



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

Larissa Beatriz Vieira Pfeilsticker

**Perfil de ácidos graxos de ovos de poedeiras comerciais através
de alterações na dieta das aves: uma revisão**

**Monografia apresentada para a conclusão
do curso de Medicina Veterinária da
Faculdade de Agronomia e Medicina
Veterinária da Universidade de Brasília**

Brasília, DF

Dezembro de 2011



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

Larissa Beatriz Vieira Pfeilsticker

Perfil de ácidos graxos de ovos de poedeiras comerciais através de alterações na dieta das aves: uma revisão

Monografia apresentada para a conclusão do curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília

Orientação:
Profa. Dra. Aline Mondini Calil Racanicci

Brasília, DF
Dezembro de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Pfeilsticker, Larissa Beatriz Vieira.

Perfil de ácidos graxos de ovos de poedeiras comerciais através de alterações na dieta das aves: uma revisão.

42 Páginas.

Monografia, Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011.

1. Perfil de Ácidos Graxos. 2. Ovos Enriquecidos. 3. Ômega-3. 4. Ácido Linoleico Conjugado. 5. Dieta De Poedeiras. 6. Óleos Vegetais e Marinhos. 7. Alimentação Humana.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome da Autora: Larissa Beatriz Vieira Pfeilsticker.

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Perfil de ácidos graxos de ovos de poedeiras comerciais através de alterações na dieta das aves: uma revisão.

Data: Dezembro de 2011.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se de outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Larissa Beatriz Vieira Pfeilsticker

E-mail: larissa.pfeilsticker@gmail.com

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome da Autora: PFEILSTICKER, Larissa Beatriz Vieira

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Perfil de ácidos graxos de ovos de poedeiras comerciais através de alterações na dieta das aves: uma revisão.

Monografia de conclusão do curso de Medicina Veterinária apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora

Profa. Dra. Aline M. C. Racanicci

Instituição: Universidade de Brasília
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. Rodrigo Diana Navarro

Instituição: Universidade de Brasília
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. Ernandes R. de Alencar

Instituição: Universidade de Brasília
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Resumo

PFEILSTICKER, L. B. V., Perfil de ácidos graxos de ovos de poedeiras comerciais através de alterações na dieta das aves: uma revisão. Fatty acid profile of eggs from laying hens through dietary modifications: a review. 2011. 42p. Monografia (Conclusão do Curso de Medicina Veterinária). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

O ovo é um alimento ideal, possuindo alto valor nutricional, facilidade de preparação e baixo custo. Apesar disso seu consumo diminuiu nas últimas décadas, pois devido ao seu conteúdo de colesterol, sua ingestão foi associada erroneamente a aumento nos riscos de doenças cardiovasculares. A maior demanda dos consumidores por alimentos funcionais coloca novamente o ovo em lugar de destaque na alimentação humana, pelo desenvolvimento dos ovos enriquecidos. Os ovos enriquecidos com ácidos graxos ômega-3, além de fornecer ácidos graxos essenciais para a alimentação humana, também contribuem para diminuir os valores da proporção n-6:n-3 da dieta humana. A família n-3 possui como principais representantes o LNA, que é encontrado principalmente óleos vegetais; e o DHA e o EPA, encontrados principalmente em fontes marinhas. Na família n-6 encontramos o ácido linoleico e o ácido araquidônico. O ácido linoleico conjugado também é utilizado para enriquecimento de ovos comerciais. Isômeros do CLA são encontrados naturalmente em pequenas quantidades em alimentos provenientes de ruminantes. A modificação da fonte lipídica da dieta das poedeiras é a forma mais eficiente de alterar a composição de ácidos graxos da gema. As fontes marinhas e os óleos vegetais são as mais utilizadas para enriquecimento das dietas das poedeiras para produção de ovos comerciais enriquecidos. Tais ovos são mais suscetíveis à oxidação lipídica e o uso de antioxidantes ajuda a preservar a qualidade dos ovos e minimizar a ocorrência de alterações de sabor e odor. A manutenção da qualidade é fator determinante para comercialização dos ovos enriquecidos.

Palavras-chave: perfil de ácidos graxos, ovos enriquecidos, ômega-3, ácido linoleico conjugado, dieta de poedeiras, óleos vegetais e marinhos, alimentação humana.

Abstract

PFEILSTICKER, L. B. V., Fatty acid profile of eggs from laying hens through dietary modifications: a review. Perfil de ácidos graxos de ovos de poedeiras comerciais através de alterações na dieta das aves: uma revisão. 2011. 42p. Monografia (Conclusão do Curso de Medicina Veterinária). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

The egg is an ideal food, having high nutritional value, low cost and being easy to prepare. Nevertheless, the consumption of shell egg has been decreasing over the last few decades due to its high levels of cholesterol which has been erroneously associated with increased risk of developing cardiovascular diseases. The current increment in consumer demand for functional foods puts the egg once again in an important position in human nutrition through the development of designer shell eggs. The omega-3 fatty acid enriched eggs provide not only a source of fatty acids that are essential for human nutrition but also contribute in lowering the n-6:n-3 dietary ratio. The n-3 fatty acids are mostly represented by LNA, which can be found mainly in vegetable oils; and DHA and EPA, which are found mainly in marine sources. Linoleic and arachidonic acids are found in the n-6 fatty acid series. Conjugated linoleic acid is also used in the enrichment of designer table eggs. CLA isomers can be found in small amounts in foods derived from ruminant animals. Changing the lipid source in the diet of laying hens is the most efficient way of altering the yolk's fatty acid profile. Marine sources and vegetable oils are the most common dietary enrichments given to laying hens for the production of designer eggs. Said eggs are more susceptible to lipid oxidation and the use of antioxidants helps preserving the quality of the eggs and minimizing the presence of off-flavors. Maintaining quality is a key factor for marketing of designer eggs.

Key-words: fatty acid profile, designer eggs, omega-3, conjugated linoleic acid, diet of laying hens, marine and vegetable oils, human nutrition.

Sumário

1. Introdução	5
2. O ovo.....	7
2.1. Considerações gerais sobre o papel do ovo na alimentação	8
2.2. Novo perfil do mercado consumidor de ovos	9
2.3. Novos atributos do ovo	9
3. Considerações gerais sobre a dieta humana	10
3.1. Importância da relação n-6:n-3 na alimentação humana	11
3.2. O ovo e o colesterol	12
4. Ácidos Graxos	14
4.1. Nomenclatura.....	15
4.2. Ácidos graxos poli-insaturados	17
4.2.1. Família n-3	17
4.2.2. Família n-6.....	19
4.3. Ácido linoleico conjugado.....	19
5. Modificação do perfil lipídico da gema	21
5.1. Alterações no perfil lipídico do ovo resultante de fatores da poedeira	21
5.2. Alterações no perfil lipídico do ovo resultante de manipulações na dieta da poedeira	22
5.2.1. Alterações nos ácidos graxos n-3	23
5.2.2. Alterações nos ácidos graxos n-6	24
5.2.3. Alterações em outros ácidos graxos	25
6. Alguns suplementos utilizados na dieta de poedeiras para modificação do perfil de ácidos graxos do ovo	25
6.1. Ácido Linoleico Conjugado.....	27
6.2. Fontes Marinhas	28
6.2.1. Alga marinha.....	29

6.2.2. Óleo de peixe.....	29
6.3. Fontes Vegetais	31
6.3.1. Óleo de canola (e sementes de canola)	31
6.3.2. Óleo de girassol	32
6.3.3. Óleo de linhaça (e sementes de linho).....	32
6.3.4. Óleo de soja.....	34
7. Qualidade dos ovos comerciais.....	35
7.1 Antioxidantes.....	37
8. Conclusão	39
9. Referências Bibliográficas	41

1. Introdução

O presente trabalho objetivou fazer uma revisão bibliográfica sobre a modificação do perfil lipídico de ovos comerciais e alguns fatores correlacionados a ela, com ênfase na mudança da fonte lipídica da dieta das poedeiras.

Inicialmente foram abordadas as características nutritivas do ovo e sua importância na alimentação humana, dando destaque as suas boas características nutritivas. Uma breve consideração sobre o novo perfil do mercado consumidor de ovos é feita, evidenciando a busca dos consumidores por produtos mais saudáveis. Essa busca por produtos mais saudáveis, fez com que nas últimas décadas o consumo de ovos fosse evitado, pois ele foi associado com a ocorrência de doenças coronarianas.

Os novos atributos dos ovos estão ajudando a restabelecer sua condição de alimento saudável e, mesmo que brevemente, esses atributos foram abordados. O enriquecimento de ovos comerciais tem ajudado o mercado a experimentar um lento crescimento.

Não poderíamos deixar de comentar sobre o colesterol, pois esse foi o motivo pelo qual o consumo de ovo tem sido evitado por muitos consumidores. O conteúdo de colesterol do ovo e sua associação com o risco de ocorrência de doenças coronarianas fizeram com que o consumo de ovos fosse desaconselhado por muitos profissionais da área de saúde. A importância da proporção n-6:n-3 mereceu destaque, pois desequilíbrios na ingestão desses ácidos graxos estão associados ao aumento de risco de desenvolvimento das doenças ocidentais, como doenças coronarianas, acidente vascular cerebral, câncer, entre outras.

Na seção sobre os ácidos graxos são citadas suas principais características e atividades biológicas. As regras relevantes de nomenclatura para os ácidos graxos também foram lembradas, pois muitas variações são usualmente encontradas na literatura, e um mesmo ácido pode ser identificado de mais de uma forma, dependendo da simbologia ou nomenclatura utilizada.

As modificações do perfil lipídico da gema são enfocadas principalmente pela modificação do perfil lipídico da dieta. Pois esse é o método mais efetivo de modificar o conteúdo de ácidos graxos dos ovos comerciais e produzir ovos enriquecidos com ácidos graxos essenciais.

Foram citados os suplementos descritos na literatura como os mais utilizados para substituição da fonte lipídica da dieta de poedeiras comerciais. A divisão foi feita entre o ácido linoleico conjugado e as fontes marinhas e vegetais. O CLA é abordado separadamente, pois sua suplementação na dieta visa produzir ovos enriquecidos com ácido linoleico conjugado, diferentemente das fontes marinhas e vegetais, utilizadas para produção de ovos enriquecidos com ômega-3. As fontes de maior destaque foram as fontes marinhas e o óleo de linhaça, pois essas são as mais amplamente empregadas.

Uma consideração final é feita sobre a qualidade dos ovos comerciais e o uso de antioxidantes. A conservação das características nutricionais e sensoriais dos ovos é um fator determinante para aceitação dos ovos enriquecidos com ômega-3 pelos consumidores.

