
SUSTITUCIÓN DE ACEITE DE SOYA POR ACEITE DE ATÚN EN LA DIETA DE POLLOS COMO ALTERNATIVA PARA ENRIQUECER LA CARNE CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3

José Alfredo Martínez Aispuro, Mariano Jesús González Alcorta, Luis Alberto Miranda Romero, Silvia Carrillo Domínguez y Rosa María Castillo Domínguez

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el nivel de sustitución adecuado de aceite de soya por aceite de atún para enriquecer la carne de pollo con ácidos grasos omega-3, su efecto en el comportamiento productivo y la aceptación de la carne por el consumidor. Los tratamientos consistieron en sustituir aceite de soya por aceite de atún: 0; 0,75; 1,5; 2,25 y 3,0% en una dieta basal maíz-pasta de soya. Se usaron 195 pollos machos línea Ross de un día de edad. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los datos fueron analizados utilizando el procedimiento GLM de SAS y contrastes ortogonales para detectar tendencias lineales o cuadráticas de las variables de respuesta a los niveles

de aceite de atún. La ganancia diaria de peso y el consumo de alimento disminuyeron linealmente conforme se incrementó el aceite de atún ($p \leq 0,05$). En la prueba de evaluación sensorial, la carne no cambió el sabor hasta un nivel encima de 0,75% de aceite de atún ($p \leq 0,05$). El suplemento con aceite de atún incrementó la concentración de ácidos grasos eicosapentaenoico y docosahexaenoico en pechuga, pierna y muslo ($p \leq 0,05$). La relación omega-6:omega-3 se redujo ($p \leq 0,05$) al incrementar los niveles de aceite de atún. El nivel apropiado de sustitución del aceite de soya por el de atún para enriquecer con omega-3 la carne de pollo es 0,75%, ya que la aceptación de la carne no cambia y se incrementa la cantidad de DHA y EPA.

Introducción

Los ácidos grasos (AG) omega-3 son eficaces en el control y prevención de problemas cardiovasculares; tienen propiedades antiinflamatorias e intervienen en el desarrollo cerebral de los seres humanos (Simopoulos, 2009). Dada la dificultad de alcanzar los niveles recomendados de omega-3 (2-9 g d⁻¹) en la dieta de humanos (Scheideler, 1997), se han desarrollado estrategias nutricionales para obtener alimentos enriquecidos con AG omega-3, tales como en el caso de la carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*). Una forma para lograr tal fin es la inclusión

de aceite de pescado en la dieta de las aves (González-Esquerri y Leeson, 2001; Morales-Barrera *et al.*, 2013), observándose que la concentración de AG omega-3 en la carne incrementa proporcionalmente al aumentar la cantidad de aceite de pescado en la dieta (Jeun-Horng *et al.*, 2002; Morales-Barrera *et al.*, 2013).

El uso de aceite de pescado como fuente de AG omega-3 puede afectar la calidad sensorial de la carne y el comportamiento productivo de las aves. Al evaluar los beneficios nutricionales que proporciona la carne de pollo enriquecida con AG omega-3 mediante la utilización de aceite

de pescado debe considerarse la calidad sensorial, ya que en la carne de pollos alimentados con niveles altos de aceite de pescado aumenta el sabor a pescado (Jeun-Horng *et al.*, 2002). Al respecto, López-Ferrer *et al.* (2001) y Bou *et al.* (2004) reportan que el uso de menos de 2% de aceite de pescado no cambia el sabor. Además, los resultados obtenidos en algunos países pueden no ser transferibles a otros debido a que la percepción de este sabor varía acorde con las costumbres alimenticias (Surai y Sparks, 2001).

La sustitución de aceite vegetal por uno de pescado afecta las variables productivas debido a que la energía

metabolizable (EM) del aceite de pescado (7,06Mcal·kg⁻¹) es menor que la del aceite vegetal (9,0Mcal·kg⁻¹) (Newman *et al.*, 2002). Además, por su baja palatabilidad (Leeson y Summers, 2001), el consumo de alimento disminuye, afectando de forma negativa la ganancia de peso y conversión alimenticia (Balevi y Coskun, 2000). Por ello se deben buscar estrategias o establecer concentraciones que permitan enriquecer la carne de pollo con AG omega-3 sin afectar las variables productivas (Hope y Bruce, 1990). El objetivo de este estudio fue determinar el nivel de sustitución adecuado de aceite de atún por aceite de soya para

PALABRAS CLAVE / Aceite de Atún / Ácidos Grasos Omega-3 / Carne de Pollo / Nutrición Animal /

Recibido: 02/02/2015. Modificado: 16/11/2016. Aceptado: 17/11/2016.

José Alfredo Martínez Aispuro.
Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados, México. Investigador, Colegio de Postgraduados, México. e-mail: alfredo_aispuro@yahoo.com

Mariano Jesús González Alcorta.
Autor para correspondencia Ph.D., University of Georgia, EEUU. Profesor Investigador,

Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México. Dirección: Posgrado en Nutrición Animal, UACH. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. 56230, México. e-mail: marianojga@hotmail.com.

