

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
Departamento de Medicina Veterinária Preventiva
Curso de Especialização em Produção, Tecnologia e Higiene de Alimentos de Origem
Animal

**O ENRIQUECIMENTO DA CARNE DE AVES COM ÁCIDOS GRAXOS POLI-
INSATURADOS n-3**

MAITÊ DE MORAES VIEIRA

Porto Alegre

2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
Departamento de Medicina Veterinária Preventiva
Curso de Especialização em Produção, Tecnologia e Higiene de Alimentos de Origem
Animal**

**O ENRIQUECIMENTO DA CARNE DE AVES COM ÁCIDOS GRAXOS POLI-
INSATURADOS n-3**

Autor: Maitê de Moraes Vieira

Orientador: Susana Cardoso

**Monografia apresentada à
Faculdade de Veterinária como
requisito parcial para obtenção
do título de Especialista em
Produção, Tecnologia e Higiene
de Alimentos de Origem Animal**

PORTO ALEGRE

2006

V657e Vieira, Maitê de Moraes

O enriquecimento da carne de aves com ácidos graxos poli-insaturados n-3 / Maitê de Moraes Vieira - Porto Alegre: UFRGS, 2006.

28 f.; il. – Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Curso de Especialização em Produção, Tecnologia e Higiene de Alimentos de Origem Animal, Porto Alegre, BR-RS, 2006. Susana Cardoso, Orient.

1. Carne de frango 2. Ácidos graxos 3. Alimentos enriquecidos I. Cardoso, Susana, Orient. II. Título

RESUMO

Atualmente, há um grande interesse na ingestão de ácidos graxos poli-insaturados n-3 (PUFA n-3) para preservar e manter a saúde humana. Os ácidos graxos poli-insaturados da série n-3, bem como os ácidos graxos poli-insaturados da série n-6 são conhecidos como essenciais na dieta dos humanos. Devido aos efeitos benéficos na saúde que os PUFAS n-3 têm demonstrado, existe um esforço para enriquecer produtos de origem animal usando várias fontes destes ácidos graxos, tais como linhaça, canola e óleos de peixe. O óleo de linhaça é rico em ácido linolênico, precursor destes ácidos graxos. A indústria de aves tem sido responsável na procura de nova tecnologia para enriquecimento de produtos avícolas conservando seu valor alimentício tradicional. Os avanços nutrição animal tem contribuído para a incorporação de ácidos graxos poli-insaturados n-3 na carne de aves. O ácido alfa-linolênico (alfa-LNA, 18:3, n-3) pode ser metabolicamente convertido nos ácidos docosahexaenóico (DHA, 22:6, n-3) e eicosapentaenóico (EPA, 20:5, n-3); não obstante, as enzimas envolvidas nesta conversão são comuns na via da alongação e dessaturação do ácido linoléico e a competição com os ácidos graxos n-6 reduziria a quantidade de LNA convertido. Portanto, é recomendada a redução dos n-6 quando os n-3 são aumentados na dieta de adultos e de recém-nascidos, para um metabolismo cardiovascular e um funcionamento cerebral adequados. A carne de aves é bastante susceptível à oxidação lipídica (rancidez), uma das principais causas de deterioração dessa carne, portanto é necessário o uso de antioxidantes em forma concomitante à fonte de PUFAS n-3. Pode-se desta maneira eliminar ou minimizar os problemas ocasionados pela oxidação, entre eles a diminuição da vida de prateleira, desenvolvimento de sabores e odores indesejáveis, afetando o valor nutritivo do alimento e também a segurança do consumidor. O desenvolvimento de uma variedade de alimentos enriquecidos em PUFAS n-3 permite o aumento no consumo na dieta destes ácidos com pequena mudança dos hábitos dietéticos. No entanto a necessidade de desenvolver-se pesquisas para a avaliação nutricional dos vários produtos, sendo essencial estabelecer o nível de segurança dos alimentos enriquecidos, considerando os possíveis efeitos adversos que podem ocorrer nos nutrientes, devido à mudanças estruturais, como também a necessidade de obter uma proporção n-6/n-3 apropriada na composição dos alimentos.

Palavras-Chave: carne de frango, ácidos graxos, alimentos enriquecidos.

ABSTRACT

Currently, it has a great interest in the ingestion of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA n-3) to preserve and to keep the health human being. The polyunsaturated fatty acids of series n-3 and polyunsaturated fatty acids of series n-6 are know as essential in diet of the humans. Had to the beneficial effect in the health that the PUFAS n-3 have demonstrated, an effort exists to enrich products of animal origin using some acid sources of these fatty acids, as well as linseed, canola and fish oil. The oil of linseed is rich in linoleic acid, pionner of this fatty acids. The poultry industry have been responsible in the search of new technology for the enrichment of avian products conserving yours traditional nutritive value. The advancement of animal nutrition cooperate for the incorporation of n-3 polyunsaturated fatty acids in the meat chicken. The alpha-linolenic acid (apha-LNA, 18:3, n-3) it may be convert in docosahexaenoic acid (DHA, 22:6, n-3) e eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5, n-3); spite of, enzymes involved in conversion are usual in the pathway of elongation e dessaturation of linolenic acid and the competition with n-6 fatty acids decrease quantity of LNA convert. However, is recommend a reduction of the n-6 fatty acids when the n-3 fatty acids are increasing in the diet of adults and newborn, for an cardiovascular metabolism and a appropriate cerebral function. The chicken meat is susceptible lipid oxidation (rancid), one of the main causes of deterioration of this meat, therefore the antioxidants use is necessary in concomitant form to the source n-3 PUFAS. Can in this way be eliminated or be minimized the problems caused for the oxidation, between them the reduction of the shelf-life, undesirable development of flavors and odors, affecting the nutritional value of the food and also the security of the consumer. The development of a variety of foods enriched in PUFAS n-3 allows the increase in the consumption in the diet of these acid ones with small change of the dietary habits. However the necessity to develop research for the nutritional evaluation of the some products, being essential to establish the level of security of enriched foods, considering the possible adverse effect that can occur in the nutrients, due to structural changes, as also the necessity to get an appropriate ratio n-6/n-3 in the composition of foods.

