

Efecto de la harina de semilla de calabaza (*Cucurbita maxima*) en el colesterol total y ácidos grasos de los huevos de gallinas ponedoras

Y. Martínez¹, M. Valdivié², G. Solano³, Mirna Estarrón⁴, O. Martínez¹ y J. Córdova⁵

¹Universidad de Granma, Apartado Postal 21, C.P 85300, Bayamo, Granma, Cuba

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba

³Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", C.P 85300, Bayamo, Granma, Cuba

⁴Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Av. Normalistas 800, Guadalajara, Jalisco, México

⁵Universidad de Guadalajara, Departamento de Ing. Química, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, Guadalajara, Jalisco, México

Correo electrónico: ymartinez@udg.co.cu

Para evaluar el efecto de cuatro niveles de inclusión (0, 3.3, 6.6 y 10 %) de harina de semilla de calabaza (*Cucurbita maxima*) en el colesterol total y ácidos grasos de huevos de gallinas ponedoras, se ubicaron en pleno pico de puesta 160 gallinas White Leghorn (Híbrido L-33) durante 91 d, según diseño completamente aleatorizado. Se aplicó análisis de varianza de clasificación simple, excepto para la concentración de extracto etéreo, donde se utilizó el análisis factorial con cuatro tratamientos y 20 repeticiones. La concentración de extracto etéreo en el huevo se incrementó por efecto de las semanas de puesta y los niveles de inclusión de harina de semilla de calabaza (31.90 a 36.15 %). Esta oleaginosa enriqueció al huevo en ácidos grasos octadecanoico (152 a 450 mg/100 g), oleico (1282 a 1918 mg/100 g), linoleico (22 a 667 mg/100 g), α -linolénico (457 a 649 mg/100 g); mientras que redujo la cantidad de ácido araquidónico (62 a 50 mg/100 g). Se encontró menor relación de los ácidos grasos saturados/poliinsaturados (0.18 a 0.13) y omega 6/omega 3 (7.65 a 6.47). También la inclusión de este alimento disminuyó el colesterol total en 28 a 30 mg/huevo con respecto al control. Se recomienda incluir hasta 10 % de harina de semilla de calabaza en las dietas de gallinas ponedoras para incrementar el extracto etéreo y los ácidos grasos benéficos y reducir el colesterol total y los ácidos grasos perjudiciales en los huevos.

Palabras clave: ácidos grasos, colesterol, huevos, semillas, calabaza

El huevo tiene gran valor nutricional, ya que es rico en proteínas, grasas, vitaminas liposolubles y minerales. Su inclusión en la dieta diaria es muy importante para la salud humana. A pesar de la calidad nutritiva del huevo, en las últimas décadas ha disminuido su consumo. Esto se relaciona con el efecto perjudicial del colesterol y otros lípidos que posee (Simopoulos 2002).

La reducción del colesterol en el huevo es una tarea compleja, ya que esta sustancia es imprescindible para el desarrollo del embrión. Para reducir los lípidos perjudiciales en el huevo se han utilizado diversos fármacos que provocan reacciones adversas en las aves (Yin *et al.* 2008). Sin embargo, la solución más objetiva y saludable es la incorporación de alimentos funcionales en la dieta, ricos en fitoesteroles, fibra dietética y ácidos grasos esenciales que aportan además, ácidos grasos omega 3 y omega 6. Estas condiciones favorecen la calidad nutritiva del huevo y ofrecen mayores beneficios al consumidor (Simopoulos 2002 y Martínez 2009).

Los huevos enriquecidos con omega 3 y omega 6 pueden contribuir a la prevención y cura de enfermedades cardiovasculares, tumores malignos y procesos inflamatorios; además de estimular el desarrollo cerebral y las funciones mentales (Kremer 2000). Schumann *et al.* (2003) sugieren que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en las dietas disminuyen el síndrome del hígado graso en las gallinas ponedoras y estimulan la respuesta inmunitaria.