2. O ovo

O ovo é constituído em grande parte por água (74%), contando também com lipídios (11,8%), proteínas (12,8%) e pequenas quantidades de carboidratos e minerais. O albúmen é composto primariamente por proteínas, enquanto a gema contém tanto lipídios quanto proteínas (proporção de 2:1) (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A gema é composta por 48% de água, 16% de proteína, 32,6% de lipídios e alguns minerais e vitaminas. Os lipídios são os principais componentes da gema, correspondendo a aproximadamente 60% de seu peso seco e incluem triglicerídeos, fosfolipídios, colesterol, cerebósídeo e outros menos importantes. Os principais ácidos graxos da gema são o ácido oleico (C18:1) e o ácido palmítico (C16:0), sendo que o ácido linoleico (C18:2) e o ácido esteárico (C18:0) também são encontrados em concentrações significantes. O colesterol contribui com aproximadamente 5% dos lipídios totais da gema do ovo. A maior parte do colesterol presente na gema é de origem alimentar, embora pequena parcela dele seja sintetizada enquanto a gema é formada no sistema reprodutivo da galinha. Vale ressaltar que o colesterol é um componente essencial das membranas celulares e precursor de hormônios, da vitamina D e ácidos biliares (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O albúmen é constituído em sua maior parte por água (88%), contendo também proteínas (10%) e alguns minerais. A quantidade de lipídios do albúmen é desprezível (0,01%) quando comparada a quantidade presente na gema (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A casca corresponde a 11% do peso do ovo e aproximadamente 98% dela é composta por cálcio. Aproximadamente 94% dos minerais se concentram na casca, o restante é distribuído entre o albúmen e a gema (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A maior parte das proteínas do ovo se encontra no albúmen (50%) e na gema (44%), e uma pequena parcela se localiza na casca (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O ovo contém a maior parte das vitaminas necessária para a nutrição humana, com exceção da vit. C. As vitaminas lipossolúveis (A, D e E) são encontradas exclusivamente na gema, e as hidrossolúveis (vitaminas do complexo B) são encontradas tanto no albúmen como na gema. A presença de lipídios na

gema facilita a absorção das vitaminas lipossolúveis. A concentração de vitamina presente no ovo é afetada pela genética, taxa de postura e pela dieta da ave.

O ovo também constitui fonte importante de minerais, sendo que quantidades praticamente iguais de minerais traço estão presentes na gema e no albúmen, podendo estar combinados a lipídios e proteínas. (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

2.1. Considerações gerais sobre o papel do ovo na alimentação

O ovo é uma parte importante da dieta humana, sendo um dos poucos alimentos consumidos por todo o mundo. Ele pode ser considerado um alimento perfeito, pois contém praticamente todos os nutrientes necessários para manutenção da vida. O ovo contém grandes quantidades de nutrientes, possuindo proteínas, lipídios, vitaminas e minerais. A facilidade de digestão desses nutrientes o torna uma fonte alimentar ideal (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Considera-se que os ovos comerciais possuam a proteína de maior qualidade nutricional de todas as fontes alimentares, fornecendo todos os aminoácidos essenciais em quantidades próximas aos requerimentos humanos. De fato, a proteína contida na clara do ovo possui qualidade tão elevada que se tornou o padrão para comparação de outras proteínas. O ovo é uma fonte de proteína para crianças e idosos, pois apresenta um ótimo perfil de aminoácidos essenciais, alta digestibilidade e fácil preparação. A proteína do ovo ainda se mostra particularmente valiosa em dietas de ovovegetarianos, que podem apresentar ingestão insuficiente de aminoácidos essenciais devido à baixa digestibilidade e baixo valor biológico de muitas proteínas vegetais. (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A gema do ovo corresponde a pouco mais de um-terço de sua parte comestível, mas concentra três-quarto das calorias e praticamente todos os lipídios (aproximadamente 99,9%). Ela contém também grande número de vitaminas e minerais, incluindo vitaminas A, B12, D e E, e ainda riboflavina, ácido fólico, ferro, zinco, fósforo, selênio e colina. O ovo é uma das poucas fontes de vitamina K na alimentação humana (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

2.2. Novo perfil do mercado consumidor de ovos

Apesar de suas excelentes características nutritivas, observou-se nas últimas três décadas uma queda no consumo per capita de ovos nos países desenvolvidos. Essa diminuição no consumo está relacionada principalmente às preocupações do consumidor com os níveis de colesterol ingeridos na dieta e ao elevado conteúdo de colesterol presente no ovo (VAN ELSWYK, 1997; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O desenvolvimento de ovos enriquecidos não apenas se adapta as necessidades dos consumidores atuais, que exibem maiores preocupações com a saúde, mas também contribui de forma significativa para reverter o declínio no consumo de ovos que vem ocorrendo nas últimas décadas. Sustentado pelos novos atributos positivos do ovo, o mercado vem conseguindo contornar a situação que enfrentava nos últimos anos e tem experimentado um lento crescimento (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

2.3. Novos atributos do ovo

O ovo faz parte da alimentação humana há muito tempo e continua a demonstrar seu valor à medida que se aprende a aperfeiçoar suas características nutritivas (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010). Atualmente, o ovo ganhou lugar de destaque como fonte de ácidos graxos (AG) n-3, tornando-se uma alternativa aos peixes e sementes (VAN ELSWYK, 1997), onde esses produtos são de difícil acesso ou não fazem parte da alimentação usual da população.

A possibilidade de modificação da composição de ácidos graxos do ovo por meio da dieta é conhecida desde 1934. Contudo o desenvolvimento do conceito de ovos enriquecidos só foi possível a partir da década de 90. Os consumidores estão demonstrando interesse crescente em alimentos funcionais, que possam prevenir ou aliviar condições crônicas. O conceito de ovos enriquecidos representa dessa forma um importante marco para a indústria de ovos. O sucesso no desenvolvimento desses ovos contribuiu de forma significativa para o restabelecimento da importante condição do ovo como um item alimentar saudável e seguro. Como exemplo, pode-se citar o enriquecimento com ácidos graxos ômega-3, que reduzem os riscos de doenças cardiovasculares; com antioxidantes essenciais como a luteína, necessária

para manutenção da saúde dos olhos; e com vitaminas como o folato, que previne defeitos na formação do tubo neuronal de bebês (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A manipulação da dieta de aves poedeiras para incluir nelas fontes de ácidos graxos n-3 promove a deposição desses nutrientes na gema dos ovos. Os ovos enriquecidos com n-3 são uma importante fonte alimentar alternativa para o fornecimento de ácidos graxos essenciais para seres humanos. Esses ovos são de origem natural, saudáveis, com baixo custo e altamente nutritivos, sendo também uma alternativa à suplementação direta (OLIVEIRA *et al.*, 2010). No entanto, quando se formulam rações ricas em ácidos graxos n-3 para poedeiras deve-se assegurar que o perfil lipídico final depositado nos ovos é benéfico para saúde e não resultará em alterações da qualidade sensorial dos ovos (VAN ELSWYK, 1997).

3. Considerações gerais sobre a dieta humana

A crescente importância da dieta na progressão e na prevenção de doenças tem aumentado o interesse dos consumidores e governos nas características nutricionais dos alimentos (VAN ELSWYK, 1997).

A recomendação atual, para que se diminua o risco de doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas, é limitar a ingestão de lipídios para apenas 30% da energia total consumida; a proteína deve ser mantida em 15% da energia diária total; e os carboidratos complexos devem aumentar para 55-60% da ingestão total de energia (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Tradicionalmente, as recomendações diárias de ingestão de proteína são voltadas para prevenir deficiências e permitir crescimento normal, ao invés de favorecer a manutenção de uma saúde ótima. Pesquisas indicaram relação entre a ingestão de proteína e a incidência de diabetes, de doenças cardiovasculares e de capacidade de controle de peso. Há evidências que a ingestão de proteína em níveis superiores às recomendações diárias tem efeito benéfico para perda de peso (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A opinião pública e médica a respeito do papel do colesterol da dieta no desencadeamento e na progressão de doenças cardíacas tem se alterado. Têm-se mostrado que o colesterol ingerido e o colesterol plasmático não são diretamente

relacionados em indivíduos normolipidêmicos e talvez, até mesmo em indivíduos hiperlipidêmicos (VAN ELSWYK, 1997).

Por outro lado, as recomendações diárias para ingestão total de lipídios têm-se tornado cada vez mais restritas. A recomendação geral é diminuir o consumo dos lipídios totais e modificar o perfil dos ácidos graxos ingerido, aumentando os níveis percentuais de ácidos graxos poli-insaturados (VAN ELSWYK, 1997).

Em alguns países são recomendados níveis mínimos diários de inclusão de ácidos graxos ômega-3 na dieta. Por exemplo, no Canadá, recomenda-se que 3% dos lipídios totais ingeridos contenham LNA; Na União Europeia, a recomendação é baseada na ingestão total de energia, devendo a família ômega-3 corresponder a um mínimo de 0,5%, e máximo de 5% dessa ingestão total (VAN ELSWYK, 1997). No entanto, pesquisas mostram que o padrão de consumo de ácidos graxos ômega-3 na maior parte dos países ocidentais é menor que os valores recomendados. Esses achados estimularam o interesse em aumentar o conteúdo de ácidos graxos n-3 no ovo e carne de aves (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

3.1. Importância da relação n-6:n-3 na alimentação humana

O perfil nutricional da dieta humana mudou rapidamente com a introdução da agricultura e criação de animais. A mudança de uma sociedade nômade, caçadora-coletora, para uma sociedade capaz de se manter em um mesmo lugar por tempo suficiente para cultivar plantas e manter animais permitiu a provisão de uma fonte de alimento muito mais consistente e estável. Com o advento da agricultura novos alimentos foram introduzidos como base alimentar da população. As características nutricionais desses alimentos começaram a se alterar de forma sutil inicialmente, e depois, muito mais rapidamente com o desenvolvimento dos métodos de processamento de alimentos. O progresso tecnológico resultante da revolução industrial permitiu a produção de alimento e nutrientes em quantidade e com qualidade, combinação que nunca havia sido possível ao longo da história da humanidade (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Após a revolução industrial, a adição em larga escala de óleos vegetais refinados ao suprimento mundial de alimentos alterou de forma significativa os aspectos quantitativos e qualitativos dos lipídios ingeridos. A dieta humana moderna é caracterizada por uma grande ingestão de gorduras saturadas e ácidos graxos

ômega-6, e por pequeno consumo de ácidos graxos ômega-3. Acredita-se que o desequilíbrio entre os ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 possui um grande impacto na saúde e contribua para o desenvolvimento das chamadas “doenças ocidentais”. O desequilíbrio na proporção entre os ácidos graxos representa um fator de risco para o desenvolvimento de cânceres e doenças coronarianas, especialmente para formação de coágulos sanguíneos (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A proporção entre ômega-6/ômega-3 no ovo também aumentou de forma drástica, saindo de 1,3 em condições absolutamente naturais, para 19,4 em ovos de as aves que são alimentadas com a dieta padrão do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Como a proporção entre ômega-6 e ômega-3 em ovos pode ser alterada facilmente através de modificações na dieta, o desenvolvimento de ovos enriquecidos com ômega-3 pode contribuir para melhorar o equilíbrio entre ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 na dieta humana (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A inclusão de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) n-3 promove mudanças qualitativas no perfil de ácidos graxos da gema, reduzindo a proporção n-6:n-3 para níveis mais benéficos (CEYLAN *et al.*, 2011). A proporção n:6-n:3 no ovo deve ser a menor possível, e valores menores que 4:1 são apropriados quando se almeja benefícios para a saúde humana (OLIVEIRA *et al.*, 2010). A proporção total na dieta humana indicada atualmente fica entre 4:1 até 10:1 (CEYLAN *et al.*, 2011).

