

## Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos

Filipe Antonio Dalla Costa<sup>1,3\*</sup>, Fernando de Castro Tavernari<sup>2</sup>, Osmar Antonio Dalla Costa<sup>2</sup>, Fabrício Faleiros de Castro<sup>3</sup>, Aline Remus<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Estudos e Pesquisas em Etologia e Ecologia Animal - ETCO, UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP, Brasil. [filipedallacosta@gmail.com](mailto:filipedallacosta@gmail.com)

<sup>2</sup>Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Concórdia, SC, Brasil. [fernando.tavernari@embrapa.br](mailto:fernando.tavernari@embrapa.br); [osmar.dallacosta@embrapa.br](mailto:osmar.dallacosta@embrapa.br)

<sup>3</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista UNESP-FCAV, Jaboticabal, SP, Brasil. [fabricao\\_faleiros@hotmail.com](mailto:fabricao_faleiros@hotmail.com), [alnremus@gmail.com](mailto:alnremus@gmail.com)

\*Autor para correspondência.

**RESUMO.** Apesar das facilidades proporcionadas pela modernidade, a dieta alimentar adotada pode resultar em prejuízos relacionados à saúde. No grupo das doenças causadas pelos hábitos modernos, estão os distúrbios relacionados aos níveis de colesterol e triacilgliceróis sanguíneos, onde os ácidos graxos da série ômega 3 exercem um papel importante na redução do risco de doenças cardiovasculares, processo inflamatório e desenvolvimento do sistema nervoso. Assim, a qualidade da alimentação e utilização correta dos alimentos passou a ser o foco de programas de saúde a nível mundial, fazendo com que os alimentos funcionais ganhassem destaque devido a sua capacidade de promover benefícios à saúde quando utilizadas adequadamente. Neste segmento, o setor avícola não ficou de fora. Os ovos e a carne de frango, que já eram rotineiramente indicados em dietas saudáveis, podem auxiliar ainda mais na promoção da saúde quando enriquecidos com ácidos graxos da série ômega 3 (eicosapentaenoico-EPA e ocosaenoico-DHA) através da manipulação dos níveis nutricionais dos animais. Com isso, objetivou-se discutir o enriquecimento de ácidos graxos da série ômega 3 na carne e ovos de aves.

**Palavras chave:** Dieta, eicosapentaenoico, ocosaenoico, saúde

### *Enrichment of fatty acids Omega 3 series in poultry meat and eggs*

**ABSTRACT.** Despite the facilities offered by modernity, the adopted diet can result in damage to health. The disorders related to blood cholesterol and triglyceride are in the group of diseases caused by modern habits, where the omega-3 series fatty acids play an important role in reducing the risk of cardiovascular diseases, inflammation and nervous system development. Due to these concerns, the quality of food and proper use of food has become the focus of health programs worldwide, which highlight the functional foods in diets due to its ability of promoting health benefits when properly used. In this segment, the poultry sector was not left out. Eggs and chicken meat have been routinely recommended in healthy diets. Through the manipulation of the nutritional levels of animals' diet, eggs and chicken can be enriched with fatty acids of the omega 3 series (eicosapentaenoic -EPA and ocosaenoic -DHA) which is an important nutrient for human health. Thus, this review aimed to discuss the enrichment of omega-3 fatty acids in meat and poultry eggs.

**Keywords:** diet, eicosapentaenoico, ocosaenoico, health

## ***Enriquecimiento con ácidos grasos de la serie omega-3 en la carne de pollo y huevos***

**RESUMEN.** A pesar de las facilidades ofrecidas por la modernidad, la dieta adoptada puede resultar en perjuicios relacionados a la salud. En el grupo de enfermedades causadas por hábitos modernos, están los trastornos relacionados con el colesterol y los triglicéridos en la sangre, en que los ácidos grasos de la serie omega 3 juegan un papel importante en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, proceso de inflamación y el desarrollo del sistema nervioso. De este modo, la calidad de los alimentos y el uso adecuado de los alimentos se ha convertido en el foco de los programas de salud a nivel mundial, haciendo que los alimentos funcionales ganen protagonismo debido a su capacidad de promover beneficios para la salud cuando utilizados correctamente. En este segmento, el sector avícola no se quede por fuera. Los huevos y la carne de pollo, que ya eran rutinariamente indicados en dietas saludables, pueden ayudar aún más en la promoción de la salud cuando se enriquece con los ácidos grasos de la serie omega 3 (eicosapentaenoico-EPA y DHA-ocosaenoico) mediante la manipulación de los niveles nutricionales de los animales. Non eso el objetivo fue discutir el enriquecimiento de ácidos grasos de la serie omega 3 en carnes de pollo y huevos.

**Palabras clave:** dieta, eicosapentaenoico, ocosaenoico, la salud

### **Introdução**

A alimentação de qualidade passou a ser uma preocupação mundial, destacando-se principalmente a utilização correta dos alimentos e seus efeitos benéficos à saúde ([Hocquette et al., 2005](#), [Kwak and Jukes, 2001](#)). Mesmo na sua forma natural, além de nutrientes essenciais, muitos alimentos já ofertam propriedades capazes de influenciar positivamente a saúde, sendo chamados de alimentos funcionais ([Kwak and Jukes, 2001](#), [Arihara, 2004](#)).

Nos últimos anos, o mercado de alimentos funcionais tem sido amplamente explorado pela indústria e comércio. E o setor avícola não ficou de fora. Os ovos e a carne de frango fazem parte desses alimentos. Dentre os diferentes nutrientes que são alvos desse nicho, destacam-se os ácidos graxos pertencentes à família ômega-3 ([Garcia, 1998](#), [Hocquette et al., 2005](#)). No grupo das doenças causadas pelos hábitos modernos, estão os distúrbios relacionados aos níveis de colesterol e triacilgliceróis sanguíneos ([Uauy and Valenzuela, 2000](#), [Simopoulos and Salem, 1996](#)), onde os ácidos graxos da série ômega-3 exercem um papel importante na redução do risco de doenças cardiovasculares, processo inflamatório e desenvolvimento do sistema nervoso.

