

Calidad del huevo, contenido en colesterol y perfil de ácidos grasos de la yema de gallinas ponedoras alimentadas con varios niveles dietéticos de ácidos grasos libres

M. Palomar^{*1}, M.D. Soler¹, A. Tres², A.C. Barroeta³, M. Muñoz-Núñez², C. Garcés-Narro¹.

¹Departamento de Producción y Salud Animal, Salud Pública Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad CEU Cardenal Herrera, Valencia; ²Departamento de Ciencia y Gastronomía de los Alimentos, Facultad de Farmacia, Universitat de Barcelona, Barcelona. ³Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.

*Contacto: maria.palomarlloris@uchceu.es

Palabras clave: gallina ponedora; grasa; aceite ácido; ácidos grasos libres; calidad de huevo.

Introducción

Las grasas y aceites presentan el mayor contenido calórico de entre todos los ingredientes usados en la formulación de piensos. Además, la adición de grasa también confiere otros beneficios, incluido el aporte de ácidos grasos (AG) esenciales, como el ácido linoleico (LA) y vitaminas solubles en grasa, al mismo tiempo que mejora la palatabilidad y permite una mejor digestión y absorción de nutrientes (Ravindran *et al.*, 2016). Algunos subproductos, como los aceites ácidos (AA, también conocidos como oleínas) provenientes del refinado de los aceites para consumo humano, pueden ser de interés para el sector avícola (European Commission, 2013). Se caracterizan por tener una alta proporción de AG libres (AGL) y un perfil de AG consistente con el aceite crudo del que provienen (Varona *et al.*, 2021). Sin embargo, se ha observado que presentan una composición variable, principalmente en aquellos compuestos que diluyen la energía, como la humedad, las impurezas y el material no saponificable (denominados colectivamente como MIU) (Varona *et al.*, 2021).

La composición de AG de la yema depende en gran medida de las fuentes de lípidos de la dieta (Oliveira *et al.*, 2010). Además, se ha demostrado que la cantidad y el tipo de grasa suplementaria, así como el contenido de LA de la dieta, afectan el peso del huevo (Grobas *et al.*, 1999; Safaa *et al.*, 2008).

Aunque algunos estudios han considerado la sustitución completa del aceite de soja por el AA de soja en la dieta de gallinas ponedoras (Pardío *et al.*, 2005; Perez-Bonilla *et al.*, 2011; Irandoust *et al.*, 2012), el efecto de aumentar el contenido de AGL en la dieta aún no se ha abordado. Una mejor comprensión de los efectos de los AGL en la nutrición de las gallinas podría

permitir aumentar y optimizar el uso de estos subproductos grasos. Así pues, el presente estudio se realizó para evaluar el efecto del contenido de AGL en la dieta sobre la calidad del huevo y la composición lipídica de la yema.

Material y métodos

Durante un periodo de 15 semanas, 72 gallinas ponedoras (Lohmann Brown-Classic, 19 semanas de edad) fueron asignadas aleatoriamente a 4 tratamientos dietéticos (6 réplicas cada uno). La unidad experimental (réplica) estaba compuesta por una jaula con 3 gallinas. Las dietas se obtuvieron remplazando gradualmente aceite de soja (2% AGL) con AA de soja (54% AGL). De este modo, se evaluaron 4 dietas de soja (S) con un 6% de grasa añadida que variaba en el nivel de AGL (10, 20, 30 o 45%) (Tabla 1).

Tabla 1. Mezclas de aceites utilizadas en las dietas experimentales y determinaciones analíticas.

Dietas	S10	S20	S30	S45
AGL teórico, %	10	20	30	45
AGL determinado, %	9.0	19.1	29.8	43.5
<i>Proporción de la mezcla,¹ %</i>				
Aceite de soja	100	70	30	-
Aceite ácido de soja	-	30	70	100

Abreviaturas: AGL, ácidos grasos libres. ¹Todas las mezclas se añadieron en un 6% a la dieta basal.