Key Words: chicken meat, fatty acids, enrichment food

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	Importância dos Lipídeos.....	8
2.2	Ácidos Graxos Essenciais.....	10
2.3	Ácidos Graxos Polinsaturados n-3 na saúde e na doença.....	12
2.4	Oxidação Lipídica em Carnes.....	13
2.5	Alimentos Enriquecidos com Ácidos Graxos Poli-insaturados n-3.....	15
2.6	Carne de Aves Enriquecida com PUFAS n-3.....	17
3	DISCUSSÃO	21
4	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

Os ácidos graxos poli-insaturados (PUFAS) da série n-3, bem como os da série n-6 são conhecidos como essenciais na dieta dos humanos. Eles influenciam no metabolismo dos eicosanóides, na expressão genética e na comunicação intercelular. O ácido alfa-linolênico (LNA, 18:3, n-3), representante da série n-3, é encontrado em quantidades apreciáveis em sementes oleaginosas como canola, soja e linhaça. O LNA pode ser convertido nos ácidos docosahexanóico (DHA, 22:6, n-3) e eicosapentaenóico (EPA, 20:5, n-3). Esse processo metabólico é mediado por enzimas chamadas elongases e dessaturases, as quais participam na formação dos PUFAS, n-3 e n-6, resultando em uma competição metabólica entre os dois grupos. Portanto é necessário um equilíbrio entre o aporte dos dois ácidos graxos através da dieta.

Os alimentos funcionais são alimentos naturais ou produtos alimentícios elaborados que podem providenciar um benefício para a saúde humana além dos nutrientes tradicionais contidos nele. Os alimentos enriquecidos com PUFAS n-3 podem influenciar positivamente na saúde humana através da prevenção de doenças cardiovasculares e crônicas degenerativas e também promovendo uma melhor saúde mental. Atualmente há muitos produtos no mercado enriquecidos com PUFAS n-3 entre eles: óleos ricos em ácido alfa-linolênico (canola, linhaça, soja); farinha de linhaça e óleo de peixe encapsulado (pães, cereais matinais, bolachas); margarina; leite; carnes e ovos. A incorporação de PUFAS n-3 não é simples em função da susceptibilidade à oxidação podendo formar radicais livres e ter um efeito pró-oxidativo significativo levando à depleção da vitamina E e aumento dos produtos de oxidação.

A nutrição animal tem contribuído para a incorporação de ácidos graxos poli-insaturados n-3 na carne de aves. Devido aos efeitos na saúde que os PUFAS n-3 da dieta têm demonstrado, existe um esforço considerável para enriquecer produtos de origem animal usando várias fontes destes ácidos graxos, tais como linhaça, canola, óleos de peixe. A indústria de aves em particular, tem sido bastante responsável na procura de novas tecnologias para enriquecimento de produtos conservando seu valor alimentício tradicional. Os tecidos de aves alimentadas com semente de linhaça apresentam elevados teores de PUFAS n-3, sendo estes uma fonte alternativa destes ácidos graxos para consumo humano.

A carne de aves contém normalmente mais PUFAS que a carne vermelha, sendo mais suscetível à oxidação lipídica (rancidez), uma das principais causas de deterioração da carne. Com o objetivo de reduzir a taxa de oxidação lipídica é necessário o uso de antioxidantes em forma concomitante à fonte de PUFAS n-3. Pode-se desta maneira eliminar ou minimizar os problemas ocasionados pela oxidação, entre eles a diminuição da vida de prateleira, desenvolvimento de sabores e odores indesejáveis, afetando o valor nutritivo do alimento e também a segurança do consumidor. Sabe-se que os produtos da oxidação lipídica são tóxicos podendo levar a danos nos tecidos biológicos, portanto, cabe indicar que é necessário considerar a estabilidade oxidativa das carnes de aves enriquecidas com PUFAS n-3, a qual pode ser alcançada através da utilização de antioxidantes sintéticos ou naturais na dieta das aves.

O desenvolvimento de uma variedade de alimentos enriquecidos em PUFAS n-3 permite o aumento no consumo na dieta destes ácidos com pequena mudança dos hábitos dietéticos. No entanto a necessidade de desenvolver pesquisas para a avaliação nutricional dos vários produtos, sendo essencial estabelecer a segurança dos alimentos considerando os possíveis efeitos adversos que podem ocorrer nos nutrientes devido a mudanças estruturais, como também a necessidade de obter uma proporção n-3/n-6 apropriada na composição dos alimentos.

O presente trabalho tem como principal objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre o enriquecimento de carne de aves com ácidos graxos poli-insaturados n-3 e sua importância no contexto atual.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A alimentação saudável está em pauta mais do que nunca no mundo todo. Dentro do possível, as pessoas buscam consumir alimentos que preservem sua saúde e aumentem sua longevidade.

Ao longo dos anos, diversas pesquisas têm sido realizadas para elucidar as verdades sobre os componentes alimentares. A real função dos lipídeos no organismo e a necessidade dos ácidos graxos como componentes da dieta são cada vez mais conhecidos. No entanto nem todos os questionamentos estão esclarecidos, a busca por novas respostas é o que norteia essa revisão.

2.1 Importância dos Lipídeos

Os lipídeos são um grupo heterogêneo de moléculas orgânicas insolúveis em água (hidrofóbicas) que podem ser extraídas de tecidos por solventes apolares. As classes de lipídeos incluem triacilglicerol, fosfolipídeos, esfingolipídeos, vitaminas A,D,E,K, esteróides, glicolipídeos e ácidos graxos. Devido à sua insolubilidade em soluções aquosas, os lipídeos corporais geralmente são encontrados compartimentalizados, associados às membranas. Os lipídeos são fonte de energia para o corpo e também fornecem a barreira hidrofóbica que permite a partição do conteúdo aquoso das células e estruturas subcelulares (CHAMPE e HARVEY, 1997).

Os lipídeos possuem um número grande de funções, entre elas: energética - os lipídeos provêm uma energia de nove calorias por grama, são armazenados pelo corpo, principalmente como triglicerídeos, até sua utilização; estrutural - os lipídeos são um dos principais componentes das membranas celulares e são vitais para manter a integridade celular, forma, flexibilidade e permeabilidade; processos fisiológicos - as prostaglandinas e os hormônios esteróides desempenham papéis importantes na homeostase do corpo, os lipídeos estão diretamente envolvidos na produção de eicosanóides e participam na manutenção da parede vascular e nas respostas imunes; vitaminas - algumas vitaminas possuem funções reguladoras ou de coenzimas e a gordura da dieta é necessária para a absorção de vitaminas lipossolúveis e

palatabilidade - proporcionam aos alimentos sabor, odor e textura, além de darem a sensação de saciedade (CHAMPE e HARVEY, 1997).