Caston y Leeson (1990) y Ayerza y Coates (2000) han logrado disminuir el colesterol total y enriquecer los huevos con ácidos grasos esenciales omega 3 y omega 6, al incluir niveles de semillas oleaginosas como colza (*Brassica napus*) y chía (*Salvia hispanica*), respectivamente.

La calabaza es una cucurbitácea que posee semillas ricas en proteínas, grasas poliinsaturadas, fitoesteroles y fibra dietética (Martínez *et al.* 2008 y Martínez 2009). En las gallinas ponedoras, Martínez *et al.* (2010) constataron reducción de los lípidos perjudiciales e incremento de los ácidos grasos esenciales séricos al incluir cuatro niveles de HSC en las dietas, sin afectar los principales indicadores productivos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cuatro niveles de inclusión (0, 3.3, 6.6 y 10 %) de harina de semilla de calabaza (*Cucurbita maxima*) en el colesterol total y perfil de ácidos grasos de huevos de gallinas ponedoras.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en la Unidad Experimental Avícola del Instituto de Ciencia Animal, ubicado en la provincia Mayabeque, Cuba. La humedad relativa media fue de 78 %, la temperatura mínima promedio de 16.6 °C y la temperatura máxima promedio de 27.6 °C.

Se recolectaron y mezclaron cinco muestras de semillas de calabaza enteras de diferentes lotes pertenecientes a la variedad INIVIT C-88, especie maxima. Martínez *et al.* (2010) informaron acerca de

la composición química de estas semillas.

Un total de 160 gallinas ponedoras de la raza White Leghorn (Híbrido L-33) de 33 semanas de edad (en pleno pico de puesta) se ubicaron durante 91 d según diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y 20 repeticiones.

Composición y aporte de las dietas. Las dietas se formularon según los requerimientos recomendados por la Unión de Empresas del Combinado Avícola Nacional (UECAN) (2007). Los tratamientos consistieron en cuatro dietas, con 0, 3.3, 6.6 y 10 % de harina de semilla de calabaza (HSC). Los ingredientes utilizados para la elaboración de cada dieta se muestran en la tabla 1.

Procedimiento experimental. La unidad consistió en una jaula metálica de 40 cm x 40 cm donde se alojaron dos gallinas. Las aves recibieron 108 g de alimento/gallina/d. El agua se suministró *ad libitum* mediante dos bebederos de tetina/jaula. La iluminación se ofertó 16 h/d. El período de adaptación fue de dos semanas, según lo indicado por Caballero (1982). Las gallinas no recibieron medicamentos ni atención veterinaria terapéutica durante la investigación.

Determinaciones analíticas. A partir de la semana

39 y hasta la 45, se recopilaron 20 huevos/tratamiento a las 8:00 a.m. Las yemas se separaron del albumen y se pesaron en grupo. Luego, se congelaron a -20 °C hasta su análisis en el laboratorio.

El extracto etéreo de las yemas recolectadas se determinó según la AOAC (1995). Como solvente se consideró el éter etílico anhidro por su menor punto de ebullición para evitar la formación de ácidos grasos trans (Martínez 2009).

Para eliminar el éter etílico anhidro residual en las muestras se utilizó un Rotavapor Heidolph, con temperatura regulada a 38 °C, presión a 5 mm Hg y velocidad de 90 a 100 rpm. Las muestras se colocaron en una campana de extracción de solventes en hornillas a 38 °C (AOAC 1995).

Después de mezclar las muestras en éter etílico anhidro, a razón de 1:50 v/v, en la semana 45 se determinó el colesterol total en la yema mediante kits enzimáticos. Se utilizó un espectrofotómetro ultravioleta, marca Humalyzer 2000.

Para la cuantificación de los ácidos grasos totales se realizó una derivación (metilación) de los ácidos grasos, de acuerdo con lo descrito por la AOAC (2002).

