



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

rcca@ica.co.cu

Instituto de Ciencia Animal

Cuba

Carrillo, Silvia; Bahena, A.; Casas, M.; Carranco, M.E.; Calvo, C.C.; Ávila, E.; Pérez-Gil, F.
El alga *Sargassum* spp. como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 46, núm. 2, 2012, pp. 181-186

Instituto de Ciencia Animal

La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193024447011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

El alga *Sargassum* spp. como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo

Silvia Carrillo¹, A. Bahena^{1,2}, M. Casas³, M.E. Carranco¹, C.C. Calvo¹, E. Ávila⁴ y F. Pérez-Gil¹

¹Departamento de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán".
Vasco de Quiroga No. 15, Sección XVI, 14000, D.F., México

²Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México D.F., Ciudad Universitaria, México D.F. 04510

³Laboratorio de Macroalgas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, Baja California Sur,
México, C.P. 23090

⁴Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, C.P. 04510, México, D.F.
Correo electrónico: rexprimero@hotmail.com

Para determinar el efecto que tiene en el contenido de colesterol del huevo la adición del alga marina (AM) *Sargassum* spp. en la dieta de gallinas ponedoras, se utilizaron 225 gallinas Leghorn, de 19 semanas de edad, distribuidas al azar en cinco tratamientos (0, 2, 4, 6 y 8 % del alga marina). El experimento tuvo una duración de cinco semanas, durante las que se registraron las variables productivas. La calidad física se evaluó en 75 huevos por tratamiento. Se tomaron 35 piezas de cada tratamiento para realizar el análisis del colesterol en huevo (yema+albúmina) por cromatografía de gases. Los datos se analizaron mediante ANOVA y se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias ($P < 0.05$). Los resultados mostraron que con 4, 6 y 8 % de AM la producción de huevo se redujo y el color de la yema se incrementó. Las concentraciones de colesterol (mg 100 g⁻¹ huevo fresco) fueron: 416.28 (0 % AM), 396.77 (2 % AM), 363.35 (4 % AM), 309.05 (6 % AM) y 338.76 (8 % AM). Se concluye que adicionar 4, 6, 8% del alga *Sargassum* spp. en la dieta de gallinas ponedoras reduce significativamente el contenido de colesterol en el huevo y afecta favorablemente el color de la yema.

Palabras clave: algas marinas, huevos, lípidos, propiedades hipocolesterolémicas

Diversos estudios clínicos y epidemiológicos revelan que el colesterol presente en los alimentos tiene poco efecto en el colesterol plasmático (Hu *et al.* 1999). De hecho, se ha demostrado que algunos individuos no responden al nivel de colesterol en la dieta y que incluso, otro segmento de la población puede ser genéticamente resistente al incremento de colesterol sanguíneo como respuesta al nivel mismo de la dieta (McNamara y Nicolosi 1998). Como consecuencia de estos hallazgos, se ha establecido que individuos sanos pueden consumir un huevo diariamente, sin que se afecten sus niveles de colesterol sanguíneo y sin que ello represente un factor de riesgo cardiovascular (Kraus *et al.* 2000). Aún así, muchas personas evitan o reducen el consumo de huevo.

Con el propósito de que la población siga consumiendo este alimento, se han realizado diversos estudios para reducir el contenido de colesterol en el huevo, de manera que este no represente un obstáculo para su consumo. Un método que se ha utilizado con esta finalidad es la adición de compuestos químicos a la dieta de las aves, como son la lovastatina (Wang y Pan 2003), la mevastatina o compactita (Elkin 2007), el ajo deshidratado (*Allium sativum*) (Chowdhury *et al.* 2002) y el cobre (Pesti y Bakalli 1998 y Balevi y Coskun 2004). También se añaden compuestos naturales como la harina de alfalfa, cebada, hojuelas de avena, pectina y celulosa (Beyer y Jensen 1991 y 1993) y esteroides vegetales (Peterson 1951).