A promoção da saúde através de alimentos funcionais pode ser realizada por meio da elevação dos níveis de EPA e DHA nos alimentos. O aumento nos níveis de EPA e DHA no produto final comercializado pode ser feita através da manipulação da composição dos ácidos graxos na

dieta dos animais criados em cativeiro ([Van Elswyk, 1997](#), [Cedro et al., 2011](#), [Pita et al., 2006](#)). Dessa forma, objetivou-se revisar o enriquecimento de ácidos graxos da série ômega 3 na carne e ovos de aves.

### **Ácidos graxos**

A classificação dos ácidos graxos ocorre de acordo com o número de duplas ligações, onde há os saturados (sem dupla ligação), monoinsaturados (uma dupla) e poliinsaturados. Os ácidos graxos poli-insaturados caracterizam-se por possuírem 18 ou mais átomos de carbono em sua estrutura química e duas ou mais insaturações. As principais séries de ácidos graxos poliinsaturados são os ômegas 3 e 6. A classificação ômega está relacionada à posição da primeira dupla ligação, iniciando-se a partir do grupo metílico final da molécula de ácido graxo. Os ácidos graxos poliinsaturados -3 apresentam a primeira ligação dupla entre o terceiro e o quarto átomo de carbono, enquanto os ácidos graxos poli-insaturados -6 têm a primeira ligação dupla entre o sexto e o sétimo átomo de carbono.

As séries dos ácidos graxos poliinsaturados -3 e -6 são originadas dos precursores: ácidos  $\alpha$ -linolênico e linoleico, respectivamente, e são denominados de ácidos graxos essenciais, uma vez que os mamíferos e as aves necessitam adquiri-los através da dieta, pois não são capazes de sintetizá-los ([Hornstra, 2001](#)). Após sua ingestão, os ácidos graxos essenciais podem se alongar e denaturar dando origem a outros ácidos

graxos, onde o ácido linoleico é convertido em ácido araquidônico, e o ácido linolênico em EPA e DHA (Togashi et al., 2007, Novello et al., 2008). Esse metabolismo é mediado por enzimas chamadas de elongases e dessaturases, que participam na formação dos ácidos graxos ômega 6 e 3, onde pode haver uma competição metabólica entre os dois grupos (Simopoulos and Salem, 1996).

Em situações onde há um excesso de ácido linoleico, ocorrerá o impedimento da transformação do  $\alpha$ -linolênico em seus derivados EPA e DHA. E o mesmo ocorrerá numa situação contrária, onde o menor consumo do ácido linoleico resultará na diminuição da formação do ácido araquidônico. Essa disputa entre os ácidos linoleico e  $\alpha$ -linolênico dá-se devido à afinidade da enzima delta 6 dessaturase por ambos os ácidos graxos. Devido à enzima ter maior especificidade pelo ômega 3, uma menor quantidade desses ácidos será necessária em relação ao ômega 6 para resultar na mesma quantidade de produto (Madsen et al., 1999). Dessa forma, ressalta-se a importância de haver um equilíbrio na dieta entre o suprimento dos dois ácidos graxos.

### Razões para enriquecer alimentos com ômega 3

Durante as últimas três décadas, numerosos estudos epidemiológicos e observacionais têm sido publicados sobre os benefícios do ômega 3 sobre doenças cardiovasculares (Kromhout et al., 1985, Albert et al., 1998, Lee et al., 2008). Contudo, é antigo o conhecimento da raridade da ocorrência de doença cardíaca em esquimós da Groelândia, que consomem uma dieta rica em baleias, focas e peixes (Sinclair, 1953). Bang and Dyerberg (1980), Bang and Dyerberg (1972) relataram que apesar dessa dieta ser pobre em frutas, vegetais e carboidratos complexos e ricos em gordura saturada e colesterol, o colesterol e triglicerídeos séricos foram mais baixos em pessoas da Groelândia do que em residentes da Dinamarca da mesma idade. E o risco de infarto do miocárdio foi significativamente menor na população da Groelândia do que na dinamarquesa. Essas observações iniciais renderam mais especulações sobre os benefícios do ômega 3 (principalmente EPA e DHA) como o fator protetor dos esquimós (Bang and Dyerberg, 1980). Os relatos de efeitos do ômega 3 na saúde têm provocado esforços consideráveis para a inclusão de diferentes fontes de ômega 3 na dieta (Rotta et al., 2009).

Tradicionalmente, o ômega 3 da dieta dos humanos é de origem vegetal (ex. alguns vegetais de folhas verdes, óleos de sementes) ou marinha (ex. peixes). As fontes de ômega 3 são gorduras de peixe ricas em EPA e DHA, e numa pequena variedade de plantas e óleos de sementes abundantes em  $\alpha$ -linolênico. Uma significativa quantidade do ômega 3 consumido na dieta de populações em determinadas regiões é derivada do ácido linolênico (Moreira and Prado, 2004). Contudo, apenas o EPA e o DHA são considerados potentes agentes antitrombóticos, que contribuem para a redução da agregação plaquetária e, conseqüentemente, na aterosclerose (Nettleton, 1991). O ácido linolênico é convertido em EPA nos humanos apenas em pequena quantidade, insuficiente para promover efeitos biológicos significativos (Crawford et al., 1989, Barlow et al., 1990, Nettleton, 1991). Uma dieta regular não supre os requerimentos mínimos de ômega 3 devido à limitação de ingestão de peixes e, também, pelos altos níveis de ômega 6 encontrados em alimentos produzidos pelos sistemas intensivos de produção. Isso pode levar a um desbalanço na razão entre ômega 6:ômega 3 na dieta rotineira. As recomendações atuais são para aumentar o consumo total de ômega 3 pelo consumo de peixes em mínimo duas refeições por semana (Kromhout et al., 1985). Disponibilidades sazonais, acessibilidade e preferências de consumo frequentemente limitam a ingestão de peixes, eliminando essa fonte de ômega 3.

Nesse campo, a indústria avícola, tanto de carne quanto de ovos, não ficou de fora, e tem sido responsável pelo desenvolvimento de novas tecnologias para o enriquecimento de produtos. Assim, deu-se o surgimento dos chamados “designer eggs” ou “designer chicken meat”, que além de conservar as qualidades funcionais, nutricionais e sensoriais do produto final, têm uma composição lipídica alterada, elevando a proporção de ácidos graxos ômega 3 e 6 (Sim, 1998). Desse modo, o enriquecimento de produtos avícolas com ômega 3 apresenta-se como uma excelente alternativa de fonte alimentar de ômega 3 para melhorar a dieta humana, devido a sua relativa disponibilidade e acessibilidade (Hargis and Van Elswyk, 1993).