Quimicamente, os lipídeos são misturas de glicerídeos que, por sua vez, são estruturas formadas pela associação química entre o glicerol e uma, duas ou três moléculas de ácidos graxos. A maior parte dos lipídeos contém uma ou mais moléculas de ácidos graxos como parte da sua estrutura química básica. Os ácidos graxos são formados de uma cadeia hidrocarbonada, variando no comprimento, de 2 a 20 ou mais átomos de carbono, com um grupo carboxílico (HO-C=O) a um extremo da cadeia e um grupo metílico (CH₃) no outro. Os ácidos graxos mais comuns nos alimentos consistem em um número par de átomos de carbono, variando de 12 a 22 carbonos, se bem que, ácidos graxos mais curtos, mais compridos ou com um número ímpar de carbonos têm sido identificados em alimentos preparados (CHAMPE e HARVEY, 1997).

Os ácidos graxos são, freqüentemente, nomeados em forma abreviada de acordo com suas estruturas químicas e são classificados como saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, dependendo do número de duplas ligações (GÓMEZ, 2003). A principal fonte não animal de ácidos graxos monoinsaturados incluem óleo de oliva, canola e nozes. Ambos, óleo de canola e nozes são também importantes fontes de ácidos graxos poli-insaturados (HU, *et al.*, 2001)

Os ácidos graxos insaturados, linoléico (C18:2), linolênico (C18:3) e araquidônico (C20:4) parecem ser essenciais. Eles são constituintes necessários das paredes celulares, das mitocôndrias e de outros sítios metabólicos intensamente ativos. Enquanto o corpo pode produzir ácido oléico, de precursores saturados, ele não pode produzir, prontamente, qualquer um dos ácidos graxos acima denominados, a menos que uma fonte deles esteja disponível na dieta. Os ácidos graxos oléico, linoléico e linolênico são referidos como as séries n-9, n-6 e n-3, respectivamente. O ácido linoléico é abundante no óleos vegetais (como os óleos de soja e milho) e sua concentração na carne é de, aproximadamente, 20 vezes maior. O ácido linolênico, é encontrado em quantidades apreciáveis em sementes oleaginosas como canola, soja e linhaça (LAWRIE, 2005).

Contudo, tanto nos vegetais (algas, microalgas, fitoplâncton), quanto nos animais de origem marinha (peixes, crustáceos), encontram-se outros ácidos graxos com maior número de carbonos e com maior quantidade de duplas ligações, que também pertencem à série n-3. São os chamados ácidos graxos de cadeia muito longa (superior a 18 carbonos) LCPUFA (do inglês “long chain polyunsaturated fatty acids”), eles são o ácido eicosapentaenóico (EPA, C20: 5, n-3) e o ácido docosahexaenóico (DHA, C22: 6, n-3). Muitas plantas marinhas, especialmente algas unicelulares no fitoplâncton, também realizam a elongação da cadeia e adicional dessaturação do ácido linolênico para produzir os ácidos EPA e DHA. A formação desses LCPUFA n-3 pelas algas marinhas e sua transferência através da cadeia alimentar aos peixes explica a abundância deles em alguns óleos de peixe de origem marinha (SARGENT, 1997).

Os ácidos EPA, DHA e araquidônico, por atuarem como precursores dos eicosanóides, prevenindo doenças degenerativas, patologias cardiovasculares e doenças epidemiológicas, necessitam ser ingeridos de forma balanceada em toda faixa etária da vida do ser humano. Uma das formas de garantir esse efeito preventivo é mediante a ingestão balanceada de carnes que possuem porcentagens apreciáveis destes ácidos graxos de cadeia longa (RUIZI, *et al.* 2005).

2.2 Ácidos Graxos Essenciais

Os ácidos graxos linoléico e linolênico são precursores dos ácidos graxos poli-insaturados (PUFAS) das séries n-6 e n-3 de cadeia mais longa, respectivamente. Estes ácidos não podendo ser biosintetizados em animais, incluindo o homem, e sendo necessários para a saúde, são considerados essenciais. No entanto, uma vez consumidos, os ácidos linoléico e linolênico podem ser elongados até cadeias de pelo menos 20 ou 22 carbonos. O ácido linoléico pode ser metabolizado em outros ácidos graxos n-6, incluindo os ácidos linolênico, dihomolinalinolênico e araquidônico. O ácido linolênico é metabolizado em outros da série n-3, entre eles EPA e DHA. Este processo metabólico é mediado pelas enzimas chamadas elongases e dessaturases, as quais participam na formação dos PUFAS, n-6 e n-3, resultando em uma competição metabólica entre os dois grupos (SARGENT, 1997). A conversão de ácido alfa-

linolênico para EPA é satisfatoriamente rápida e medida poucos dias depois da ingestão do ácido linolênico na dieta e consiste de dessaturação, alongação e outra dessaturação, tendo como taxa-limite, a existência da enzima delta-6-dessaturase nas duas etapas de dessaturação (CONNOR, 1999).

Os ácidos graxos n-6 e n-3 influenciam no metabolismo dos eicosanóides, na expressão genética e na comunicação intercelular. A composição dos PUFAS das membranas celulares depende, em grande dimensão, da quantidade ingerida na dieta. Portanto, é necessário considerar as recomendações das quantidades apropriadas para o consumo diário destes ácidos graxos. As duas classes de PUFA devem ser bem diferenciadas, pois são metabolicamente diferentes e possuem funções fisiológicas opostas, deste modo o equilíbrio nutricional é importante para se conseguir a homeostase e desenvolvimento normal do organismo (GÓMEZ, 2003).

Considerando que os ácidos graxos da série n-6 e n-3 podem influenciar uma variedade ampla de funções biológicas, devido à associação dos mesmos na incorporação ou formação de parte das membranas celulares e serem essenciais para o crescimento e funcionamento do organismo humano, é necessário determinar as recomendações nutricionais relativas ao consumo destes ácidos graxos na dieta. Portanto, tem sido muito discutido por importantes grupos de estudo sobre o consumo diário necessário destes ácidos graxos. Assim, baseado no informe de um Comitê Internacional de Especialistas realizado em Maryland (1999), SIMOPOULOS *et al.* (2000), destacaram uma recomendação na importância de reduzir os PUFA n-6, ainda que os PUFA n-3 sejam aumentados na dieta de adultos e recém-nascidos visando à saúde, funcionamento mental e cardiovascular adequados. Isto é necessário para reduzir os efeitos adversos do excesso do ácido araquidônico e seus produtos eicosanóides. Tal excesso pode ocorrer quando muito ácido linoléico e araquidônico estão presentes na dieta junto com um inadequado fornecimento de n-3.