Las algas marinas constituyen una alternativa para lograr reducir el contenido de colesterol en el huevo, ya que tienen compuestos con propiedades hipocolesterolémicas e hipolipidémicas, como los

ácidos grasos poliinsaturados, polisacáridos (agar, carragenanos, ácido alginico y fucanos) y esteroides (fucosterol, desmosterol, sargasterol, estigmasterol y beta sitosterol) (Rodríguez *et al.* 1995, Jiménez-Escrig y Goñi 1999, Nishide y Uchida 2003 y Yuan 2008).

El alga parda *Sargassum* spp. forma grandes mantos en aguas tropicales y subtropicales. Se ha estimado que tiene una biomasa disponible de 183,000 t en la Península de Baja California, México (Casas 2009). Constituye una excelente fuente de minerales, vitaminas, aminoácidos esenciales, polisacáridos, ácidos grasos n3 y n6, así como de esteroides (Carrillo *et al.* 1992, Gojón-Baez *et al.* 1998 y Yuan 2008). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto que tiene en el contenido de colesterol del huevo la adición del alga marina *Sargassum* spp. en la dieta de gallinas ponedoras.

Materiales y Métodos

Análisis químico del alga marina (AM). Se tomó por cuarteo un kilogramo de muestra y se molió en un molino de cuchillas hasta obtener tamaño de partícula de 1 mm, con el objetivo de realizar por triplicado, mediante los métodos estandarizados de la AOAC (2000), los siguientes análisis químicos: contenido de humedad (estufa de secado a 60 °C hasta peso constante, método 976.05), cenizas (calcinación a 550 °C en mufla, método 923.03), fibra cruda (Soxhlet, método 962.09), extracto etéreo (aparato Soxhlet, método 920.39) y contenido de nitrógeno por micro-Kjeldahl (método 976.05). Para calcular el contenido de proteína se aplicó un factor de conversión de 6.25. Para determinar Ca, Mg, Na, K, Fe,

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales (%)

Ingredientes	0%AM	2%AM	4%AM	6%AM	8%AM
Sorgo	56.55	57.00	54.41	51.95	49.40
Soya	26.94	24.70	24.90	25.13	25.35
<i>Sargassum spp.</i>	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Carbonato de calcio	9.95	9.80	9.61	9.45	9.27
Aceite de soya	3.82	3.94	4.47	5.01	5.56
Ortofosfato ¹	1.64	1.66	1.66	1.70	1.71
Metionina	0.16	0.16	0.12	0.08	0.04
Sal (NaCl)	0.46	----	----	----	----
L-Lisina HCL	0.08	0.44	0.44	0.46	0.46
Vitamina premezcla ²	0.10	0.10	0.10	0.01	0.01
Micoad (klin-sil) ³	0.10	0.01	0.10	0.01	0.01
Avelut polvo 15 ⁴	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mineral premezcla ⁵	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cloruro de colina 60	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Avired ⁶	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
IQ ⁷	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Furacyl ⁸	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Total	100	100	100	100	100

¹Ortofosfato de calcio P 21% min, Ca 13% min, FO.21% max. ²Vitaminas por kg: 10 000 000 UI vit. A, 30 000 000 UI vit. D₃, 20 000 UI vit. E, 2 500 g vit. K₃, 2 500g vit. B₁, 5g vit. B₂, 35g niacina, 10g D- ácido panto-tenico 4g piridoxina, 1g ácido fólico, 10mg vit. B12, 200mg biotina, 1 000. ³Secuestrante de micotoxinas. ⁴Xantofilas saponificadas obtenidas a partir de la flor de cempasuchitl (amarillo 15 ppm). ⁵Premezcla mineral (mg/kg de la dieta): magnesio 120, zinc 100, hierro 120, cobre, 12, yodo 0.7, selenio 0.4, cobalto 0.2. ⁶Xantofilas rojas (cantaxantina, 10 ppm). ⁷Antioxidante ⁸Furazolidona-bacitracina-zinc.