### Composição do ovo

Os ovos de galinha pesam em média cerca de 55g e são compostos de aproximadamente 9.5% de casca, 63% de albumina e 27.5% de gema (Ribeiro et al., 2007). A gema consiste em

aproximadamente cerca de 16 g em média do peso do ovo, compostos de 51-52% de água, 16-17% de proteína e 31-33% de lipídios, incluindo colesterol, vitaminas lipossolúveis, e alguns minerais (Ribeiro et al., 2007). Os lipídios são os componentes mais abundantes da gema, representando aproximadamente 60% do peso da gema na matéria seca, e os maiores constituintes são lipoproteínas de baixa e alta densidade, os famosos LDLs (*Low Density Lipoprotein*) e HDLs (*High Density Lipoprotein*) (Jacobsen et al., 2013). Os lipídios da gema são compostos de triglicerol, fosfolipídios, colesterol livre e outros de menor quantidade (Jacobsen et al., 2013, Mendonça Júnior and Pita, 2005). Os trigliceróis e fosfolipídios compõem até 65-68% e 29-32% dos lipídios da gema, respectivamente. O conteúdo de colesterol pode variar de 210-215 mg (Ribeiro et al., 2007). Os ácidos graxos são os mais prevalentes componentes dos triglicerídeos e fosfolipídios, e chegam até 4 g do ovo, sendo de cadeia média a longa, ou seja, eles têm de 14-22 átomos de carbono com diferentes graus de saturação (Jacobsen et al., 2013).

### Formação e deposição de lipídios na gema do ovo

A formação dos lipídios do ovo é um processo controlado pela ação de hormônios da ave (Palermo Neto et al., 2005, Jacobsen et al., 2013). Ao nascer, a ave tem um número finito de folículos ovarianos que, durante a maturidade sexual, aumentam de tamanho para formar a ordem dos folículos, bem como a hierarquia dos grandes folículos que variam de tamanhos. A gema é depositada por um processo chamado vitelogenese, onde o folículo mais maduro procede pela sua hierarquia para se tornar maduro (Jacobsen et al., 2013).

Nas aves, o fígado é o órgão primário para a síntese de lipídios. Em resposta à elevação de estrogênio na maturidade sexual, o fígado sintetiza trigliceróis e diversas apolipoproteínas, como apoB100, LVDL (*very low density lipoprotein*) e vitelogenina (Palermo Neto et al., 2005). No início da postura, a síntese de trigliceróis pelo fígado aumenta cerca de quatro vezes em associação com o aumento de VLDL no plasma. Similarmente, as concentrações de vitelogenina também aumentam no início da postura. As lipoproteínas que são o objetivo para formação da gema são menores em tamanho do que as VLDL, e são chamadas de VLDLy (Walzem et al., 1999). A ligação das partículas de VLDLy aos receptores na membrana

plasmática do oócito ocorrer um receptor mediador de endocitose (Walzem et al., 1999). Os lipídios de VLDLy e vitelogenina são distribuídos para o oócito sem muitas alterações.

**Tabela 1.** Comparação dos nutrientes de ovos enriquecidos com ômega 3 e regulares<sup>1</sup>.

Nutrientes	Ovos enriquecidos com ômega 3	Ovos convencionais <sup>2</sup>
Energia	74 calorias <sup>3</sup>	75 calorias
Proteína	6.2 g <sup>3</sup>	6.5 g
Gordura total	4.8 g <sup>3</sup>	5.0 g
Gordura saturada	1.5 g <sup>4</sup>	1.6 g
Gordura monoinsaturada	2.1 g <sup>4</sup>	1.9 g
Gordura Poliinsaturada	1.3 g <sup>4</sup>	0.68 g
Total de ômega 6	0.78 g <sup>4</sup>	0.64 g
Total de ômega 3	0.50 g <sup>5,6</sup>	0.04 g
Colesterol	182 mg <sup>4</sup>	212 mg

<sup>1</sup>Abreviações: g = gramas, mg = miligramas.

<sup>2</sup>Conteúdo de nutrientes obtidos no *US Department of Agriculture Nutrient Database*, disponível em [www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp).

<sup>3</sup>Média de duas marcas de ovos enriquecidas com ômega 3. <sup>4</sup>Média de três marcas de ovos enriquecidas com ômega 3. <sup>5</sup>Média de cinco marcas de ovos enriquecidas com ômega 3. <sup>6</sup>Média de duas marcas enriquecidas com ômega 3. <sup>6</sup>Em média, um ovo enriquecido com ômega 3 contém cerca de 0.34 gramas de ácido alfa linoleico e 0.13 gramas de EPA + DHA, um total de cerca de 0.5 gramas de ômega 3. Fonte: Modificado de Morris, 2003.

A combinação entre as estruturas do folículo ovariano e a VLDLy que ocorre no fígado possibilita manipular a gordura ingerida pela dieta antes da inclusão da gema no ovo. Essa alteração não ocorre de forma completa, e a composição lipídica da gema e da dieta é semelhante (Ribeiro et al., 2007). Assim, a dieta oferecida às aves e os níveis plasmáticos de lipoproteínas plasmáticas estão diretamente relacionados com a manipulação do perfil de ácidos graxos da gema dos ovos.

### O enriquecimento de ovos com ômega 3 através da dieta das aves

A manipulação da dieta das aves tem sido uma maneira eficiente de enriquecer os ovos com ácidos graxos da série ômega 3 (Tabela 1) (Van Elswyk, 1997, Pita et al., 2006, Cedro et al., 2011). Essa possibilidade de manipular o conteúdo nutricional de ovos já é conhecida desde 1934 (Cruickshank, 1934). Dentro dessas alterações, sabe-se que é possível alterar a composição e a proporção dos ácidos graxos da gema, contudo não é possível se alterar a porcentagem de lipídios dos ovos (Oliveira et al., 2001, Souza-Soares and Siewerdt, 2005).