Las últimas dos semanas (32-33 semanas de edad; 14-15 semanas del experimento) se recolectaron un total de 90 huevos seleccionados al azar por tratamiento (15 huevos frescos por réplica) para determinar la calidad del huevo. Se registró el peso de cada huevo y de sus componentes por separado (cáscara, albumen y yema). Además, se midieron las unidades Haugh (HU), el color de la yema (escala DSM) y el grosor y la resistencia a la rotura de la cáscara de huevo. Para las pruebas se utilizó FUTURA Egg-Quality-Measuring-System 3/A (Bröring, Lohne, Deutschland). Además, los componentes del huevo (albumen, yema y cáscara) se homogeneizaron por separado para su posterior análisis: materia seca (MS), cenizas, calcio (ICP-OES), proteína bruta (PB) (Kjeldahl; Método AOAC 925.31) y extracto etéreo (EE) (Soxhlet; Método AOAC 925.32). En cuanto al análisis de lípidos, la composición de AG de la yema y el contenido de colesterol se determinaron mediante un cromatógrafo de gases (4890D, Agilent Technologies, Santa Clara, EE. UU.) tras una extracción previa en cloroformo-metanol (2:1) (vol/vol) según el método de Folch (Folch *et al.*, 1957). Los resultados se expresaron mediante normalización interna (% de área).

Para el análisis estadístico, los datos obtenidos se sometieron a un ANOVA de un factor siguiendo un modelo lineal generalizado (GLM). El modelo incluyó el nivel de AGL (10, 20, 30 o 45%) como factor principal. Además, se realizaron contrastes ortogonales para determinar el efecto lineal del aumento del contenido de AGL. Las diferencias se consideraron significativas para valores $P < 0.05$.

Resultados

Los efectos del nivel de AGL en la dieta sobre el peso del huevo y las proporciones relativas de sus componentes se muestran en la Tabla 2. El aumento del tamaño del huevo acompañó al aumento del contenido de AGL (lineal, $P < 0,001$), observándose los mayores pesos en la dieta S45. Paralelamente, se registró una disminución lineal en las proporciones relativas de yema ($P < 0,05$) y cáscara ($P < 0,001$), lo cual se vio reflejado también en una reducción de la ratio yema:albumen (lineal, $P < 0,01$).

Tabla 2. Efectos del nivel de ácidos grasos libres sobre el peso y las proporciones del huevo.

Ítem	Peso huevo, g	Albumen, %	Yema, %	Cáscara, %	Yema:albumen
<i>Dieta experimental</i>					
S10	60.01 ^b	65.34	23.94 ^a	10.12 ^a	0.364 ^a
S20	60.95 ^b	66.68	23.53 ^a	9.78 ^b	0.354 ^{ab}
S30	59.98 ^b	65.88	23.92 ^a	9.71 ^{bc}	0.362 ^a
S45	63.84 ^a	66.57	23.22 ^b	9.47 ^c	0.347 ^b
<i>S.E.M¹</i>	0.329	0.004	0.001	0.001	0.003
<i>P-valor</i>	< 0.001	0.140	0.002	< 0.001	< 0.001
<i>Contraste lineal²</i>	< 0.001	-	0.016	< 0.001	0.003

¹Error estándar combinado de las medias. ²Respuesta lineal al contenido de AGL. ^{a-b} Las medias de cada dieta que no comparten un superíndice común difieren significativamente ($P < 0.05$).

Por otro lado, tal y como se observa en la Tabla 3, el aumento del contenido de AGL redujo los valores de HU, mostrando un efecto lineal significativo ($P < 0,01$). No obstante, ni el color de la yema ni la calidad de la cáscara se vieron afectadas en este estudio. Tampoco hubo diferencias significativas entre tratamientos en la composición química del huevo (datos no mostrados).

Tabla 3. Efectos del nivel de ácidos grasos libres sobre la calidad del huevo.

Ítem	Albumen	Yema	Cáscara	
	HU	Color ¹	Grosor, mm	Fuerza rotura, N
<i>Dieta experimental</i>				
S10	91.54 ^a	13.38	0.375	45.17
S20	88.27 ^b	13.48	0.369	43.32
S30	86.71 ^c	13.16	0.364	42.78
S45	89.05 ^b	13.46	0.365	46.01
<i>S.E.M²</i>	0.658	0.041	0.003	0.694
<i>P-valor</i>	< 0.001	0.647	0.197	0.076
<i>Contraste lineal³</i>	0.002	-	-	-

Abreviaturas: HU, unidades Haugh. ¹Color de la yema medido con la escala DSM. ²Error estándar combinado de las medias. ³Respuesta lineal al contenido de AGL. ^{a-c} Las medias de cada dieta que no comparten un superíndice común difieren significativamente ($P < 0.05$).