A relação de ácidos graxos n-6/n-3 pode ter aumentado na sociedade industrializada devido ao consumo de óleos vegetais ricos em ácido graxos n-6, isto é, ácido linoléico e redução do consumo de alimentos ricos em PUFAS n-3 (CONNOR, 2000). Portanto,

acrescentando na dieta PUFA n-3 e diminuindo certos óleos vegetais com alto conteúdo de linoléico, pode se obter uma melhora na proporção n-6/n-3. Para esse efeito benéfico, a linhaça, como também outras importantes fontes de ácido linolênico (ex. óleos de canola e soja não hidrogenados e nozes) podem ser incorporadas numa dieta saudável (CONNOR, 1999). Para determinar uma referência da quantidade ingerida na dieta (DRI - do inglês "Dietary Reference Intakes"), não se tem dados suficientes, mas, sim para fazer recomendações da ingestão adequada (AI - do inglês Adequate Intakes). Desta maneira, as recomendações estão ao redor de uma proporção de ácidos graxos ômega 6/ômega 3, desde 5:1 até 10:1 (SIMOPOULOS *et al.*; 2000).

2.3 Ácidos Graxos Poli-insaturados n-3 na saúde e na doença

Nos últimos anos, muitos estudos e investigações clínicas têm sido realizadas sobre o metabolismo dos PUFA em geral e sobre os ácidos graxos n-3 (de fontes marinhas e de plantas), em particular. Atualmente, sabe-se que estes apresentam um papel importante no organismo e efeito benéfico na prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, arteriosclerose, trombose, hipertrigliceridemia, hipertensão e outros problemas inflamatórios (WISEMAN, 1997).

A alimentação com PUFAS tem efeito sobre diversos processos fisiológicos e tendo grande impacto na saúde normal e doenças crônicas, assim como a regulação dos níveis de lipídeos no plasma, funções imunes e cardiovasculares, ação da insulina, desenvolvimento neuronal e função visual. A ingestão de PUFAS conduz sua distribuição para praticamente todas as células do organismo com efeitos sobre função e composição de membranas, síntese dos eicosanóides, comunicação celular e regulação da expressão gênica (BENATTI, *et al.* 2004).

Os ácidos graxos n-3 tem importantes funções na modulação e prevenção de doenças humanas, particularmente doença cardíaca coronariana (CONNOR, 2000). Para HU *et al.* (2001), diversos estudos têm oferecido forte evidência que um aumento no consumo de ácidos graxos n-3, diminui substancialmente o risco de problemas cardiovasculares.

As dietas com PUFA n-3 atuam prevenindo diversas doenças cardíacas através de uma variedade de ações como a prevenção de arritmias, geração de prostanóides e leucotrienos com ações antiinflamatórias, inibição da síntese de citocinas que aumentam a inflamação e promovem a formação de plaquetas (CHAMPE e HARVEY, 1997). Os ácidos graxos n-3 podem modificar os canais de sódio pela ligação direta aos canais protéicos e assim, prevenir a fibrilação ventricular que induz à isquemia e morte por ataque cardíaco (DAS, 2000).

A mudança no nível dos PUFA na dieta pode influenciar a produção e função biológica das citocinas que são importantes mediadores biológicos cuja produção excessiva contribui ao desenvolvimento de diversas patologias. Além disso, o consumo aumentado destes ácidos graxos poli-insaturados sem uma proteção antioxidante adequada pode levar a peroxidação lipídica *in vivo* e portanto reduzir seus efeitos benéficos, sendo necessário para minimizar esses riscos, o consumo de níveis apropriados de antioxidantes assim como a vitamina E (MEYDANI, 1996).

2.4 Oxidação Lipídica em Carnes

Os lipídeos desempenham um papel importante na qualidade de certos produtos alimentares, particularmente em relação às propriedades organolépticas que os tornam desejáveis (sabor, odor, cor, textura). Além destas, conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais e de vitaminas lipossolúveis (FRANKEL, 1996). A oxidação lipídica causa perda dos valores nutricionais e sensoriais e também a formação de compostos potencialmente tóxicos que comprometem a qualidade da carne além de reduzir a vida de prateleira dos produtos (CORTINAS, *et al.*; 2005).

Considerando os aspectos tecnológicos, normalmente quanto maior o grau de insaturação da gordura da carne, mais rápido ocorre a oxidação desses compostos lipídicos e menor é a vida de prateleira da carne (JARDIM, *et al.*, 2003). A deterioração dos lipídeos da carne pode ser causada pela ação química direta ou por meio da atividade de enzimas. Dois tipos de

deterioração ocorrem: a hidrólise e a oxidação. As enzimas lipolíticas clivam os triglicerídeos separando-os em ácidos graxos, originando no final, glicerol livre. Uma vez que a velocidade de auto-oxidação dos ácidos graxos aumenta com o número de ligações duplas que eles contêm, e uma vez que os ácidos com várias ligações duplas tendem a produzir odores anormais, o conteúdo de ácidos graxos produz um efeito importante na susceptibilidade à oxidação de uma gordura (LAWRIE, 2005).

Os lipídeos são suscetíveis ao ataque por radicais livres e a sua oxidação pode ser muito prejudicial devido a sua continuidade como uma reação em cadeia (WANASUNDARA e SHAHIDI, 1998). Na ausência de antioxidantes apropriados, os PUFA formam radicais livres e podem ter um efeito pró-oxidante significativo levando à depleção da vitamina E e aumento dos produtos de oxidação (MEYDANI, 1996). As conseqüências negativas da oxidação lipídica podem ser contornadas com o uso de antioxidantes na dieta assim com o alfa-tocoferol (CORTINAS, *et al.*, 2005). Por conseguinte, é um requisito necessário ter uma ingestão aumentada de antioxidantes para acompanhar um consumo elevado de ácidos graxos poli-insaturados para obter as ações benéficas dos mesmos (WISEMAN, 1996).

O desenvolvimento de rancidez em óleos comestíveis é um problema sério em alguns setores da indústria de alimentos devido ao acréscimo no uso de óleos poli-insaturados vegetais e de peixe, a interrupção do uso de antioxidantes sintéticos e a fortificação de alimentos a base de cereais contendo ferro (FRANKEL, 1996). Sendo uma das características dos antioxidantes, retardar o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis ocasionados pela oxidação de ácidos graxos insaturados, usualmente presentes como triacilgliceróis e/ou lipídeos polares, hoje em dia há uma tendência geral, no processamento de alimentos, de substituir os antioxidantes sintéticos pelos inibidores da oxidação natural ou pelo uso preferencial de ingredientes que naturalmente possuem atividade antioxidante (TSALIKI, *et al.* 1999).