Tanto óleos marinhos quanto vegetais têm sido usados na dieta de aves para o enriquecimento dos ovos. Na natureza, o ômega 3 é predominantemente encontrado em cloroplastos de vegetais de folhas verdes e também em sementes oleaginosas, como a da linhaça (*Linum usitatissimum*), canola (*Brassica napus*), chia (*Salvia hispanica*) e Camelina sativa (Tabela 2) (Cherian and Sim, 1991, Caston et al., 1994, Aymond and Van Elswyk, 1995, Qi and Sim, 1998). Dentre as diferentes fontes de origem vegetal utilizadas, a semente de linhaça é o ingrediente mais comumente utilizado para o enriquecimento de ovos com ômega 3, devido à sua estabilidade e alto conteúdo de ômega 3, dentre outros valores nutritivos, como energia e proteína (Calder, 1998, Pita et al., 2006, Jacobsen et al., 2013). O teor de ômega 3 nos ovos varia conforme o tipo da dieta. Dietas com óleo refinado de canola, linhaça, milho, soja, óleo bruto de salmão e mistura industrial de sardinha e atum resultaram num aumento dos teores de ômega-3 na gema dos ovos em relação à dieta convencional de 2,28%, 9,21%, 1,22%, 2,09%, 4,47%, 4,90%, respectivamente (Pita et al., 2006).

**Tabela 2.** Ácido graxo ômega 3 presente em algumas sementes utilizadas como fonte de alimentação de aves.

Nome comum	$\alpha$ -Linolênico (18:3 n-3) (g/100 g)	Ômega-3 de cadeia longa* (g/100 g)
Linhaça	22.8	0
Perilla	58.0	0
Chia	17.6	0
Óleo de peixe	1.5	36.0
Alga marinha	0.0	11.0

\*EPA+DPA+DHA. Nota: os resultados variam conforme a amostra, cultivares e metodologia de processamento utilizada. Fonte: Jacobsen et al. (2013).

Diferentes fontes de origem marinha também têm sido empregadas para elevar os níveis de ômega 3 nos ovos. Alguns exemplos são farinha de peixe, óleo de peixe e alga (Hargis et al., 1991, Herber and Van Elswyk, 1996, Van Elswyk, 1997, Baucells et al., 2000, Herber-McNeill and Van Elswyk, 1998). O uso de óleo de peixe na alimentação das aves para o aumento de ômega 3 tem sido amplamente reportado (Pita et al., 2006, Jacobsen et al., 2013). A incorporação de gordura marinha resulta em um aumento do conteúdo de ômega 3 de cadeia longa com 20 e 22-C, como EPA, DPA, DHA, enquanto a adição de ômega 3 de origem vegetal conduz para maior enriquecimento do ácido  $\alpha$ -linolênico nos ovos. Devido à habilidade limitada dos humanos em

converter o ácido  $\alpha$ -linolênico em EPA e DHA, que são metabolicamente mais ativos e importantes do que o ácido  $\alpha$ -linolênico, ovos produzidos por aves alimentadas com base em óleo de peixe podem promover uma maior promoção da saúde pelos ácidos graxos da série ômega 3.

Recentemente, a utilização de algas marinhas na dieta de aves tem recebido muita atenção como uma alternativa de suplemento alimentar à produção de ovos enriquecidos com ômega 3 (Cedro et al., 2010, Mendonça Júnior and Pita, 2005). A utilização de algas na alimentação animal ainda é pouco explorada, sendo utilizada como uma alternativa para as dietas animais, para substituir ingredientes de custos elevados ou com riscos de escassez, e enriquecer o produto final (Pelícia et al., 2007). As algas apresentam-se como produtoras primárias de ômega 3, sendo os únicos seres capazes de sintetizar EPA e DHA, enquanto os peixes que se alimentam de algas marinhas são fontes secundárias desse produto (Pita et al., 2006).

Ao comparar uma dieta convencional com a suplementação da ração das aves com óleo de peixe, e substratos de algas marinhas como ingredientes para o enriquecimento de ovos comerciais, Meluzzi et al. (2001) observaram que ambos suplementos da dieta resultaram em maiores valores de ômega 3 nos ovos do que a dieta convencional, e não encontraram diferença significativa entre as duas suplementações no enriquecimento dos ovos com ômega 3. Assim, ficou demonstrado que as algas marinhas podem ser utilizadas na manipulação dos teores de ômega 3 dos ovos através da dieta. Cedro et al. (2011) verificaram enriquecimento com ômega 3 nos ovos postos pelas poedeiras alimentadas com 1.5% de algas marinhas e 1.8% de óleo de peixe em relação à dieta convencional. Os mesmos autores compararam os teores de ácidos graxos das gemas de ovos convencionais e enriquecidos com ômega-3 e a influência desses ácidos graxos nas características físicas dos ovos, e concluíram que os ovos enriquecidos com ômega-3 continham teores mais elevados de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados da série -3 do que ovos convencionais, onde as maiores médias dos ácidos graxos saturados e poliinsaturados da série ômega-6 foram encontradas nos ovos convencionais, e tanto os ovos enriquecidos quanto os convencionais apresentaram características de qualidade interna e externa desejáveis.

### Composição da carne de frango

A seleção da carne de frango tem sido feita principalmente com base em taxas de desempenho e composição corporal ([Berri et al., 2001](#)). A carne de peito tem sido elevada e a gordura abdominal reduzida para satisfazer a demanda da indústria por uma maior lucratividade, e do mercado consumidor pelo comércio de produtos dietéticos ([Kijowski, 1997](#)). A carne de frango é pobre em gorduras e constitui uma rica fonte de proteína de boa qualidade, podendo ser consumida desde que sem pele, por alguém que tenha riscos cardiovasculares, pois contém uma baixa taxa de colesterol. O peito é o pedaço mais magro, e apresenta apenas 2% de lipídios. As gorduras presentes são de boa qualidade, pois são em grande parte gorduras mono e poli não saturadas. A carne de frango é ainda uma fonte indispensável de minerais e vitaminas, como o ferro, uma vez que contém ferro hemínico, que é a forma do ferro mais bem assimilada pelo organismo, e vitaminas do grupo B, principalmente B<sub>2</sub> e B<sub>12</sub>. Essas vitaminas são consideradas indispensáveis no organismo, pois ajudam na síntese de energia a partir dos nutrientes ingeridos ([Venturini et al., 2007](#)).