Tabla 1. Composición de las dietas (% en base húmeda)

Materia prima (%)	Niveles de harina de semilla de calabaza (%)			
	0	3.3	6.6	10
Harina de maíz	57.85	58.48	57.99	56.27
Harina de torta de soya	28.00	25.20	22.89	20.72
Harina de semilla de calabaza	0.00	3.30	6.60	10.00
Aceite vegetal	1.19	0.45	0.00	0.00
Fosfato dicálcico	1.90	1.90	1.90	1.90
Carbonato de calcio	8.65	8.62	8.60	8.58
BHT (Antioxidante)	0.01	0.01	0.01	0.01
DL-Metionina	0.19	0.19	0.20	0.21
L-Lisina	0.04	0.05	0.06	0.06
Sal común	0.25	0.25	0.25	0.25
Premezcla ¹	1.00	1.00	1.00	1.00
Zeolita	0.92	0.55	0.50	1.00
Aportes calculados (%)				
EM (MJ/kg MS)	11.63	11.63	11.63	11.66
Proteína bruta	17.00	17.00	17.00	17.00
Lisina	0.80	0.80	0.80	0.80
Metionina	0.47	0.47	0.50	0.51
Metionina+cistina	0.73	0.73	0.73	0.73
Calcio	3.80	3.80	3.80	3.80
Fósforo disponible	0.40	0.40	0.40	0.40
Extracto etéreo	2.20	3.30	4.40	5.40
Fibra bruta	3.20	3.60	4.00	4.30

¹ Cada kg contiene: vit. A, 10 x 10⁶ U.I.; vit. D₃, 1.5x 10⁶ U.I.; vit. K₃, 2100 mg; vit. E, 10000 mg; tiamina, 800 mg; riboflavina, 2500 mg; ac. pantoténico, 10000 mg; piridoxina, 2500 mg; ac. fólico, 250 mg; biotina, 100mg; vit. B₁₂, 15 mg; manganeso, 60000 mg; cobre, 8000 mg; hierro, 60000 mg; zinc, 50000mg; selenio, 200 mg; yodo, 800 mg; cobalto, 500 mg; antioxidante, 125000 mg.

Posteriormente se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890 (Palo Alto, California), equipado con detector de ionización de flama (FID) y provisto de un automuestreador HP 6890 Series. El equipo se controló por un operador de datos GC Chemstation, versión A.09.03. Los ácidos grasos en forma de metil ésteres se separaron en una columna capilar HP-23 cis/trans (60 m x 250 µm ID x 0.25 µm de espesor de película).

Para corroborar la transformación de las grasas en sus respectivos metil ésteres se corrió una cromatografía de capa fina (AOAC 2002). Las determinaciones se realizaron en los laboratorios del Centro Tecnológico y Asistencia del Estado de Jalisco (CIATEJ), México. La preparación de las muestras se realizó en la Universidad de Guadalajara, México, y en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba. Los análisis de extracto etéreo y perfil de ácidos grasos en las yemas se efectuaron por decuplicado. El colesterol total se determinó por quintuplicado.

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con análisis de varianza de clasificación simple, excepto para la variable extracto etéreo, para la que se utilizó análisis de varianza con arreglo factorial 7 x 4 (siete semanas y cuatro niveles de HSC). En los casos necesarios se utilizó la dócima de Duncan (1955) para determinar las diferencias entre medias. Todos los datos de análisis estadístico se procesaron con el software estadístico SPSS, versión 17.0.

Resultados y Discusión

La tabla 2 presenta la interacción ($P < 0.05$) de las semanas de puesta con los niveles de inclusión de HSC para la concentración de extracto etéreo en la yema de los huevos de gallinas ponedoras. La concentración fue más notable con la inclusión de HSC y con el aumento de las semanas experimentales.

La inclusión de 10 % de HSC en las dietas de las gallinas aportó mayor cantidad de extracto etéreo a las dietas (5.40 %) (tabla 1). Esto pudo influir en mayor concentración de extracto etéreo en la yema

(36.15 %). Además, la alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados en la semilla de calabaza (Martínez *et al.* 2010) pudo determinar mayor incorporación de extracto etéreo en la yema. Según Dolz (1996), la mayor insaturación de los ácidos grasos es proporcional al potencial de formación de micelas, lo que trae consigo mejor eficacia en la absorción de las grasas. Sin embargo, los lípidos totales séricos en las gallinas no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$) a pesar de que los perjudiciales disminuyeron (Martínez *et al.* 2010). Al parecer, la alta concentración del material insaponificable en la semilla de calabaza INIVIT C-88 (34.70 g/kg) (Martínez *et al.* 2011) pudo contribuir a la concentración de extracto etéreo en la yema.

