

Efecto de la acidez y el grado de saturación de la grasa dietética sobre las reservas óseas de calcio y la calidad de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras

M. Palomar*¹, M.D. Soler¹, R. Sala², J.A. García-Bautista¹, 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 Animal y de los Alimentos, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.

*Contacto: maria.palomarlloris@uchceu.es

Resumen

Algunos subproductos grasos, como los aceites ácidos (AA; también llamados oleínas), y los ácidos grasos destilados (AGD), pueden ser de interés para el sector avícola. Estas fuentes lipídicas se caracterizan por tener un alto contenido de ácidos grasos libres (AGL), los cuales se ha observado que pueden propiciar la formación de jabones cálcicos insolubles en el intestino, especialmente cuando provienen de una grasa rica en ácidos grasos saturados. Así pues, el presente estudio fue llevado a cabo con la finalidad de evaluar el efecto del grado de saturación y el contenido de AGL sobre la digestibilidad del calcio, las reservas óseas de calcio y la calidad de la cáscara de huevo. Durante 15 semanas, 144 gallinas ponedoras (19 semanas de edad) fueron asignadas aleatoriamente a 8 tratamientos dietéticos (con 6 réplicas cada uno de ellos). Las dietas se obtuvieron reemplazando gradualmente aceite de soja (AS) con aceite ácido de soja (AAS), por un lado, y aceite de palma (AP) con ácidos grasos destilados de palma (AGDP), por otro. Así pues, siguiendo un diseño factorial 2 x 4, las gallinas fueron alimentadas con 4 dietas de soja (S) y 4 de palma (P) con un 6% de grasa añadida que variaba en el contenido de AGL (10, 20, 30 y 45%). Al final de la prueba, se recogió la excreta para determinar la digestibilidad total aparente del calcio, se evaluó la calidad externa de los huevos y se analizó el contenido en calcio de una tibia por cada réplica. El calcio se determinó vía ICP-OES (Optima 3200 RL, Perkin Elmer, Waltham, USA). Para el análisis estadístico, los datos obtenidos se sometieron a un ANOVA de dos factores siguiendo un modelo lineal generalizado (GLM). Además, se realizaron contrastes ortogonales para determinar el efecto lineal del aumento del contenido de AGL. Las diferencias se consideraron significativas para valores $P < 0,05$. Se registraron mayores coeficientes de digestibilidad para las dietas S ($P < 0,001$). Por otro lado, el aumento en el nivel de AGL dietéticos redujo la digestibilidad del calcio en ambas fuentes de grasa (S y P), mostrando un efecto significativamente lineal ($P < 0,01$). Las reservas óseas de calcio también se vieron afectadas por

el grado de saturación, siendo inferiores en las dietas P ($P < 0,001$). No se observó ningún efecto de los AGL en este punto. Respecto a la calidad externa del huevo, los tratamientos dietéticos no tuvieron ninguna influencia sobre el contenido de calcio ni sobre el grosor de la cáscara. En cambio, la fuerza de rotura de la cáscara fue mayor en las dietas P ($P < 0,05$). Biológicamente, tal y como se observó en este estudio, las gallinas priorizan la deposición del calcio a la formación de la cáscara. Además, las variaciones en el nivel de AGL no afectaron al metabolismo del calcio tanto como el grado de saturación, lo cual apoya el uso de fuentes de grasa ricas en AGL (AA y AGD) como ingredientes alternativos para la formulación de piensos de gallinas.

Palabras clave: gallina ponedora; grasa; calcio; calidad de cáscara; hueso.

Introducción

Las grasas y aceites presentan el mayor contenido calórico de entre todos los ingredientes usados en la formulación de piensos. Existe una gran variedad de fuentes lipídicas disponibles en el mercado para proporcionar energía a las dietas de las gallinas ponedoras. En este sentido, la escasez y la inestabilidad de precios han impulsado la búsqueda de subproductos agroindustriales como ingredientes alternativos para la alimentación animal (Ravindran *et al.*, 2016).

Algunos subproductos, como los aceites ácidos (AA, también conocidos como oleínas) y los ácidos grasos destilados (AGD) 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 ácidos grasos libres (AGL; 31,7-93,6%) (Varona *et al.*, 2021), lo cuales pueden propiciar la formación de jabones cálcicos insolubles en la luz intestinal de las aves, especialmente cuando provienen de grasas ricas en ácidos grasos saturados [relación ácidos grasos insaturados:saturados (INSAT:SAT) baja] (Atteh y Leeson, 1984, 1985). Esto es de especial relevancia para las gallinas ponedoras, ya que el aporte adecuado de calcio es crucial para prevenir la aparición de problemas esqueléticos y la pérdida de calidad de la cáscara (Whitehead, 2004).