### Enriquecimento da carne de ave com ômega 3

A quantidade de ômega 3 contida na carne de aves pode ser manipulada facilmente com a inclusão fontes de ácidos graxos poliinsaturados na dieta dos animais ([Hargis and Van Elswyk, 1993](#), [Wood and Enser, 1997](#)).

Estudos sobre métodos de redução do colesterol em carne de aves têm sido pouco explorados. [Beyer and Jensen \(1989\)](#) encontraram uma redução de 17% no colesterol do peito de frangos alimentados com 0.4% de ácido  $\alpha$ -quetoisocaproico (KIC), um produto da transaminação da cadeia ramificada da leucina, sendo que a eficiência alimentar e o ganho desses animais não foram afetados. Aves que receberam suplementação com KIC também apresentaram uma redução de 8.7% no colesterol da pele do peito. Contudo, esse mecanismo de redução ainda é pouco conhecido. Sabe-se que o KIC pode ser reversivelmente transaminado para leucina ou, quando os requerimentos desse aminoácido forem atingidos, ele pode ser catabolizado via degradação da leucina para 3-hidroxi-3-metilglutaril CoA (HMG-CoA). Enquanto HMG-CoA é um precursor do colesterol no citosol, o catabolismo da leucina ocorre na mitocôndria e,

consequentemente, a quebra da leucina resulta em acetoacetato e acetil CoA. Contudo, a estrutura similar do KIC com o HMG-CoA e a presença de KIC exógeno no citosol, uma localização celular incomum, sugere a possibilidade de um inibidor competitivo da KIC (ou um produto metabólico) da HMG-CoA redutase, a enzima limitante da taxa de biossíntese de colesterol ([Beyer and Jensen, 1989](#), [Hargis and Van Elswyk, 1993](#)). Apesar disso, estudos avaliando os efeitos dos ácidos graxos na dieta sobre a manipulação da composição da carne de aves tem sido amplamente realizados. Essa informação não é algo novo. Em 1963, [Marion and Woodroof \(1963\)](#) estudaram os efeitos da dieta com óleo de milho (rico em ácidos graxos poliinsaturados) e gordura animal (rico em ácidos graxos saturados) sobre o perfil dos ácidos graxos da carne de peito, coxas e pele de frangos. Nesse estudo, cada produto analisado apresentou uma composição de ácidos graxos similar aos da dieta. Assim, mais estudos se concentraram sobre a manipulação do perfil dos ácidos graxos na carne.

[Yau et al. \(1991\)](#) avaliaram os efeitos de dietas contendo óleo de cártamo (rico em ácidos graxos poliinsaturados), azeitona (rico em ácidos graxos monoinsaturados) e coco (rico em ácidos graxos saturados) sobre o perfil de ácidos graxos da carne de peito de frangos, onde se concluiu que os níveis dos ácidos graxos na carne do peito de frangos foram manipulados pelo efeito da dieta. Foi encontrado também que o tecido adiposo foi mais sensível do que o tecido muscular a demonstrar a composição da dieta.

O perfil de ácidos graxos do tecido adiposo pode ser manipulado e reflete fielmente o perfil de aminoácidos da dieta, devido aos lipídios não funcionais servirem como tecido de armazenamento ([Smith, 1991](#)). Os ácidos graxos incorporados primariamente no tecido muscular onde desempenham um papel funcional, assim, limitam o aumento no nível de ácidos graxos que podem ser obtidos através da manipulação da dieta. [Smith \(1991\)](#) sugere ainda que mecanismo de proteção celular como a dessaturação dos ácidos graxos adapta-se a alterações na dieta e ajudam a manter os níveis apropriados de ácidos graxos presentes na musculatura. Segundo [Yau et al. \(1991\)](#) apesar de não ser novidade é um dos únicos trabalhos que especificamente adaptou a dieta das aves para manipular específicos ácidos graxos na carne de aves.

A ferramenta de manipulação da dieta para alterar o perfil de ácidos graxos e atingir as recomendações de saúde tem sido o foco de numerosos estudos. Particular atenção tem sido direcionada ao uso de óleos de fonte marinha para a dieta das aves para elevar o conteúdo de ômega 3 na carne. E esse renovado e crescente interesse continua pelos mesmos motivos já previamente citados, a promoção da saúde humana através da redução de doenças cardíacas da coronária ([Leaf and Weber, 1988](#)) e tratamento de doenças inflamatórias como artrite reumatoide ([Barlow and Pike, 1991](#)). [Hulan et al. \(1989\)](#) relataram que uma porção de 100 g de carne de frango previamente alimentados com uma dieta contendo 12% de farinha de peixe marinho contribuiriam com aproximadamente 197 mg de ômega 3 para o consumo médio diário, como comparado aos 138 mg fornecidos por uma porção equivalente de peixe branco. Uma dieta menos enriquecida chega a conter uma média de 1.7 g de ômega 3 diários, dos quais 90 % é ácido linolênico ([Barlow and Pike, 1991](#)). Contudo, tem sido sugerido que o ômega 3 da dieta seja elevado para 3.0 g diários, sendo 1.0 g originados do EPA e DHA ([Barlow and Pike, 1991](#)). Assim, o consumo de produtos avícolas enriquecidos com ômega 3 podem ajudar os consumidores a atingirem a recomendações mínimas diárias ([Hargis and Van Elswyk, 1993](#)).