Os lipídeos contendo PUFA são particularmente propensos ao ataque de radicais livres e à deterioração oxidativa, sendo utilizados na determinação da eficácia de antioxidantes naturais (WANASUNDARA e SHAHIDI, 1998). A metodologia para avaliação dos antioxidantes

naturais deve ser cuidadosamente interpretada dependendo se a oxidação é conduzida sobre o volume de óleo ou na emulsão, e qual o método é usado para medir a oxidação lipídica (FRANKEL, 1996).

Para WANASUNDARA e SHAHIDI (1998), muitos são os componentes naturalmente presentes nos alimentos que apresentam atividade antioxidante, incluem flavonóides, precursores de lignanos, ácidos fenólicos, terpenos, tocoferóis, fosfolipídeos, etc. Os tocoferóis são os mais importantes antioxidantes naturais dos alimentos de origem vegetal. Esses antioxidantes podem interromper a autooxidação lipídica interferindo na propagação da cadeia ou nos processos de decomposição. O alfa-tocoferol em altas concentrações inibe a decomposição de hidroperóxidos, mas promove formação de hidroperóxidos. O efeito do antioxidante na inibição da decomposição de hidroperóxidos pode assim ser crítica na preservação da qualidade do alimento pela redução da rancidez devido à formação de aldeído (FRANKEL, 1996).

2.5 Alimentos Enriquecidos com Ácidos Graxos Polinsaturados n-3

Alimentos funcionais são alimentos naturais ou produtos alimentícios elaborados que têm compostos bioativos que podem influenciar positivamente numa função humana atuando na prevenção ou tratamento de doenças ou desordens (GÓMEZ, 2003). Como um grande número de alimentos funcionais tem sido introduzidos no mercado internacional, suas afirmações de serem benéficos para a saúde podem desafiar o limite tradicional entre alimento e medicina. Assim, a regulamentação do conceito de alimentos funcionais tem sido examinada baseado em conceitos internacionais e é geralmente aceito que estes alimentos devem fornecer benefícios à saúde além de seus valores nutricionais normais dentro do modelo dietético diário (KWAK e JUKES, 2001).

A indústria de alimentos já está direcionada para o fornecimento de alimentos suplementados com ácidos graxos essenciais n-3. É necessário considerar alguns itens envolvidos no enriquecimento dos alimentos, como por exemplo, dosagem, segurança e fontes, para obter um consumo adequado destes ácidos (SIMOPOULOS, 2000).

Segundo, SIMOPOULOS, *et al.* (2000), atualmente, há muitos produtos no mercado enriquecidos com PUFA n-3: óleos ricos em ácido linolênico, tais como canola, linhaça e soja, levando a uma melhora na proporção n-6/n-3; farinha de linhaça e óleo de peixe encapsulado são usados em produtos formulados - o enriquecimento com PUFA n-3 de produtos como, pão, cereais matinais, pasta, bolachas, bolos, sucos de frutas, entre outros, é possível através da microencapsulação; fórmulas infantis; maionese, margarina e molhos de salada; aves domésticas, gado e porcos estão sendo estudados no enriquecimento de suas carnes com n-3; leite e ovos.

A habilidade dos ácidos graxos insaturados, especialmente aqueles com mais de duas ligas duplas, para oxidarem rapidamente, é muito importante para o controle da vida de prateleira das carnes (rancidez e perda de coloração); da mesma forma a propensão à oxidação deve ser considerada no desenvolvimento de odores e sabores indesejáveis durante o cozimento (WOOD, *et al.* 2003). De acordo com SIMOPOULOS, *et al.* (2000), o desenvolvimento de uma variedade de alimentos ricos em n-3, permitiria o aumento do consumo na dieta destes ácidos com pequena mudança dos hábitos dietéticos. No passado, para a indústria de alimentos a produção e o processamento eram os itens de maior enfoque para o desenvolvimento de um alimento, no entanto, hoje em dia tem muita importância o aspecto nutricional. Esta mudança enfoca a necessidade de desenvolver pesquisa para a avaliação nutricional dos vários produtos, sendo essencial estabelecer a segurança dos alimentos considerando os possíveis efeitos adversos que podem ocorrer nos nutrientes devido a mudanças estruturais, como também a necessidade de obter uma proporção n-6/n-3 mais apropriada na composição dos alimentos (SIMOPOULOS, 2002). Além disso, no futuro haverá um aumento na base científica com ampla colaboração entre pesquisadores das áreas agrícola, nutricional e médica para o desenvolvimento de novos alimentos (SIMOPOULOS, *et al.* 2000). A menor relação de ácidos graxos n-6/n-3 na dieta é o mais desejável tendo em vista a redução do risco de muitas doenças crônicas de alta prevalência na sociedade moderna (SIMOPOULOS, 2002).

2.6 Carne de Aves Enriquecida com PUFAS n-3

As mudanças no estilo de vida e a maior consciência por uma saúde melhor, têm intensificado nos últimos anos tendo em vista a necessidade de dietas que contenham altos níveis de PUFAS n-3. Dessa forma cria-se um ambiente favorável para os produtos relacionados a um estilo de vida saudável, focando a importância da carne como uma suplementação natural desses ácidos graxos na dieta (WOOD, *et al.*, 2003). A demanda do consumidor por produtos alimentares benéficos à saúde tem renovado o interesse na modificação da composição lipídica da carne de frango (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993).

O conteúdo de ácidos graxos n-3 na carne de frango pode ser rapidamente aumentado através da inclusão de óleo marinho ou de cereais na dieta das aves (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993). Devido aos efeitos na saúde que os PUFA n-3 da dieta têm demonstrado, existe um esforço considerável para enriquecer produtos de origem animal usando várias fontes destes ácidos graxos, tais como linhaça, canola, óleos de peixe na dieta dos mesmos (SIMOPOULOS, 1998). Vários métodos de extração e refinamento de óleo assim como alterações nas práticas produtivas e uso de antioxidantes nas dietas dos animais têm sido examinados como formas para melhorar a qualidade sensorial e estabilidade durante a estocagem dos produtos de origem animal enriquecidos com ácidos graxos n-3 (HARGIS e VAN ELSWYK, 1993). Um desafio adicional para suplementação de dietas com gorduras específicas é que a qualidade oxidativa do material inicial pode variar consideravelmente de fonte para fonte e ao longo do tempo na mesma fonte (LEE, *et al.* 2006).

A composição em ácidos graxos da carne e/ou gordura corporal é especialmente modificada pela dieta em não ruminantes, com notável consequência sobre a qualidade da carne (DOREAUS E CHILLIARD, 1997). Segundo WOOD e ENSER (1997) em porcos e aves, os ácidos graxos poli-insaturados linoléico, alfa-linolênico não podem ser sintetizados e as concentrações teciduais respondem rapidamente a mudanças destes ácidos graxos na dieta. Já ácidos graxos saturados e monoinsaturados são sintetizados no organismo e suas concentrações são menos rapidamente influenciadas pela dieta.