Zn y Cu, las algas se sometieron a una digestión ácida y los minerales se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica (método 968.08). El P se cuantificó por colorimetría (método 999.11). La energía bruta se determinó mediante la bomba calorimétrica Parr. Para cuantificar el contenido de colesterol en el alga se siguió el método de Fenton y Sim (1991) y se utilizó el 5- α -colestano como estándar interno.

Ensayo experimental. Durante cinco semanas de ensayo, 225 gallinas Leghorn, de 19 semanas de edad, se distribuyeron en cinco tratamientos, según diseño de bloques al azar (testigo, 2, 4, 6 y 8 % de AM) con cinco repeticiones cada uno. Las dietas se prepararon con el programa Nutrion (versión 3.2) para gallinas ponedoras, de acuerdo con el NRC (1994), sustituyendo parcialmente al sorgo, la soya y la sal. El agua y el alimento se ofrecieron a libre acceso. Las variables productivas (peso del huevo, producción de huevo y consumo de alimento) se midieron diariamente y se resumieron por semana (Quintana 1999).

Calidad física del huevo. Al final del período se tomaron 75 huevos por tratamiento (15 por réplica) para evaluar la calidad física (altura de albúmina, unidades Haugh y color de yema) mediante un equipo automatizado

QCM (Technical Services and Supplies Inc.).

Cuantificación de colesterol en el huevo. Al final de la quinta semana de experimentación se tomaron al azar 35 huevos de cada tratamiento (siete por réplica). Se separó el cascarón, y la yema y albúmina se mezclaron hasta obtener una muestra homogénea. A las alícuotas de 1 g de huevo completo se les adicionó KOH, etanol y 5- α -colestano (como estándar interno). (Fenton y Sim, 1991). La cuantificación de colesterol se realizó en un cromatógrafo de gases Varian 3400 CX, equipado con una columna capilar DB-5 (3m x 0.25 mm de diámetro interno), un automuestreador y un detector de ionización de flama. Como gas acarreador se utilizó al nitrógeno, a un flujo de 30 mL min⁻¹. Las temperaturas fueron: columna 280 °C, inyector 260 °C y detector 280 °C.

Análisis estadístico. Todos los datos se analizaron a través de ANOVA, con un diseño de bloques al azar. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey (P < 0.05). El procedimiento GLM del SAS, versión v.6.12 (SAS Institute 1990), se empleó para los análisis estadísticos.

Resultados y Discusión

Composición química del alga y de las dietas. Los

resultados mostraron alto contenido mineral y de extracto libre de nitrógeno en el alga, mientras que los valores obtenidos para extracto etéreo y proteína cruda fueron bajos (tabla 2). Las dietas utilizadas en el experimento fueron isoproteicas (17 % de proteína) e isocalóricas (2 850 MC kg⁻¹ de energía metabolizable).

Calidad física del huevo. La altura de albúmina y las unidades Haugh no se afectaron con la inclusión de AM en la dieta de las aves (tabla 3). Sin embargo, el color de yema mostró incremento favorable de acuerdo con el aumento del nivel de inclusión de AM en la dieta. Este aumento resultó significativo en los tratamientos con 4, 6 y 8 % de AM ($P < 0.05$).

Variables productivas. El consumo de alimento se redujo significativamente en el tratamiento con 2 % ($P < 0.05$), mientras que la producción de huevo

disminuyó al incluir 4, 6 y 8 % de AM en la dieta ($P < 0.05$). Sin embargo, el peso del huevo y la conversión alimentaria no se afectaron por esta inclusión en la dieta (tabla 4).

Concentración de colesterol en el huevo. La concentración de colesterol en el huevo se redujo según aumentó el nivel de inclusión de AM en la dieta. Esta reducción fue significativa en los tratamientos con 4, 6 y 8 % ($P < 0.05$). La reducción de la concentración de colesterol en el huevo, con respecto al grupo testigo se comportó como sigue: para 6 % de inclusión de AM la reducción fue de 26 %; para 4 % fue 13 % y para 8 % de AM, 19 % (tabla 5).