Ayerza y Coates (2000) refieren que al incluir la semilla de chíá hasta 7 %, el extracto etéreo de la yema aumentó. No obstante, cuando incluyeron 28 % el efecto fue contrario, asociado con el aporte de fibra bruta. Según Dolz (1996), la fibra bruta es antagónica con la grasa absorbida. Por esto, las gallinas ponedoras alimentadas con HSC poseen aporte de fibra bruta inferior a 5 %.

Las semanas de puesta y la edad de las gallinas determinan mayor concentración de extracto etéreo en la yema, relacionada con el incremento del tamaño del huevo, peso y altura de la yema con la edad (Martínez 2009 y Grobas *et al.* 2001). Además, para el mantenimiento del ave con mayor peso corporal, la síntesis lipídica *in novo* (hígado) y el transporte de la grasa en las lipoproteínas de muy baja densidad aumentan con mayor incorporación de lípidos a la yema (Grobas *et al.* 2001).

El colesterol total en la yema de los huevos de gallinas ponedoras fue superior ($P < 0.05$) para el control con respecto al 3.3; 6.6 y 10 % de inclusión de HSC. Los mg/huevo y mg/g de colesterol se redujeron al incluir HSC en las dietas (tabla 3).

La reducción de 1.71 mg de colesterol/g en yema es positiva, si se consideran las diversas enfermedades que causa el consumo excesivo de este lípido (Elkin 2009). La inclusión de 3.3, 6.6 y 10 % de HSC disminuyó en 28, 30 y 27 mg de colesterol en cada huevo, respectivamente.

Tabla 2. Interacción de diferentes niveles de inclusión de HSC y las semanas de puesta en la concentración de extracto etéreo del huevo de gallinas ponedoras durante siete semanas

Semanas de puesta	Niveles de harina de semilla de calabaza (%)				EE ±
	Control	3.3	6.6	10	
39	31.74 ^a	33.94 ^e	34.91 ^g	35.02 ^g	0.10***
40	31.82 ^{ab}	33.93 ^e	34.87 ^g	36.06 ^{hi}	
41	31.98 ^{ab}	33.93 ^e	34.86 ^g	35.76 ^h	
42	31.87 ^{ab}	33.06 ^d	34.72 ^g	36.14 ⁱ	
43	32.05 ^{bc}	34.06 ^{ef}	35.01 ^g	36.15 ⁱ	
44	32.30 ^c	34.25 ^f	34.96 ^g	35.83 ^h	
45	32.30 ^c	34.25 ^f	34.96 ^g	35.83 ^h	

^{a,b,c,d,e,f,h,i} Medias con letras diferentes difieren a $P < 0.05$ (Duncan 1955) *** $P < 0.001$

Tabla 3. Colesterol total en la yema de los huevos de gallinas ponedoras alimentadas con diferentes niveles de HSC

Colesterol total	Niveles de harina de semilla de calabaza (%)				EE± Sig
	0	3.3	6.6	10	
mg/huevo	249.00 ^a	221.00 ^b	219.00 ^b	222.00 ^b	0.43***
mg/g yema	14.91 ^a	13.24 ^b	13.28 ^b	13.57 ^b	0.14***

^{a,b}.Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P < 0.05$ (Duncan 1955)

*** $P < 0.001$

Con la inclusión de HSC en los piensos se logra igual reducción de colesterol en el huevo.

La reducción del colesterol en la yema pudo estar determinada por la presencia de ácidos grasos insaturados en la HSC. Martínez *et al.* (2010) demostraron que el ácido graso linoleico (13894.00 mg/100 g) y el oleico (8616.98 mg/100 g) en la HSC reducen la circulación sérica de las lipoproteínas de baja densidad (LBD) y del colesterol total. Esto pudo influir en la menor cantidad de colesterol total en la yema.