Um desafio específico para o aumento da concentração de PUFAS n-3 nos produtos cárneos é o esperado aumento da susceptibilidade dos tecidos fortificados a oxidação lipídica (LEE, *et al.*, 2005). Com o aumento destes ácidos nas dietas das aves, há um aumento concomitante na susceptibilidade à deterioração oxidativa da carne, levando à perda nas características tanto da qualidade como do valor nutricional, menor aceitação do consumidor e efeitos biológicos adversos (GOMÉZ, 2003). Esta susceptibilidade à oxidação depende também de fatores como a concentração de pró-oxidantes e de antioxidantes (LOPEZBOTE *et al.*, 1998).

A oxidação lipídica (rancidez) é uma das principais causas de deterioração da carne. A rancidez ocorre predominantemente nas membranas celulares dos fosfolipídeos altamente insaturados, como um processo autocatalítico mediado por radicais livres (WISEMAN, 1996). As diferenças entre os tipos de fibras musculares são refletidas em diferenças na composição de ácidos graxos da carne. A carne vermelha tem uma maior proporção de fosfolipídeos do que as carnes brancas e conseqüentemente uma maior porcentagem de PUFAS. Estudos com carne de frango tem apresentado similaridade com a de suíno, ou seja, os ácidos graxos da carne são relativamente insaturados (WOOD *et al.*, 2003). Da mesma forma, LAWRIE (2005) afirma que as carnes brancas contêm normalmente mais PUFAS que as carnes vermelhas, daí sua maior susceptibilidade à oxidação. Segundo WOOD e ENSER (1997), animais alimentados com mais ácidos graxos insaturados para uma maior relação Insaturados/Saturados ou alimentados com PUFAS n-3 como linhaça ou óleo de peixe para uma menor relação n-6/n-3 aumentam a susceptibilidade da carne para a oxidação.

A oxidação lipídica causa perda do valor nutricional e sensorial da carne assim como proporciona a formação de compostos potencialmente tóxicos que comprometem a qualidade da carne e redução da vida de prateleira (CORTINAS, *et al.*, 2005A redução da taxa de oxidação lipídica da carne enriquecida com PUFA n-3 é possível com o uso de antioxidantes em forma concomitante à fonte de PUFA n-3. Podendo, desta maneira, eliminar ou minimizar os problemas ocasionados pela oxidação, entre eles a diminuição da vida de prateleira, desenvolvimento de sabores e odores indesejáveis, afetando o valor nutritivo do alimento e, portanto, a segurança do consumidor (GÓMEZ, 2003).

Para WOOD e ENSER (1997), a vitamina E (alfa-tocoferol) é o melhor antioxidante lipossolúvel em tecidos animais, o qual atua retardando a deterioração oxidativa da carne *post mortem*, sendo que dietas suplementadas com vitamina E aumentam essa deposição no músculo e gordura retardando a oxidação e prolongando a vida de prateleira da carne. Os autores indicam que, altas concentrações de PUFA n-3 na carne de porcos e de aves, estão associadas com “flavors” de peixe, cujo desenvolvimento pode ser evitado com níveis altos (supranutricionais) de vitamina E na dieta. Da mesma forma CORTINAS *et al.* (2005) verificaram que o alfa-tocoferol foi um eficiente antioxidante na prevenção da oxidação lipídica em carnes submetidas a processos térmicos, no entanto, segundo os autores, a proteção efetiva do alfa-tocoferol contra a oxidação lipídica é dependente do nível de poli-insaturação da dieta. MERCIER *et al.* (1998) estudaram o efeito da gordura da dieta e vitamina E em carne de peru, encontrando que este antioxidante retardou de maneira significativa a oxidação lipídica medida pelo método de TBARS, confirmando a atuação da vitamina E, como antioxidante eficaz na inibição da oxidação lipídica em carne enriquecida com PUFA.

Considerando os diferentes fatores que afetam a oxidação lipídica, a suplementação da dieta dos animais com alfa-tocoferol deveria ser ajustada dependendo do nível de insaturação dessa dieta e condições de estocagem da carne crua, e também considerando o objetivo da suplementação para prevenção da oxidação lipídica ou para enriquecimento da carne de frango com vitamina E (CORTINAS, *et al.*, 2005).

NAM *et al* (1997) determinaram a influência da dieta suplementada com 10% de semente de linhaça e da vitamina E na peroxidação lipídica de músculos de frango (peito e coxa), encontrando também aumento da estabilidade oxidativa quando acrescentado o antioxidante natural. A linhaça é uma das sementes oleaginosas tradicionais com mais história, por causa da utilização de suas fibras em produtos têxteis, mas, também a partir da sua semente pode-se obter um óleo com propriedades secantes devido ao alto teor de ácido linolênico e as tortas obtidas podem ser utilizadas para balanceamento de ração animal. Atualmente a linhaça é usada em produtos forneados e como componente de misturas de cereais matinais. Estão em desenvolvimento processos que incluem o óleo de linhaça em rações, de forma que os

produtos para consumo humano como a carne, ovos, leite, possam estar enriquecidos com ácidos graxos n-3 (TURATTI, 2000 apud GÓMEZ, 2003). O interesse no consumo de linhaça está relacionado ao seu alto conteúdo de ácido linolênico (LNA, 18:3 n-3, 50-55% de ácidos graxos totais), fibra da dieta, lignanos e compostos fenólicos. A atividade antioxidante dos lignanos, na linhaça, funcionaria não somente inativando os radicais livres dos ácidos graxos e espécies reativas de oxigênio, mas também, tendo um efeito indireto *in vivo* nos sistemas antioxidantes endógenos, por exemplo, enzima glutathiona (GSH). No entanto, enquanto os efeitos benéficos da linhaça e seus compostos têm sido demonstrados em modelos animais, os mecanismos bioquímicos desses efeitos permanecem para serem elucidados (YUAN *et al.*, 1999).

3 DISCUSSÃO

Nos dias atuais, existe um grande interesse no estudo dos ácidos graxos poli-insaturados n-3 (PUFA n-3) e seus benefícios para a saúde humana. Os ácidos graxos linoléico e linolênico são precursores dos ácidos graxos poli-insaturados (PUFAS) das séries n-6 e n-3 de cadeia mais longa, respectivamente e são considerados essenciais na dieta humana. Eles são constituintes necessários das paredes celulares, das mitocôndrias e de outros sítios metabólicos intensamente ativos. O ácido linoléico é abundante nos óleos vegetais (como os óleos de soja e milho), já o ácido linolênico é encontrado em quantidades apreciáveis em sementes oleaginosas como canola, soja e linhaça (LAWRIE, 2005).

