

# Aceite de canola y selenio orgánico en la dieta de codornices: calidad, perfil de ácidos grasos y colesterol de huevos

A.A.P. ROLL\*, C.B. HOBBS, F.A.B. DEL PINO, V.F.B. ROLL, N.J.L. DIONELLO y F. RUTZ

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Brasil CEP 96010.900 Cx. Postal 354, Pelotas, RS \*e-mail: [apiroll@yahoo.es](mailto:apiroll@yahoo.es)

Se objetivó evaluar el efecto de la sustitución parcial y total de aceite de soja por aceite de canola suplementado o no con selenio orgánico (SeO) en la dieta de codornices (*Coturnix coturnix coturnix*) sobre el peso de huevo, de yema, de cáscara, la unidad Haugh, gravedad específica, espesor de la cáscara y la composición de ácidos grasos y colesterol de la yema. Las aves fueron alimentadas durante tres períodos de evaluación de 28 días, recibiendo 6 dietas distintas: T1 = aceite de soja, T2 = aceite de soja + 0.3ppm SeO, T3 = aceite de canola, T4 = aceite de canola + 0.3ppm SeO, T5 = 50% aceite de soja + 50% aceite de canola, T6 = 50% aceite de soja + 50% aceite de canola + 0.3ppm SeO. El SeO fue añadido de forma “on top” en los piensos. El diseño experimental fue completamente al azar y las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Duncan y contrastes ortogonales ( $P < 0,05$ ). Los niveles de ácido oleico en las yemas sufrieron aumento significativo de 4% con la adición de aceite de canola a la dieta en comparación con los demás tratamientos. A partir del contraste múltiplo de medias fue posible observar que la suplementación de dietas con SeO no influyó el perfil de ácidos grasos en las yemas. El contenido de colesterol en la yema no se vio afectado por la inclusión de aceite de canola o por el SeO. El aceite de canola + SeO produjo mayor peso de huevos comparado con aceite de canola, pero sin diferenciar-se de otros tratamientos. En el primer período la mezcla de aceite de soja + canola produjo huevos con unidades Haugh inferiores en comparación con la misma combinación de aceites + SeO. La gravedad específica, el peso y el espesor de la cáscara en los períodos 1 y 2 no fueron afectados por los tratamientos. En el tercer período, la dieta con aceite de canola + SeO presentó menor unidad Haugh y gravedad específica, pero diferenciándose solamente del aceite de soja y de la mezcla de aceite de soja + canola. En conclusión, la sustitución del aceite de soja por aceite de canola en la dieta de codornices incrementa el ácido graso oleico y reduce el linoleico sin afectar a otras características de calidad de y colesterol de los huevos. El aporte de 0,3 ppm de SeO en las dietas promueve una respuesta variable sobre la calidad de huevos de codornices.

## ABSTRACT

The effects of partial or total substitution of soybean oil by canola oil supplemented or not with organic selenium (SeO) in the diet of quails (*Coturnix coturnix coturnix*) on egg weight, yolk weight, shell weight, Haugh unit, specific gravity, shell thickness, yolk cholesterol and fat acid profile were studied. Quails were fed throughout a three periods of 28 days each with six treatments: T1- Control; T2- Soybean oil + 0.3ppm SeO; T3- Canola oil; T4- Canola oil + 0.3ppm SeO; T5- ½ soybean oil + ½ canola oil; T6- ½ soybean oil + ½ canola oil + 0.3ppm SeO. The SeO was added on top of experimental diets (0.3 ppm Se). The birds were allocated in a completely randomized design and treatment means were compared by orthogonal contrasts and Duncan's test at 5% level. Oleic acid levels increased significantly 4% in egg yolk with canola oil supplementation compared to others treatments. By multiple contrasts comparisons it was possible to observe that SeO supplementation changed the yolk fatty acid profile. Yolk cholesterol was not affected by canola oil or SeO supplementation. Egg weight was higher with canola oil supplemented with SeO compared with canola oil only, but was not different to others treatments. During first period ½ soybean oil + ½ canola oil treatment showed lower Haugh unit

compared to the same oils combination +SeO. Specific gravity, weight and thickness of the shell during first and second periods were not significantly affected by treatments. Throughout third period of evaluation canola oil + SeO showed lower Haugh unit and specific gravity, but differing significantly only compared to soybean oil and 1/2 soybean oil + 1/2 canola oil treatments. In conclusion the substitution of soybean oil by canola oil in quail's diet changed the fatty acid profile in yolk, increasing the percentage of oleic and decreasing linoleic, without affecting other egg quality variables. Supplementation with 0.3ppm of SeO show variable results on egg quality of quails.