La composición de ácidos grasos de las yemas de huevo de todos los grupos experimentales se resume en la Tabla 4. En cuanto a las proporciones de AG saturados (AGS), AG monoinsaturados (AGM) y AG poliinsaturados (AGPI) totales, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, el aumento del contenido dietético de AGL causó una disminución sustancial en el contenido de ácido linolénico (LNA, C18:3 n-3) y DHA (C22:6 n-3), observándose una reducción en la cantidad de AGPI n-3 en las yemas (lineal, $P < 0,001$).

Por último, el contenido medio de colesterol en los tratamientos experimentales fue de 1403 mg/100g yema, no observándose diferencias significativas entre ellos.

Tabla 4. Efectos del nivel de ácidos grasos libres sobre el perfil de ácidos grasos de la yema.

Ítem	AGS	AGM	AGPI n-3	AGPI n-6	AGPI total
<i>Dieta experimental</i>					
S10	31.8	38.5	3.2 ^a	26.5	29.6
S20	31.4	37.9	2.7 ^{ab}	27.8	30.5
S30	31.4	39.9	2.2 ^b	26.3	28.5
S45	31.1	40.3	1.5 ^c	26.9	28.4
<i>S.E.M¹</i>	0.240	1.041	0.161	1.086	1.220
<i>P-valor</i>	0.923	0.065	< 0.001	0.545	0.131
<i>Contraste lineal²</i>	-	-	< 0.001	-	-

Abreviaturas: AGS, ácidos grasos saturados; AGM, ácidos grasos monoinsaturados; AGPI, ácidos grasos poliinsaturados. ¹Error estándar combinado de las medias. ²Respuesta lineal al contenido de AGL. ^{a-c} Las medias de cada dieta que no comparten un superíndice común difieren significativamente ($P < 0.05$).

Discusión

Los subproductos alimentarios son más económicos que las alternativas convencionales, están disponibles en todo el mundo y su uso podría disminuir la contaminación ambiental que genera la producción de alimentos. Por este motivo, ha habido un interés creciente en estos últimos años en el uso de AA, subproductos grasos ricos en AGL, como fuentes de grasa para la alimentación animal.

Uno de los resultados más reseñables obtenidos en este ensayo fue la diferencia en el peso del huevo entre tratamientos: la sustitución del aceite de soja por AA de soja indujo un aumento significativo en el peso del huevo (lineal, $P < 0,001$). Grobas *et al.* (2001) obtuvieron un tamaño de huevo significativamente mayor cuando utilizaron aceite de soja en comparación con otras fuentes de grasa (sebo, linaza y aceite de oliva). Sin embargo, no se observaron diferencias entre gallinas alimentadas con aceite de soja o AA de soja en estudios similares (Pardío *et al.*, 2005; Perez-Bonilla *et al.*, 2011; Irandoust *et al.*, 2012). En nuestro estudio, las diferencias se atribuyen principalmente al alto peso registrado para las gallinas alimentadas con S45. Este hecho podría atribuirse a alguna sustancia presente en el MIU del AA de soja (MIU = 4,95%) y ausente en el aceite crudo de soja (MIU = 0.59%), ya que todas las dietas presentaron niveles similares de LA (alrededor del 1,2%), de acuerdo con los niveles recomendados (Grobas *et al.*, 1999; Safaa *et al.*, 2008; FEDNA, 2018).

Con respecto a la calidad del huevo, el aumento del contenido dietético de AGL resultó en una disminución lineal en las HU ($P < 0,001$). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Grobas *et al.* (1999) y Safaa *et al.* (2008), quienes no observaron ningún efecto del tipo de grasa añadida sobre la calidad de los huevos.

En el presente ensayo, la inclusión de AA de soja en la dieta disminuyó el contenido porcentual de AGPI n-3 de las yemas de huevo (lineal, $P < 0,001$). La reducción más pronunciada se produjo en el grupo S45. Esto se puede atribuir a la disminución del contenido de LNA en el pienso a medida que el aceite de soja fue reemplazado por su AA, ya que el AA de soja utilizado presentó un contenido de LNA más bajo que el aceite crudo de soja. La reducción de los AGPI n-3 de la yema se produjo no solo en el contenido de LNA, sino también en el de los AGPI n-3 de cadena larga derivados de él, como el DHA. Pardío *et al.*, (2005) también encontraron un contenido más bajo de AGPI n-3 en las yemas al comparar diferentes combinaciones de aceite de soja y AA de soja. Por el contrario, Irandoust y Ahn (2015) informaron que el contenido total de AGPI y AGPI n-3 no se vieron afectados por la variación de la fuente de grasa añadida (35 g/kg de aceite de soja o AA de soja). Esto podría deberse al hecho de que en nuestro estudio se añadió casi el doble de grasa al pienso (60 g/kg) y a las diferencias en la composición de AG de los aceites utilizados.

