10.9	10.9	10.9	10.1	10.1	10.1
Methionine-OH, 88%	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
L-Lys-HCL, 78%	--	--	--	0.02	0.02	0.02	--	--	--
Sepiolita[4]	0.31	0.32	0.32	1.32	1.32	1.32	1.30	1.30	1.30
Fosfato monocalcico	0.98	0.98	0.98	0.91	0.91	0.91	1.1	1.1	1.1
Carbonato cálcico	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.9	8.9	8.9
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Premix[5]	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

[1] Aceite de soja
[2] Oleína
[3] Manteca
[4] Silicato de magnesio utilizado como material inerte (Manuel Riesgo S.A., Madrid, Spain)
[5] Incluye macrominerales, microminerales y vitaminas

Tabla 2. Composición de los cereales experimentales (%)

	Cebada		Trigo		Maíz	
Análisis calculado[1]						
EMAn (kcal/kg)	2,800		3,150		3,260	
	22-38 sem	38-54 sem	22-38 sem	38-54 sem	22-38 sem	38-54 sem
Análisis determinados[2]						
Materia seca	90.6	89.8	88.8	88.9	86.5	86.4
Proteína bruta	11.2	9.6	11.1	9.7	7.2	7.0
Extracto etéreo	1.9	2.0	1.8	2.0	3.4	3.5
Acido linoléico	0.8	0.9	0.7	0.8	2.1	2.1
Almidón	53.1	52.0	60.9	61.2	63.3	64.5
Cenizas	2.5	2.3	1.5	1.8	1.4	1.2
Fibra neutro detergente	17.4	18.7	12.8	13.9	8.5	8.4
Fibra ácido detergente	4.8	4.7	3.3	3.4	1.9	1.9
Fibra bruta	4.1	4.7	2.7	3.3	1.6	1.7
Tamaño partícula, µm	927	950	859	885	777	788
Desviación tamaño partícula[4]	±2.43	±2.41	±2.46	±2.61	±2.59	±2.60

[1] Según Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal (2003).
[2] Análisis de las muestras por triplicado.

Tabla 3. Composición química de las grasas experimentales (%)

	ACS[1]		OLE[2]		MAN[3]	
Análisis calculados[4]						
EMAn (kcal/kg)	9.000		8.450		8.550	
Análisis determinados[5]	22-38 sem	38-54 sem	22-38 sem	38-54 sem	22-38 sem	38-54 sem
Enegía bruta (kcal/kg)	9,315	9,374	9,030	9,198	9,395	9,433
Composición ácidos grasos						
Ácido mirístico	0.3	0.1	1.0	0.5	1.3	1.2
Ácido palmítico	10.0	10.1	15.7	21.2	23.1	23.0
Ácido palmitoleíco	0.2	0.2	2.1	0.9	3.1	2.6
Ácido Margálico	0.2	0.08	0.2	0.1	0.3	0.3
Ácido esteárico	4.5	3.7	5.1	3.5	11.6	10.4
Ácido oleíco	21.0	23.1	47.1	47.6	48.8	51.4
Ácido linoleíco[6]	58.6	55.7	23.9	21.6	8.4	8.0
Ácido linolenico	5.0	5.6	1.5	2.1	0.5	0.6
Humedad	0.04	0.03	2.7	1.6	0.8	0.02
Materia no elucible	1.5	0.1	15.2	6.9	3.1	0.1
Acidez oleíca	1.2	0.2	52.2	48.0	0.1	0.5
Indice de peróxidos (meq/kg)	2.0	2.3	1.1	0.8	4.0	2.1
Impurezas	0.1	0.04	0.3	0.3	0.2	0.1

[1] Aceite de soja
[2] Oleína
[3] Manteca
[4] Según Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal (2003).
[5] Analisis en muestras por duplicado.
[6] Valores calculados de 56, 23 and 8.5% para ACS, OLE y MAN, respectivamente.