En vista a lo anterior, se llevó a cabo un estudio para evaluar el efecto de la relación INSAT:SAT y el contenido de AGL sobre la digestibilidad del calcio, las reservas óseas de calcio y la calidad de la cáscara de huevo. Hipótesis: los AA y los AGD pueden considerarse fuentes de energía válidas, contribuyendo así a una producción de huevos más sostenible.

Material y métodos

Durante un periodo de 15 semanas, 144 gallinas ponedoras (Lohmann Brown-Classic, 19 semanas de edad) fueron asignadas aleatoriamente a 8 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 (4,6 INSAT:SAT, 2% AGL) con AA de soja (4,6 INSAT:SAT, 54% AGL) o aceite de palma (1,0 INSAT:SAT, 6% AGL) con AGD de palma (1,0 INSAT:SAT, 87% AGL). De este modo, siguiendo un diseño experimental factorial de 4 x 2, hubo 4 dietas de soja (S) y 4 de palma (P) con un 6% de grasa o mezcla de grasa añadida que variaba en el nivel de AGL (10, 20, 30 o 45%) (Tabla 1). Se añadió dióxido de titanio (TiO₂, titanium (IV) oxide pure, PanReac AppliChem, Barcelona, Spain) al 0,5% a todas las dietas como marcador inerte para la evaluar la digestibilidad del Ca.

Al final de la prueba, se recogió diariamente la excreta de cada jaula (réplica) durante tres días consecutivos para determinar los coeficientes de digestibilidad aparente total (DAT) del Ca. La DAT fue calculada a partir de la concentración del marcador (TiO₂) en la dieta y en la excreta (g/g MS) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$DAT \text{ del calcio} = [1 - (TiO_2 \text{ dieta} / TiO_2 \text{ excreta}) \times (Ca \text{ excreta} / Ca \text{ dieta})] \times 100$$

Tabla 1. Mezclas de aceites utilizadas en las dietas experimentales.

Dietas	Soja				Palma			
	S10	S20	S30	S45	P10	P20	P30	P45
%AGL teórico	10	20	30	45	10	20	30	45
<i>Proporción de la mezcla,¹ %</i>								
Aceite de soja	100	70	30	-	-	-	-	-
Aceite ácido de soja	-	30	70	100	-	-	-	-
Aceite de palma	-	-	-	-	100	80	53	33
Ácidos grasos destilados de palma	-	-	-	-	-	20	47	66

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

Por otro lado, se evaluó la calidad externa de 15 huevos de cada réplica (contenido en calcio, grosor de la cáscara y fuerza de rotura) y se analizaron las reservas de calcio de una tibia por cada réplica del estudio. El calcio se determinó mediante ICP-OES (Optima 3200 RL, Perkin Elmer, Waltham, USA).

Para el análisis estadístico, los datos obtenidos se sometieron a un ANOVA de dos factores siguiendo un modelo lineal generalizado (GLM). El modelo incluyó la fuente dietética (S o P) y el nivel de AGL (10, 20, 30 o 45%) como factores principales, así como la interacción

entre ellos. 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

Tabla 2. Efectos de la acidez y la fuente de grasa sobre la digestibilidad del Ca, las reservas óseas de Ca y la calidad de la cáscara.

Ítem	Coeficiente de DAT del Ca	Ca óseo, mg/g	Cáscara		
			Ca, mg/g	Grosor, mm	Fuerza rotura, N
<i>Fuente de grasa</i>					
S	0,52	357,0	386,4	0,368	44,29
P	0,44	344,5	382,1	0,369	45,57
<i>Nivel de AGL, %</i>					
10	0,50 ^a	351,7	383,4	0,372	45,22
20	0,53 ^a	353,8	385,7	0,367	45,23
30	0,47 ^{ab}	350,0	383,4	0,368	43,73
45	0,42 ^b	347,5	384,6	0,366	45,61
<i>E.S.C¹</i>	28,172	0,045	2,787	0,003	0,694
<i>Efectos, valores P</i>					
<i>Fuente de grasa</i>	< 0,001	<0,001	0,068	0,760	0,026
<i>Nivel de AGL</i>	0,002	0,101	0,875	0,197	0,076
Fuente grasa x AGL	0,055	0,886	0,795	0,057	0,061
<i>Contraste lineal,²</i>					
S y P	0,002	-	-	-	-

Abreviaturas: S, soja; P, palma; AGL, ácidos grasos libres; DAT, digestibilidad aparente total. ¹Error estándar combinado de las medias. ²Respuesta lineal al contenido de AGL. ^{a-b} Las medias de cada variable con dos o más niveles (nivel de AGL) que no comparten un superíndice común difieren significativamente ($P < 0,05$).