3.2. O ovo e o colesterol

As doenças coronarianas são as principais causas de mortes nos Estados Unidos e na maior parte dos países desenvolvidos. Uma redução de 1% no colesterol do plasma pode reduzir o risco de doença coronariana em 2%. Apesar de não estabelecida uma relação direta entre o colesterol ingerido e o colesterol plasmático, um alto nível de colesterol na dieta está associado a um risco potencial de alto nível de colesterol plasmático (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Nesse contexto, é importante destacar que 30% do nível de colesterol da dieta ocidental é proveniente do ovo de galinha. Na década de 70 a Associação Americana do Coração (*American Heart Association*) recomendou que as pessoas limitassem o consumo de colesterol e a ingestão diária de ovos para reduzir os riscos de doenças coronarianas. Essas recomendações levaram à percepção

controversa por parte dos consumidores que o ovo é rico em colesterol e aumenta os riscos de doenças coronarianas. No entanto, muitos estudos atuais não corroboram com essa hipótese, uma vez que o metabolismo do colesterol em humanos é um processo complexo e a dieta não é o único fator determinante do nível de colesterol no sangue. Preocupações com colesterol alto e consumo de ovos estão passando por um processo gradual de reavaliação. Foi demonstrado em amplo estudo epidemiológico conduzido sobre a relação entre o consumo de ovos e ocorrência de doença coronariana, que o consumo de até um ovo por dia não exerce impacto substancial sobre o risco de desenvolvimento de doença coronariana ou infarto (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Foi sugerido como um padrão de ingestão de saudável de colesterol o consumo de menos de 300mg/dia. Por outro lado, o conteúdo médio de colesterol de um ovo grande é de 213mg por gema; com isso, seria possível o consumo diário de apenas um ovo por dia. A indústria crescente de ovos, por outro lado, demanda um aumento na produção total de ovos. Os produtos com ovos também estão se tornando cada vez mais populares, uma vez que as pessoas comem mais em restaurantes e apresentam maior demanda por alimentos mais práticos. Como resultado, as pessoas estão ingerindo mais de uma gema por dia. Se o conteúdo de colesterol da gema puder ser reduzir em 50%, será possível consumir dois ovos por dia e manter-se nos níveis de recomendações diárias de ingestão de colesterol. (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Do ponto de vista genético, o conteúdo de colesterol do ovo é afetado por vários fatores como espécie da ave, raça ou linhagem, e idade da poedeira. A redução do colesterol do ovo por seleção genética é relativamente pequena (9 a 10 mg), não sendo significativa se o consumo diário médio de colesterol se situar por volta de 250mg. Há um limite mínimo para o colesterol da gema do ovo, devido ao seu papel de fornecimento de nutrientes no desenvolvimento do embrião. Acredita-se que quando o conteúdo de colesterol presente na gema reduz a níveis menores que os necessários para manutenção de um embrião viável, isso resulta no fim da postura (VAN ELSWYK, 1997; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Alguns produtos naturais mostraram ter a habilidade de reduzir o nível de colesterol plasmático em humanos e animais. Vários estudos observaram o efeito da suplementação de vários produtos naturais sobre a concentração de colesterol da gema. O alho mostrou ser o agente mais efetivo para a redução do colesterol na

gema e no plasma. Observou-se também uma relação negativa entre a taxa de postura de ovos e a quantidade de colesterol presente na gema; altas taxas de postura são acompanhadas por menores níveis de colesterol na gema do ovo (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010). No entanto, alterações no perfil lipídico da dieta não influenciam no conteúdo de colesterol da gema (CEYLAN *et al.*, 2011).

As tentativas para modificar o conteúdo de colesterol do ovo e atender à demanda do consumidor foram em geral mal sucedidas. Pesquisas genéticas, farmacológicas e nutricionais falharam em encontrar um meio consistente e economicamente viável de reduzir o conteúdo de colesterol total do ovo (VAN ELSWYK, 1997). Contudo, devido às tendências dos consumidores, esforços para reduzir os níveis de colesterol continuaram sendo feitos (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

4. Ácidos Graxos

Os ácidos graxos são compostos por uma cadeia carbônica, que pode variar seu tamanho de 4 a 36 átomos de carbono, e possuem um grupo metil (-CH₃) em uma extremidade e um grupo carboxila (-COOH) em outra (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Nos tecidos animais eles usualmente apresentam de 14 a 24 átomos de carbonos (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

Os ácidos graxos podem ser saturados, possuindo somente ligações simples, ou insaturados, possuindo duplas ligações, que variam de 1 a 6. As insaturações podem variar na sua posição em relação à cadeia carbônica e na configuração das duplas ligações (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

Os ácidos graxos com configuração *trans* possuem os hidrogênios da dupla ligação em lados opostos em relação à cadeia carbônica. Os ácidos graxos insaturados em configuração *trans* apresentam uma cadeia praticamente linear (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

Os ácidos graxos *trans* são encontrados em pequenas quantidades em óleos e gorduras vegetais, e estão em teores relativamente maiores em óleos e gorduras de origem animal; Eles estão presentes em grandes quantidades em gorduras modificadas pelo processo de hidrogenação (FRANCO e VISENTAINER, 2006). O maior problema associado às gorduras *trans* é que, apesar de serem de origem

vegetal e insaturadas, essas são processadas de forma mais parecida com as gorduras saturadas e transformadas em colesterol (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Os isômeros *cis-trans* apresentam diferentes propriedades físicas, pontos de fusão e ebulição, diferem em seus momentos dipolares e podem apresentar reatividades distintas (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

Os ácidos graxos na forma livre ocorrem apenas em pequenas quantidades, mas quando os alimentos são armazenados e/ou submetidos a processamento, pode ocorrer aumento no teor desses ácidos graxos livre não-esterificados, que podem passar a ser encontrados em níveis elevados (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

4.1. Nomenclatura

A nomenclatura dos ácidos graxos por um nome arbitrário não é razoável, pois há um elevado número de ácidos graxos, e estes ainda podem possuir vários isômeros, insaturações e radicais diferentes. Foi adotada então uma nomenclatura sistemática para os compostos orgânicos, que no caso dos ácidos carboxílicos, é determinada pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). No entanto, simbologias e a nomenclatura usual ainda são comumente empregadas na literatura para se referir aos ácidos graxos, mesmo que muitas vezes essas não forneçam informações sobre sua estrutura (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

Muitos ácidos graxos comuns foram isolados inicialmente de fontes naturais e seu nome usual foi adotado antes que se tivesse conhecimento de sua estrutura química. Por esse motivo, o nome usual se refere normalmente a sua origem natural, de onde ele foi inicialmente isolado. Os nomes usuais são comumente utilizados por profissionais que estão familiarizados com os ácidos graxos, no entanto, alguns ácidos não possuem nomes usuais, independente de sua importância biológica (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

O uso de simbologias fornecer informações relacionadas à estrutura do ácido graxo. Dessa forma, uma maneira simplificada de representar um ácido graxo é pelo seu número de átomos de carbono e grau de insaturação, indicando o número de duplas ligações; que será zero para os ácidos graxos saturados, e para os insaturados será 1, 2, 3, etc (dependendo se este é mono, di-, tri-insaturado, e assim por diante). Embora essa simbologia simplificada seja utilizada com frequência, ela

não fornece informação relativa à posição das duplas ligações, sendo mais empregada quando nos referimos aos ácidos graxos mais comuns ou quando não há necessidade de descrever a estrutura exata do ácido em questão (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

Os ácidos graxos insaturados podem ser representados com o uso de uma simbologia mais completa, na qual se representa a posição das duplas ligações. Neste caso, a cadeia é numerada a partir do grupo carboxila, e apenas o carbono de número mais baixo (do par de carbonos que faz parte da dupla ligação) é indicado. O número das posições das insaturações é indicado após o número de átomos da cadeia e do número de insaturações (semelhante à simbologia simplificada), sendo sobrescritos após a quarta letra do alfabeto grego delta (Δ) (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

A utilização da nomenclatura sistemática da IUPAC é uma das formas mais completas de designar um ácido graxo. A nomenclatura sistemática se baseia em regras de nomenclatura para os ácidos carboxílicos, que permite a construção da estrutura química de qualquer ácido graxo a partir do seu nome, ou inversamente, a designação do seu nome a partir de sua estrutura química. No sistema IUPAC cada composto deve possuir um nome diferente (FRANCO e VISENTAINER, 2006), pois esse é derivado diretamente de sua estrutura, que é única.