Luis Alberto Miranda Romero.
Doctor en Ciencias, COLPOS,

México. Profesor Investigador, UACH, México. e-mail: albertomiranda@correo.chapingo.mx

Silvia Carrillo Domínguez.
Doctora en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Jefa del Departamento de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán

(INNSZ), México. e-mail: silvia.carrillod@quetzal.innsz.mx
Rosa María Castillo Domínguez.
M.C. en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, México. Investigadora, INNSZ, México. e-mail: rosamar.castillod@quetzal.innsz.mx

SUBSTITUTION OF SOYBEAN OIL FOR TUNA FISH OIL IN BROILERS DIET AS AN ALTERNATIVE FOR MEAT ENRICHMENT WITH OMEGA-3 FATTY ACIDS

José Alfredo Martínez Aispuro, Mariano Jesús González Alcorta, Luis Alberto Miranda Romero, Silvia Carrillo Domínguez and Rosa María Castillo Domínguez

SUMMARY

This research aimed to determine the appropriate substitution level of soybean oil for tuna fish oil to enrich chicken meat with omega-3, without negative effects on broiler performance or on acceptance of meat by the consumer. The treatments consisted on substitution of soybean oil for tuna fish oil (0, 0.75, 1.5, 2.25 and 3.0%) in a basal corn-soybean diet. These five treatments were applied under a completely randomized design with three replicates, utilizing 195 male 1 day old Ross broilers. Data were analyzed using the GLM procedure of SAS and orthogonal contrasts to detect linear or quadratic responses to tuna fish oil levels ($p \leq 0.05$). Aver-

age daily gain and feed intake decreased linearly ($p \leq 0.05$) as tuna fish oil dietary level increased. In the sensory evaluation test, the meat suffered no alteration in taste up to a level of 0.75% tuna oil ($p \leq 0.05$). The tuna fish oil dietary supplementation increased ($p < 0.05$) EPA and DHA concentration in breast, leg and thigh. The ratio omega-6:omega-3 was reduced ($p \leq 0.05$) with increasing levels of tuna fish oil. The appropriate substitution level of soybean oil by tuna fish oil with omega-3 enriched chicken meat is 0.75%, since at this level the acceptance of the meat is not affected and DHA and EPA concentrations increase.

SUBSTITUIÇÃO DE ÓLEO DE SOJA POR ÓLEO DE ATUM NA DIETA DE FRANGOS COMO ALTERNATIVA PARA ENRIQUECER A CARNE COM ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3

José Alfredo Martínez Aispuro, Mariano Jesús González Alcorta, Luis Alberto Miranda Romero, Silvia Carrillo Domínguez e Rosa María Castillo Domínguez

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar o nível de substituição adequado de óleo de soja por óleo de atum para enriquecer a carne de frango com ácidos graxos ômega 3, seu efeito no comportamento produtivo e a aceitação da carne pelo consumidor. Os tratamentos consistiram em substituir óleo de soja por óleo de atum: 0; 0,75; 1,5; 2,25 e 3,0% em uma dieta basal milho-pasta de soja. Foram utilizados 195 frangos machos linha Ross de um dia de idade. O desenho experimental foi completamente aleatório com cinco tratamentos e três repetições. Os dados foram analisados utilizando o procedimento GLM do SAS e contrastes ortogonais para detectar tendências lineares ou quadráticas das variáveis de resposta aos níveis de óleo de

atum. O ganho diário de peso e o consumo de alimento diminuíram linearmente conforme se incrementou o óleo de atum ($p \leq 0,05$). Na prova de avaliação sensorial, a carne não mudou o sabor até um nível acima de 0,75% de óleo de atum ($p \leq 0,05$). O suplemento com óleo de atum incrementou a concentração de ácidos graxos eicosapentaenóico e docosahexaenóico em peito, sobrecoxa e coxa ($p \leq 0,05$). A relação ômega 6: ômega 3 se reduziu ($p \leq 0,05$) ao incrementar os níveis de óleo de atum. O nível apropriado de substituição do óleo de soja pelo de atum para enriquecer com ômega 3 a carne de frango é 0,75%, já que a aceitação da carne não muda e se incrementa a quantidade de DHA e EPA.

enriquecer la carne de pollo con AG omega-3, con afectación mínima en el comportamiento productivo de las aves y en la aceptación de la carne por el consumidor.

Materiales y Métodos

Comportamiento productivo

El experimento se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, a 98°48'27"O y 19°48'23"N, y altitud de 2241msnm. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 15,2°C y precipitación media anual de 644,8mm (García, 1988).

En el estudio se usaron 195 pollos machos de la línea comercial Ross 308, alojados en

jaulas tipo batería. El factor de estudio fue probar la sustitución de aceite de soja (0,0; 0,75; 1,5; 2,25 y 3,0 %) por aceite de atún sin deodorizar, en dietas para pollo de engorda, con la finalidad de sustituir hasta 100% el aceite de soja a partir de una dieta basal, la cual se presenta en la Tabla I. Las etapas de crecimiento evaluadas fueron iniciación (1-21 días) y finalización (22-42 días). Las dietas en cada etapa de crecimiento entre tratamientos fueron isoprotéicas, con base en maíz y pasta de soja y formuladas para cubrir o exceder los requerimientos nutricionales sugeridos por el National Research Council (NRC, 1994) para aves. La energía metabolizable (EM) para el aceite de soja fue de 9,00Mcal·kg⁻¹ y para el aceite de atún 7,06

Mcal·kg⁻¹. El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum*.