Discusión

Composición química del alga marina (AM). Los valores obtenidos concuerdan con lo informado por Yuan (2008), en lo que respecta a que la mayoría de las algas marinas poseen alto contenido de cenizas (8.4 - 43.6 % en peso seco) y extracto libre de nitrógeno (0.2-59.7 %), pero bajo contenido de extracto etéreo (0.92-5.2%), así como un valor calórico de $< 1-3.1 \text{ kcal g}^{-1}$ ($< 4.18-12.95 \text{ MJ g}^{-1}$).

Calidad física del huevo. El incremento en la coloración de la yema, al adicionar 4, 6 y 8 % de AM a la dieta de las aves se debió, posiblemente, a la presencia de luteína, zeaxantina y fucoxantina, carotenoides presentes comúnmente en las algas pardas. Investigaciones citadas por Miyashita y Hosokawa (2008) revelan que la fucoxantina, principal carotenoide de las algas cafés, tiene efectos anticancerígenos, antiinflamatorios y también contra la obesidad. Se ha demostrado que la luteína y zeaxantina son importantes en la prevención de cataratas y degeneración macular en la retina.

Variables productivas. Aunque el objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto que tiene en el contenido de colesterol del huevo, la adición del alga *Sargassum spp.* a la dieta de las aves, se consideró conveniente evaluar también su influencia en las variables productivas y la calidad física del huevo, ya que estos son factores de gran importancia para los productores y consumidores. En este estudio, la disminución de la producción de huevo se pudiera relacionar con la reducción de colesterol obtenido con los

Tabla 2. Composición química de *Sargassum spp.*.

Indicador	<i>Sargassum spp.</i>
Humedad (g.100g ⁻¹)	7.40
Cenizas (g.100g ⁻¹)	38.35
Proteína cruda (N x 6.25) (g.100g ⁻¹)	6.57
Fibra cruda (g.100g ⁻¹)	6.55
Extracto etéreo (g.100g ⁻¹)	1.05
Extracto libre de nitrógeno (g.100g ⁻¹)	40.08
Energía bruta (MJ.g ⁻¹)	10.48
Calcio (mg.100g ⁻¹)	3.21
Fósforo (mg.100g ⁻¹)	0.1
Sodio (mg.100g ⁻¹)	20.1
Potasio (g.100g ⁻¹)	5.77
Magnesio (g.100g ⁻¹)	0.90
Cobre (ppm)	1.0
Zinc (ppm)	1600.0
Hierro (ppm)	3600.0
Colesterol (mg.100g ⁻¹)	4.0
Lípidos totales (g.100g ⁻¹)	1.93
Ácidos grasos (% total AG's)	
Ácido linoléico (C18:2 LA)	6.99
Ácido α -linolénico (C18:3 ALA)	2.65
Ácido araquidónico (C20:4 AA)	9.83
Ácido eicosapentaenoico (C20:5 EPA)	3.53
Ácido docosahexaenoico (C22:6 DHA)	0.60

Tabla 3. Calidad física del huevo de gallinas ponedoras alimentadas con diferentes niveles de inclusión de las algas *Sargassum spp.* en su dieta durante un período de cinco semanas

Alga, %	Color de yema	Altura de albúmina (mm)	Unidades Haugh (UH)
0	7.13 ^c \pm 0.05	9.03 \pm 0.07	95.80 \pm 0.38
2	7.40 ^c \pm 0.08	8.96 \pm 0.10	95.56 \pm 0.52
4	7.48 ^b \pm 0.06	8.88 \pm 0.10	95.66 \pm 0.40
6	7.81 ^a \pm 0.08	8.74 \pm 0.08	94.69 \pm 0.43
8	7.97 ^a \pm 0.08	8.87 \pm 0.07	95.58 \pm 0.38

^{a,b,c} Literales distintas en cada columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