Os nomes da IUPAC para os ácidos graxos devem conter a palavra **ácido** antes do nome do composto. A terminação (o) de um alcano correspondente à cadeia mais longa do ácido é retirada, acrescentando-se o sufixo **-óico**. Os carbonos são contados sempre a partir da extremidade do grupo carboxila (COOH), que recebe o número 1. As insaturações e grupos ligados são designados pelo carbono de menor número, de acordo com sua localização na cadeia carbônica principal. As insaturações são designadas de acordo com os alcanos e alcenos, recebendo a designação **an** e **en**, respectivamente. Além da posição da dupla ligação, deve-se indicar a configuração *cis-trans* ou isomeria *cis-trans* das insaturações. Caso a configuração seja omitida, admite-se geralmente a configuração *cis* para a dupla ligação do ácido graxo (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

A nomenclatura IUPAC determina que um ácido graxo monoinsaturado *trans* deve ter a posição de sua dupla ligação indicada, sendo precedida pela palavra **trans**. Para os poli-insaturados (existência de 2 ou mais duplas ligações), devem-se indicar quais duplas ligações apresentam conformação *trans* (da mesma forma que

para os monoinsaturados) e quais ligações possuem conformação *cis*, que também devem ser indicadas com o número do carbono participante na dupla ligação e a palavra ***cis***. Um mesmo ácido graxo pode apresentar duplas ligações com conformação *cis* e outras com conformação *trans* (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

A simbologia utilizada para os ácidos ômega adota a letra **n** ou a letra ômega (**ω**), última letra do alfabeto grego, seguida pelo número do carbono da dupla ligação mais próxima do grupo metil (CH₃) terminal da cadeia carbônica. Para os ácidos graxos ômega, a cadeia carbônica é numerada a partir da extremidade metila. As duas letras (n e ω) são comumente utilizadas para designar os ácidos graxos ômega, embora a comunidade internacional utilize preferencialmente a letra n (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

4.2. Ácidos graxos poli-insaturados

Vários ácidos graxos insaturados podem ser formados a partir de ácidos graxos saturados, por alongação adicional ou reações de dessaturação, sendo seus principais precursores o ácido linoleico (C 18:2) e o ácido linolênico (C 18:3) (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A posição da última dupla ligação dos ácidos graxos insaturados em relação ao grupo metil terminal da cadeia carbônica pode apresentar importância metabólica, fisiológica ou mesmo patológica, sendo importante indica-la. A posição dessa última ligação está associada com grupos ou famílias de ácidos graxos (como as famílias ômega-3, ômega-6 e ômega-9), as quais podem apresentar atividades biológicas distintas. Um ácido graxo de determinada família pode ser considerado “nobre” para os animais, pois não pode ser transformado em um ácido de outra família (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

4.2.1. Família n-3

Os ácidos graxos ômega-3 são uma família de ácidos graxos poli-insaturados. Eles recebem tal denominação, pois sua primeira ligação dupla se localiza no carbono de número três a partir da extremidade ômega (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

As PUFAs n-3 são sintetizadas a partir do C18:3, e dentre elas podemos destacar o ácido eicosapentaóico (C20:5, EPA) e o ácido docosahexanóico (C22:6, DHA), derivados primariamente de óleos de peixe; o ácido α -linolênico (LNA), derivado de óleos vegetais; e o ácido docosapentaenóico (C22:5, DPA) (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Os ácidos graxos ômega-3 são reconhecidos por seus efeitos potenciais na prevenção e tratamento de doenças coronarianas e infarto, de algumas doenças inflamatórias, diabetes, e de vários tipos de cânceres; por desempenharem importante papel na modulação do sistema imune; e por promoverem o correto funcionamento do sistema nervoso e o desenvolvimento neurológico de fetos (VAN ELSWYK, 1997; GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Nem todos os ácidos graxos n-3 são biologicamente equivalentes, e por isso quando se desenvolve alimentos enriquecidos, não se deve considerar apenas o conteúdo total de AG n-3, mas também o perfil específico de ácidos graxos fornecido pelo alimento obtido (BAUCELLS *et al.*; BARLOW *et al.*, 1990).

O LNA é um ácido graxo essencial que devem ser fornecido a partir da dieta. No entanto, o LNA deve ser convertido em EPA e DHA nos humanos para que possa exercer suas funções biológicas. Acredita-se que o LNA é convertido em EPA e DHA via reações de dessaturação e alongação, realizadas no fígado e outros órgãos. O LNA está disponível em muitas fontes vegetais, sendo uma alternativa para os ácidos graxos ômega-3 de fontes marinhas onde o consumo de peixes não é um hábito alimentar popular. Deve-se destacar que pessoas idosas, indivíduos hipertensos, e alguns diabéticos podem apresentar capacidade limitada de síntese de EPA e de DHA (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O DHA é necessário para o correto desenvolvimento de determinados tecidos corporais, especialmente o cérebro e o partes do sistema nervoso, e sua suplementação na dieta humana é desejável (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A identificação de fontes alimentares de ácidos graxos n-3 se faz necessária para que os consumidores consigam atingir os níveis mínimos diários estipulados. O aumento desses ácidos graxos benéficos na dieta através de modificações de produtos consumidos em larga escala tem sido encorajado como forma de aumentar sua disponibilidade para consumo humano (VAN ELSWYK, 1997), pois esses ácidos

graxos não são sintetizados por mamíferos, sendo obtidos exclusivamente a partir da dieta (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

4.2.2. Família n-6

Os Ácidos Graxos Poli-insaturados n-6, como o Ácido Araquidônico (C 20:4), são sintetizados a partir do C18:2. A série de ácidos graxos n-6 são importantes precursores dos eicosanoides do sistema parácrino (como prostaglandinas, leucotrienos, prostaciclina e tromboxanos) (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

4.3. Ácido linoleico conjugado

Quando em uma mesma cadeia carbônica de um ácido graxo existe mais de uma dupla ligação, elas podem ser do tipo conjugada, se alternando, ou então elas podem ser do tipo não-conjugadas (isoladas), sendo separadas por um ou mais grupos metilênicos (CH₂). As propriedades químicas de compostos contendo duas, ou mais, ligações duplas em uma mesma cadeia carbônica podem ser marcadamente diferentes, dependendo da posição das insaturações (FRANCO e VISENTAINER, 2006).

O termo Ácido Linoleico Conjugado (ou *Conjugated Linoleic Acids* – CLA em inglês) é utilizado para determinar isômeros geométricos e posicionais do ácido linoleico que possuam duas ligações duplas conjugadas. As duas ligações duplas no CLA podem ocorrer em diversas posições ao longo da cadeia carbônica: nas posições 7 e 9; 8 e 10; 9 e 11; 10 e 12; 11 e 13; ou 12 e 14. Cada ligação dupla pode ser encontrada tanto na configuração *cis* como *trans*. Os ácidos conjugados apresentam propriedades funcionais, químicas e fisiológicas diferentes dos ácidos graxos *cis* poli-insaturados não conjugados. (FRANCO e VISENTAINER, 2006; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O CLA é formado naturalmente por bactérias do rúmen, estando presente em animais ruminantes como bovinos, ovinos e caprinos, sendo um componente da maior parte das dietas norte-americanas. (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010). A ação das bactérias do rúmen resulta em altos níveis de depósito de CLA nos tecidos de ruminantes (FRANCO e VISENTAINER, 2006) e esses se tornam disponíveis para consumo humano através de produtos como leite e carne (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Os CLAs demonstraram possuir propriedades anti-adipogênicas, anti-carcinogênicas, anti-aterogênicas, antidiabetogênicas e anti-inflamatórias. O efeito de isômeros individuais na tumorigênese e no metabolismo de lipídios, e como isso poderia afetar sua atividade biológica, está sob extensiva investigação. Alguns isômeros do CLA (especialmente o t10c12 e o c9t11) têm sido amplamente estudados em animais devido as suas capacidades de modular diabetes e o desenvolvimento de câncer, prevenir aterosclerose, melhorar a função imunológica e modificar a composição corporal, mas poucos estudos foram realizados em humanos (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O isômero de CLA mais abundante nos lipídios do rúmen é o cis-9,trans-11-CLA (c9,t11-CLA), contando também com menores quantidades de trans-7,cis-9-CLA (t7,c9-CLA), trans-11,cis-13-CLA (t-11,c-13-CLA) e trans-10,cis-9-CLA (t10,c9-CLA). No entanto, os isômeros de CLA mais comuns nas misturas sintéticas são o c9,t-11-CLA e o t10,c12-CLA, com menores quantidades de t8,c10-CLA e c11,t13-CLA, sendo esses últimos indicativos de condições de aquecimento mais severas durante o processo de síntese do CLA a partir do ácido linoleico (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Acredita-se que o consumo diário com potencial biológico para um adulto é de aproximadamente de 1,5-3,0g/dia de CLA, o que é significativamente maior que o consumo diário estimado atualmente (menos de 500mg/dia na população americana). Tendo em vista os possíveis benefícios do CLA para a saúde humana, iniciaram-se pesquisas de possíveis formas de aumentar suas concentrações no leite e na carne bovina, e até em ovos. Duas abordagens distintas para atingir tal objetivo foram encontradas: a primeira é a utilização de modificações na dieta de ruminantes, na tentativa de aumentar a produção natural de CLA em vacas leiteiras e de corte; a segunda maneira é a utilização de misturas sintéticas de isômeros de CLA na alimentação animal. Acredita-se que a suplementação de CLA em rações animais com intuito de aumentar o conteúdo de CLA nos produtos animais (carne, leite e ovos) proporciona resultados superiores para a saúde humana que a suplementação direta com cápsulas (com óleos enriquecidos com CLA) ou alimentos fortificados, embora mais evidências sejam necessárias para reforçar esse princípio (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

5. Modificação do perfil lipídico da gema

5.1. Alterações no perfil lipídico do ovo resultante de fatores da poedeira

A maior parte dos constituintes da gema do ovo é derivada do plasma sanguíneo. Os ingredientes essenciais, como os lipídios do ovo e a vitelogenina, são sintetizados no fígado e depois transportados até o ovário, onde então são transferidos para o óvulo em desenvolvimento. Vale destacar que mais de 90% da síntese de ácidos graxos das aves ocorre no fígado. O fígado possui a importante tarefa de processar os lipídios da dieta, sintetizar outros a partir de carboidratos e os preparar para liberação na corrente sanguínea (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O estrogênio estimula várias mudanças estruturais que garantem que quantidades adequadas de lipídios serão destinadas aos folículos ovarianos em crescimento. Um de seus papéis é estimular a produção de apoproteínas específicas para a criação de partículas únicas de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), que são destinadas para deposição na gema (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Outros fatores como linhagem, idade e raça da poedeira também exercem influência na composição lipídica da gema do ovo (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

Os ingredientes fornecidos às poedeiras com objetivo de criar ovos enriquecidos devem ser transferidos para o ovo, sendo incorporados na gema ou no albúmen. O ovo é aproximadamente 58,5% albúmen, 31% gema e 10,5% casca. Esses valores podem variar de acordo com a idade e a linhagem da ave. A proporção de gema no ovo aumenta à medida que a ave envelhece, às custas de uma diminuição na clara (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Observou-se também relação entre a idade das poedeiras e a capacidade de deposição de PUFA's na gema. Quando se compara a idade das poedeiras, as aves mais jovens mostram uma maior eficiência na deposição de PUFA's na gema do ovo que poedeiras mais velhas, principalmente para cadeias mais longas e mais insaturadas (C20:4, C20:5, C22:5 e C22:6). Essas diferenças podem estar relacionadas à facilidade que poedeiras jovens têm para utilizar diferentes fontes de

lipídios com diferentes composições de ácidos graxos, o que provavelmente não ocorre de forma tão eficiente em aves mais velhas (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