**Palabras clave:** codornices, aceite de canola, huevos, selenio

## Introducción

El aceite es utilizado en la dieta de las aves para incrementar el nivel de energía, mejorar la conversión alimentaria y propiciar un aumento en la absorción de vitaminas liposolubles y la eficiencia del consumo de energía. Para ello pueden ser utilizadas diferentes fuentes de lípidos, tales como el aceite de soja, canola, de peces o la mezcla de ellos (BAIÃO y LARA, 2005). Los aceites vegetales son ricos en ácidos grasos insaturados que son susceptibles a la oxidación (FAITARONE, 2010), destacándose el ácido linoleico que es responsable por el aumento del tamaño de los huevos (ALBINO y BARRETO, 2003).

Los aceites de soja y canola poseen en su composición, ácidos grasos insaturados que son susceptibles al deterioro en el pienso y que pueden reducir el valor nutritivo del alimento. A parte de eso los consumidores demuestran interés y preocupación por el contenido dietético de los alimentos para la prevención de enfermedades cardiovasculares y algunas clases de cáncer (CEDRO et al.; 2010).

Por esta razón, la reducción del colesterol y el enriquecimiento de huevos con ácidos grasos ven despertando el interés de la industria avícola brasileña con el objeto de crear marcas comerciales para conquistar los consumidores preocupados en adquirir dietas más sanas también denominadas de alimentos funcionales.

La sustitución del aceite de soja por el aceite de canola tiene por objetivo alterar el perfil de ácidos grasos de los huevos de manera que se tornen más saludables para el consumidor. De acuerdo con LOTTENBERG (2009) la cantidad y la clase de grasa alimentaria influyen sobre factores de riesgos de enfermedades cardiovasculares, tales como la concentración de lípidos y de lipoproteínas plasmáticas.

La utilización de canola en la dieta de ponedoras enriquece la yema con ácido linoléico (MORI, 2001). Por otro lado la inclusión de aceite de canola en la dieta de las aves promueve la incorporación de ácidos grasos de elevado grado de insaturación en la yema aumentando su potencial oxidativo (PITA et al., 2006). De esta forma es interesante la suplementación de Selenio orgánico, que es parte esencial de una variedad de selenoproteínas, siendo la más conocida la glutatión peroxidasa (GSH-Px), que a su vez está involucrada en la protección antioxidante de las células.

La cotornicultura es un segmento de la avicultura que ha crecido significativamente en los últimos años pues requiere pequeñas áreas y posibilita un rápido retorno del capital invertido. Según SAKAMOTO et al. (2006) la digestibilidad de nutrientes y su valor energético son influenciados por el rápido tiempo del tránsito de la digesta por el intestino de las codornices. Luego, como la utilización de aceite reduce el tiempo de pasaje de la digesta por el tracto gastrointestinal sería posible mejorar la absorción de todos los ingredientes de la dieta (BAIÃO y LARA, 2005).

En general se observa una carencia de informaciones sobre nutrición de codornices pues esta especie aun no alcanza la misma importancia económica que gallinas ponedoras y pollos de engorde. Por esta razón se objetivó con este estudio evaluar la posibilidad de alterar el perfil de ácidos grasos y colesterol en la yema y controlar la calidad externa de huevos de codornices sustituyendo parcial o totalmente el aceite de soja por el aceite de canola en dietas suplementadas o no con selenio orgánico.

## Materiales y Métodos

El experimento se llevo a cabo en el laboratorio de enseñanza y experimentación animal Profesor Renato Rodrigues Peixoto, del departamento de Zootecnia de la Universidad federal de Pelotas, RS, Brasil durante un periodo de 84 días divididos en tres fases de 28 días cada una. Se utilizaron 252 codornices hasta las 19 semanas de edad. Antes de empezar el experimento las aves fueron criadas en piso recibiendo agua y pienso ad libitum hasta los 35 días de edad cuando fueron trasferidas para baterías de jaulas.

Las aves fueron alimentadas con dietas de recría hasta la madurez sexual alcanzada alrededor de los 45 días de edad. Después de un periodo de adaptación (42 a 53 días edad) que coincidió con el pico de puesta), las aves pasaron a recibir las dietas experimentales.