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, cada una con 13 pollos. Las variables del comportamiento productivo evaluadas fueron: consumo de alimento (CAL), ganancia diaria de peso (GP) y conversión alimenticia (CA). Los datos fueron analizados con el procedimiento GML del programa SAS (2010). Adicionalmente se realizaron contrastes ortogonales para detectar tendencias lineales o cuadráticas de las variables de respuesta a los niveles de aceite de atún ($P \leq 0,05$), utilizando como criterio para determinar el mejor modelo el valor de P y el coeficiente de determinación R² (López *et al.*, 2010). Los resultados de los contrastes

ortogonales fueron utilizados para estimar curvas de respuesta con modelos de regresión para ser incluidos en modelos econométricos, con los cuales se determinaron los niveles óptimos biológicos de aceite de pescado que minimizan o maximizan las variables respuesta. Además, se estimaron coeficientes en los modelos de regresión que incluyeron efectos lineales o cuadráticos significativos con la prueba de t.

El nivel óptimo biológico (NOB) se determinó para las variables productivas afectadas ($p \leq 0,05$) por el nivel de inclusión del aceite de pescado, mediante el modelo econométrico siguiente:

Función Objetivo: Minimizar o maximizar $Y = f(w)$; Sujeto a: $Ax \geq b$ y $x \geq 0$

TABLA I
DIETAS BASE PARA LA ETAPA DE INICIACIÓN Y
FINALIZACIÓN DE POLLOS

Ingrediente	Dieta de iniciación %	Dieta de finalización %
Maíz	59,17	63,16
Pasta de soya	29,85	27,06
Glúten de maíz	4,22	2,52
Aceite de soya	3,00	3,00
Metionina	0,12	0,10
Lisina	0,20	0,10
Treonina	0,01	0,00
Carbonato de calcio	1,13	1,29
Ortofosfato de calcio	1,58	1,29
Colina (70%)	0,11	0,11
Premezcla mineral ^a	0,10	0,10
Premezcla vitaminas ^b	0,10	0,10
Coccidiostato	0,05	0,05
Pigmento	0,00	0,77
Sal común	0,36	0,35
Análisis calculado		
Energía metabolizable (Mcal·kg ⁻¹)	3,00	3,10
Proteína cruda (%)	21,00	19,00
Lípidos totales (%)	5,72	5,77
Calcio (%)	0,90	0,88
Fósforo (%)	0,40	0,34

Premezcla de minerales: Se 0,2g; Co 0,1g; I 0,3g; Cu 10g; Zn 50 g; Fe 100g; Mn 100g y vehículo c.b.p. 1000g. Premezcla de vitaminas: A 7000000 UI; D₃ 1600000 UI; E 14000 UI; K 1,5g; tiamina 1g; riboflavina 2g; niacina 30g; B₁₂ 10mg; D- pantotenato de calcio 9g; biotina 50mg; ácido fólico 700mg; cloruro de colina 250mg; antioxidante 0,3g y vehículo c.b.p. 1000g.

donde Y es el parámetro, f(w) es la curva respuesta del modelo de regresión en función del nivel de aceite de atún (w), A es el aporte nutrimental de los ingredientes, x son los ingredientes, B son los requerimientos nutrimentales, $x \geq 0$ es la condición de no negatividad. El NOB se obtuvo con el Solver de Excel (2007).

Concentración de ácidos grasos en la carne de pollo

El perfil lipídico de la carne de los pollos se determinó en el laboratorio de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), Ciudad de México. Tres aves por unidad experimental fueron seleccionadas al azar y sacrificadas por dislocación cervical, tomando muestras de pechuga, pierna y muslo de cada ave. Las muestras fueron maceradas con un procesador de comida (Picadora Moulinex A320R1, México) y congeladas a -20°C

hasta su análisis químico. La determinación de lípidos totales se realizó de acuerdo con el método 923,07 de la AOAC (2000) y el perfil de AG por cromatografía de gases siguiendo el método 969,33 de la AOAC (2000), usando un cromatógrafo de gases Varian (3400 CX, Austin, TX, USA) con detector de ionización de flama (FID) y una columna DB-23 de 30m, 0,25mm D.I. y película de 0,25µm.

Las variables de respuesta evaluadas fueron la concentración de lípidos totales y el perfil de ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, omega-3, omega-6) en pechuga, pierna y muslo. Se utilizó para el análisis estadístico un modelo completamente al azar con submuestreo, las repeticiones estuvieron anidadas en tratamiento, con tres repeticiones cada una con tres submuestras. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el procedimiento GLM del

SAS (2010). Cuando procedió, las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Con los NOB se determinaron las máximas concentraciones de EPA y de DHA en pechuga, pierna y muslo, a partir de un modelo econométrico similar al utilizado en el análisis de las variables de comportamiento.