Investigando os efeitos de enriquecimento comercial de rações de frangos contendo óleos com diferentes perfis de ômega 3, [Miller and Robisch \(1969\)](#) observaram que a deposição de ômega 3 na carne do peito e da coxa dependem das características do perfil dos óleos utilizados. Dietas contendo óleos de peixes marinhos resultaram em maior nível de depósito de EPA e DHA nos tecidos, seguidos de óleos de arenque contendo menos de 8% do total de ômega 3 com 20 carbonos. O óleo de cártamo, predominantemente com ômega 3 de 20 carbonos, ácido linolênico, resultou na menor incorporação de ômega 3 com 20 carbonos. Há também um efeito do tempo de alimentação sobre a deposição de ômega 3 na carne de aves. [Miller and Robisch \(1969\)](#) ao avaliarem os efeitos da suplementação com 2.5% e 5% de óleo de peixes marinhos durante 4, 5, 6 e 8 semanas sobre a deposição de ômega 3 na carne, encontraram que a deposição de ômega 3 aumenta conforme a duração do enriquecimento na dieta. Outros estudos também observaram diferenças na deposição de ômega 3 nos tecidos ([Hulan et al., 1989](#), [Hulan et al., 1988](#), [Huang et al., 1990](#)), sendo que a observação de

deposição preferencial de ácidos graxos ômega 3 na carne, particularmente na carne do peito das aves, podem proporcionar benefícios econômicos, pois o a indústria e o consumidor podem remunerar a produção e comércio desses produtos ([Wiseman, 1990](#)).

### Desafios para o enriquecimento dos alimentos com ômega 3

Muitos trabalhos têm sido realizados no sentido de elevar o conteúdo de ômega 3 na carne e ovos de aves pela dieta desses animais, o que resultou numa maior disponibilidade desse ácido graxo nos produtos comercializados para o consumo humano ([Hulan et al., 1988](#)). Contudo, há alguns desafios a serem superados nessa prática, como a redução da vida útil dos produtos ([Nam et al., 1997](#), [Manilla and Husvéth, 1999](#)) e o efeito negativo que o enriquecimento com ômega parece ter nas qualidades sensoriais da carne de aves ([Leskanich and Noble, 1997](#), [Neudoerffer and Lea, 1967](#), [Hargis and Van Elswyk, 1993](#), [Gonzalez-Esquerria and Leeson, 2000](#)).

Os lipídios insaturados são susceptíveis a sofrerem oxidação para produzir peróxidos e aldeídos, que são responsáveis pela redução na vida de prateleira, que em carne de aves é frequentemente associada com o maior teor de ácidos graxos poliinsaturados ([Leskanich and Noble, 1997](#), [Manilla and Husvéth, 1999](#)). A estabilidade à oxidação de lipídios insaturados diminui à medida que aumenta o grau de insaturação, e assim, a carne de aves enriquecida com ácidos graxos poli-insaturados é mais susceptível à oxidação ([Rymer and Givens, 2005](#), [Meynier et al., 1999](#)).

Nessa equação, fica evidente que a carne de aves com uma concentração mais elevada de  $\alpha$ -linolênico em comparação ao linoleico será mais susceptível à oxidação, e também que a carne de aves com uma maior concentração de EPA e DHA será particularmente mais susceptível ao dano oxidativo. O equilíbrio de compostos voláteis produzidos a partir da quebra oxidativa dos ácidos graxos da série do ômega 3 produz o aroma de peixe e sabor desagradável, que é característica de carne de aves enriquecidas com ácidos graxos poliinsaturados ([Neudoerffer and Lea, 1967](#), [Meynier et al., 1999](#), [O'Keefe et al., 1995](#)). Contudo, caso o processo de oxidação possa ser limitado ou interrompido, a carne deve permanecer em condições adequadas e aceitáveis para consumo humano ([Rymer and Givens, 2005](#)).

[Moran \(1996\)](#) afirma que a composição dos ácidos graxos na gordura de tecidos magros tem um efeito mínimo sobre as qualidades organolépticas das carnes, uma vez que os produtos da peroxidação tenham sido eliminados.

Para evitar esse efeito indesejável, podem ser adicionados à dieta antioxidantes sintéticos, como BHA ou BHT, com a função de ajudar a prevenir a oxidação dos lipídios dietéticos insaturados, pelo menos antes do consumo. Pequenas quantidades destes antioxidantes podem ser encontradas nos de origem avícola ([Asghar et al., 1989](#)), reduzindo assim, a taxa de oxidação dos lipídios ([Asghar et al., 1989](#), [Lin et al., 1989](#)). Contudo, em taxas de inclusão menores (0,05 g/kg em comparação com 0,8 g/kg), a ação protetora do BHT não se estende para a carne ([Sheehy et al., 1993](#)). Outra alternativa é o uso de  $\alpha$ -tocoferol. Seu uso como um antioxidante é eficaz na redução da oxidação de lipídios insaturados na carne, prevenindo ou retardando o aparecimento de sabores estranhos ([O'Keefe et al., 1995](#), [Nam et al., 1997](#)). Aparentemente, há ainda uma ação protetora dos ácidos graxos nos tecidos ([Jahan et al., 2004](#)). Para obtenção dessa ação, é necessário suplementar a dieta das aves com  $\alpha$ -tocoferol além das suas necessidades nutricionais, e assim, obter-se um meio eficaz de aumentar a estabilidade oxidativa e aceitabilidade sensorial de produtos avícolas enriquecidos com ômega 3 ([O'Keefe et al., 1995](#), [Nam et al., 1997](#), [Jahan et al., 2004](#)).

### Conclusão

O enriquecimento dos produtos avícolas, carne e ovos, com ácidos graxos da série ômega 3 através da dieta das aves é uma alternativa de produção. Contudo, há ainda desafios em sua produção, como a viabilidade econômica e manter as mesmas propriedades organolépticas destes produtos, a fim de evitar a redução na vida de prateleira dos produtos enriquecidos comercializados.