Tal y como se observa en la Tabla 2, se registraron mayores coeficientes de DAT en las dietas S ($P < 0,001$). Además, el aumento del contenido de AGL también redujo la DAT del Ca en ambas fuentes de grasa (S y P), mostrando un efecto lineal ($P < 0,01$). Las reservas óseas de calcio también se vieron afectadas por el grado de saturación, siendo menores en las dietas P ($P < 0,001$). No se observó un efecto de la acidez en este punto.

Respecto a la calidad de la cáscara, el tratamiento dietético no influyó sobre el contenido en calcio ni el grosor. No obstante, la fuerza de rotura fue mayor en las dietas P ($P < 0,05$). No se observó ninguna interacción (AGL x relación INSAT:SAT) para ninguno de los parámetros evaluados en este estudio.

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 y AGD, subproductos grasos ricos en AGL, como fuentes de grasa para la alimentación animal.

En esta prueba, la DAT del calcio se vio afectada no solo por la relación INSAT:SAT del alimento, sino también por el contenido en AGL, mostrando además un efecto lineal. En este aspecto, Atteh y Leeson (1985) observaron que la presencia de AGL en la dieta de las aves, así como los altos niveles de calcio o grasa añadida podían potenciar la aparición de jabones cálcicos. Además, se ha reportado que la formación de jabones es más pronunciada en los ácidos grasos saturados que en los insaturados (Atteh y Leeson, 1984). Estos jabones insolubles pueden impedir la correcta absorción del calcio presente en la dieta. Por este motivo, se debe tener en cuenta las posibles interacciones entre la grasa añadida al pienso y el calcio, especialmente en gallinas ponedoras viejas, debido a que los huesos largos involucrados en la formación de cáscara pueden verse privados de sus reservas de Ca al final del periodo de puesta y, en consecuencia, puede aumentar la incidencia de osteoporosis y otros problemas esqueléticos (Whitehead, 2004). De hecho, en este estudio, se observó menor contenido de calcio en las tibias de aquellas gallinas alimentadas con las dietas P (baja relación INSAT:SAT), aunque el nivel de AGL no tuvo ningún efecto en las reservas óseas de este mineral.

A pesar de ello, la calidad del huevo se vio muy poco afectada por los tratamientos experimentales. De hecho, no se observaron diferencias ni en el contenido de calcio ni en el grosor de la cáscara. Sin embargo, los huevos obtenidos de las gallinas alimentadas con las dietas P presentaron mayor resistencia a la rotura ($P < 0,05$), lo cual estuvo relacionado probablemente con el menor peso registrado en estos huevos comparados con las dietas S ($P < 0,001$; datos no mostrados).

Conclusiones

Biológicamente, tal y como se ha observado, las gallinas priorizan la deposición de calcio a la formación de la cáscara. Además, las variaciones en el nivel de AGL no afectan al metabolismo del calcio tanto como el grado de saturación. De hecho, solamente se observaron diferencias en la DAT del Ca cuando el contenido de AGL estuvo por encima del 35%. Así pues, estos hallazgos apoyan el uso de fuentes de grasa ricas en AGL (AA y AGD) como ingredientes alternativos para la formulación de piensos de gallinas ponedoras.

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

- ATTEH, J. O., AND S. LEESON.** 1984. Effects of dietary saturated or unsaturated fatty acids and calcium levels on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Poult. Sci.* 63:2252–2260.
- ATTEH, J. O., AND S. LEESON.** 1985. Influence of age, dietary cholic acid, and calcium levels on performance, utilization of free fatty acids, and bone mineralization in broilers. *Poult. Sci.* 64:1959–1971.
- 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.
- 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.
- 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.
- WHITEHEAD, C. C.** 2004. Overview of Bone Biology in the Egg-Laying Hen. *Poult. Sci.* 83:193–199.