5.2. Alterações no perfil lipídico do ovo resultante de manipulações na dieta da poedeira

As aves possuem a capacidade de depositar lipídios da dieta diretamente na gema do ovo, sem que esses passem por alterações metabólicas (CEYLAN *et al.*, 2011). O perfil de ácidos graxos presente na gema é equivalente ao fornecido na dieta sendo, portanto, possível alterar a quantidade de ácidos graxos presentes na gema do ovo por meio de alterações na fonte de lipídios da dieta (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O arranjo dos triglicerídeos e fosfolipídios formados no fígado para síntese da gema pode ser modificado pela composição da dieta (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001). A composição percentual total de ácidos graxos saturados, insaturados, poli-insaturados, *trans*, n-3 e n-6 da gema do ovo variam de acordo com a fonte de lipídios presente na dieta (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Aditivos alimentares são uma das melhores formas para modificar a composição do ovo e adicionar a ele ingredientes com valor agregado. O conhecimento de como alguns ingredientes são capazes de afetar diretamente o ambiente do ovo pode contribuir para aumentar o sucesso dos programas de enriquecimento de ovos de mesa. Nem todos os ingredientes da dieta terão a mesma taxa de depósito na gema, e isso torna possível a criação de um ambiente enriquecido no interior do ovo (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Aves alimentadas com dietas com inclusão de óleos vegetais e marinhos apresentam ovos com menores percentuais de ácidos graxos saturados e monoinsaturados. Observa-se também aumento nas quantidades de ácidos graxos insaturados da gema. Os ovos das aves sem suplementação são pobres em ácido linolênico (LNA; 18:3n-3), e não contêm ácido eicosapentaenóico (EPA; 20:5n-3) e ácido docosahexanóico (DHA; C22:6n-3) (OLIVEIRA *et al.*, 2010; CEYLAN *et al.*, 2011).

Observa-se uma interação significativa entre a fonte lipídica e seu nível de inclusão na dieta, com o perfil de ácidos graxos presente no ovo (CEYLAN *et al.*, 2011). A quantidade de ácidos graxos presentes na dieta é diretamente responsável

pelo seu depósito nos lipídios do ovo, e dessa forma pode-se manipular o perfil de ácidos graxos presente no ovo alterando-se a proporção de ácidos graxos da dieta (BAUCELLS *et al.*).

As concentrações de C18:2 e C18:3 na gema são proporcionais aos seus níveis de inclusão na dieta. É desejável que esses ácidos graxos se encontrem presentes em concentrações balanceadas na gema do ovo, pois eles desempenham importantes funções na saúde humana além de serem precursores de ácidos graxos de cadeias mais longas, como os da série n-3 e n-6. (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Ácidos graxos poli-insaturados presentes na dieta podem causar grandes alterações no perfil de ácidos graxos do ovo, o que permite a manipulação desse perfil para atender melhor as necessidades nutricionais humanas (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

Outros fatores como a cor da gema e qualidade da casca são facilmente modificados através da alimentação. As concentrações presentes na gema de alguns minerais e vitaminas hidrossolúveis podem ser alteradas por meio de mudanças em seus níveis de inclusão na dieta, apesar de muitas serem limitadas pela capacidade das moléculas carreadoras e proteínas de ligação, que auxiliam em sua transferência para a gema (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

5.2.1. Alterações nos ácidos graxos n-3

Há relação direta entre a proporção de PUFA's e famílias de ácidos graxos n-3 presentes na dieta, com o perfil lipídico final depositado na gema (BAUCELLS *et al.*). A suplementação da dieta de poedeiras com fontes ricas em ácido linolênico (LNA) resulta na produção de ovos com maiores níveis de LNA na gema e com aumentos pequenos, mas significantes, na família de ácidos graxos ômega-3 de cadeia longa (20 carbonos), principalmente na forma de EPA e DHA (CHERIAN e SIM). No entanto, a incorporação desses ácidos graxos não é proporcional à do LNA. Quando comparado o aumento na taxa de deposição do EPA e DHA na gema em resposta às fontes marinhas (3% de óleo de peixe), com seu pequeno aumento decorrente de suplementação com fontes vegetais (óleo de canola e óleo de linhaça) nota-se a limitada eficiência de conversão do LNA em EPA e DHA nas aves (BAUCELLS *et al.*; HARGIS *et al.*, 1991; AYMOND e VAN ELSWYK, 1995).

Dessa forma, os metabólitos de cadeia longa do LNA (EPA e DHA) diminuem quando se substitui a fonte marinha de ácidos graxos (óleo de peixe) por óleos vegetais. Os óleos vegetais com maior concentração de LNA resultam em maior incorporação dos ácidos graxos de cadeia longa na gema (BAUCELLS *et al.*).

Considerando que os seres humanos parecem possuir uma capacidade limitada para dessaturar do último passo da formação do DHA a partir do LNA, os ovos podem ser considerados como uma boa alternativa de fonte para esse ácido graxo. O DHA é obtido na gema por meio de duas vias; por meio de sua deposição direta a partir da dieta; e de forma alternativa, como resultado final da síntese *de novo* a partir de seus precursores (LNA, EPA e DPA) fornecidos na dieta (BAUCELLS *et al.*).

Observa-se que a variação de 85% do conteúdo de EPA e 78% do conteúdo de DHA presente nos ovos pode ser atribuída à proporção presente na dieta. O que sugere que em alguns casos (como no uso de precursores ricos em LNA) uma síntese limitada, mas efetiva, de ácidos graxos n-3 de cadeia longa pode ocorrer a partir de seus precursores (BAUCELLS *et al.*).

5.2.2. Alterações nos ácidos graxos n-6

O ácido araquidônico (AA) é gerado principalmente por elongação e dessaturação do LA (BEZARD *et al.*, 1994). Em dietas contendo óleo de peixe, a biossíntese do AA a partir do LA é limitada (BAUCELLS *et al.*). Altas concentrações de AA, e especialmente C20:3n-3 e DHA na dieta diminuem de forma significativa a dessaturação Δ -6 do LA; diminuem também de forma menos expressiva a dessaturação Δ -5 do C20:3n-6 para AA; e não alteram a dessaturação Δ -6 do LNA (BEZARD *et al.*, 1994).

Dessa forma, o ácido araquidônico não varia seu nível de inclusão na gema de acordo com suas concentrações na dieta. Menos de 50% de sua variação na gema pode ser atribuída ao conteúdo presente na dieta, sendo que maiores níveis de inclusão na dieta não garantem maiores níveis de inclusão nos lipídios da gema. Por outro lado, a inclusão de maiores níveis de seu precursor (LA) na dieta resulta em aumento da concentração de AA na gema. Ao contrário do que se observa para a família de ácidos graxos de cadeia longa n-3 (para qual a inclusão de LA não exerce influência na concentração final na gema), a inclusão de maiores níveis de

LNA resultam em menor deposição de AA na gema (BAUCELLS *et al.*). Pois como tanto o LA como o LNA são substratos da Δ -6 dessaturase, isso gera uma inibição competitiva da dessaturação do LA (BEZARD *et al.*, 1994).

A alteração da fonte lipídica da dieta de fontes marinhas para óleos vegetais cursa com aumento da concentração de AA presente na gema, sendo esse aumento maior quando a fonte lipídica utilizada é rica em seu precursor (BAUCELLS *et al.*).

5.2.3. Alterações em outros ácidos graxos

As aves possuem uma tendência em manter o grau de saturação e monossaturação presente na gema dentro de uma margem estreita. A concentração de lipídios saturados e monossaturados presentes na dieta exercem pequenos efeitos sobre o perfil de ácidos graxos do ovo. A substituição de dietas com pouco conteúdo de gorduras saturadas (óleo de peixe), para dietas com alto conteúdo (gordura animal) praticamente não afetam o nível de ácidos graxos saturados na gema. A capacidade de poedeiras em aumentar o conteúdo da gema de ácidos graxos monoinsaturados (principalmente na forma de ácido oleico) parece ser particularmente limitada. (BAUCELLS *et al.*).

Independente da fonte de lipídio utilizada na dieta ou da idade da ave a porcentagem de ácidos graxos *trans* encontrada na gema é muito baixa. A gema de ovo contém quantidades de gordura *trans* praticamente insignificante, e desse modo, estas podem ser desconsideradas quando se determina a composição do ovo (OLIVEIRA *et al.*, 2010; CEYLAN *et al.*, 2011).

6. Alguns suplementos utilizados na dieta de poedeiras para modificação do perfil de ácidos graxos do ovo

Existem diversos suplementos de ácido graxos n-3 viáveis para utilização em rações de poedeiras. Deve-se, entretanto considerar que o perfil lipídico final dos ovos pode variar substancialmente dependendo da fonte lipídica utilizada. A determinação do regime ótimo de alimentação das poedeiras depende da influência do perfil de ácidos graxos da gema na saúde humana e como esse perfil pode ser alterado para criação de ovos enriquecidos (VAN ELSWYK, 1997).

A composição de ácidos graxos dos lipídios totais da gema irá refletir a composição utilizada na dieta das poedeiras, no entanto, a magnitude da mudança pode variar dependendo do ácido graxo analisado (BAUCELLS *et al.*). Fontes ricas em PUFAs geralmente resultam em ovos ricos em ácidos graxos poli-insaturados. O tipo de suplemento de PUFAs n-3 também pode alterar a taxa de deposição dos ácidos graxos na gema, modificando assim as concentrações presentes nos ovos. (OLIVEIRA *et al.*, 2010; CEYLAN *et al.*, 2011).