O ácido linoléico (C18:2, n-6) pode ser metabolizado em outros ácidos graxos n-6, incluindo os ácidos linolênico, dihomo-alfa-linolênico e araquidônico. O ácido alfa-linolênico (C18:3, n-3) pode ser metabolicamente convertido nos ácidos docosahexaenóico (DHA, 22:6, n-3) e eicosapentaenóico (EPA, 20:5, n-3). Este processo metabólico é mediado pelas enzimas chamadas elongases e dessaturases, as quais participam na formação dos PUFAS, n-6 e n-3, resultando em uma competição metabólica entre os dois grupos (SARGENT, 1997). Um excesso de ácido linoléico vai impedir a transformação do ácido linolênico em seus derivados EPA e DHA, o mesmo acontecerá no caso contrário, com um menor consumo do ácido linoléico haverá uma diminuição da formação do ácido araquidônico. A concorrência entre os ácidos linoléico e linolênico está determinada pela afinidade da enzima delta 6 dessaturase por ambos ácidos graxos. Como a enzima tem maior especificidade pelos ácidos graxos n-3, precisará de menores quantidades destes ácidos que dos n-6 para produzir a mesma quantidade de produto (SARGENT, 1997). Isto significa que deve existir uma proporção maior de ácido linoléico que de linolênico. Portanto, é necessário um equilíbrio entre o aporte dos dois ácidos graxos através da dieta (GOMÉZ, 2003).

A deficiência de PUFAS n-3 é acentuada quando simultaneamente há um alto conteúdo de ácido linoléico na dieta a qual tende a inibir a síntese de DHA a partir do ácido linolênico. Assim dietas ricas em milho e girassol, os quais são altos em ácido linoléico e baixos em ácido alfa-linolênico podem induzir a uma deficiência em PUFAS n-3. Dessa forma, uma alta

relação n-6 para n-3 na dieta acentua a deficiência em ácidos graxos n-3 (CONNOR, 1999). Portanto, é recomendada a redução dos n-6 quando os n-3 são aumentados na dieta de adultos e recém-nascidos, para um metabolismo cardiovascular e um funcionamento cerebral adequados (SIMOPOULOS, 2000).

A alimentação com PUFAS tem efeito sobre diversos processos fisiológicos e tendo grande impacto na saúde normal e doenças crônicas, assim como a regulação dos níveis de lipídeos no plasma, funções imunes e cardiovasculares, ação da insulina, desenvolvimento neuronal e função visual. A ingestão de PUFAS conduz sua distribuição para praticamente todas as células do organismo com efeitos sobre função e composição de membranas, síntese dos eicosanóides, comunicação celular e regulação da expressão gênica (BENATTI, *et al.* 2004). Os ácidos graxos n-3 tem importantes funções na modulação e prevenção de doenças humanas, particularmente doença cardíaca coronariana (CONNOR, 2000). Para HU *et al.* (2001), diversos estudos têm oferecido forte evidência que um aumento no consumo de ácidos graxos n-3, diminui substancialmente o risco de problemas cardiovasculares.

A incorporação de ácidos graxos n-3 na carne de frangos foi verificada por CORTINAS, *et al.* (2004) onde o aumento do nível de poli-insaturação da dieta desses animais causou um aumento da acumulação de PUFAS na coxa e no peito. CRESPO E GARCIA (2001), verificaram anteriormente que os PUFAS são preferencialmente depositados na gordura intramuscular do que na gordura abdominal e sugeriram que as diferenças no perfil de ácidos graxos dos tecidos podem ser atribuídas às diferentes funções dos ácidos graxos nesses tecidos ou aos seus diferentes conteúdos de fosfolipídeos.

É importante destacar que a incorporação significativa de PUFA n-3 nos tecidos das aves, através da suplementação das dietas com semente de linhaça leva a uma redução da taxa n-6/n-3. Os tecidos das aves alimentadas com semente de linhaça apresentaram teores mais elevados de PUFA n-3, sendo estes uma fonte alternativa destes ácidos graxos para o consumo humano (GÓMEZ, 2003).

CORTINAS *et al.* (2005) verificaram que o alfa-tocoferol foi um eficiente antioxidante na prevenção da oxidação lipídica em carnes submetidas a processos térmicos, no entanto, segundo os autores, a proteção efetiva do alfa-tocoferol contra a oxidação lipídica é dependente do nível de poli-insaturação da dieta.

Para reduzir a taxa de oxidação lipídica da carne enriquecida com PUFA n-3 é necessário o uso de antioxidantes em forma concomitante à fonte de PUFA n-3 e desta maneira, eliminar ou minimizar os problemas ocasionados pela oxidação (diminuição da vida de prateleira, desenvolvimento de sabores e odores indesejáveis) que afetam o valor nutritivo do alimento e, portanto, a segurança do consumidor (GÓMEZ, 2003).

Considerando os diferentes fatores que afetam a oxidação lipídica, a suplementação da dieta com alfa-tocoferol deveria ser ajustada dependendo do nível de insaturação da dieta e condições de estocagem da carne crua, e também considerando o objetivo da suplementação para prevenção da oxidação lipídica ou para enriquecimento da carne de frango com vitamina E (CORTINAS, *et al.*, 2005).

O desenvolvimento de uma variedade de alimentos enriquecidos em PUFAS n-3 permite o aumento no consumo na dieta humana destes ácidos com pequena mudança dos hábitos dietéticos, apesar disso, ainda se faz necessário esclarecer a proporção ideal de ácidos graxos a ser ingerida diariamente. Há também, a necessidade de desenvolver pesquisas para a avaliação nutricional dos vários produtos, sendo essencial estabelecer a segurança dos alimentos considerando os possíveis efeitos adversos que podem ocorrer nos nutrientes devido a mudanças estruturais, como também a necessidade de obter uma proporção n-6/n-3 apropriada na composição dos alimentos (SIMOPOULOS, 2002).

4 CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica sobre o enriquecimento de carne de aves com ácidos graxos poli-insaturados n-3 permite concluir que:

- o enriquecimento de carne de aves com ácidos graxos poli-insaturados n-3 é possível, sendo esta uma fonte alternativa desses nutrientes;
- existe a necessidade do consumo humano de ácidos graxos n-3 na dieta, sendo possível essa suplementação através de carne de aves enriquecidas com PUFAS n-3;
- há necessidade de pesquisa sobre a proporção adequada de ácidos graxos n-6/n-3 tanto na carne de ave enriquecida quanto para consumo humano.