Las aves fueron alimentadas durante 11 semanas con las dietas presentadas en la tabla 1, totalizando seis tratamientos: T1= aceite de soja, T2= aceite de soja+SeO, T3= aceite de canola, T4= aceite de canola+ SeO, T5= 50% aceite de soja+50% aceite de canola, T6= 50% aceite de soja+50% aceite de canola+SeO. El selenio se suplementó "on top" a la dieta en la forma de selenio orgánico (30g/100Kg de pienso, totalizando 0,3 ppm SeO). Los niveles nutricionales para todas las dietas fueron: EM (kcal/kg): 2780,0; PB (%): 22,0; Ca (%): 2,7; P disp. (%): 0,46; AAS total (%): 0,74; Metionina total (%): 0,38; Lisina total (%): 1,28; Cistina total (%): 0,36; Colina total(MG/kg): 2,04; Ácido Linoleico (%): 2,6; Grasa Bruta (%): 4,78; Fibra Bruta(%): 3,8; Sódio (%): 0,2.

Las codornices recibieron diariamente 50 gramos de pienso y agua ad libitum y permanecieron en ambiente climatizado, con temperatura controlada de 23°C±1.

**Tabla 1. Composición de las dietas experimentales**

Ingredientes	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Maíz	48,72	48,72	48,72	48,72	48,72	48,72
Harina de soja -45%	40,20	40,20	40,20	40,20	40,20	40,20
Aceite de soja	2,4	2,4	-	-	1,2	1,2
Aceite de canola	-	-	2,4	2,4	1,2	1,2
Calcáreo	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
Sal	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
*Mix de Vitaminas y minerales	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Inerte	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Selenio orgánico "on Top"	-	0,03	-	0,03	-	0,03
<b>Composición porcentual de los ácidos grasos de las dietas experimentales</b>						
Araquidónico	0,47	0,55	0,69	0,61	0,57	0,57
Behénico	0,49	0,56	0,51	0,39	0,47	0,44
Cis-eicosenoico	0,36	0,19	0,77	0,84	0,44	0,56
Cis-eicosadienoico	0,11	0,04	0,09	0,15	0,05	0,09
Estearico	3,59	4,17	3,57	2,92	3,62	3,30
Linoleico	49,38	45,51	32,38	35,89	40,70	40,47
Linolénico	3,43	2,65	2,79	3,64	2,80	3,16
Oleico	26,16	28,15	40,18	40,61	33,66	35,07
Palmítico	11,73	13,32	10,99	9,41	11,86	11,23
Palmitoléico	0,09	0,11	0,18	0,17	0,17	0,15

Núcleo puesta (Brastec): Vit A - 250.000 UI; D3 - 50.000 UI; E - 175mg; K3 - 37mg; B1 - 40mg; B2 - 110mg; B6 - 75mg; Vit B12 - 300mcg; Niacina - 650mg; Ácido fólico - 17mg; Ácido pantoténico 10.000mg; Colina - 250mg; Biotina - 50.000mg; Metionina - 25g; Manganes - 1,750mg; Zinc - 1,250mg; Hierro - 1500mg; Cobre - 250mg; Iodo - 9mg; Selenio - 7,6mg. T1= aceite de soja, T2= aceite de soja+SeO, T3= aceite de canola, T4= aceite de canola+ SeO, T5= 50% aceite de soja+50% aceite de canola, T6= 50% aceite de soja+50% aceite de canola+SeO.

**Análisis del Perfil de Ácidos Grasos:** fueron analizados en total 60 huevos (10 por tratamiento) siendo cada uno una repetición. La extracción de lípidos fue realizada por el método de Bligh Dyer (1959) y la esterificación siguiendo la metodología de Hartman y Lago (1973). Las muestras se analizaron por cromatografía de gas, utilizando un cromatografo Shimadzu GC-2010, con auto-injector AOC-20i (Shimadzu) y columna SPTM 2560 (Supelco) con dimensiones 100 m X 0,25 mm I.D. X 0,2 µm. El patrón utilizado fue Frame Mix100m SP-2560 de Supelco, con inyección de 1 µL y split 100:1, para la detección de hasta 37 ácidos grasos.

**Saponificación directa y extracción del colesterol de las muestras:** la metodología utilizada para la extracción y para la dosificación del colesterol en la yema de los huevos fue basada en la técnica descrita por BRAGAGNOLO y RODRIGUEZ-AMAYA (2003) utilizándose el método enzimático.

Se pesaron 0,25g de yema en tubo de polipropileno con tapón de rosca de 50mL. Se realizó una saponificación alcalina con 10mL de hidróxido de potasio (KOH 2%) en etanol absoluto. Posteriormente, los tubos fueron colocados en baño de agua a 50°C con agitación durante 2 horas. Después, se añadieron 5mL de agua destilada y se dejó enfriar. La extracción de la materia insaponificable presente en la muestra se dio en tres extracciones sucesivas, para ello se añadieron 10mL de hexano (P.A.), agitando el tubo en vórtex por un minuto. Después del separado, toda la fase hexánica fue transferida para un nuevo tubo con tapón de rosca de 50mL.