Evaluación sensorial de la carne de pollo

La prueba de aceptación (Pedrero y Pangborn, 1989) del sabor de la carne de pollo se realizó en el laboratorio de evaluación sensorial del INCMNSZ con el fin de determinar, de acuerdo con un criterio personal subjetivo, si las muestras de carne presentadas de pechuga, pierna y muslo eran aceptadas o rechazadas para su consumo. Esta prueba se llevó a cabo en el INCMNSZ, en cubículos individuales iluminados con luz blanca. Un mínimo de 20 jueces afectivos o consumidores habituales de carne de pollo de ambos sexos participaron en la prueba. Un día se evaluó la carne de pechuga de los diferentes tratamientos, otro día la del muslo y finalmente la de la pierna. En todos los casos la carne fue cocida sin piel en una olla exprés, únicamente con agua (sin agregar ningún condimento). Las muestras fueron preparadas y presentadas de manera homogénea y uniforme ofreciendo 10g a cada juez. Cada muestra se codificó con diferentes números de tres dígitos para evitar preferencias. La aceptación o rechazo para cada una de las muestras se

expresa como fracción; por ejemplo en pechuga 22/27 indica que 22 de 27 personas aceptaron la muestra. Para efectuar el análisis de datos se utilizó una prueba no paramétrica (U-Mann-Whitney). Se utilizaron tablas de significancia con $p \leq 0,05$ de dos colas de acuerdo con el número de ensayos efectuados (Pedrero y Pangborn, 1989).

Resultados y Discusión

Comportamiento productivo

El consumo de alimento durante el período de iniciación no fue diferente ($p > 0,05$) entre tratamientos (Tabla II). Esto coincide con los resultados obtenidos por Morales-Barrera *et al.* (2013), quienes al incluir hasta 1,25% de aceite de atún en la dieta durante la etapa de iniciación, no observaron cambios en el consumo de alimento. En la fase de finalización se observó una tendencia lineal ($y = 3461,20 - 101,71 \times \%$ aceite de atún; $R^2 = 0,455$) a reducir el consumo de alimento ($p \leq 0,01$) a medida que se incrementó el nivel de aceite de atún (Tabla III), lo cual se atribuye a una menor palatabilidad de las dietas con mayor contenido de aceite de pescado. Leeson y Summers (2001) mencionan que el uso de aceite de pescado (AP) no debe superar 1% de la ración de pollos de engorda, con la finalidad de evitar un sabor a pescado en la dieta. Sin embargo, Lopez-Ferrer *et al.* (1999) al utilizar hasta 8% de aceite de pescado no observaron cambio el

TABLA II
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN INICIACIÓN
(1-21 DÍAS) DE POLLOS ALIMENTADOS
CON DIFERENTES NIVELES DE ACEITE DE ATÚN

	CAL (g)	GP (g)	CA
% Aceite de atún			
0,00	1153 ±24	775 ±13	1,49 ±0,01
0,75	1117 ±18	746 ±19	1,49 ±0,02
1,50	1117 ±24	706 ±37	1,59 ±0,07
2,25	1126 ±11	682 ±17	1,65 ±0,03
3,00	1144 ±12	527 ±19	2,17 ±0,07
Contraste			
Lineal	NS	NS	NS
Cuadrático	NS	*	**

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; NS: no significativo ($p > 0,05$). CAL: consumo de alimento, GP: ganancia de peso, CA: conversión alimenticia. Medias ±error estándar.

consumo de alimento ($p > 0,05$) durante las dos últimas semanas de la engorda de pollos. De igual forma, Gonzalez-Esquerria y Leeson (2000) no observaron diferencias significativas en el consumo de alimento en pollos de engorda de 35 días de edad, después de que se alimentaron durante 7 o 14 días con 0,75 y 1,5% de aceite de pescado. Los resultados obtenidos en los estudios previamente mencionados (Lopez-Ferrer *et al.*, 1999; Gonzalez-Esquerria y Leeson, 2000; Leeson y Summers, 2001) sugieren que el consumo de AP sólo es tolerable durante periodos cortos, debido a que en periodos prolongados las aves reducen su consumo de alimento. Esto es confirmado en el presente experimento, ya que durante la etapa de iniciación el aceite de atún no redujo el consumo pero si en la finalización.

La ganancia de peso (GP) en la etapa de iniciación se redujo ($p \leq 0,01$) cuadráticamente ($y = 766,01 + 14,73 \times \text{\%aceite de atún} - 29,80 \times \text{\%aceite de atún}^2$; $R^2 = 0,83$) a medida que aumentó el uso del aceite de

atún (Tabla II); mientras que para la etapa de finalización la GP (Tabla III) mostró un comportamiento lineal decreciente ($y = 1742,1 - 72,93 \times \text{\%aceite de atún}$; $R^2 = 0,37$; $p \leq 0,05$) al aumentar el aceite de atún en la dieta. La disminución de la GP en los animales que consumieron las dietas con más aceite de atún puede atribuirse al menor consumo de nutrientes; aunque en la etapa de iniciación no hubo diferencias en el consumo de alimento, las dietas contenían menor cantidad de energía, puesto que la EM del aceite de atún es menor a la del aceite de soya. Para la etapa de finalización el consumo disminuyó, lo cual se reflejó en un menor consumo de nutrientes en general. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Balevi y Coskun (2000), quienes observaron una disminución significativa de la ganancia diaria de peso al adicionar 5% aceite de pescado en la dieta de pollos de engorda en comparación con el tratamiento con 5% de aceite de maíz (37,53g vs 43,85g). Sin embargo, al utilizar valores $< 1,25\%$ de aceite de atún no se

observó reducción en la ganancia de peso ni en el consumo de alimento (Morales-Barrera *et al.*, 2013).