Cherian y Sim (1991), al utilizar la semilla de lino (*Linum usitatissimum*) rica en α -linolénico (C18:3n-3) en dietas para gallinas ponedoras, comprobaron que no se redujo el colesterol en la yema ($P < 0.05$). Rowghani *et al.* (2007) señalaron que el ácido linoleico posee efectos hipocolesterolémicos más evidentes que el ácido α -linolénico. Esto pudo influir en el resultado con semilla de lino.

La semilla de calabaza INIVIT C-88 es rica en fitoesteroles (233.08 mg/100 g) (Martínez *et al.* 2011). El campesterol y el beta-sitosterol en la HSC contribuyen a la reducción del colesterol total sérico en las gallinas, con posible efecto reductor en el huevo (Martínez *et al.* 2010). Liu *et al.* (2010) observaron reducción del colesterol en el huevo a partir de la sexta semana de experimentación, al utilizar niveles altos de fitoesteroles. Esto demuestra la efectividad hipocolesterolémica de los esteroides hallados en la semilla de calabaza. Elkin y Lorenz (2009) informaron baja incorporación de esteroides en la yema del huevo, asociada a la reducción de colesterol en la yema, y a su baja esterificación por la enzima 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA reductasa.

Según Martínez (2009), la fibra dietética en la HSC (41.4 %) pudo disminuir el colesterol en la yema del huevo. Ayerza y Coates (2000), al incluir en las dietas de gallinas ponedoras semilla de chía hasta 28 %, constataron reducción del colesterol en la yema, lo que se relaciona con la fibra dietética y los altos porcentajes de ácidos grasos insaturados en las dietas. Savón *et al.* (2007) señalaron que la fibra reduce la absorción del colesterol al unirse a las sales biliares en el tracto gastrointestinal, con disminución del tiempo del tránsito intestinal y aumento de la excreción de esteroides en las heces.

A pesar de las características hipocolesterolémicas de la HSC, el colesterol total en la yema no se redujo de forma progresiva. Ayerza y Coates (2000), Elkin y

Lorenz (2009) y Liu *et al.* (2010) encontraron resultados similares. Si se considera que el colesterol es esencial para las aves, la síntesis de colesterol endógeno (hígado) aumenta, al parecer, para crear una homeostasis, y se deposita en el huevo para el embrión (Yin *et al.* 2008). A su vez, el aumento del extracto etéreo en la yema de los huevos con niveles de HSC incrementa los lípidos en la yema, entre ellos el colesterol.

En la tabla 4 se muestra el perfil de ácidos grasos en la yema de los huevos de gallinas ponedoras alimentadas con niveles de inclusión de HSC. El palmítico (C16:0) es el ácido graso saturado más representativo en la yema, el cual se incrementó con la inclusión de HSC. También el octadecanoico (C18:0) mostró valores elevados, con mayores cuantías para 3.3 % de HSC.

El ácido graso oleico (C18:1n-9), el más abundante monoinsaturado en la yema, presentó valores superiores al control, al incluir hasta 10 % de HSC en las dietas. Entre los AGMI, el ácido linoleico (C18:2n-6) fue el que predominó en la yema. Lo mismo ocurrió con el ácido graso poliinsaturado α -linolénico (C18:3n-3). Ambos mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto al control. Además, el ácido araquidónico disminuyó con relación al nivel de inclusión de HSC.

La importante relación n6/n3 y AGS/AGPI (tabla 4) fue menor ($P < 0.05$) con 3.3, 6.6 y 10 % de HSC con respecto al control.

La semilla de calabaza se encuentra en el reducido y privilegiado grupo de semillas oleaginosas que poseen ácidos grasos esenciales, aunque se debe considerar la variabilidad en los omega 3 y omega 6, según las especies y variedades (Martínez 2009).

Los huevos de gallinas alimentadas con 10 % de HSC se enriquecieron en 617 mg de ácido linoleico /100 g de yema con respecto al control (tabla 4). Caston y Leeson (1990) y Cherian y Sim (1991) obtuvieron resultados similares en el contenido de omega-6 en la yema de los huevos, al suplementar las dietas de las gallinas con semillas de lino y colza, respectivamente. Esto demuestra que el nivel de inclusión del omega 6 en las dietas influye en el porcentaje incorporado al huevo.