Para la dosificación se utilizó un kit específico para análisis del colesterol (LABTEST®). Una alícuota de 0,5mL del extracto hexánico fue añadida a un tubo de vidrio de 5mL, la cual se evaporó a una atmosfera de nitrógeno, en baño de agua a 37°C. Se adicionaron 0,5mL de isopropanol grado cromatográfico agitándose en vortex hasta completa solubilización. Fueron adicionados 3mL del reactivo enzimático y los tubos mantenidos en baño de agua 37°C ± 2°C, para tratamiento térmico, por 10 minutos. La absorbencia fue leída en espectrofotómetro, contra el blanco, igualmente preparado, a 499 nm. Para la obtención de la curva, se utilizaron análisis en 6 alícuotas de 0,04 mg/mL hasta 0,24 mg/mL del patrón del colesterol a una concentración de 200mg/dL. La curva analítica se obtuvo por regresión lineal presentando buena linealidad ( $r^2 = 0,991$ ).

**Calidad de huevos:** se utilizarán cerca de 360 huevos en cada período para evaluar las variables de calidad que incluyeron peso del huevo, yema y cáscara, gravedad específica, altura de albumen, unidad Haugh y espesor de la cáscara. Al final de cada periodo experimental cada huevo fue identificado y pesado individualmente. Para la determinación de la gravedad específica los huevos frescos fueron colocados en cubos de plástico con diferentes concentraciones salinas, de menor para mayor concentración de Cloruro de sodio (NaCl) que variaban de 1.050 hasta 1.098 con intervalos de 0.004, totalizando 12 concentraciones. La gravedad específica de los huevos se identificaba a medida que el huevo flotaba en una determinada concentración salina.

Las cáscaras fueron lavadas y secadas en estufa a 60°C durante 24h. Luego fueron pesadas y con un micrómetro se evaluó su espesor. La altura de albumen fue determinada con una regla específica para esta mensuración. La unidad Haugh se obtuvo a partir de los datos de peso del huevo y altura del albumen de acuerdo con la siguiente fórmula:  $UH = 100_{\log} (H + 7,57 - 1,7W^{0,37})$ , siendo: H = altura del albumen espeso (mm); W = peso del huevo (g) (SILVA et al., 2000).

El diseño experimental fue completamente al azar y las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Duncan y contrastes ortogonales ( $P < 0,05$ ).

## Resultados y Discusión

Los ácidos grasos más expresivos en los huevos fueron en primer lugar el oleico con valores por encima de 42%, seguidos del palmítico con 23% y linoleico y esteárico con valores superiores al 10%. Los otros, linolenico, araquidonico y palmitoleico fueron inferiores a 3%. Según HOLLAND et al, (1997) la fracción lipídica de la yema de huevos posee en su composición alrededor de 8,7g de ácidos grasos saturados, 13,2 g de =ácidos grasos mono-insaturados; 3,4 g de ácidos grasos poli-insaturados y 1,12 mg de colesterol, por 100 g de yema fresca. De acuerdo con USDA (2000) el total de ácidos grasos de las yemas está compuesto por 16% de ácidos grasos poli-insaturados, 37% de grasos saturados y 47% de ácidos grasos mono-insaturados.

Entre los principales ácidos grasos mono-insaturados, destacase el ácido oleico (c18:1) serie omega-9, reconocido como uno de los más ampliamente distribuidos por la naturaleza, cuyas principales fuentes son el aceite de oliva y de canola (LOTTENBERG, 2009), siendo formado por el metabolismo humano y animal a través del ácido graso esteárico en ausencia de los ácidos grasos esenciales linoleico y linoléico (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1996).

CEDRO et al., (2010) evaluando huevos enriquecidos con omega 3, también encontraron valores mayores para ácido oleico en las yemas, sin encontrar diferencias significativas respecto a la inclusión del ácido palmitoléico. Los ácidos grasos mono insaturados, como en el caso del oleico, son importantes para la alimentación humana, pues han sido relacionados con la prevención de dislipidemias. Las dislipidemias son responsables por el desarrollo de enfermedades cardiacas y cardiovasculares. En este sentido el ácido graso oleico se ha relacionado con la disminución de los niveles séricos de colesterol, disminución de las lipoproteínas de baja densidad y aumento de las lipoproteínas de alta densidad en personas con hipercolesterolemia, así como la reducción de los

niveles de glicemia en pacientes diabéticos (SOARES e ITO, 2000). Luego, con el enriquecimiento de huevos de codornices con ácidos grasos mono-insaturados, como por ejemplo el oleico, se puede mejorar la calidad del alimento para la nutrición humana.