Tabla 4. Influencia del cereal principal y la fuente de grasa sobre los parámetros productivos en gallinas ponedora en el período 22-54 semanas

Cereal	Grasa	Puesta %	Peso huevo g	Masa huevo g	Consumo g/d	IC kg/kg	IC kg/doz	Ganancia g	Mortalidad %
Cereal	Cebada	92.1	64.1	59.1	115.3	1.95	1.52	202[b]	7.4
	Trigo	91.5	63.6	58.2	115.4	1.98	1.53	243[a]	6.4
	Maíz	92.9	64.5	59.9	117.3	1.96	1.55	238[a]	8.9
Grasa	ACS	91.7	64.3	58.9	115.6	1.96	1.53	221[b]	6.1
	OLE	92.6	64.5	59.7	115.8	1.94	1.55	210[b]	7.1
	MAN	92.2	63.5	58.5	116.6	1.99	1.53	251[a]	9.4
EEM[1]									
Efectos		Probabilidad[2]							
Cereal		NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
Grasa		NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

[1] Error estándar de la media para los efectos principales (12 réplicas de 21 gallinas por tratamiento).
[2] La interacción entre cereal y grasa no fue significativa (P >0.05).
* P ≤ 0.05.

Tabla 5. Influencia del cereal principal y la fuente de grasa sobre la calidad del huevo en gallinas ponedora en el período 22-54 semanas

Cereal	Grasa	Sucios %	Rotos %	Fárfaras %	Dobles %	Espesor cáscara mm	Densidad cáscara mg/cm^2	Unidades haugh	Color[1]
Cereal	Cebada	2.9	0.95	0.24	0.15	0.372	77.0	88.0	8.3^b
	Trigo	3.5	1.20	0.15	0.14	0.372	77.0	87.0	8.3^b
	Maíz	3.4	1.17	0.13	0.17	0.369	76.9	86.3	9.0^a
Grasa	ACS	3.5	1.10	0.21	0.14	0.370	77.4	86.8	8.5^b
	OLE	2.9	1.21	0.18	0.19	0.371	76.6	87.6	8.2^b
	MAN	3.3	1.00	0.14	0.14	0.373	76.9	86.9	8.9^a
EEM[4]		0.26	0.19	0.05	0.03	0.013	1.99	2.82	0.40
Efectos[5]		Probabilidad							
Cereal		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***
Grasa		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***

[1] Escala Roche
[2] Error estándar de la media para los efectos principales (12 réplicas de 21 gallinas por tratamiento).
[2] La interacción entre cereal y grasa no fue significativa (P >0.05).
*** P ≤ 0.001

BIBLIOGRAFÍA

ASAE. 1995. Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. Pages 461-462 in Agriculture Engineers Yearbook of Standards. American Society of Agriculture Engineers. Standard S319.2. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MO.

AOAC INTERNATIONAL. 2000. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 17th ed. AOAC Int., Gaithersburg, MD.

BÁBOLNA TETRA. 2009. Commercial Layer Hybrids Management Guide. Tetra-SL. Bábolna Tetra Ltd, Petófy, Hungary.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. 1995. Real Decreto 2257/1994 por el que se aprueba los métodos oficiales de análisis de piensos o alimentos para animales y sus primeras materias. BOE 52:7161-7237.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. 2005. Real Decreto 1201/2005 sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. BOE 252:34367-34391.

BOUVAREL, I., Y. NYS, M. PANHELEUX, AND P. LESCOAT. 2010. Comment l'alimentation des poules influence la quite des oeufs. INRA Prod. Anim. 23:167-182.

CRAIG, L.W. AND T. GOODMAN. 1993. Utilization of feed enzymes in laying hen rations. J. Appl. Poult. Res. 2:68-74.

FRIKHA, M., H. M. SAFAA, M. P. SERRANO, X. ARBE, AND G. G. MATEOS. 2009. 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., H. M. SAFAA, M. P. SERRANO, E. JIMÉNEZ-MORENO, AND G. G. MATEOS. 2011. Influence of the main cereal of the diet and particle size of the cereal on peroductive performance and digestive traits of brown-egg laying pullets. Anim. Feed. Sci. Technol. 164:106-115.

FUNDACIÓN ESPAÑOLA DESARROLLO NUTRICIÓN ANIMAL. 2003. Normas FEDNA para la Formulación de Piensos Compuestos. C. de Blas, G. G. Mateos, and P. G. Rebollar, ed. Fund. Esp. Desarro. Nutr. Anim., Madrid, Spain.

FUNDACIÓN ESPAÑOLA DESARROLLO NUTRICIÓN ANIMAL. 2008. Necesidades Nutricionales para Avicultura: Pollos de Carne y Aves de Puesta. In: R. Lázaro and G. G. Mateos ed. Fund. Esp. Desarro. Nutr. Anim., Madrid, Spain.