El contenido de ácido graso araquidónico (C20:4n-6) en la yema de los huevos disminuyó con la inclusión de 6.6 y 10 % de HSC (0.39 y 0.40 g/ 100 g de yema) con respecto al control (0.45 g/ 100 g de yema) (tabla 4). Martínez *et al.* (2010) constataron disminución del ácido araquidónico en el suero sanguíneo de las gallinas,

Tabla 4. Perfil de ácidos grasos en la yema de los huevos de gallinas ponedoras alimentadas con diferentes niveles de HSC (mg/100g).

AG	Niveles de harina de semilla de calabaza (%)				EE± Sig
	0	3.3	6.6	10	
C12:0	3.87 ±0.30 ^a	3.66 ±0.30 ^{ab}	3.93 ±0.20 ^a	2.97 ±0.20 ^b	*
C13:0	120.27 ^c	127.72 ^b	133.78 ^b	140.61 ^a	0.26***
C15:0	24.24	25.68	23.90	24.03	1.04
C16:0	8348.00 ^b	8612.00 ^{ab}	8756.00 ^a	8833.00 ^a	42.83*
C17:0	65.39 ^b	75.87 ^a	73.83 ^a	79.74 ^a	2.87*
C18:0	2910.00 ^c	3360.00 ^a	3062.00 ^b	3198.00 ^{ab}	91.03*
C24:0	28.90 ^{ab} ±2.90	22.90 ^b ±3.67	28.10 ^{ab} ±2.80	34.80 ^a ±3.10	**
C15:1	22.25 ^b	21.15 ^b	24.63 ^a	23.28 ^a	0.91*
C16:1n-7	884.91	896.60	964.00	904.00	31.26
C18:1n-9	12007.00 ^c	13289.00 ^b	13379.00 ^b	13925.00 ^a	192.70***
C18:1n-5	542.05	577.16	557.77	548.39	12.47
C20:1	78.60 ^c	85.90 ^{ab}	88.30 ^a	84.27 ^b	1.32***
C18:2n-6	5825.00 ^b	5847.00 ^b	6236.00 ^a	6492.00 ^a	101.10***
C18:3n-3	327.72 ^c	784.69 ^b	950.00 ^a	976.00 ^a	87.77***
C20:4n-6	449.90 ^a	461.16 ^a	387.50 ^b	399.72 ^b	15.89**
C22:6n-3	115.00	117.00	126.00	128.00	15.53
∑ AGS	11499.00 ^b	12484.00 ^a	12092.00 ^{ab}	12171.00 ^{ab}	240.20**
∑ AGMI	13535.00 ^c	14870.00 ^b	14852.00 ^b	15485.00 ^a	211.00***
∑ AGPI	6729.00 ^c	7215.00 ^b	7659.00 ^{ab}	7987.00 ^a	163.10***
AGS/AGPI	1.71 ^{ab}	1.78 ^a	1.58 ^{ab}	1.53 ^b	0.06*
∑n-6	6275.00 ^b	6308.00 ^b	6623.00 ^{ab}	6888.00 ^a	117.90**
∑n-3	454.04 ^b	907.57 ^a	1035.00 ^a	1095.00 ^a	89.69***
n6/n3	15.74 ^a	9.27 ^b	8.09 ^b	8.71 ^b	1.35***

a,b,c,d. Medias con letras diferentes en la mismas fila difieren a $P < 0.05$ (Duncan 1955) * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. AG: ácido graso, AGS=ácidos grasos saturados, AGMI=ácidos grasos moinsaturados, AGPI=ácidos grasos poliinsaturados, n-6=Omega 6, n-3=Omega 3.

al incluir hasta 10 % de HSC. Esto pudo reducir la incorporación del araquidónico al huevo. Investigaciones con niveles de inclusión de semilla de chía y lino en gallinas ponedoras informaron resultados similares al disminuir el araquidónico en el huevo (Cherian y Sim 1991 y Ayerza y Coates 2000).