A incorporação de ácidos graxos n-3 é um processo gradual. Dietas com maiores níveis de inclusão de óleo tendem a atingir um nível constante de deposição na gema em um período de mais curto que dietas com menor concentração de óleo. Quando a suplementação é suspensa, os lipídios presentes na gema voltaram para concentrações semelhantes às encontradas em aves que não são alimentadas com óleos marinhos ou vegetais. O tempo para atingir concentrações semelhantes à dieta controle é equivalente ao tempo de *turnover* dos lipídios da gema no ovário (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

Dentre os suplementos alimentares utilizados para a produção de ovos enriquecidos podemos citar: alga marinha, óleo de canola, óleo de linhaça, óleo de girassol, óleo de peixe (principalmente o óleo de savelha), óleo de soja, sementes de linho, dentre outro (VAN ELSWYK, 1997; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2010). O óleo de peixe e linhaça são bastante utilizados na dieta de poedeiras como aditivos alimentares para produção de produtos enriquecidos com n-3. No entanto, a diminuição da qualidade sensorial dos ovos enriquecidos com ômega-3, causada pela alteração de sabor e redução da estabilidade lipídica, é motivo de preocupação para a indústria (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

Para se obter enriquecimento dos ovos com LNA, normalmente se considera fontes como a linhaça (e sementes de linho), óleo de linhaça e, em menor âmbito, o óleo de canola. Quando o objetivo é enriquecer ovos com os ácidos graxos n-3 de cadeia longa (primariamente o EPA, DPA e o DHA), os ingredientes mais usados como suplemento alimentar são os óleos de peixe (mais comumente o óleo de savelha), as farinhas de peixe e a alga marinha (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

O uso de óleo de peixe resulta na incorporação de ácidos graxos n-3 de cadeia longa, que são metabolicamente mais ativos que o LNA e produzem

melhores benefícios à saúde dos consumidores. Por outro lado, esses óleos podem comprometer a qualidade sensorial dos ovos. O uso de linhaça resulta em ovos com menos modificações e melhor aceitação do consumidor, mas seu ácido graxo principal é o LNA, que é menos ativo para humanos (independente de sua conversão em AG n-3 de cadeia longa) (SIMOPOULOS). A composição do melhor ovo enriquecido seria aquela que contivesse a maior concentração possível de ambos ácidos graxos, sem que para isso fosse afetada suas características sensoriais. Isso seria conseguido pela mistura de fontes que contivessem ácidos graxos de cadeia longa e LNA (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

Quando avaliado o custo das dietas formuladas com o uso de óleo de canola, girassol, linhaça ou peixe não se observou nenhuma diferença significativa entre os tipos diferentes de óleos, ocorrendo aumento do custo somente quando utilizados maiores nível de inclusão (CEYLAN *et al.*, 2011).

A inclusão de ácidos graxos ômega-3 em dietas de poedeiras pode ser benéfica para redução de doença coronariana e conseqüentemente, de morte súbita nas aves (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010). No entanto, os possíveis efeitos negativos observados na desempenho de poedeiras alimentadas com os ingredientes mais apropriados para suplementação com AG n-3 são um obstáculo para a indústria. Em condições comerciais, os produtores selecionam aves dentro de uma faixa de idade determina (30-50 semanas) para produção de ovos modificados, e alterar as características produtivas esperadas para essas aves anula os esforços de padronização e de melhora de desempenho (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

A importância da suplementação com ácidos graxos ômega-3 para a ocorrência de síndrome do fígado gorduroso e/ou síndrome hemorrágica do fígado gorduroso em aves ainda deve ser estabelecida (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

6.1. Ácido Linoleico Conjugado

As concentrações de CLA na gema do ovo aumentam linearmente à medida que o nível de inclusão do CLA na dieta aumenta. A maior parte dos experimentos mostrou que os ovos produzidos a partir de aves alimentadas com 5% de CLA contêm de 310-1000mg de CLA por ovo. Tais ovos podem prover quantidades

substanciais de CLA, ajudando a atingir o nível de ingestão diário recomendado para seres humanos (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Por outro lado, a alimentação de aves com 5% de CLA pode afetar a composição geral dos lipídios da gema do ovo. Com o aumento no nível de inclusão do CLA na dieta, os ácidos graxos saturados aumentam enquanto os ácidos graxos monossaturados diminuem. O aumento da ingestão de ácidos graxos saturados é uma preocupação devido a sua associação com o aumento do risco de ocorrência de doenças cardiovasculares. O aumento de ácidos graxos saturados e a redução dos monossaturados é considerado indesejável. A mudança na composição de ácidos graxos pode ser decorrente da interação competitiva para o metabolismo entre o CLA e o ácido linoleico ou ácido linolênico, como também pela enzima delta-9 dessaturase (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O aumento do CLA na dieta pode afetar de maneira negativa a qualidade do ovo. Sabe-se que os efeitos negativos na qualidade do ovo causados pelo fornecimento de altas doses de CLA na dieta podem ser atenuados com a co-suplementação com outros ácidos graxos, embora estudos mais aprofundados para definir uma combinação otimizada de lipídios e suas proporções devam ser realizados (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Diferentes linhagens de poedeiras podem responder de maneiras diferenciadas à suplementação com CLA, apresentando diferentes taxas de inclusão para determinados isômeros. O perfil dos isômeros pode influenciar no efeito final dos ovos enriquecidos com CLA sobre a saúde do consumidor (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

6.2. Fontes Marinhas

As fontes marinhas de AG n-3 oferecem o benefício de incorporação direta nos ovos de ácidos graxos de cadeias longas, que são metabolicamente mais importantes para humanos que o LNA (SIMOPOULOS). Os óleos de peixe, principalmente o óleo de savelha (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001) e as algas marinhas, são ingredientes muito utilizados como fonte desses ácidos graxos de cadeia longa, que também podem ser chamados de ácidos graxos marinhos.

6.2.1. Alga marinha

As algas marinhas (AM) contêm aproximadamente 11,2% de ômega-3 de cadeia longa em sua matéria seca (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010) e são uma boa alternativa para as fontes atuais de ácidos graxos n-3. Alguns microorganismos marinhos sintetizam grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, particularmente o DHA e o EPA (VAN ELSWYK, 1997; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010)

Aves alimentadas com 2,4% de alga marinha produzem ovos com 9,5mg/g gema de AG n-3, quantidades similares ao obtido em aves alimentadas com 1,5% de óleo de savelha; apesar da dieta com 1,5% óleo de savelha possuir maior concentração de ácidos graxos n-3 (mais 189mg) do que a dieta com 2,4% de algas marinhas (VAN ELSWYK, 1997; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O melhor nível de inclusão de ácidos graxos no ovo (12,2mg/g gema) é conseguido com uso de dietas contendo 4,8% de algas marinhas (AM). No entanto, quando se dobra o conteúdo de AM na dieta (de 2,4% para 4,8%) não se consegue dobrar o depósito de AG n-3 na gema, indicando que a utilização ótima de DHA provavelmente é menor que a fornecida na dieta com 4,8% de algas marinhas (VAN ELSWYK, 1997).

Apesar de possuírem perfis de DHA semelhantes, o uso de alga marinha na dieta pode ser mais eficiente para deposição de DHA na gema que o óleo de savelha quando se considera a utilização dos ácidos graxos totais da dieta (VAN ELSWYK, 1997).

A suplementação da dieta das poedeiras com algas marinhas também fornece carotenoides naturais, que podem aumentar a estabilidade oxidativa tanto das rações enriquecidas com n-3, como dos ovos resultantes de sua ingestão (VAN ELSWYK, 1997; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

6.2.2. Óleo de peixe

Os óleos de peixe são uma das melhores fontes conhecidas de PUFA n-3 e são ricos em EPA e DHA. Quando utilizado na dieta de poedeiras, aumenta o conteúdo de PUFAs n-3 presentes nos ovos. Esse aumento é marcado por um acréscimo significativo da deposição de ácidos graxos de cadeia longa na gema,

principalmente o ácido docosahexanóico (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001; CEYLAN *et al.*, 2011).

O óleo de savelha é o óleo de peixe mais utilizado para o enriquecimento de ovos com ácidos graxos ômega-3 de cadeia longa. Normalmente se observa um padrão de resposta linear ao fornecimento de níveis crescentes de óleo de savelha, embora em alguns casos não tenha se observado aumento na quantidade de ácidos graxos n-3 de cadeia longa nos ovos quando se aumenta o nível de inclusão de 1,5% para 3%, ou apenas tenha sido constatado um discreto aumento (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010). Níveis de inclusão na dieta entre 1,5-3% de óleo de savelha resultaram na maior concentração de ácidos graxos n-3 na gema. Com esses níveis de inclusão obteve-se incorporação de 200mg/gema de ácidos graxos n-3, quantidade equivalente à contida em uma porção de 100g de peixe de água doce (VAN ELSWYK, 1997).

O óleo de savelha (OS) é rico em EPA e DHA. Apesar da fonte lipídica conter maiores quantidades de EPA, observa-se que aves alimentadas com OS depositam prioritariamente DHA na gema (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001). A eficiência de transferência do DHA para gema a partir da dieta é de aproximadamente 89%, enquanto a eficiência de transferência do EPA não ultrapassa 5%. Isso provavelmente é resultante de diferenças nas vias metabólicas para os diferentes ácidos graxos n-3 nas aves, nas quais provavelmente ocorre conversão do EPA em DHA (e vice-versa) associado à deposição preferencial do DHA por alguns tecidos (BAUCELLS *et al.*; VAN ELSWYK, 1997; GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Os ovos enriquecidos com óleo de peixe contêm DHA e EPA, que possuem maior biodisponibilidade para os seres humanos que o LNA. No entanto, deve-se ter cautela, pois a suplementação com óleo de savelha resulta na ocorrência de alterações sensoriais nos ovos e desenvolvimento de lipidose hepática nas aves com uso prolongado (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A quantidade de ácido araquidônico (AA) na gema do ovo diminui quando se utiliza óleo de peixe, sendo essa diminuição concomitante com o aumento de DHA. Isso resulta na diminuição total de n-6 e aumento nos níveis de n-3 (VAN ELSWYK, 1997; CEYLAN *et al.*, 2011). Os altos níveis de LNA limitam a síntese de AA a partir do LA, pois o eles competem pela mesma enzima Δ -6 dessaturase. Como a enzima atua nas duas rotas, existe competição para a biossíntese entre ácidos graxos n-3 e

n-6 pelas enzimas diminuídas. A inclusão de óleo de peixe na dieta diminui a síntese de AA a partir do LA. Deve também ser mencionado que os metabólitos do LNA, o EPA e o DHA, também são capazes de reduzir a produção de AA. Dessa forma, o aumento da ingestão de LNA, e seus derivados, em uma dieta resulta em uma diminuição significativa na formação de AA (CEYLAN *et al.*, 2011).

Apesar de bons níveis de inclusão de ácidos graxos n-3 com uso de até 3% de óleo de savelha, apenas ovos de aves alimentadas com nível de inclusão de até 1,5% foram considerados como aceitáveis quando avaliadas suas características sensoriais e nutricionais (VAN ELSWYK, 1997; CEYLAN *et al.*, 2011). O nível de óleo de savelha na dieta influencia apenas em cinco atributos sensoriais de forma significativa, sendo limitado a aroma de peixe, gosto de peixe, gosto residual de peixe, gosto adocicado e gosto medicinal. O aumento no nível de óleo na dieta geralmente resulta em aumento dose-dependente do aroma de peixe, gosto de peixe e gosto residual de peixe. Geralmente os ovos de aves alimentadas com 3% de óleo de savelha possuem todos os atributos relacionados a peixe destacados, enquanto as aves alimentadas com níveis intermediários de OS possuem ovos que não são discerníveis estatisticamente dos ovos controle. Além de apresentar aumento nos atributos relacionados a peixe as dietas contendo 3% de OS também resultam em ovos com gosto medicinal (VAN ELSWYK, 1997).