En cada columna se presenta la media y el error estándar

Tabla 4. Variables productivas obtenidas en gallinas ponedoras alimentadas con diferentes niveles de inclusión de las algas *Sargassum spp.* en su dieta durante un período de cinco semanas

Alga, %	Consumo de alimento (g.gallina ⁻¹ .d ⁻¹)	Producción de huevo (%)	Peso huevo (g)	Conversión alimenticia
0	96.80 ^a ± 1.58	91.28 ^a ± 1.20	53.61 ± 0.47	2.01 ± 0.06
2	93.11 ^b ± 1.52	89.01 ^{ab} ± 1.42	52.83 ± 0.32	2.00 ± 0.06
4	97.82 ^a ± 1.29	87.10 ^b ± 1.23	52.50 ± 0.26	2.19 ± 0.06
6	96.82 ^{ab} ± 1.38	86.09 ^b ± 1.56	53.34 ± 0.37	2.16 ± 0.07
8	97.71 ^a ± 1.59	85.93 ^b ± 1.51	52.30 ± 0.46	1.91 ± 0.09

^{a,b} Literales distintas en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05)

En cada columna se presenta la media y error estándar

Tabla 5. Concentración de colesterol en el huevo de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de las algas *Sargassum spp.* en su dieta durante un período de cinco semanas

Alga, %	Colesterol (mg 100g ⁻¹)
0	416.28 ^a ± 4.09
2	396.77 ^a ± 4.11 (5%)
4	363.35 ^b ± 3.57 (13%)
6	309.05 ^c ± 3.19 (26%)
8	338.76 ^b ± 3.33 (19%)

^{a,b,c} Literales distintas en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05)

En cada columna se presenta la media y error estándar. Los valores entre paréntesis indican el porcentaje de reducción del contenido de colesterol en el huevo con respecto al grupo testigo.

mismos tratamientos, ya que se sabe que el colesterol está relacionado con aspectos reproductivos, al ser precursor de estrógenos (McNamara y Nicolosi 1998). En estudios realizados con ajo deshidratado (*Allium sativum*) en gallinas ponedoras (Rahardja *et al.* 2010), se informó una reducción notable de colesterol en huevo (34 %), unida al incremento de la producción, resultados que se oponen a lo obtenido en este estudio.

Estas diferencias en la producción del huevo se pudieran deber a los diferentes mecanismos de acción de los componentes del ajo deshidratado (*Allium sativum* L.) y del *Sargassum spp.*. En el ajo se han identificado dos compuestos bioactivos: S-alilcisteína sulfóxido (alliina) y tiosulfonato de dialilo (allicina), que han demostrado tener efectos hipocolesterolémicos en sangre. Estos efectos se reflejaron en el contenido de la yema. Se ha propuesto que la presencia de la enzima 3-hidroxi-metil-glutaril CoA reductasa (HMG-CoA reductasa) del ajo controla la tasa de síntesis de colesterol en el hígado (Rahardja *et al.* 2010).

Los compuestos químicos mediante los que las algas

pudieran reducir el colesterol son los siguientes:

Concentración de colesterol en huevo. Los resultados obtenidos en la reducción del contenido de colesterol del huevo concuerdan con lo informado por Ginzberg *et al.* (2000), al suplementar durante 10 d, con 5 y 10 % de *Porphyridium spp.*, la dieta de gallinas ponedoras. En su estudio, la concentración de colesterol en huevo se redujo significativamente (9.5 y 10 mg g⁻¹ de yema vs 12.5 mg.g⁻¹ en el grupo testigo).