Al incrementar los niveles de inclusión de HSC hubo aumento progresivo de los omega-3 en el huevo, desde 454 mg/100 g de yema para el control hasta 1095 mg/100 g de yema para la inclusión del 10 % de HSC (tabla 4). En los informes acerca de la introducción de alimentos ricos en ácidos grasos alfa-linolénico en dietas de gallinas ponedoras se constata la tendencia a enriquecer el huevo con omega 3 (Caston y Leeson 1990, Cherian y Sim 1991, Ayerza y Coates 2000 y Rowghani *et al.* 2007).

La sumatoria de los AGMI y AGPI en la yema del huevo (tabla 4) aumentó con respecto al nivel de inclusión de HSC, debido a la concentración de los ácidos grasos oleico, linoleico y alfa-linolénico en la HSC, y a la circulación sérica y su incorporación al

huevo (Martínez *et al.* 2010). Suksombat *et al.* (2006) obtuvieron resultados similares. Al suplementar el pienso con aceite de girasol informaron aumento de AGMI en la yema de huevo.

El ácido graso docosahexonoico (DHA) no se incrementó en la yema al aumentar los niveles de HSC en el pienso (tabla 4), a pesar de su mayor concentración en el suero sanguíneo de las gallinas con la inclusión de HSC (Martínez *et al.* 2010). Según Grobas *et al.* (2001), debido a las particularidades fisiológicas de las aves, la incorporación de los ácidos grasos producto de la elongación y desaturación es pobre. Ayerza y Coates (2000) encontraron aumento de DHA al utilizar hasta 28 % de semilla de chía. La alta concentración de omega 3 en la semilla de chía (65 %) y el nivel de inclusión pudieron influir en este resultado.

La European Commission Community Research (2000) señala requerimientos de ácidos grasos omega 3 del orden de 1 g d⁻¹. Sin embargo, la National Food and Nutrition Board (2005) informa consumo de 110-

160 mg d⁻¹. Simopoulos (2002) recomienda 2.2 g d⁻¹ de ácido graso α -linolénico. Un huevo de gallinas ponedoras, alimentadas hasta con 10 % de HSC, tiene aproximadamente 186 mg de omega 3. Esto lo convierte en un alimento funcional que puede contribuir a cubrir los requerimientos de los omega 3 en humanos.

La relación omega 6/omega 3 (n6/n3) disminuyó a medida que se incrementó el contenido de HSC en los piensos. Esta relación decreció desde 15.74 para el control hasta 8.09 para la dieta adicionada con 6.6 % de HSC (tabla 4). La World Health Organization (1995) en su informe sobre grasas y aceites en la nutrición humana recomienda una relación n-6/n-3 de 5-10/1 en las dietas para prevenir cuadros de aterosclerosis y riesgo cardiovascular. Los valores presentados en la tabla 4 se encuentran en el rango de referencia propuesto. No obstante, la British Nutrition Foundation (1992) señala una relación de omega 6/omega 3 de 6/1. Simopoulos (2002) recomienda proporciones de 2.1/1.

Al incluir hasta 10 % de harina de semilla de calabaza (INIVIT C-88) en las dietas de gallinas ponedoras se incrementó el extracto etéreo con interacción con las semanas de puesta y los ácidos grasos benéficos. Por el contrario, se redujeron el colesterol total y los ácidos grasos perjudiciales en los huevos.