A vida de prateleira dos ovos de aves alimentadas com dietas contendo 1,5% de óleo de savelha foi equivalente a dos ovos convencionais. Acredita-se que as aves consumam produtos da oxidação de lipídios na ração e os depositem na gema; ou então que a deterioração oxidativa dos AG n-3 seja iniciada no fígado da poedeira, e os produtos da oxidação sejam transportados diretamente para deposição na gema; mas independente de sua origem, uma vez depositados na gema, eles se tornam estáveis durante o armazenamento, não sendo associados a mudanças deletérias nas características sensoriais (VAN ELSWYK, 1997).

6.3. Fontes Vegetais

6.3.1. Óleo de canola (e sementes de canola)

As sementes de canola e colza contêm aproximadamente 42% de lipídio. O LNA é o ácido graxo de destaque do óleo de canola, correspondendo a 12% de seus

lipídios. No entanto, a eficiência de transferência de LNA da dieta para os ovos é menor em dietas contendo sementes de canola que nas dietas contendo sementes de linho (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001; GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Poedeiras alimentadas com óleo de canola depositam preferencialmente C18:3 na gema. É observado aumento no conteúdo de ácido graxo quando as poedeiras são alimentadas com dietas contendo 3% de óleo de canola (CEYLAN *et al.*, 2011).

6.3.2. Óleo de girassol

A semente do girassol é rica em ácido linoleico (LA; 18:2n-6) (CEYLAN *et al.*, 2011). O óleo de girassol, quando acrescentado na dieta, resulta em aumento dos ácidos graxos poli-insaturados contidos na gema do ovo, pelo aumento da deposição do LA e uma aumento discreto, mas constante, de ácido araquidônico (BAUCELLS *et al.*).

O uso de óleo de girassol na dieta de poedeiras ocasiona aumento dos ácidos graxos n-6, principalmente do C20:4, provavelmente pelo elevado nível de seu precursor (C18:2) e baixo conteúdo de LNA e todos os outros ácidos graxos n-3 contidos nesse óleo (BAUCELLS *et al.*; OLIVEIRA *et al.*, 2010). O uso desse óleo resulta em uma proporção n-6/n-3 elevada quando comparada a outras fontes de óleo (CEYLAN *et al.*, 2011).

A inclusão de óleo de girassol na dieta resulta em redução de aproximadamente 5% na quantidade de ácidos saturados presentes na gema (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Poedeiras alimentadas com dietas contendo óleo de girassol produzem ovos com coloração de gema menos intensa que as aves que recebem outros óleos em suas dietas (óleo de peixes, linhaça e canola) (CEYLAN *et al.*, 2011).

6.3.3. Óleo de linhaça (e sementes de linho)

O óleo de linhaça possui grande quantidade de LNA (53,3%), quando comparado a outras fontes de ômega-3 (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Seu uso resulta em marcado aumento da concentração de PUFAs na gema, principalmente do LNA (BAUCELLS *et al.*).

O LNA pode ser dessaturado e alongado no fígado das aves para formar o DHA. Dessa forma quando o DHA não é fornecido diretamente pela dieta, o LNA presente em grandes quantidades na linhaça se torna precursor para DHA (CEYLAN *et al.*, 2011).

A gema de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo óleo de linhaça mostra alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente os da série n-3 (C18:3, C20:5, C22:5 e C22:6). OLIVEIRA *et al.* (2010) relata que a incorporação de EPA (C20:5) na gema dos ovos somente é obtida em aves alimentadas com óleo de linhaça. Os níveis de EPA e DHA encontrados são benéficos à saúde humana, pois essas PUFAs exercem vários papéis fisiológicos importantes (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O uso de óleo de linhaça resulta em uma proporção n-6:n-3 constante e menor quando comparada a outras fontes de óleo, sendo indicado como uma alternativa ao óleo de peixe (BAUCELLS *et al.*). CEYLAN *et al.* (2011) cita uma proporção entre n-6:n-3 de 3,32 e OLIVEIRA *et al.* (2010) de 2.01 para aves jovens e 2.17 para aves mais velhas.

O uso de óleo de linhaça na dieta ocasiona uma redução de aproximadamente 10% na quantidade de ácidos graxos saturados na gema (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O óleo de linhaça é relativamente mais resistente à oxidação quando comparado a outros óleos, como o de peixe. Seu uso em detrimento a outros menos resistentes minimiza as chances de ocorre oxidação e mudanças indesejadas na qualidade do ovo (de aparência e odor) (CEYLAN *et al.*, 2011).

As sementes de linho são os ingredientes mais empregados na produção de ovos ômega-3 devido ao seu grande conteúdo de LNA (50-60%) (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O aumento da quantidade de semente de linho na dieta resulta em aumento da quantidade total de ácidos graxos n-3, aumentando principalmente o LNA da gema (VAN ELSWYK, 1997). Sabe-se que a quantidade de LNA na gema aumenta linearmente até um limite de 10% de inclusão de sementes de linho na dieta. No entanto a conversão de EPA e DHA a partir do LNA não aumenta proporcionalmente ao aumento de LNA. Aves alimentadas com dieta enriquecida com semente de linho

apresentam uma taxa de conversão de LNA em EPA ou DHA relativamente baixa. O nível de inclusão de sementes de linho também é limitado devido à presença de fatores antinutricionais como mucilagem, linatina, inibidores de tripsina e ácido fítico. A semente de linho quando adicionada em altos níveis na dieta reduz a disponibilidade de minerais e inibe a atividade de enzimas proteolíticas (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A forma de apresentação da semente de linho (inteira ou moída) somente tem influência sobre os ácidos graxos n-3 da gema quando essa é fornecida em dietas de 150g/kg. Nesse nível de inclusão a forma moída resultou em maior deposição de n-3 na gema (24mg/g gema contra 18mg/g gema para a semente inteira). A dieta com 1,5% de semente de linho moída também resulta em maior deposição (2-3mg/gema) de ácidos graxos n-3 de cadeia longa (EPA + DHA). Em níveis de inclusão acima de 10%, a forma da semente oferecida na dieta não afeta o depósito de LNA (VAN ELSWYK, 1997). No entanto, o fornecimento de sementes inteira as aves pode ser melhor em relação à estabilidade oxidativa porque, em teoria, a oxidação lipídica será acelerada na semente moída (AYMOND e VAN ELSWYK, 1995).

O perfil de AG n-3 incluído na gema dos ovos é importante, pois os benefícios dos ácidos graxos poli-insaturados para saúde humana são maiores quando há maior concentração de EPA e DHA, que são mais bioativos. Portanto, ovos com maior concentração de LNA, que é menos biopotente, oferecem menores benefícios para saúde (VAN ELSWYK, 1997).

6.3.4. Óleo de soja

O óleo de soja, quando adicionado à dieta de poedeiras resulta em ovos com grande concentração de ácidos graxos poli-insaturados. Esses ovos contêm quantidades muito maiores de PUFAs n-6, principalmente o C18:2 e o C20:4. Seu uso também reduz aproximadamente 5% a quantidade de ácidos graxos saturados depositados na gema (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

7. Qualidade dos ovos comerciais

A indústria de ovos se desenvolveu sob o conceito de comercializar ovos diretamente no mercado consumidor, mas mantendo sua qualidade original. O termo qualidade é amplo e abriga aspectos de características físicas, sabor e odor. Um ovo de alta qualidade irá ter um alto valor monetário e manterá suas características inalteradas, ou com poucas alterações, por períodos longos após a comercialização. A qualidade dos ovos é determinada com base em características externas tais como limpeza, condição de casca, cor e formato, bem como características interna como espessura do albúmen, condição da gema, tamanho da câmara de ar, e a presença de defeitos como spots de sangue ou de tecido. Mesmo ovos que são classificados como de baixa qualidade não sofrem alteração em seu conteúdo nutricional (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

O armazenamento dos ovos é parte integrante do processo de comercialização de ovos comerciais. A manutenção da qualidade dos ovos é fortemente afetada pelas condições de armazenamento, desde sua postura até seu consumo. As condições de manipulação e armazenamento influenciam por quanto tempo o ovo irá manter seu frescor (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Existem, entretanto, fatores que podem afetar a qualidade do ovo mesmo antes de sua postura. Os principais fatores que podem afetar a qualidade do ovo são a genética, idade, nutrição e condição fisiológica da ave e a temperatura ambiental. O peso e a composição dos ovos comerciais são dependentes de hereditariedade, idade da ave, estação, dieta, entre outros fatores (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Os ovos enriquecidos com ácidos graxos ômega-3 são uma fonte alimentar alternativa para melhorar a ingestão diária de ácidos graxos saudáveis. No entanto, a qualidade sensorial dos ovos deve ser mantida para que se possa fornecer aos consumidores produtos avícolas enriquecidos com ômega-3 qualidade satisfatória (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Alterações sensoriais indesejáveis e fatores que causam redução da vida de prateleira dos ovos podem ser adicionados inadvertidamente através da dieta (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010). O grau de insaturação é associado com a suscetibilidade do alimento em sofrer oxidação lipídica. A presença de grandes quantidades de ácidos graxos n-3 de cadeia longa em ovos aumenta suas chances

de sofre oxidação lipídica (AYMOND e VAN ELSWYK, 1995). A estabilidade dos ovos enriquecidos com n-3 é fundamental para a manutenção de sua qualidade, e dessa forma a suplementação da dieta de galinhas poedeiras com AG n-3 pode afetar a qualidade sensorial dos ovos (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

Apesar dos efeitos positivos dos óleos no perfil lipídico dos ovos, o uso de alguns óleos na dieta de poedeira aumenta as preocupações com qualidade sensorial. Aves alimentadas com dietas com níveis de inclusão maior de 1,5% de óleo de peixe produzem ovos com comprometimento significativo na aparência e odor. A inclusão de 3% de óleo de peixe compromete a qualidade sensorial dos ovos. Já foi reportado baixo score de sabor para ovos de poedeiras alimentadas com 5% de farinha de peixe, bem como um sabor residual em ovos de aves alimentadas com dietas com 6% de óleo de savelha. Ovos de aves alimentadas com 1,5% e 3% de óleo de peixe recebem notas baixas para sabor e impressão geral quando comparados com outras dietas contendo gorduras animais. A presença do odor e sabor de peixe pode estar relacionada a diversos fatores, incluindo a concentração de compostos voláteis, presença de trimetilamina e produtos da oxidação lipídica (CEYLAN *et al.*, 2011). A presença em ovos de características sensoriais semelhantes a peixe não é um problema exclusivo do uso de aditivos alimentares marinhos em dietas de poedeiras (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001). De forma semelhante, já foi documentado que ovos de aves alimentadas com linhaça podem possuir odor ou sabor de peixe (CEYLAN *et al.*, 2011).