Este comportamiento se pudiera deber al efecto que algunos compuestos químicos propios de las algas, como los esteroides, polisacáridos (fibra soluble dietética) y ácidos grasos, tienen en la síntesis de colesterol del huevo (Reiner *et al.* 1962, Jiménez-Escrig y Goñi 1999 y Yuan 2008).

a) Esteroides. Se ha informado la presencia de fucosterol, desmosterol, sargasterol, estigmasterol, beta-sitosterol y ergosterol en las algas marinas. Los mecanismos que se han sugerido mediante los cuales estos compuestos reducen el contenido de colesterol en el huevo son: 1) interferencia con la síntesis endógena de colesterol, 2) competencia con el colesterol por los sitios de absorción a nivel de intestino delgado, ya que estructuralmente son similares (Jimenez-Escrig y Goñi 1999 y Nishide y Uchida 2003).

b) Polisacáridos. La fracción de mayor importancia en los polisacáridos, vinculada con el colesterol, es la fibra dietética soluble. En las algas marinas se han informado como parte de ella a los alginatos, fucoidan, manitol y laminaran (Yuan 2008 y Casas 2009). El efecto hipocolesterolémico de estos compuestos se atribuye a la formación de sistemas viscosos en el intestino delgado que disminuyen la velocidad del paso de nutrientes como la glucosa y los lípidos a la sangre, y a que las partículas coloidales formadas en el intestino con la absorción de agua retienen el colesterol y los ácidos biliares, formando un coloide de tipo iónico, que posteriormente se excreta en heces (Kiriya *et al.* 1968, Lamela *et al.* 1989, Panlasigui *et al.* 2003).

c) Ácidos grasos poliinsaturados. Al parecer los ácidos grasos (AG) presentes en las algas marinas no solo modifican la composición en ácidos grasos del huevo de gallina, sino también pueden contribuir a

reducir los niveles de colesterol. Se han establecido algunas hipótesis acerca del mecanismo mediante el cual los AG, principalmente los n3, reducen el colesterol. Se citan la estimulación de la síntesis de lipoproteínas de alta densidad (HDL), responsables de transportar el colesterol de los tejidos y órganos al hígado para ser metabolizado y eliminado; la reducción de la absorción del colesterol; el aumento de la excreción de colesterol y ácidos biliares; la reducción de la síntesis de colesterol y el incremento de la actividad de la enzima que cataliza la reacción entre la lecitina y el colesterol para dar lugar a liso-lecitina y ésteres de colesterol (Welch and Borlak 2008).

e) *Minerales*. Las algas marinas son una fuente importante de minerales, entre ellos se destaca el cobre ($4.7 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (Carrillo *et al.* 2002 y Yuan 2008), que en forma orgánica presenta una mayor biodisponibilidad (Chapman y Chapman 1980). El mecanismo por el cual el cobre reduce el contenido de colesterol en el huevo se puede atribuir al incremento en la concentración de cobre en hígado, donde regula indirectamente la biosíntesis de colesterol mediante la disminución del glutatión reducido (GSH) y el incremento del glutatión oxidado (GSSG). Se ha demostrado que el incremento celular de GSSG disminuye la actividad de la HMGCoA. Esto hace, a su vez, que el flujo de carbono mediante la vía del mevalonato se reduzca y, en consecuencia, disminuya la síntesis de colesterol (Konjufca *et al.* 1997, Gilbert y Stewart 1981 y Engle *et al.* 2001). Se ha constatado además, que las algas se caracterizan por tener alto contenido de yodo. En el caso de *Sargassum spp.* se informan contenidos de $0.02 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de muestra seca (Yuan 2008). Estudios realizados en ratas (Kaji *et al.* 1984) demostraron que el yodo tiene propiedades hipocolesterolémicas.

Aún cuando no existe un consenso o evidencia definitiva acerca del mecanismo específico mediante el que las algas marinas reducen el colesterol en el huevo, a partir de los resultados de este estudio se puede concluir que la inclusión del alga marina *Sargassum spp.* (6 %) en dietas para gallinas en producción reduce el contenido de colesterol en huevo, sin afectar las variables productivas y la calidad física del huevo, excepto su producción. No se descarta la posibilidad de que todos los mecanismos antes descritos puedan actuar de forma sinérgica. Se sugiere realizar investigaciones que permitan profundizar en este campo en beneficio de la salud pública.