### Referências bibliográficas

- Albert, C. M., Hennekens, C. H., O'Donnell, C. J., Ajani, U. A., Carey, V. J., Willett, W. C., Ruskin, J. N. & Manson, J. E. 1998. Fish consumption and risk of sudden cardiac death. *Jama*, 279, 23-28.
- Arihara, K. 2004. Functional foods. *Encyclopedia of Meat Sciences*. Academic Press.
- Asghar, A., Lin, C. F., Gray, J. I., Buckley, D. J., Booren, A. M., Crackel, R. L. & Flegal, C. J. 1989. Influence of oxidised dietary oil and antioxidant supplementation on membrane-bound lipid stability in broiler meat. *British Poultry Science*, 30, 815-823.
- Aymond, W. M. & Van Elswyk, M. E. 1995. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. *Poultry Science*, 74, 1388-1394.
- Bang, H. O. & Dyerberg, J. 1972. Plasma lipids and lipoproteins in Greenlandic west coast Eskimos. *Acta Medica Scandinavica*, 192, 85-94.
- Bang, H. O. & Dyerberg, J. 1980. Lipid metabolism and ischemic heart disease in Greenland Eskimos. In: Drapper, H. H. (ed.) *Advances in nutritional research*. Springer, Nova Iorque.
- Barlow, S. & Pike, I. H. 1991. Humans and animals benefit from omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Feedstuffs*, 63, 18-26.
- Barlow, S. M., Young, F. V. K. & Duthie, I. F. 1990. Nutritional recommendations for n-3 polyunsaturated fatty acids and the challenge to the food industry. *Proceedings of the Nutrition Society*, 49, 13-21.
- Baucells, M. D., Crespo, N., Barroeta, A. C., Lopez-Ferrer, S. & Grashorn, M. A. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science*, 79, 51-59.
- Berri, C., Wacrenier, N., Millet, N. & Le Bihan-Duval, E. 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poultry Science*, 80, 833-838.
- Beyer, R. S. & Jensen, L. S. 1989. Tissue cholesterol levels and performance of chickens fed ketolsocaroic add. *Federation of American Societies for Experimental Biology Journal*, 3, 1258.
- Calder, P. C. 1998. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 31, 467-490.
- Caston, L. J., Squires, E. J. & Leeson, S. 1994. Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. *Canadian Journal of Animal Science*, 74, 347-353.



- Cedro, T. M. M., Calixto, F. L. F., Gaspar, A. & Agostinho, T. S. P. 2011. Proporções entre ácidos graxos poliinsaturados em ovos comerciais convencionais e enriquecidos com ômega-3. *Ciência Rural*, 41, 706-711.
- 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*, 39, 1733-1739.
- Cherian, G. & Sim, J. S. 1991. Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poultry Science*, 70, 917-922.
- Crawford, M. A., Doyle, W., Drury, P., Lennon, A., Costeloe, K. & Leighfield, M. 1989. n-6 and n-3 fatty acids during early human development. *Journal of Internal Medicine*, 225, 159-169.
- Cruickshank, E. M. 1934. Studies in fat metabolism in the flow as affected by the ingestion of fats. *Biochemistry Journal*, 28, 965-977.
- Garcia, D. J. 1998. Omega-3 long-chain PUFA nutraceuticals. *Food Technology*, 52, 44-49.
- Gonzalez-Esquerria, R. & Leeson, S. 2000. Effects of menhaden oil and flaxseed in broiler diets on sensory quality and lipid composition of poultry meat. *British Poultry Science*, 41, 481-488.
- Hargis, P. S. & Van Elswyk, M. E. 1993. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World's Poultry Science Journal*, 49, 251-264.
- Hargis, P. S., Van Elswyk, M. E. & Hargis, B. M. 1991. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Science*, 70, 874-883.
- Herber-McNeill, S. M. & Van Elswyk, M. E. 1998. Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. *Poultry Science*, 77, 493-496.
- Herber, S. M. & Van Elswyk, M. E. 1996. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Science*, 75, 1501-1507.
- Hocquette, J. F., Richardson, R. I., Prache, S., Medale, F., Duffy, G. & Scollan, N. D. 2005. The future trends for research on quality and safety of animal products. *Italian Journal of Animal Science*, 4, 49-72.
- Hornstra, G. 2001. Importance of polyunsaturated fatty acids of the n-6 and n-3 families for early human development. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, 379-389.
- Huang, Z., Leibovitz, H., Lee, C. M. & Millar, R. 1990. Effect of dietary fish oil on omega-3 fatty acid levels in chicken eggs and thigh flesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, 743-747.
- Hulan, H. W., Ackman, R. G., Ratnayake, W. M. N. & Proudfoot, F. G. 1989. Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. *Poultry Science*, 68, 153-162.
- Hulan, H. W., Proudfoot, F. G., Ackman, R. G. & Ratnayake, W. M. N. 1988. Omega-3 fatty acid levels and performance of broiler chickens fed redfish meal or redfish oil. *Canadian Journal of Animal Science*, 68, 533-547.
- Jacobsen, C., Nielsen, N. S., Horn, A. F. & Sørensen, A.-D. M. 2013. *Food enrichment with omega-3 fatty acids*. Elsevier, Cambridge.
- Jahan, K., Paterson, A. & Spickett, C. M. 2004. Fatty acid composition, antioxidants and lipid oxidation in chicken breasts from different production regimes. *International Journal of Food Science & Technology*, 39, 443-453.
- Kijowski, J. 1997. The issues of poultry meat and egg quality at the European symposia in Poznan. *Proceedings of the 13th European Symposium on the Quality of Poultry Meat*. Poznan, Polande.
- Kromhout, D., Bosschieter, E. B. & Coulander, C. 1985. The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. *New England Journal of Medicine*, 312, 1205-1209.
- Kwak, N. & Jukes, D. J. 2001. Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept. *Food Control*, 12, 99-107.
- Leaf, A. & Weber, P. C. 1988. Cardiovascular effects of n-3 fatty acids. *New England Journal of Medicine*, 318, 549-557.
- Lee, J. H., O'Keefe, J. H., Lavie, C. J., Marchioli, R. & Harris, W. S. 2008. Omega-3 fatty acids for cardioprotection. *Mayo Clinic Proceedings*. Elsevier.