La conversión alimenticia (CA) aumentó ($p \leq 0,01$) cuadráticamente tanto en iniciación ($y = 1,5189 - 0,1783 \times \text{\%aceite de atún} + 0,127 \times \text{\%aceite de atún}^2$; $R^2 = 0,87$) como en finalización ($y = 2,08 - 0,23 \times \text{\%aceite de atún} + 0,09 \times \text{\%aceite de atún}^2$; $R^2 = 0,39$) (Tablas II y III) al aumentar el aceite de atún en la dieta. Este comportamiento se podría explicar porque las tasas de decremento del consumo y de la ganancia de peso son diferentes entre sí. El NOB del aceite de atún para minimizar la CA en la etapa de finalización fue de 1,32% con el cual se obtuvo una CA de 1,93.

Contenido de lípidos y ácidos grasos

El contenido de lípidos totales en pierna y pechuga no se afectó ($p > 0,05$) por el nivel de aceite de atún (Tabla IV). Para muslo el contenido de lípidos aumentó conforme se incrementó ($p \leq 0,05$) el contenido de aceite de atún (Tabla IV). Este efecto en el muslo podría explicarse porque esta pieza, en comparación con la pierna y pechuga, presenta una mayor cantidad de fibras nerviosas y de tejido conectivo de contracción lenta, dichas fibras tienen mitocondrias más grandes y en mayor cantidad, y su tasa metabólica es mayor en comparación con las fibras de contracción rápida (Konjufca *et al.*, 1997), lo que puede derivarse en una síntesis mayor de grasa debido a que existe un perfil de AG más adecuado para la síntesis de grasas en el retículo sarcoplásmico.

El contenido de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, total de omega-3 y la relación de omega-6: omega-3 de muslo, pierna y pechuga se presentan en las Tablas V, VI, y VII, respectivamente.

La cantidad de ácidos grasos saturados y monoinsaturados no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en pierna y pechuga, mientras que en muslo la cantidad de AG saturados y monoinsaturados aumentó ($p \leq 0,05$) conforme las dietas incluyeron más aceite de atún. Esto coincide con lo observado por Ozpinar *et al.* (2003), quienes encontraron que los AG monoinsaturados aumentan al usar 6% de aceite de pescado en comparación con 6% de aceite de lino, girasol o soya.

La concentración de AG poliinsaturados no varió ($p > 0,05$) en pechuga, aunque en muslo y pierna se redujo ($p \leq 0,05$) al aumentar la cantidad de aceite de atún en las dietas. Esto es opuesto a lo encontrado por Lopez-Ferrer *et al.* (2001), quienes al usar hasta 4% de aceite de pescado observaron un aumento en el contenido de AG poliinsaturados. Este comportamiento podría explicarse porque la cantidad de lípidos en muslo y pierna es mayor, y por tanto son más notables los cambios en la composición lipídica en respuesta al contenido y composición de la grasa en las dietas. Yau *et al.* (1991) reportaron que el tejido adiposo refleja más que el tejido muscular la composición de los lípidos del alimento.

En pechuga el contenido de ácido alfa-linolénico no cambió ($p > 0,05$), aunque para pierna y muslo disminuyó ($p \leq 0,05$) al usar más aceite de atún. La concentración de ácido linolénico en la carne de pollo aumenta al alimentar a los pollos con aceite de soya y linaza en comparación con aceite de pescado debido a que el contenido de ácido linolénico es mayor en los aceites vegetales (Balevi y Coskun, 2000).

Los AG docosahexaenoico (DHA), docosapentaenoico y eicosapentaenoico (EPA) presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) ascendentes a

TABLA III
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN FINALIZACIÓN
(22-42 DÍAS) DE POLLOS ALIMENTADOS CON
DIFERENTES NIVELES DE ACEITE DE ATÚN

	CAL (g)	GP (g)	CA
% Aceite de atún			
0,00	3530 ±62	1682 ±78	2,10 ±0,11
0,75	3296 ±44	1738 ±43	1,89 ±0,05
1,50	3329 ±128	1656 ±65	2,01 ±0,05
2,25	3180 ±21	1617 ±67	1,97 ±0,06
3,00	3207 ±49	1469 ±52	2,18 ±0,04
Contraste			
Lineal	**	*	NS
Cuadrático	NS	NS	*

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; NS: no significativo ($p > 0,05$). CAL: consumo de alimento, GP: ganancia de peso, CA: conversión alimenticia. Medias ±error estándar.

TABLA IV
CONTENIDO DE LÍPIDOS TOTALES EN LA CARNE DE POLLOS
ALIMENTADOS CON DIFERENTE NIVEL DE ACEITE DE ATÚN

Pieza	Aceite de atún en la dieta (%)				
	0,00	0,75	1,50	2,25	3,00
Pierna	5,4 ±0,3	5,2 ±0,2	5,3 ±0,3	4,4 ±0,2	4,8 ±0,3
Muslo	8,2 ±0,5 c	8,4 ±0,6 bc	9,4 ±0,3 abc	10,5 ±0,6 ab	11,3 ±0,5 a
Pechuga	3,3 ±0,2	3,3 ±0,2	3,3 ±0,1	3,3 ±0,3	3,9 ±0,3

Medias ±error estándar. Valores con diferente letra en una fila son diferentes ($p \leq 0,05$).