La sustitución del aceite de soja por canola en la dieta cambió significativamente las concentraciones de los ácidos grasos poli-insaturados oleico y linoleico en la yema conforme se puede observar a través de los contrastes múltiples de medias (Tabla 2). La cantidad de ácido oleico sufrió un incremento significativo de 4% con la inclusión de canola en la dieta de las aves en comparación con los otros tratamientos. Es importante destacar que la inclusión total de aceite en la formulación de los piensos era de apenas 2,4% (Tabla 1). Por lo tanto, para aumentar aún más el porcentaje de estos ácidos grasos en la yema de los huevos se necesita incluir porcentajes mayores de aceite de canola en la formulación de los piensos. En el caso del linoleico, se observó una reducción significativa en los tratamientos que contenían aceite de canola. En el presente estudio la reducción de linoleico en la yema refleja la reducción de este ácido graso en los piensos con aceite de canola (Tabla 1).

No obstante PITA (2007) trabajando con ponedoras comerciales suplementadas con diferentes fuentes de aceite encontró mayor composición de ácidos grasos monoinsaturados de las yemas en las aves alimentadas con aceite de canola. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos en el presente estudio en que los tratamientos con aceite de canola promovieron mayor incorporación de ácidos grasos mono-insaturados en las yemas de los huevos.

A través del contraste 4 (Tabla 2) se observa que la suplementación con Selenio orgánico no influyó sobre el perfil y la concentración de ácidos grasos en las yemas de los huevos evaluados luego después de la puesta. Semejantemente, pero evaluando otro agente antioxidante GALOBART et al., (2001), verificaron que la suplementación de Vitamina E no altera el contenido de ácidos grasos poli-insaturados. El empleo de aceite de canola en la dieta de ponedoras promueve enriquecimiento de las yemas MORI (2001). Sin embargo, la inclusión de aceite de canola en la dieta aumenta la incorporación de ácidos grasos de elevado grado de insaturación en la yema que amplía su potencial oxidativo (PITA et al., 2006). De esta forma es interesante la incorporación de selenio orgánico, que es parte esencial de una variedad de selenoproteínas, siendo la más conocida la glutatióna peroxidasa que está involucrada en la protección antioxidante de las células.

Por fin, los resultados en el presente estudio confirman la hipótesis de que es posible reducir la concentración de ácidos grasos saturados en la yema a través de la manipulación dietética de las aves logrando un producto más saludable y aceptable por los consumidores lo que concuerda con (CARVALHO et al, 2009).

**Tabla 2. Perfil de ácidos grasos y colesterol en huevos de codornices alimentadas con aceite de canola y selenio orgánico**

Tratamiento	PALM	PALTO	ESTE	OLEI	LILEI	LILEN	ARAC	Colesterol
1- aceite de soja (control)	24,14	2,36	10,88	42,24 <sup>bc</sup>	12,53 <sup>ab</sup>	0,27 <sup>b</sup>	2,05	13.04
2 - aceite de soja+SeO	24,23	2,99	10,19	40,0 <sup>c</sup>	13,91 <sup>a</sup>	0,32 <sup>ab</sup>	2,16	13.83
3 - aceite de canola	23,55	2,65	10,0	45,47 <sup>a</sup>	9,78 <sup>c</sup>	0,30 <sup>ab</sup>	1,93	14.33
4- aceite de canola+ SeO	24,18	2,91	9,94	44,94 <sup>ab</sup>	9,95 <sup>c</sup>	0,29 <sup>ab</sup>	1,95	13.57
5 - 1/2 aceite de soja+1/2 aceite de canola	24,14	2,76	10,29	42,84 <sup>abc</sup>	11,92 <sup>b</sup>	0,33 <sup>ab</sup>	1,895	11.89
6 - 1/2 aceite de soja+1/2 aceite de canola+SeO	23,46	2,62	10,32	42,0 <sup>c</sup>	12,87 <sup>ab</sup>	0,37 <sup>a</sup>	2,19	14.12
Contrastes	Probabilidad							
C1	NS	NS	NS	0.0001	0.0001	NS	NS	NS
C2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C3	NS	NS	NS	0.004	0.0001	NS	NS	NS
C4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

C1 = T1 T2 vs T3 T4 (aceite de soja vs aceite de canola), C2 = T1 T2 vs T5 T6 (aceite de soja vs mistura aceite de soja y canola), C3 = T3 T4 vs T5 T6 (aceite de canola vs mistura aceite de soja y canola), C4 = T2 T4 T6 vs T1 T3 T5 (Efecto de la suplementación con selenio), PALM = palmítico; PALTO = palmitoleico; ESTE = esteárico; LILEI = linoleico; LILEN = linolénico; ARAC = araquidónico

Se observa en la Tabla 2 que el contenido de colesterol en la yema no fue afectado por los tratamientos (test de Duncan y contrastes múltiples de medias).