Há uma discrepância considerável entre os autores a respeito dos níveis de óleo de peixe que são consideráveis aceitáveis na dieta para a produção de ovos com boas qualidades sensoriais. Isso se deve principalmente a diferenças em procedimentos experimentais, como as técnicas utilizadas para avaliação sensorial, número de pessoas utilizadas nos testes, procedimentos de preparo dos ovos, tipo e qualidade do óleo de peixe utilizado, presença ou ausência de antioxidantes, condições de armazenamento dos ingredientes e dos ovos testados, entre outras. É razoável considerar níveis de 1-1,5% de inclusão de óleo de peixe (e de 2-10% de farinha de peixe) nas dietas como sendo aceitável na maior parte das regiões geográficas. Em regiões (como o Chile e a China) em que elevados níveis de farinha de peixe são utilizados usualmente na dieta de poedeiras, os consumidores já estão acostumados com as alterações sensoriais causadas por altas concentrações de ômega-3 nos produtos avícolas, e maiores níveis de inclusão na dieta das aves são

tolerados. A mesma discordância é encontrada quando se avalia as concentrações de linhaça que podem ser utilizadas nas dietas de poedeiras. No entanto, o consenso é de que valores maiores que 10% podem comprometer a qualidade sensorial dos ovos produzidos (GONZÁLEZ-ESQUERRA e LESSON, 2001).

7.1 Antioxidantes

A oxidação lipídica é a principal causa de deterioração da qualidade em ovos enriquecidos com ômega-3. A deterioração de qualidade envolve mudanças no sabor, coloração, textura e valor nutritivo. Em ovos frescos e com casca os lipídios não são facilmente oxidados; no entanto, a oxidação pode ser facilmente induzida no processamento dos ovos ou quando estes são submetidos a tratamentos com altas temperaturas. As alterações sensoriais (sabor de peixe) nos ovos enriquecidos são decorrentes de rancidez dos ácidos graxos n-3 presentes tanto nos ingredientes da ração como nos produtos animais finais. (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A degradação da qualidade do ovo pode ser retardada com o uso de níveis adequados de antioxidantes. O embrião das aves possui um mecanismo de defesa primário composto por três enzimas (superóxido desmutase, glutathione peroxidase e catalase), que convertem os radicais livres produzidos pela respiração celular em álcoois menos danosos. Um segundo nível de defesa é composto pelos antioxidantes naturais (vitamina E, carotenoides, ácido ascórbico e glutathione). O segundo mecanismo de defesa (e.g. antioxidantes) é mais importante quando se trata de ovos comerciais, pois eles não albergam nenhum tecido em desenvolvimento (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A vitamina E e o selênio são componentes essenciais do sistema antioxidante. O acréscimo de antioxidante aos ovos diminui a suscetibilidade dos lipídios à peroxidação; previne a formação de gosto semelhante ao de peixe; e ainda torna o ovo uma boa fonte de antioxidantes para a dieta humana. A vitamina E é amplamente utilizada para aumentar a estabilidade oxidativa. Como a vit. E é mais vulnerável que os ácidos graxos n-3, ela é utilizada em ovos comerciais enriquecidos para mitigar a oxidação dos AG n-3, e dessa forma prevenir a formação de sabores indesejáveis (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A vitamina E é um antioxidante biológico comum, encontrado nos alimentos na forma de tocoferóis e tocotrienóis, cada um contendo 4 isômeros. O isômero α -

tocoferol é a única forma da vit. E que pode ser utilizada pelo corpo humano. O corpo pode absorver tanto as formas naturais como as sintéticas de α -tocoferol, mas a forma natural (proveniente tanto de alimentos quanto de suplementos de fontes naturais) possui maior biodisponibilidade que a forma sintética. O organismo humano não é capaz de sintetizar vit. E, e a ingestão de níveis adequados depende de sua presença em uma dieta bem balanceada. As principais fontes de vit. E são os óleos vegetais e alguns outros alimentos derivados de vegetais. A deficiência de vit. E está associada com o desenvolvimento de várias condições patológicas que afetam tecidos de funções essenciais para o organismo, incluindo incompetência do sistema imune, defeitos no metabolismo de lipídios, problemas de fertilidade e aumento de suscetibilidade à doenças. A vit. E é um dos oxidantes mais importantes in vivo e seu consumo foi relacionado à prevenção de vários cânceres e de doença coronariana (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

A suplementação com vitamina E é utilizada simultaneamente com enriquecimento com ácidos graxos ômega-3, o que pode afetar a eficiência de transferência da vit. E para os ovos. Altos níveis de inclusão de ômega-3 na dieta da ave resultam em maior suscetibilidade a oxidação lipídica sistêmica, que contribui para uma maior utilização da vit. E pelo animal, resultando assim em uma redução no depósito de vit. E na gema (GUERRERO-LEGARRETA *et al.*, 2010).

8. Considerações Finais

Esta revisão permite concluir que o ovo é um alimento completo, de alto valor nutricional, de fácil preparação e baixo custo. Ele contém proteína de alta qualidade e praticamente todas as vitaminas necessárias para o ser humano. Suas ótimas características o tornam um alimento ideal. Apesar disso, nas últimas décadas seu consumo diminuiu. O ovo foi colocado na categoria de “vilão” devido ao seu conteúdo de colesterol e, de forma equivocada, associado à ocorrência de doenças cardiovasculares. O papel do ovo e do colesterol no risco de ocorrência de doenças cardiovasculares, entretanto, tem sido reavaliado.

O consumidor tem apresentado uma preocupação crescente com a saúde e demandado cada vez maior pelos chamados alimentos funcionais, os quais contribuem para prevenção ou no tratamento de doenças. Com isso, os ovos enriquecidos assumiram uma posição de destaque. Pelo fato do ovo ser consumido praticamente no mundo inteiro, ele se mostra como uma alternativa valiosa para enriquecimento e inclusão de ácidos graxos essenciais na dieta humana.

Os ácidos graxos da família ômega-3 e ômega-6 apresentam importantes funções para os seres humanos, não sendo limitados apenas aos papéis nutricionais. Eles atuam também para manutenção de importantes funções fisiológicas, no combate de diversos processos patológicos, bem como também na modulação de alguns processos. Além disso, é de grande importância manter a proporção entre n-6:n-3 nos ovos enriquecidos, pois reduções nesta proporção podem contribuir para compensar o desequilíbrio característico da dieta ocidental.

A suplementação das dietas de poedeiras com ácido linoleico conjugado pode ser utilizada para o enriquecimento dos ovos comerciais, no entanto, a principal forma é através de alterações na fonte lipídica utilizada na dieta das poedeiras. As poedeiras possuem a capacidade de depositar os lipídios da dieta na gema do ovo, e com isso alterações no perfil lipídico da dieta resultam diretamente em alterações no perfil lipídico da gema. Podem ser utilizadas fontes marinhas e fontes vegetais para o enriquecimento dos ovos. As fontes marinhas, como as algas e os óleos de peixe, são ricas em ácidos graxos de cadeia longa, e sua inclusão na dieta proporciona ovos com boas concentrações desses ácidos graxos. A linhaça é o óleo vegetal com os melhores resultados para enriquecimento de ovos. As aves alimentadas com óleo de linhaça produzem ovos com grande concentração de

ácidos graxos n-3 e pequenas proporções n-6:n-3. O óleo de canola proporciona o segundo melhor resultado entre os óleos vegetais. Tanto o óleo de girassol como o óleo de soja, possui maiores concentrações de ácidos graxos n-6, e seu uso resulta em ovos com maiores concentrações de ácido linoleico e araquidônico.

Porém, o aumento da concentração de ácidos poli-insaturados nos ovos comerciais aumenta sua susceptibilidade à oxidação lipídica, que pode resultar em alterações sensoriais dos ovos e consequente redução da qualidade dos mesmos. O uso de antioxidantes em concentrações adequadas pode retardar essa degradação e garantir a preservação da qualidade dos produtos oferecidos aos consumidores. Pois, para que os ovos enriquecidos possam se tornar uma fonte de ácidos graxos essenciais na alimentação humana é essencial que esses possuam alta qualidade e boa aceitação por parte dos consumidores.

9. Referências Bibliográficas

AYMOND, W. M.; VAN ELSWYK, M. E. Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. **Poultry Science**, v. 74, n. 8, p. 1388-1394, Aug 1995.

BARLOW, S. M.; YOUNG, F. V. K.; DUTHIE, I. F. Nutritional recommendations for n-3 polyunsaturated fatty acids and the challenge to the food industry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 49, p. 13-21, 1990.

BAUCELLS, M. *et al.* Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. **Poultry Science**, v. 79, n. 1, p. 51-59, 2000 Jan

BEZARD, J. *et al.* The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. **Reproduction Nutrition Development**, v. 34, n. 6, p. 539-568, 1994.

CEYLAN, N. *et al.* Influence of different dietary oil sources on performance and fatty acid profile of egg yolk in laying hens. **Journal of Animal and Feed Sciences**, 2011.

CHERIAN, G.; SIM, J. S. 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**, v. 70, n. 4, p. 917-922, April 1, 1991

FRANCO, M. R. B.; VISENTAINER, J. V. **Ácidos Graxos em Óleos e Gorduras: Identificação e Quantificação**. VARELA, 2006. 120

GONZÁLEZ-ESQUERRA, R.; LESSON, S. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 81, p. 295-305, 2001.

GUERRERO-LEGARRETA, I. *et al.* **Handbook of Poultry Science and Technology, Primary Processing**. John Wiley & Sons, 2010.

HARGIS, P. S.; VAN ELSWYK, M. E.; HARGIS, B. M. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. **Poultry Science**, v. 70, n. 4, p. 874-883, Apr 1991.

OLIVEIRA, D. D. *et al.* Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. **Poultry Science**, v. 89, n. 11, p. 2484-2490, Nov 2010.

SIMOPOULOS, A. Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 961-970, 2000 Jul

VAN ELSWYK, M. E. Comparison of n-3 fatty acids sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. **British Journal of Nutrition**, v. 78, p. S61-S69, 1997.