TABLA V
CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS (MG/100G DE CARNE)
EN MUSLO DE POLLOS ALIMENTADOS CON ACEITE DE ATÚN

Ácido graso	Aceite de atún en la dieta (%)				
	0,00	0,75	1,50	2,25	3,00
Alfa-linolénico	118,9 ±8,6 a	95,6 ±6,6 a	90,9 ±5,3 a	59,4 ±3,4 b	53,5 ±2,4 b
Eicosapentaenoico	4,1 ±0,2 d	22,4 ±1,3 c	39,3 ±2,3 b	63,0 ±2,8 a	58,7 ±2,3 a
Docosapentaenoico	14,1 ±0,4 d	24,1 ±0,6 c	30,7 ±1,3 b	40,5 ±2,3 a	38,6 ±0,9 a
Docosaheptaenoico	12,8 ±1,0 d	62,2 ±1,6 c	85,1 ±9,7 b	141,3 ±5,1 a	128,4 ±3,2 a
Saturados	1435,5 ±120,4 c	1506,7 ±102,1 bc	1642,7 ±63,7 abc	1848,6 ±101,5 ab	2004,0 ±79,0 a
Monoinsaturados	1854,2 ±130,0 b	1827,9 ±141,1 b	2053,0 ±99,7 ab	2292,8 ±135,5 ab	2521,2 ±111,8 a
Poliinsaturados	1796,1 ±109,2 a	1571,2 ±91,3 ab	1627,9 ±79,9 ab	1578,3 ±82,2 ab	1324,3 ±48,0 b
Omega-6	1627,2 ±99,7 a	1352,1 ±83,0 ab	1369,0 ±66,3 ab	1262,0 ±73,3 bc	1031,4 ±42,7 c
Omega-3	151,3 ±8,7 d	205,1 ±8,2 c	247,9 ±15,4 bc	304,3 ±14,1 a	281,2 ±6,8 ab
Omega-6: Omega-3	10,7 ±0,1 a	6,5 ±0,1 b	5,6 ±0,2 c	4,1 ±0,2 d	3,6 ±0,1 d

Medias ±error estándar. Valores con diferente letra en una fila son diferentes ($p \leq 0,05$).

medida que aumentó el aceite de atún en pierna, pechuga y muslo. El NOB para EPA en pierna, muslo y pechuga fue 3%; a medida que aumentó el aceite de atún, la carne de pollo se enriqueció sustancialmente. El NOB para DHA varió en cada una de las piezas: para pierna fue 2,76% de aceite de atún con una concentración de 115,8mg de DHA / 100g de carne; en pechuga 2,57% de aceite de atún con una concentración de 96,76mg de DHA / 100g de carne; y en muslo de 3% de aceite de atún con una concentración de 135,04mg de DHA / 100g de carne. En algunos estudios se menciona que el uso de aceite de pescado en el alimento de pollos de engorda incrementa gradualmente el nivel de EPA y de DHA en la carne de pollo (Bou *et al.*, 2004; Morales-Barrera *et al.*, 2013). Surai y Sparks (2000) sustituyeron 3% de aceite de soya por 3% de aceite de atún y el contenido de DHA aumentó de 1% a 6,9% en los triglicéridos del músculo.

El total de AG omega-3 se incrementó ($p \leq 0,05$) en pierna, pechuga y muslo conforme se aumentó la cantidad de aceite de atún en las dietas. El total de AG omega-6 disminuyó ($p \leq 0,05$) al aumentar el aceite de atún, con lo cual la relación de omega-6: omega-3 se redujo ($p \leq 0,05$) a medida que se incrementó el aceite de atún. Esto coincide con los resultados de varios experimentos donde se menciona que la adición de aceite de pescado

TABLA VI
CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS (MG/100G DE CARNE)
EN PIERNA DE POLLOS ALIMENTADOS CON ACEITE DE ATÚN

Ácido graso	Aceite de atún en la dieta (%)				
	0,00	0,75	1,50	2,25	3,00
Alfa-linolénico	63,7 ±5,5 a	50,7 ±3,0 ab	44,9 ±4,2 b	29,5 ±2,4 c	21,7 ±1,6 c
Eicosapentaenoico	3,6 ±0,1 d	15,2 ±0,9 c	23,5 ±1,4 b	28,9 ±1,8 ab	31,0 ±1,7 a
Docosapentaenoico	16,2 ±0,4 c	27,5 ±1,8 b	36,8 ±1,6 a	39,1 ±1,4 a	34,4 ±0,8 a
Docosaheptaenoico	14,4 ±1,0 d	65,7 ±2,8 c	89,2 ±3,4 b	116,2 ±4,1 a	113,9 ±4,2 a
Saturados	870,7 ±63,2	835,2 ±49,5	888,2 ±70,1	778,7 ±46,8	856,7 ±46,4
Monoinsaturados	989,4 ±84,1	953,2 ±56,7	998,8 ±111,3	834,4 ±68,1	975,4 ±78,2
Poliinsaturados	1080,4 ±74,572 a	966,0 ±52,9 ab	938,2 ±61,1 ab	764,2 ±41,3 bc	676,1 ±31,9 c
Omega-6	968,3 ±68,1 a	795,0 ±44,5 ab	733,3 ±54,3 b	540,7 ±33,5 c	465,4 ±25,2 c
Omega-3	98,6 ±6,2 c	159,7 ±8,2 b	195,1 ±7,7 a	214,4 ±8,2 a	201,9 ±7,4 a
Omega-6: Omega-3	9,7 ±0,1 a	4,9 ±0,1 b	3,7 ±0,1 c	2,5 ±0,1 d	2,2 ±0,1 d

Medias ±error estándar. Valores con diferente letra en una fila son diferentes ($p \leq 0,05$).