De acuerdo con SUKSOMBAT et al., (2006) la inclusión de ácidos grasos poli-insaturados en la dieta de las aves representa una alternativa positiva para la reducción del colesterol de los huevos, ya que otros intentos de reducción han logrado solamente discretos cambios significativos.

MAZZALI et al (2004) estudiaron los efectos de la inclusión de ácidos grasos insaturados en la dieta de las aves y verificaron que la utilización de aceite de linaza, canola, girasol y de peces redujo los niveles de colesterol en la yema de los huevos en ponedoras. El objetivo final de la reducción del colesterol en los huevos es propiciar una dieta más saludable, sin embargo LEWIS et al., (2000) no observaron reducción del colesterol en personas alimentadas con huevos enriquecidos con ácidos grasos poli-insaturados. El ácido oleico comparado con grasas saturadas, puede reducir las concentraciones plasmáticas de LDL (REAVEN et al., 1994) y cuando comparado con los ácidos poli-insaturados induce menor síntesis endógena de colesterol (JONES, 1994). Las poblaciones del mediterráneo, que consumen alimentos ricos de ácido oleico, presentan menores incidencias de enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad (DE LORGERIL and SALEN, 2006).

En el primer periodo de evaluación, las codornices alimentadas con aceite de canola en sustitución total al aceite de soja presentaron menor peso de huevo ( $P < 0,05$ ) que las alimentadas con aceite de canola suplementado con SeO que obtuvieron el mayor peso, pero sin diferenciarse de los otros tratamientos.

La calidad interna de los huevos evaluada a través de unidades Haugh fue afectada significativamente por los tratamientos en los periodos 1 y 3. En el periodo 1 las aves alimentadas con la mezcla de aceite de soja y canola sin SeO presentaron menor Unidad Haugh diferenciándose significativamente de esta misma combinación de aceites pero con SeO. En el periodo 3 la dieta que produjo menor unidad Haugh fue la canola con SeO. A través de la comparación múltiple de medias fueron encontradas diferencias significativas solamente en el período 3 cuando la suplementación con SeO (T2 T4 T6 vs T1 T3 T5) presentó menor unidades Haugh y el aceite de soja produjo menor peso de yema comparado con aceite de canola (T1 T2 vs T3 T4). Por lo tanto, la hipótesis de que el incremento de Selenio en los huevos de ponedoras comerciales puede aumentar la protección antioxidante y estabilidad de la yema (HESS et al. 2003) sólo pudo ser parcialmente corroborada en este estudio con codornices.

**Tabla 3. Peso del huevo, unidad Haugh y peso de la yema en codornices alimentadas con aceite de canola y selenio orgánico**

Tratamientos	Periodo 1			Periodo 2			Periodo 3		
	Peso del huevo (g)	Unidad Haugh	Peso yema	Peso del huevo (g)	Unidad Haugh	Peso yema	Peso del huevo (g)	Unidad Haugh	Peso yema
1- aceite de soja (control)	14,458ab	101,94a	4,44	14,539	99,61	4,50	14,45	99,58a	4,42
2 - aceite de soja+SeO	14,391ab	101,71a	4,52	14,275	99,85	4,49	14,43	99,47ab	4,38
3 - aceite de canola	13,981b	99,87ab	4,10	14,279	98,13	4,38	14,21	99,67a	4,51
4- aceite de canola+ SeO	14,944a	100,99ab	4,40	14,402	99,21	4,44	14,18	97,47b	4,59
5 - 1/2 aceite de soja+1/2 aceite de canola	14,214ab	98,20b	4,23	14,268	99,12	4,40	14,23	99,80a	4,47
6 - 1/2 aceite de soja+1/2 aceite de canola+SeO	14,350ab	101,65a	4,34	14,468	98,46	4,52	14,37	98,54ab	4,38
Contrastes	Probabilidad								
C1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,04
C2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,03	NS