- Leskanich, C. O. & Noble, R. C. 1997. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid composition of avian eggs and meat. *World's Poultry Science Journal*, 53, 155-183.
- Lin, C. F., Asghar, A., Gray, J. I., Buckley, D. J., Booren, A. M., Crackel, R. L. & Flegal, C. J. 1989. Effects of oxidised dietary oil and antioxidant supplementation on broiler growth and meat stability. *British Poultry Science*, 30, 855-864.
- Madsen, L., Rustan, A. C., Vaagenes, H., Berge, K., Dyrøy, E. & Berge, R. K. 1999. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid affect mitochondrial and peroxisomal fatty acid oxidation in relation to substrate preference. *Lipids*, 34, 951-963.
- Manilla, H. A. & Husvéth, F. 1999. N-3 fatty acid enrichment and oxidative stability of broiler chicken (A review). *Acta Alimentaria*, 28, 235-249.
- Marion, J. E. & Woodroof, J. G. 1963. The fatty acid composition of breast, thigh, and skin tissues of chicken broilers as influenced by dietary fats. *Poultry Science*, 42, 1202-1207.
- Mendonça Júnior, C. X. & Pita, M. C. G. 2005. O ovo como via de eliminação do colesterol. In: Palermo Neto, J., Spinosa, H. S. & Górnaiak, S. L. (eds.) *Farmacologia aplicada à avicultura-boas práticas de manejo de medicamentos*. São Paulo, (Ed.) Roca. Roca, São Paulo.
- Meynier, A., Genot, C. & Gandemer, G. 1999. Oxidation of muscle phospholipids in relation to their fatty acid composition with emphasis on volatile compounds†. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 797-804.
- Miller, D. & Robisch, P. 1969. Comparative effect of herring, menhaden, and safflower oils on broiler tissues fatty acid composition and flavor. *Poultry Science*, 48, 2146-2157.
- Moran, E. T. 1996. Fat modification of animal products for human consumption. *Animal Feed Science and Technology*, 58, 91-99.
- Moreira, F. B. & Prado, I. N. 2004. Uso de ácidos ômega 3 e ômega 6 sobre a produção e qualidade da carne e leite de ruminantes. In: Prado, I. N. (ed.) *Conceitos sobre a produção com qualidade de carne e leite*. Eduem, Maringá, Paraná.
- Nam, K.-T., Lee, H.-A., Min, B.-S. & Kang, C.-W. 1997. Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin E on fatty acids,  $\alpha$ -tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 66, 149-158.
- Nettleton, J. A. 1991. Omega-3 fatty acids: comparison of plant and seafood sources in human nutrition. *Journal of the American Dietetic Association*, 91, 331-337.
- Neudoerffer, T. S. & Lea, C. H. 1967. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on the composition of the individual lipids of turkey breast and leg muscle. *British Journal of Nutrition*, 21, 691-714.
- Novello, D., Ost, P. R., Fonseca, R. A., Neumann, M., Franco, S. G. & Quintiliano, D. A. 2008. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia-branca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1660-1668.
- O'Keefe, S. F., Proudfoot, F. G. & Ackman, R. G. 1995. Lipid oxidation in meats of omega-3 fatty acid-enriched broiler chickens. *Food Research International*, 28, 417-424.
- Oliveira, B. L., Valle, R. H. P., Bressan, M. C. & Carvalho, E. P. 2001. *Tecnologia de ovos*. Universidade Federal de Lavras - FAEPE, Lavras, Minas Gerais.
- Palermo Neto, J., Spinosa, H. S. & Górnaiak, S. L. 2005. *Farmacologia aplicada à avicultura*. Editora Roca, São Paulo.
- Pelícia, K., Garcia, E. A., Scherer, M. R. S., Móri, C., Dalanezi, J. A., Faitarone, A. B. G., Molino, A. B. & Berto, D. A. 2007. Alternative calcium source effects on commercial egg production and quality. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 9, 105-109.
- Pita, M. C., Piber Neto, E., Carvalho, P. R. & Mendonca 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*, 58, 925-931.
- Qi, G. H. & Sim, J. S. 1998. Natural tocopherol enrichment and its effect in n-3 fatty acid modified chicken eggs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 1920-1926.
- Ribeiro, B. R., Lara, L. J., Baião, N. C., Lopez, C. A., Fiuza, M. A., Cançado, S. V. & Silva, G.

- M. 2007. Efeito do nível de ácido linoléico na ração de matrizes pesadas sobre o peso, composição e eclosão dos ovos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59, 789-796.
- Rotta, P. P., Prado, R. M., Prado, I. N., Valero, M. V., Visentainer, J. V. & Silva, R. R. 2009. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22, 1718-1734.
- Rymer, C. & Givens, D., I. 2005. n-3 fatty acid enrichment of edible tissue of poultry: a review. *Lipids*, 40, 121-130.
- Sheehy, P. J. A., Morrissey, P. A. & Flynn, A. 1993. Influence of heated vegetable oils and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on  $\alpha$ -tocopherol, fatty acids and lipid peroxidation in chicken muscle. *British Poultry Science*, 34, 367-381.
- Sim, J. S. 1998. Designer eggs and their nutritional and functional significance. *The Return of w3 Fatty Acids into the Food Supply*. Karger Publishers.
- Simopoulos, A. P. & Salem, N. 1996. Fatty acids and lipids from cell biology to human disease. *Lipids*, 31, S-1-S-326.
- Sinclair, H. M. 1953. The diet of canadian indians and eskimos. *Proceedings of the Nutrition Society*, 12, 69-82.
- Smith, S. B. 1991. Dietary modification for altering fat composition of meat. *Fats and Cholesterol Reduced Foods*.(ed MCE Haberstroh C.), 1, 75.
- Souza-Soares, L. A. & Siewerdt, F. 2005. *Aves e ovos*. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Togashi, C. K., Fonseca, J. B., Soares, R. T. R. N., Gaspar, A. & Detmann, E. 2007. Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 2063-2068.
- Uauy, R. & Valenzuela, A. 2000. Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. *Nutrition*, 16, 680-684.
- Van Elswyk, M. E. 1997. Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *British Journal of Nutrition*, 78, S61-S69.
- Venturini, K. S., Sarcinelli, M. F. & Silva, L. 2007. *Características da carne de frango*. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Walzem, R. L., Hansen, R. J., Williams, D. L. & Hamilton, R. L. 1999. Estrogen induction of VLDL<sub>2</sub> assembly in egg-laying hens. *The Journal of Nutrition*, 129, 467S-472S.
- Wiseman, J. 1990. Broiler production: market trends, meat quality and nutrition in the light of changing consumer requirements. *Biotechnology in the Feed Industry*, 119-134.
- Wood, J. D. & Enser, M. 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78, S49-S60.
- Yau, J. C., Denton, J. H., Bailey, C. A. & Sams, A. R. 1991. Customizing the fatty acid content of broiler tissues. *Poultry Science*, 70, 167-172.

**Article History:**

Received 11 November 2016

Accepted 13 December 2016

Available on line 25 January 2017

**License information:** This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.