TABLA VII
CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS (MG/100G DE CARNE)
EN PECHUGA DE POLLOS ALIMENTADOS CON ACEITE DE ATÚN

Ácido graso	Aceite de atún en la dieta (%)				
	0,00	0,75	1,50	2,25	3,00
Alfa-linolénico	29,6 ±5,2	23,2 ±4,1	19,8 ±1,6	15,3 ±3,8	14,9 ±2,2
Eicosapentaenoico	2,4 ±0,1 d	8,9 ±0,8 cd	14,1 ±0,7 bc	17,1 ±2,9 ab	22,5 ±2,4 a
Docosapentaenoico	13,3 ±0,7 c	20,2 ±1,9 b	24,4 ±0,8 ab	27,0 ±2,4 a	27,6 ±1,2 a
Docosaheptaenoico	12,0 ±1,4 c	55,7 ±4,9 b	81,7 ±1,9 a	94,7 ±5,5 a	94,8 ±4,6 a
Saturados	484,3 ±63,4	458,1 ±39,4	491,8 ±29,1	477,5 ±78,8	634,3 ±85,6
Monoinsaturados	488,8 ±83,0	466,9 ±79,1	479,7 ±44,1	466,9 ±109,8	679,1 ±111,3
Poliinsaturados	547,1 ±64,5	504,9 ±50,4	518,8 ±26,4	453,9 ±68,5	485,3 ±51,9
Omega-6	481,2 ±59,742	389,5 ±47,2	372,5 ±23,5	294,6 ±56,3	319,3 ±44,7
Omega-3	57,4 ±4,6 c	108,2 ±7,2 b	140,2 ±3,4 ab	154,2 ±12,9 a	159,9 ±8,4 a
Omega-6: Omega-3	8,2 ±0,4 a	3,6 ±0,3 b	2,6 ±0,1 bc	1,8 ±0,1 c	1,9 ±0,2 c

Medias ±error estándar. Valores con diferente letra en una fila son diferentes ($p \leq 0,05$).

aumenta la cantidad de omega-3 y disminuye o mantiene la cantidad de omega-6, reduciendo siempre la relación de omega-6:omega-3 (Lopez-Ferrer *et al.*, 2001; Ozpinar *et al.*, 2003; Morales-Barrera *et al.*, 2013). Esto resulta benéfico en la salud humana, ya que se buscan alimentos con una relación menor de omega-6: omega-3 (El-Badry *et al.*, 2007).

Evaluación sensorial

Los resultados de la prueba de aceptación muestran diferencias significativas ($p \leq 0,05$) (Tabla VIII) en la aceptación de pechuga, muslo y pierna. La aceptación de las muestras de carne se mantuvo hasta un nivel de 0,75% de aceite de atún, observándose una menor proporción de panelistas que

aceptaron la muestra por encima de este nivel, lo que de acuerdo a la prueba estadística se interpreta como un rechazo. Este rechazo pudo deberse a que los panelistas percibían cierto sabor a pescado en la carne. Los resultados coinciden con los obtenidos por Jeun-Horng *et al.* (2002), quienes mencionan que la carne de pollos alimentados con altos

TABLA VIII
PRUEBA DE ACEPTACIÓN DE LA CARNE
DE POLLOS ALIMENTADOS CON ACEITE DE ATÚN*

Aceite de atún (%) en dietas para pollos	Pechuga	Muslo	Pierna
0,00	22/27 a	17/20 a	27/30 a
0,75	20/27 a	18/20 a	21/30 a
1,50	13/27 r	14/20 r	17/30 r
2,25	14/27 r	7/20 r	11/30 r
3,00	12/27 r	10/20 r	11/30 r

* Proporción de panelistas que aceptaron las muestras de carne. a: aceptación ($p \leq 0,05$) y r: rechazo ($p > 0,05$).

niveles de aceite de pescado muestra un importante incremento en el sabor a pescado. Este efecto podría ser debido al desarrollo de un factor oxidativo más alto, derivando en una mala aceptación de la carne (Crawford *et al.*, 1975), ya que el incremento del omega-3 en las canales de los pollos significa una reducción en la estabilidad oxidativa de la carne (O'Keefe *et al.*, 1995). No obstante, es necesario considerar que la percepción puede variar de un país a otro, así como de una región a otra (Surai y Sparks, 2001); por ejemplo, Lopez-Ferrer *et al.* (2001) manejado niveles de 4% de aceite de pescado no observaron ningún rechazo de la carne por parte del consumidor español.

La prueba utilizada en este experimento tiene algunas limitaciones, ya que en virtud de que se trata de una prueba subjetiva y se requiere de un gran número de participantes para considerar a los resultados como representativos de las respuestas de una población o mercado. Mediante esta prueba sólo se determina la aceptación o rechazo hacia el producto, más no la razón que hay tras dicha decisión.

