

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**OVOS ENRIQUECIDOS COM ÔMEGA-3: INFLUÊNCIA DO TEMPO E  
DA TEMPERATURA DE ESTOCAGEM SOBRE O TEOR DE  
CAROTENÓIDES E ÁCIDOS GRAXOS**

**Vanessa Camarinha Barbosa**

**2010**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**

**OVOS ENRIQUECIDOS COM ÔMEGA-3: INFLUÊNCIA DO TEMPO E  
DA TEMPERATURA DE ESTOCAGEM SOBRE O TEOR DE  
CAROTENÓIDES E ÁCIDOS GRAXOS**

**VANESSA CAMARINHA BARBOSA**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Dr<sup>a</sup>. Arlene Gaspar**

*e Co-Orientação da Professora*  
**Dr<sup>a</sup>. Ligia Fátima Lima Calixto**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos** no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos.

Seropédica, RJ  
Fevereiro, 2010

636.08842

B238o

T

Barbosa, Vanessa Camarinha, 1983-.

Ovos enriquecidos com ômega-3: influência do tempo e da temperatura de estocagem sobre o teor de carotenóides e ácidos graxos / Vanessa Camarinha Barbosa - 2010.

61 f.: il.

Orientador: Arlene Gaspar.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Bibliografia: f. 46-57.

1. Ovos - Teses. 2. Ácidos graxos Ômega-3 - Teses. 3. Alimentos funcionais - Teses. 4. Carotenóides - Teses. I. Gaspar, Arlene, 1956-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**

**VANESSA CAMARINHA BARBOSA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos** no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/02/2010.

---

Arlene Gaspar. Prof. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ  
(Orientadora)

---

Sérgio Borges Mano. Prof. Dr. UFF  
(Membro Titular)

---

Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa. Prof. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ  
(Membro Titular)

Dedico...

À minha grande amiga Arlene;  
Ao meu sempre companheiro Davidson;  
À minha querida mãe Fátima;  
Ao meu querido pai José;  
À minha irmã e melhor amiga Viviane.

Dê ouvidos, Senhor, à minha oração e atende à voz das minhas súplicas. No dia da minha angústia clamarei a ti, porquanto me respondes. Entre os deuses não há semelhante a ti, Senhor, nem há obras como as tuas. Todas as nações que fizeste virão e se prostrarão perante a tua face, Senhor, e glorificarão o teu nome. Porque tu és grande e operas maravilhas; só tu és **Deus!**  
Salmo 86, 6 a 10.

## AGRADECIMENTOS

Eu não tenho palavras para demonstrar o quanto é grande a minha gratidão a todos que muito me ajudaram durante o meu tempo de mestrado. Sem dúvidas devo, primeiramente, agradecer a Deus, que sempre me iluminou, fazendo-me chegar até aqui e colocando pessoas tão maravilhosas para ajudar a trilhar meu caminho;

À minha querida orientadora, a professora Doutora Arlene Gaspar, que foi a principal responsável pela vitória que alcancei ao me tornar uma Mestra;

Ao meu noivo, que sempre esteve a meu lado, me apoiando, aconselhando e me trazendo calma nas horas mais difíceis;

Aos meus pais, irmãos, tios, primos e avó, que compreenderam a minha ausência e sempre me deram força para continuar;

Ao grande amigo Tarcísio Simões, pela companhia imprescindível nos momentos mais difíceis dentro do Laboratório;

Aos meus sogros e cunhadas, pelo apoio e incentivo em todos os momentos;

À Dr<sup>a</sup>. Ligia Fátima Lima Calixto, pela co-orientação e apoio técnico ao longo da pesquisa;

À todos da Granja Shintaku, em especial à Melissa e ao Ilto pelo apoio incondicional à pesquisa;

À todos do LAAB, que com muita paciência, sempre estiveram disponíveis para me auxiliar;

À todos os professores, funcionários, técnicos e amigos que encontraram-se prestando assistência direta ou indireta em todas as etapas deste caminho, sempre acrescentando para minha formação profissional e de vida;

Ao Prof. Dr. Sérgio Borges Mano e à Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa pela ajuda no enriquecimento deste trabalho;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, auxílio muito importante para o projeto desenvolvido.