La ausencia de diferencias entre tratamientos tanto en la composición química del huevo como en el contenido de colesterol de la yema se justifica, tal y como señalaron en su estudio Faitarone *et al.* (2013), con que son parámetros especialmente resistentes a los cambios en la dieta debido a que las gallinas son capaces de suplir los requisitos necesarios para el desarrollo del embrión.

Conclusiones

A pesar de haber encontrado algunas diferencias al incrementar los niveles de AGL dietéticos en las dietas de las gallinas, los huevos de todos los tratamientos presentaron una calidad adecuada para su comercialización. Por lo tanto, los presentes resultados demuestran que los AA pueden tener un alto potencial para ser suministrados como una fuente alternativa de grasa para las gallinas ponedoras, al menos cuando tienen una calidad nutricional adecuada.

Agradecimientos

Esta investigación se ha llevado a cabo con el apoyo financiero de la Generalitat Valenciana y el Fondo Social Europeo (GV/2018/188 y ACIF/2019/201).

Referencias

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS.** 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA
- EUROPEAN COMMISSION.** 2013. Commission Regulation (EU) 68/2013 of 16 January 2013 and its amendments on the Catalogue of feed materials. Off. J. Eur. Union 29:1–64.
- FAITARONE, A. B. G., E. A. GARCIA, O. R. DE ROÇA, A. H. RICARDO, E. N. DE ANDRADE, K. PELÍCIA, AND F. Vercese.** 2013. Cholesterol levels and nutritional composition of commercial layers eggs fed diets with different vegetable oils. Braz. J. Poult. Sci. 15(1):31–38.
- FEDNA, FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL.** 2018. Necesidades Nutricionales para Avicultura: normas FEDNA. 2nd ed. FEDNA, Madrid, Spain.

- FOLCH, J., M. LEES, AND G. H SLOANE STANLEY.** 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497–509.
- GROBAS, S., G. G. MATEOS, AND J. MENDEZ.** 1999. Influence of dietary linoleic acid on production and weight of eggs and egg components in young brown hens. *J. Appl. Poult. Res.* 8:177–184.
- GROBAS, S., J. MENDEZ, 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.
- IRANDOUST, H., D. U. AHN.** 2015. Influence of soy oil source and dietary supplementation of vitamins E and C on the oxidation status of serum and egg yolk, and the lipid profile of egg yolk. *Poult. Sci.* 94:2763–2771.
- IRANDOUST, H., A. H. SAMIE, H. R. RAHMANIA, M. A. EDRISSA, AND G. G. MATEOS.** 2012. Influence of source of fat and supplementation of the diet with vitamin E and C on performance and egg quality of laying hens from forty four to fifty six weeks of age. *Anim. Feed Sci. Technol.* 177:75–85.
- OLIVEIRA, D. D., N. C. BAIAO, S. V. CANÇADO, R. GRIMALDI, M. R. SOUZA, L. J. C. LARA LJC, AND A. M. Q. LANA.** 2010. Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. *Poult. Sci.* 89: 2484–2490.
- PARDÍO, V. T., L. A. LANDÍN, K. N. WALISZEWSKI, F. PÉREZ-GIL, L. DÍAZ, AND B. HERNÁNDEZ.** 2005. The Effect of Soybean Soapstock on the Quality Parameters and Fatty Acid Composition of the Hen Egg Yolk. *Poult. Sci.* 84:148–157.
- PEREZ-BONILLA, A., M. FRIKHA, S. MIRZAIE, J. GARCIA, AND G. G. MATEOS.** 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.
- RAVINDRAN, V., P. TANCHAROENRAT, F. ZAEFARIAN, AND G. RAVINDRAN.** 2016. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 213:1–21.
- SAFAA, H. M., M. P. SERRANO, D. G. VALENCIA, X. ARBE, E. JIMÉNEZ-MORENO, R. LAZARO, AND G. G. MATEOS.** 2008. Effects of the levels of methionine, linoleic acid, and added fat in the diet on productive performance and egg quality of brown laying hens in the late phase of production. *Poult. Sci.* 87:1595–1602.

VARONA, E., A. TRES, M. RAFECAS, S. VICHI, A. C. BARROETA, AND F. GUARDIOLA. 2021. Composition and nutritional value of acid oils and fatty acid distillates used in animal feeding. *Animals* 11:196.