Conclusiones

El incremento en la sustitución de aceite de soja por acei-

te de atún enriqueció la carne de pollo con ácidos grasos omega-3, ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico; sin embargo el consumo de alimento y la ganancia de peso disminuyeron. Al utilizar más de 0,75% de aceite de atún en la dieta para pollos la carne ya no fue aceptada por el consumidor.

REFERENCIAS

AOAC (2000) *Official Methods of Analysis*. 17ª Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, EEUU. 556 pp.

Balevi T, Coskun B (2000) Effects of some oils used in broiler rations on performance and fatty acid compositions in abdominal fat. *Rev. Med. Vet.* 151: 937-944.

Bou R, Guardiola F, Tres A, Barroeta AC, Codony R (2004) Effect of dietary fish oil, α -tocopheryl acetate, and zinc supplementation on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *Poult. Sci.* 83: 282-292.

Crawford L, Kretsch MJ, Peterson DW, Lilyblade AL (1975) The remedial and preventive effect of dietary alpha-tocopherol on the development of fish flavours in turkey meat. *J. Food Sci.* 40: 751-755.

El-Badry AM, Graf R, Clavien PA (2007) Omega 3-omega6: What is right for the liver? *J. Hepatol.* 47: 718-725.

García E (1988) *Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen (para Adaptarlas A Las Condiciones de la República*

Mexicana). 4ª ed. México. 217 pp.

Gonzalez-Esquerria R, Leeson S (2000) Effects of menhaden oil and flaxseed in broiler diets on sensory quality and lipid composition of poultry meat. *Brit. Poult. Sci.* 41: 481-488.

Gonzalez-Esquerria R, Leeson S (2001) Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Can. J. Anim. Sci.* 81: 295-305.

Hope WP, Bruce AW (1990) Lipid measurements in chickens fed different combinations of chicken fat and menhaden oil. *J. Agric. Food Chem.* 38: 1848-1853.

Jeun-Horng L, Yuan-Hui L, Chun-Chin K (2002) Effect of dietary fish oil on fatty acid composition, lipid oxidation and sensory property of chicken frankfurters during storage. *Meat Sci.* 60: 161-167.

Konjufca VH, Pesti GM, Bakalli RI (1997) Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poult. Sci.* 76: 1264-1271.

Leeson S, Summers JD (2001) *Nutrition of the chicken*. 4ª ed. University Books. Ontario, Canada. 591 pp.

Lopez-Ferrer S, Baucells MD, Barroeta AC, Grashorn MA (1999) n-3 enrichment of chicken meat using fish oil: alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poult. Sci.* 78: 356-365.

Lopez-Ferrer S, Baucells MD, Barroeta AC, Grashorn MA (2001) n-3 enrichment of chicken meat. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poult. Sci.* 80: 741-752.

López M, Figueroa JL, González MJ, Miranda LA, Zamora V, Cordero JL (2010) Niveles de lisina y treonina digestible en dietas sorgo-pasta de soja para cerdos en crecimiento. *Arch. Zootec.* 59: 205-216.

Microsoft Excel (2007) Microsoft Corporation. 1985-2001. USA. Redmond WA, USA.

Morales-Barrera JE, Gonzalez-Alcorta MJR, Castillo-Dominguez M, Prado-Rebolledo OF, Hernandez-Velasco X, Menconi

A, Tellez G, Hargis BM, Carrillo-Dominguez S (2013) Fatty acid deposition on broiler meat in chickens supplemented with tuna oil. *Food Nutric. Sci.* 4: 16-20.

NRC (1994) *Nutrient Requirements of Poultry*. 9ª ed. National Research Council. National Academy Press. Washington, DC, EEUU. 155 pp.

Newman RE, Bryden WL, Fleck E, Ashes JR, Buttner WAL, Storlien H, Downing JA (2002) Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: metabolism and abdominal fat deposition. *Brit. J. Nutri.* 88: 11-18.

O'Keefe SF, Proudfoot FG, Ackman RG (1995) Lipid oxidation in meats of omega-3 fatty acids-enriched broiler chickens. *Food Res. Int.* 28: 417-424.

Ozpinar H, Kahraman R, Abas I, Kutay HC, Eseceli H, Grashorn MA (2003) Effect of dietary fat source on n-3 fatty acid enrichment of broiler meat. *Archiv. Geflügelk.* 67: 57-64.

Pedrero F, Pangborn M (1989) *Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos*. Alhambra. Madrid, España. 125 pp.

Scheidler SE (1997) *Omega Eggs a Dietary Source of Omega 3 Fatty Acids*. Institute of Agriculture and Natural Resources. 345 pp.

Simopoulos P (2009) Evolutionary aspects of the dietary omega-6:omega-3 fatty acid ratio: Medical implications. *World Rev. Nutr. Diet.* 100: 1-21.

SAS (2010) *Statistical Analysis System system for Windows V8*. SAS 9.3. SAS Institute, Cary, NC, EEUU.

Surai PF, Sparks NHC (2001) Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends Food Sci. Technol.* 12: 7-16.

Surai PF, Sparks NHC (2000) Tissue-specific acid and alpha-tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poult. Sci.* 79: 1132-1142.

Yau JC, Denton JH, Bailey CA, Sams AR (1991) Customizing the fatty acid content of broiler tissues. *Poult. Sci.* 70: 167-172.