Referencias

- AOAC 2000. Association of Analytical Chemists. Ass. Off. Anal. Chem. Methods of Analysis. 17th Ed. Washington, D.C.
- Balevi, T. & Coskun, B. 2004. Effects of dietary copper on production and egg cholesterol content in laying hens. Br. Poult. Sci. 45: 530
- Beyer, R.S. & Jensen, L.S. 1991. Influence of Orotic Acid Performance, Liver Lipid Content and Egg Cholesterol Level of Laying Hens. Poult. Sci. 70: 2322
- Beyer, R.S. & Jensen, L.S. 1993. Tissue and egg cholesterol concentrations of on laying hen fed High-Protein Barley Fluor-Tocotrienol and cholesterol. Poult. Sci. 72: 1339
- Carrillo, D.S., Casas, M.V., Ramos, R.F., Pérez-Gil, R.F., & Sánchez, R.I. 2002. Algas marinas de Baja California Sur, México: valor nutrimental. Arch. Latinoam. Nutr. 4: 400
- Carrillo, D.S., Castro, M.I., Pérez-Gil, R.F., Rosales, E. & Manzano, R.E. 1992. The seaweed (*Sargassum sinicola* Setchel & Gardner) as an alternative for animal feeding. Cuban J. Agric. Sci. 26: 177
- Casas, V.M. 2009. El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae). En: Recursos marinos y servicios ambientales en el desarrollo regional. Eds. G.J. Urciaga, M.L.F. Beltrán & B.D. Lluch. La Paz, Baja California, México. p. 139
- Chowdhury, S.R., Chowdhury, S.D. & Smith, T.K. 2002. Effects of dietary garlic on cholesterol metabolism in laying hens. Poult. Sci. 12: 1856
- Chapman, V.J. & Chapman, D.J. 1980. Seaweeds and their uses. Chapman & Hall, Third Edition, London. p. 229
- Elkin, R.G. 2007. Reducing shell egg cholesterol content. II. Review of approaches utilizing non-nutritive dietary factors or pharmacological agents and an examination of emerging strategies. World's Poult. Sci. J. 62:5
- Engle, T.E., Feliner, V. & Spears, V. 2001. Copper status, serum cholesterol, and milk fatty acid profile in Holstein cows fed varying concentrations of copper. J. Dairy Sci. 84: 2308
- Fenton, M. & Sim, J.S. 1991. Determination of egg yolk cholesterol content by on-column capillary gas chromatography. J. Chromatography 540: 323
- Gilbert, H.F. & Stewart, M.D. 1981. Inactivation of hydroxymethylglutaryl-CoA reductase from yeast by coenzyme a disulfide. J. Biol. Chem. 256:1782
- Ginzberg, A., Cohen, M., Sod-Moriah, U.A., Shany, S., Rosenshtreich, A. & Arad S. 2000. Chickens fed with biomass of the red microalga *Porphyridium spp.* have reduced blood cholesterol level and modified fatty acid composition in egg yolk. J. Appl. Phycol. 12:325
- Gojón-Báez, H.H., Siqueiros-Beltrones, D.A. & Hernández-Contreras, H. 1998. Digestibilidad ruminal y degradabilidad *in situ* de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum spp.* en ganado bovino. Ciencias Marinas 24: 463
- Hu, F.B., Stampfer, M.J., Rimm, E.B., Manson, J.E., Ascherio, A., Colditz, G.A., Rosner, B.A., Spiegelman, D., Speizer, F.E., Sacks, F.M., Hennekens, Ch.H. & Willey, W.C. 1999. A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. JAMA 15: 1387
- Jimenez- Escrig, A. & Goñi, C.I. 1999. Evaluación nutricional y efectos fisiológicos de macroalgas marinas comestibles. Arch. Latinoam. Nutr. 2: 114
- Kaji, K., Seyama, Y. & Yamashita, S. 1984. Antihyperlipidemic effect of iodine egg: search for active ingredients and their iodine contents. Nippon Yakurigaku Zasshi 4: 325
- Kiriyama, S., Okasaki, Y. & Yoshida, A. 1968. Hypocholesterolemic effect of polysaccharides and polysaccharide foodstuffs in cholesterol fed rats. J. Nutr. 97: 382
- Konjufca, V.H., Pesti, G.M. & Bakalli, R.I. 1997. Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. Poult. Sci. 76: 1264
- Krauss, R.M., Eckel, R.H., Howard, B., Apple, L.J. & Daniels, S.R. 2000. AHA Dietary Guideline, Circulation 102: 2284