C1 = T1 T2 vs T3 T4 (aceite de soja vs aceite de canola), C2 = T1 T2 vs T5 T6 (aceite de soja vs mezcla aceite de soja y canola), C3 = T3 T4 vs T5 T6 (aceite de canola vs mezcla aceite de soja y canola), C4 = T2 T4 T6 vs T1 T3 T5 (Efecto de la suplementación con selenio)

En los periodos 1 y 2 no hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos sobre la gravedad específica, peso y espesor de la cáscara (Tabla 4). En el periodo 3, a través del test de Duncan, se observó que los huevos del tratamiento aceite de canola + SeO presentaron menor gravedad específica se comparados con los tratamientos aceite de soja o la mezcla de soja + canola. A través de los contrastes múltiples de medias se observó que las aves alimentadas con aceite de canola presentaron peor gravedad específica que las aves alimentadas con aceite de soja (T1 T2 vs T3 T4). Se observó también que las aves alimentadas con mezcla de aceite de soja y canola presentaron huevos con mejor gravedad específica que las alimentadas solamente con canola (T3 T4 vs T5 T6).

**Tabla 4. Gravedad específica, peso y espesor de cáscara en codornices alimentadas con aceite de canola y selenio orgánico**

Tratamientos	Periodo 1			Periodo 2			Periodo 3		
	Gravedad	Peso Cáscara	Esp. Cáscara	Gravedad	Peso Cáscara	Esp. Cáscara	Gravedad	Peso Cáscara	Esp. Cáscara
1- aceite de soja (control)	1072,9	1,297	25,16	1073,2	1,259	24,75	1074,7a	1,276	25,90
2 - aceite de soja+SeO	1072,7	1,229	25,52	1057,3	1,215	24,57	1072,9ab	1,276	25,07
3 - aceite de canola	1072,7	1,23	25,08	1071,7	1,244	24,67	1072,0ab	1,259	25,46
4- aceite de canola+ SeO	1073,7	1,246	25,07	1057,7	1,229	24,84	1071,5b	1,261	25,39
5 - 1/2 aceite de soja+1/2 aceite de canola	1074,4	1,234	25,14	1073,7	1,217	24,57	1074,8a	1,274	25,41
6 - 1/2 aceite de soja+1/2 aceite de canola+SeO	1072,9	1,256	25,93	1074,7	1,260	25,13	1074,1ab	1,312	25,81
Contrastes	Probabilidad								
C1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,04	NS	NS
C2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,009	NS	NS
C4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

C1 = T1 T2 vs T3 T4 (aceite de soja vs aceite de canola), C2 = T1 T2 vs T5 T6 (aceite de soja vs mistura aceite de soja y canola), C3 = T3 T4 vs T5 T6 (aceite de canola vs mistura aceite de soja y canola), C4 = T2 T4 T6 vs T1 T3 T5 (Efecto de la suplementación con selenio)

En conclusión la sustitución del aceite de soja por aceite de canola en la dieta de codornices promueve un incremento del ácido graso oleico, que es un mono insaturado de interés en la nutrición humana, sin afectar a otras características de calidad de los huevos y colesterol. El aporte de 0,3 ppm de SeO en las dietas promueve una respuesta variable sobre la calidad de huevos de codornices.

## Referencias

- ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T. (2003)** Codornas: criação de codornas para produção de ovos e carne. *Viçosa: Aprenda Fácil*, 289p.
- BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C. (2005)** Oil and fat in broiler nutrition. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. v.7. n.3. p.129-141.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. (1959)** A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v.37, n.8. p.911-917.
- BRAGAGNOLO N.; RODRIGUEZ-AMAYA D.B. (2003)** Comparision of the cholesterol content of brazilian chicken and quail eggs. *Journal Food Comp Anal.* 16:147-53.
- CARVALHO, P.R.; PITA, M.C.G.; PIBER NETO, E. MENDONÇA JUNIOR, C.X. (2009)** Influência da adição de fontes marinhas ricas em PUFAs na dieta sobre a composição lipídica e percentuais de incorporação de PUFAs n-3 na gema do ovo. *Arquivos do Instituto Biológico*. v.76. n.1. p.27-39.
- CEDRO, T.M.M.; CALIXTO, L.F.L.; GASPAR, A.; HORA, A.S. (2010)** Teores de ácidos graxos em ovos comerciais convencionais e modificados com ômega-3. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.8, p.1733-1739.
- DE LORGERIL, M.; SALEN, P. (2006)** The Mediterranean-style diet for the prevention of cardiovascular diseases. *Public Health Nutrition*; v.9(1A):118-23.
- FAITARONE, A.B.G. (2010)** Fornecimento de fontes lipídicas na dieta de poedeiras e seus efeitos sobre o desempenho, qualidade dos ovos, perfil de ácidos graxos e colesterol na gema. *Tese*. 108f. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, SP.



- GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M.D. CODONY, R. and TERNES, W.** (2001) Effect of dietary supplementation with rosemary extract and  $\alpha$ -tocoferyl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with n-3 fatty acids. *Poultry Science*, **v.80**, p.1496-1505.
- HESS, J. B.; COWNS, K. M.; BILGILI, S. F.** (2003) Selenium nutrition and poultry meat quality. *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*. In: Proceeding of the 19th Annual Symposium. Nottingham University Press, Nottingham, UK, p. 107-112.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A.** (1973) Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, London, **v.22**, n.8, p.175-176.
- HOLLAND. B.; WELCH. A.A.; UNWIN. I.D.; BUSS. D.H.; PAUL. A.A.; SOUTHGATE. D.A.T.** (1997) The composition of foods. 5<sup>th</sup> ed. *Cambridge: Redwood Books*. 462p.
- JONES, P.J.H.; LICHTENSTEIN, A.H; SCHAEFER, E.J.; NAMCHUK, G.L.** (1994) Effect of dietary fat selection on plasma cholesterol synthesis in older, moderately hypercholesterolemic humans. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology*, **v.14**:542-8.
- LEWIS, N. M., SEBURG, S., & FLANAGAN, N. L.** (2000). Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. *Poultry Science*, 79(7), 971-974.
- LOTTENBERG, A.M.** (2009) Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. *Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabologia*, **53/5**.
- MAZZALI, M.R., FARIA, D.E., SALVADOR, D.; ITO, D.T.** (2004) A compararison of the feeding value of different sources of fat for laying hens: 2. Lipid, cholesterol, and vitamin E profiles of egg yolk. *Journal Applied Poultry Research*, Athens, **v.13**, n-2, p. 280-290.
- MORI, A.V.** (2001) Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em ovos. 162f. *Tese* (Doutorado em Clínica Médica) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PITA, M.C.G.** (2007) Fontes marinhas e vegetais de PUFA's na dieta de galinhas poedeiras: efeito na composição lipídica da gema do ovo e tempo de incorporação dos ácidos graxos. 136f. *Tese* (Doutorado em Clínica Veterinária). Curso de Pós-graduação em Clínica Médica Veterinária da USP.
- PITA, M.C.G.; PIBER NETO, E.; CARVALHO, P.R.; MENDONÇA JUNIOR, C.X.** (2006) Efeito da suplementação de linhaça, óleo de canola e vitamina E na dieta sobre as concentrações de ácidos graxos poliinsaturados em ovos de galinha. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **v.58**, n.5, p.925-931.
- REAVEN, P.D.; GRASSE, B.J.; TRIBBLE, D.L.** (1994) Effect of linoleate-enriched and oleate-enriched diets in combination with  $\alpha$ -tocopherol on the susceptibility of LDL and LDL subfractions to oxidative modification in humans. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology*. **14**:557-566.
- SAKAMOTO, M.I.; MURAKAMI, A.E.; SOUZA, L.M.G.** (2006) Valor energético de alguns alimentos alternativos para codornas japonesas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **v.35**, n.3, p.818-821.
- SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; GODÓI, M.J.S.** (2000) Effect of Annatto Extract Oil on the Egg Yolk Colour. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **29(5)**:1435-1439.
- SOARES, H.F.; ITO, M.K.** (2000) O ácido graxo monoinsaturado do abacate no controle das dislipidemias. *Revista de Ciências Médicas*. Campinas, **9(2)**: 47-51, maio/ago.
- SUKSOMBAT, W.; SAMITAYOTIN, S. and LOUNGLAWAN, P.** (2006) Effects of Conjugated Linoleic Acid Supplementation in Layer Diet on Fatty Acid Compositions of Egg Yolk and Layer Performances. *Poultry Science*. September, **vol. 85**, n. 9, 1603-1609.
- USDA-UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE.** (2000) Marketing Service Agricultural. *Egg-Grading Manual. Handbook Number 75*. Washington. DC. p. 18. 21.
- VALENZUELA, A.B.; NIETO, S.K.** (2003) Ácidos grasos omega-6 y omega- 3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista Chilena de Pediatría*, **v.74**: 149-57.
- VIANNI, R.; BRAZ-FILHO, R.** (1996) Ácidos graxos naturais: importância e ocorrência em alimentos. *Química Nova* (**19**) 4.