Referencias

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Ass. Off. Agric. Chem. 16th Ed. Washington. D.C. USA
- AOAC. 2002. Methyl esters of fatty acids in oils and fats 969.33. En: Official Methods of Analysis. 17th Ed. Gaithersburg, Maryland. p. 19
- Ayerza, R. & Coates, W. 2000. Dietary levels of chia: Influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. *Poult. Sci.* 78:724
- Caballero, A. 1982. Folleto de diseño experimental. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. p. 30
- Caston, L. & Leeson, S. 1990. Dietary flax and egg composition. *Poult. Sci.* 2:1617
- Cherian, G. & Sim. J. S. 1991. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos and newly hatched chicks. *Poult. Sci.* 70: 917
- Dolz, S. 1996. Utilización de las grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. XII Curso de especialización FEDNA. p. 11
- Duncan, B. 1955. Multiple ranges and multiple F test. *Biometrics* 11:1
- Elkin, R.G. 2009. Additional perspectives on analytical techniques and standardization: Cholesterol and fatty acid contents of eggs, tissues, and organs. *Poult. Sci.* 88: 249
- Elkin, R. & Lorenz, E. 2009. Feeding laying hens a bioavailable soy sterol mixture fails to enrich their eggs with phytosterols or elicit egg yolk compositional changes. *Poult. Sci.* 88:152
- European Commission Community Research. 2000. Project report: functional food science in Europe. Office for official publications of the European Communities L-2985, Luxembourg
- Grobas, S., Méndez, J., Lázaro, R., Blas, C. & Mateos, G. 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
- Kremer, J. M. 2000. N-3 fatty acid supplements in rheumatoid arthritis. *Am. J. Clin. Nutr. Suppl.* 1:349
- Liu, X., Zhao, H. L., Thiessen, S., House, J. D. & Jones, H. 2010. Effect of plant sterol-enriched diets on plasma and egg yolk cholesterol concentrations and cholesterol metabolism in laying hens. *Poult. Sci.* 89: 270
- Martínez, Y. 2009. Caracterización química de la harina de semilla de calabaza y su empleo en la alimentación de gallinas ponedoras y pollos de ceba. Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Martínez, Y., Martínez, O., Córdova, J., Valdivié, M. & Estarrón, M. 2011. Fitoesteroles y escualeno como hipocolesterolémicos en cinco variedades de semillas de *Cucurbita maxima* y *Cucurbita moschata* (calabaza). *Rev. Cubana Plant. Med.* 16:72
- Martínez, Y., Valdivié, M., Estarrón, M., Solano, G & J. Córdova. 2010. Perfil lipídico sérico de gallinas ponedoras alimentadas con niveles de semilla de calabaza (*Cucurbita maxima*). *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 44:399
- Martínez, Y., Valdivié, M., La O., A. L. & Leyva, E. 2008. Potencialidades de la semilla de calabaza como alimento para monogástricos. *Rev. ACPA.* 4: 20
- National Food and Nutrition Board. 2005. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Disponible: <http://www.ion.edu/CMS/3788/4576/4340.aspx>. Consultado: 03/06/2010
- Rowghani, E., Arab, M., Nazifi, S. & Bakhtiari, Z. 2007. Effect of Canola Oil on Cholesterol and Fatty Acid Composition of Egg-yolk of Laying Hens. *Inter. J. Poult. Sci.* 2: 111
- Savón, L., Scull, I. & Martínez, M. 2007. Harina de follaje integrales de tres leguminosas tropicales para la alimentación avícola. Composición química, propiedades físicas y tamizaje fitoquímico. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 41:359
- Schumann, E., Squires, J. & Leeson, S. 2003. Effect of dietary flaxseed, flax oil and n-3 fatty acid supplement on hepatic and plasma characteristics relevant to fatty liver haemorrhagic syndrome in laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 44: 234.
- Simopoulos, A. P. 2002. The importance of the ratio of omega- 6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* 56: 365
- Suksombat, W., Samitayotin, S. & Lounglawan, P. 2006. Effect of conjugated linoleic acid supplementation in layer diet on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. *Poult. Sci.* 85:1603
- Unión Estatal del Centro Avícola Nacional. 2007. Requerimientos nutritivos de las ponedoras White Leghorn L-33 cubanas. Ed. Ministerio de la Agricultura. p. 1
- World Health Organization. 2008. Fats and oils in human nutrition: report of a joint expert consultation. Food and agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. *FAO Food Nutr.* 57. p. 147
- Yin, J. D., Shang, X., Li, D. F., Wang, F. L., Guan, F. & Wang, Z. Y. 2008. Effects of dietary conjugated linoleic acid on the fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks from different breeds of layers. *Poult. Sci.* 87:284