- Lamela, M., Anca, J., Villar, R., Otero, J. & Calleja, J. M. 1989. Hypoglycemic activity of several seaweed extract. J. Ethnopharmacol. 27: 35
- McNamara, D.J., & Nicolosi, R. 1998. Cholesterol. En: Encyclopedia of Human Nutrition. Eds. M.J. Sadler, J. Strain & B. Caballero. Academic Press, vol. 1 London, UK. Pp. 371-382
- Miyashita, K. & Hosokawa, M. 2008. Beneficial health effects of seaweed carotenoid, fucoxanthin. En: Marine Nutraceuticals and Functional Foods. Eds. C. Barrow & F. Shahidi. CRC Press, Boca Raton, USA. Pp. 297-319
- Nishide, E. & Uchida, H. 2003. Effects of Ulva powder on the ingestion and excretion of cholesterol in rats, Proceedings of the 17th Inter-national Seaweed Symposium. Eds. A.R.O. Chapman, R.J. Anderson, V.J. Vreeland & I.R. Davisons. Oxford University Press, Oxford. Pp. 165-168
- NRC. National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th. Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 155 pp.
- Panlasigui, L.N., Baello, O.Q., Dimatangal, J.M. & Dumelod, B.D. 2003. Blood cholesterol and lipid-lowering effects of carrageenan on human volunteers. Asia-Pacific J. Clin. Nutr. 12: 209
- Pesti, G.M. & Bakalli, R.I. 1998. Studies on the effect of feeding cupric sulphate pentahydrate to laying hens on egg cholesterol content. Poult. Sci. 10:1540
- Peterson, D.W. 1951. Effect of soybean sterols in the diet on plasma and liver cholesterol in chicks. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 1: 143
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 46, Número 2, 2012.
- Quintana, J.A. 1999. Avitecnia. Manejo de la aves domésticas más comunes. Ed. Trillas, S. A: de C.V. 3ª. Ed. México. 384 Pp.
- Rahardja, D.P., Hakim, M.R., Pakiding, W. & Lestari, V.S. 2010. Hypocholesterolemic effect of garlic powder in laying hen: Low cholesterol egg. J. Indonesian Trop. Anim. Agric. 35:16
- Reiner, E., Topliff, J. & Word, J.D. 1962. Hypocholesterolemic agents derived from sterols of marine algae. Can. J. Biochem. Physiol. 40: 1401
- Rodríguez, B.M., Carrillo, D.S., Pérez-Gil, R.F., Ávila, G.E. & Casas, V.M. 1995. Efecto sobre la calidad del huevo y cascarón al incluir algas marinas *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en raciones para ponedoras. XX Convención de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas. Acapulco, Guerrero, México
- SAS. 1990. User's Guide Statistics. SAS Institute Inc., New York. Pp. 291-297
- Wang, J.J. & Pan, T.M. 2003. Effect of red mold rice supplements on serum and egg yolk cholesterol levels of laying hens. J. Agric. Food Chem. 51: 4824
- Welch, V.A. & Borlak, J.T. 2008. Absorption and transport of dietary lipid. En: Fatty acids in foods and their health implications. Ed. C.K. Chow. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. Pp. 562-589
- Yuan, Y. 2008. Marine algal constituents. En: Marine nutraceuticals and functional foods. Eds. C. Barrow & F. Shahidi. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. p. 259

Recibido: 10 de octubre de 2011