GROBAS, S., G. G. MATEOS, AND J. MENDEZ. 1999a. Influence of dietary linoleic acid on productive and egg weight of eggs and egg components in young brown hens. J. Appl. Poult. Res. 8:177-184.

GROBAS, S., J. MENDEZ, C. DE BLAS, AND G. G. MATEOS. 1999b. Influence of dietary energy, supplemental fat and linoleic acid concentration on performance of laying hens at two ages. Br. Poult. Sci. 40:681-687.

GROBAS, S., J. MENDEZ, C. DE BLAS, AND G. G. MATEOS. 1999c. Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. Poult. Sci. 78:1542–1551.

GROBAS, S., J. MÉNDEZ, R. LAZARO, C. DE BLAS, AND G. G. MATEOS. 2001. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. Poult. Sci. 80:1171-1179.

GUTIÉRREZ-ÁLAMO, A., P. PÉREZ DE AYALA, M. W. A. VERSTEGEN, L.A. DEN HARTOG, AND M. J. VILLAMIDE. 2008. Variability in wheat: factors affecting its nutritional value. World's Poult. Sci. J. 64:20–39.

H & N INTERNATIONAL, 2008. Brown Nick Management Guide. H & N International, Cuxhaven, Germany.

ISA BROWN, 2011. Nutrition Management Guide. Institut de Selection Animale. B.V, Boxmeer, The Netherlands.

JENSEN, L. S., J. B. ALLRED, R. E. FRY, AND J. MCGINNIS, 1958. Evidence for an unidentified factor necessary for maximum egg weight in chickens. J. Nutr. 65:219-233.

LÁZARO, R., M. GARCÍA, M. J. ARANÍBAR, AND G. G. MATEOS. 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.

LOHMANN, 2010. Management Guide for Lohmann Brown-Classic. Lohmann Tierzucht. GMBH. Cuxhaven, Germany.

MATEOS, G. G. AND. J. L. SELL. 1980a. Influence of graded levels of fat on utilization of pure carbohydrate by the laying hen. J. Nutr. 110:1894-1903.

MATEOS, G. G. AND. J. L. SELL. 1980b. Influence of carbohydrate and supplemental fat source on the metabolizable energy of the diet. Poult. Sci. 59:2129-2135.

MATEOS, G. G. AND. J. L. SELL. 1981. Nature of the extrametabolic effect of supplemental fat used in semipurified diets for laying hens. Poult. Sci. 60:1925-1930.

PIRGOZLIEV, V. R., C. L. BIRCH, S. P. ROSE, P. S. KETTLEWELL, AND M. R. BEDFORD. 2003. Chemical composition and the nutritive quality of different wheat cultivars for broiler chickens. Br. Poult. Sci. 44:464–475.

SAS INSTITUTE. 1990. SAS STATs User's Guide: Version 6, 4th ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

SAFAA, H. M., M. P. SERRANO, D. G. VALENCIA, M. FRIKHA, E. JIMÉNEZ-MORENO, AND G. G. MATEOS 2008. Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. Poult. Sci. 87:2043-2051.

SAFAA, H. M., E. JIMÉNEZ-MORENO, D. G. VALENCIA, M. FRIKHA, M. P. SERRANO AND G. G. MATEOS 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.

SANZ, M., A. FLORES, P. PEREZ DE AYALA, AND C.J. LOPEZ-BOTE. 2000. Higher lipid accumulation in broilers fed saturated fats than in those fed unsaturated fats. Br. Poult. Sci. 40:95.101.

SCRAGG, R. H., N. B. LOGAN, AND N. GEDDES. 1987. Response of egg weight to the inclusion of various fats in layer diets. Br. Poult. Sci. 28:15-21.

SHANG, X. G., F. L. WANG, D. F. LI, J.D. YIN, AND J. Y. LI. 2004. Effects of dietary conjugated linoleic acid on the productivity of laying hens and egg quality during refrigerated storage. Poult. Sci. 83:1688-1695.

SHUTZE, J.V., L. S. JENSEN, AND J. MCGINNIS. 1959. Further studies on unidentified nutritional factors affecting egg size. Poult. Sci. 38:1247-1252.

VILA, B., AND E. ESTEVE-GARCIA. 1996. Studies on acid oils and fatty acids for chickens. 1. Influence of age, rate of inclusion and degree of saturation on fat digestibility and metabolisable energy of acid oils. Br. Poult. Sci. 37:105-117.