REFERÊNCIAS

BENATTI, P.; PELUSO, G.; NICOLAI, R.; CALVANI, M. Polyunsaturated Fatty Acids: Biochemical, Nutritional and Epigenetic Properties. **Journal American College Nutritional**, New York, v.23, n.4, p.281-302, 2004

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R. A. Bioquímica Ilustrada. 2ª edição. Porto Alegre, **Ed. Artes Médicas**, 1996. 445p

CONNOR, W.E. Alfa-linolenic acid in health and disease. **American Journal Clinical Nutrition**., Bethesda, v.69, n.5, p.827-828, 1999.

CONNOR, W.E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v.71 (suppl), p.171S-175S, 2000.

CORTINAS, L.; BARROETA, A.; VILLAVERDE, C. GALOBART, J.; GUARDIOLA, F.; BAUCCELLS, M.D. Influence of the Dietary Polyunsaturated Level on Chicken Meat Quality: Lipid Oxidation. **Poultry Science**., v. 84. p.48-55. 2005

CORTINAS, L.; VILLAVERDE, C; GALOBART, J.; BAUCCELLS, M.D.;CODONY, R.; BARROETA, A. C. Fatty Acids Content in Chicken Thigh and Breast as Affected by Dietary Polyunsaturation Level. **Poultry Science**., v. 83. p.1155-1164. 2004

CRESPO, N. , GARCIA, E.E. Dietary Fatty Acid Profile Modifies Abdominal Fat Deposition in Broiler Chickens. **Poultry Science**., v. 80. p.71-78. 2001

DAS, U.N. Beneficial effect(s) of n-3 fatty acids in cardiovascular diseases: but, why and how? **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**., v.63, n. 6. p. 351-362. 2000

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. **British Journal of Nutrition**. V. 78, suppl. 1. p S15 – S35. 1997.

FRANKEL, E.N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. **Food Chemical**., Kidlington, v.57, n.1, p.51-55, 1996.

GÓMEZ, M.E.D.B. Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinha poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa. **Tese de doutorado/USP**. São Paulo, 2003. 149p.

HARGIS, P.S., VAN ELSWYK, M.E. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. **World's Poultry Science Journal**, v. 49, n.3. p. 251-264. 1993

HU, F.B., MANSON, J.E., WILLETT, W.C. Types of Dietary Fat and Risk of Coronary Heart Disease: A Critical Review. **American Journal College. Nutrition.**, New York, v.20, n.1, p.5-19, 2001.

JARDIM, N. S.; BRESSAN, M.C.; LEMOS, ^aL.S.C.; THOMAZINI, M.; FERREIRA, M. W. Teor lipídico e perfil de ácidos graxos da carne de capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*). **Ciência Agrotécnica.**, v.27, n.3, Lavras. p. 651-657. mai/jun, 2003.

KWAK, N.S., JUKES, D.J. Functional foods. Part 1. The development of a regulatory concept. **Food Control**, Oxford, v.12, p.99-107, 2001.

LANDS, W. E.M. Biochemistry and physiology of n-3 fatty acids. **The FASEB Journal**. V.6, p. 2530-2536. 1992.

LAWRIE, R. A. Ciência da Carne. 6ª edição, Porto Alegre, **Ed Artmed**. 2005. 384p.

LEE, S.; FAUSTMAN, C.; DJORDJEVIC, D.; FARAJI, H. DECKER, E.A. Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with n-3 fatty acids. **Meat Science**, v. 72, n. 1 p. 18-24. 2006.

MERCIER, Y., GATELLIER, P., VIAU, M., REMIGNON, H., RENERRE, M. Effect of dietary fat and vitamin E on colour stability and on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. **Meat Science**, Oxford, v.48, n.3/4, p.301-318, 1998.

MEYDANI, S.N. Effect of (n-3) polyunsaturated fatty acids on cytokine production and their biologic function. **Nutrition**, New York, v.12, p.S8- S14, 1996.

NAM, K.T., LEE, H.A., MIN, B.S., KANG, C.W. Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin E on fatty acids, alfa-tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.66, p.149-158, 1997.

RUIZI, M.R.; MARTÍN, C. A.; SOUZA, N. E.; VISENTAINERI, J. V.; PRADO, I. N.; MATSUSHITA, M. Importância dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa: DHA, EPA e araquidônico presentes em carnes. **Revista da Carne**, v. 338. 2005.

SARGENT, J.R. Fish oils and human diet. **British Journal of Nutrition.**, v.78, suppl.1, p.S5-S13, 1997

SHAHIDI, F. WANASUNDARA, U.N. Omega-3 fatty acid concentrates: nutritional aspect and production technologies. **Trends in Food Science e Technology.**, v. 9, n. 6 p. 230-240. 1998

SIMOPOULOS, A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomedicine & Pharmacotherapy.**, v. 56, n.8. p 365-379. 2002.

SIMOPOULOS, A.P. Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases. **Journal American College Nutritional.**, New York, v.21, n.6, p.495-505, 2002.

SIMOPOULOS, A.P. Symposium: role of poultry products in enriching the human diet with N-3 PUFA: human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, Savoy, v.79, p.961-970, 2000.

SIMOPOULOS, A.P. New products from the agri-food industry: the return of the fatty acids into the food supply. **Lipids.**, v.34 suppl. p. S297-S301. 1999.

TSALIKI, E., LAGOURI, V., DOXASTAKIS, G. Evaluation of the antioxidant activity of lupin seed flour and derivatives (*Lupinus albus* ssp. *Graecus*). **Food Chemical**, Kidlington, v.65, p.71-75, 1999.

WANASUNDARA, U.N., SHAHIDI, F. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. **Food Chemical**, Kidlington, v.63, n.3, p.335-342, 1998.

WISEMAN, H. Dietary influences on membrane function: importance in protection against oxidative damage and disease. **Journal Nutrition Biochemical.**, v.7, p.2-15, 1996.

WISEMAN, M.J. Fat and fatty acids in relation to cardiovascular disease: an overview. **British Journal of Nutrition**, v.78, suppl.1, p.S3-S4, 1997

WOOD, J.D., ENSER, M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. **British Journal of Nutrition**, v.78, suppl.1, p.S49-S60, 1997.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66. p. 21-32. 2003.

YUAN, Y.V., RICKARD, S.E., THOMPSON, L.U. Short-term feeding of flaxseed or its lignan has minor influence on in vivo hepatic antioxidant status in young rats. **Nutrition Research**, New York, v.19, n.8, 1233-1243, 1999.