## RESUMO

BARBOSA, Vanessa Camarinha. **Ovos enriquecidos com ômega-3: influência do tempo e da temperatura de estocagem sobre o teor de carotenóides e ácidos graxos.** 2010. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

Atualmente é cada vez maior a procura por alimentos que apresentam em sua composição um fator adicional à melhoria das condições de saúde, como os ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 ( $\omega$ -3), cuja produção é realizada com a suplementação desses ácidos nas rações avícolas. Porém os ácidos graxos insaturados são facilmente oxidados, sendo o número de insaturações nas moléculas um fator decisivo para a velocidade da reação. As informações quantitativas sobre o impacto da temperatura e do tempo de estocagem sobre as alterações ocorridas são cruciais para a obtenção de ovos com qualidade desde a postura até o consumo. Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do tempo e da temperatura de estocagem sobre o teor de carotenóides e ácidos graxos de ovos enriquecidos com  $\omega$ -3. A avaliação do teor de carotenóides totais, teor de ácidos graxos e índice de peróxidos, assim como os parâmetros de qualidade, como Unidade Haugh (UH), Índice de Gema (IG) e pH foram determinados em ovos vermelhos enriquecidos com ácidos graxos  $\omega$ -3. Um lote de 300 ovos foi dividido em 2 lotes de 150 ovos, classificados em A e B. Os ovos do lote A foram armazenados a temperatura ambiente (média de 26,48°C e 56% de umidade) enquanto os do lote B foram mantidos sob refrigeração (média de 8,25°C e 32% de umidade). As amostras foram analisadas 4 dias após a postura (dia 4) e a cada 7 dias. Em cada tempo (4, 11, 18, 25, 32 e 39 dias) e nas temperaturas de armazenamento foram analisados 12 ovos individualmente para obtenção dos parâmetros de qualidade e com a gema crua desses ovos foi feito um “pool” no qual as demais análises foram realizadas. Para análise estatística adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6 (temperatura de conservação x período de estocagem). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t, com 5% de significância, utilizando o software Sisvar 4.3. Os principais ácidos graxos determinados nos ovos enriquecidos foram: C16:0, C18:0, C16:1, C18:1, C18:2, C20:4, C18:3 e C22:6. Os parâmetros de qualidade sofreram significativa alteração ao longo dos 39 dias, sendo afetados principalmente no armazenamento em temperatura ambiente. Dos parâmetros, a UH foi a que sofreu maior alteração, reduzindo de 76,97 para 12,01 nos ovos não refrigerados e de 76,97 para 58,79 em ovos mantidos sob refrigeração. Na avaliação do teor de carotenóides totais foi observada no final do período de estudo uma redução de 19,79% em ovos armazenados por 39 dias fora de refrigeração e 17,44% nos ovos estocados sob refrigeração. Com relação ao teor de ácidos graxos, o tempo de armazenamento influenciou significativamente o comportamento dos poliinsaturados  $\omega$ -3 (C18:3 e C22:6), porém de maneira não uniforme. Ao final da pesquisa em ambas as temperaturas de armazenamento, os ácidos graxos  $\omega$ -3 ainda estavam presentes em quantidade significativa, em um total de 3,40% da composição em ácidos graxos de ovos estocados fora de refrigeração e 3,24% de ovos sob refrigeração. As temperaturas de estocagem não influenciaram significativamente na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3. O índice de peróxidos não apresentou alterações durante o tempo estudado sob as diferentes condições de armazenamento. As gemas não apresentaram indícios de oxidação lipídica em relação ao tempo de estocagem e as condições de temperatura.

Palavras-chave: ovos,  $\omega$ -3, carotenóides.



## ABSTRACT

BARBOSA, Vanessa Camarinha. **Enriched omega-3 eggs: time and storage temperature influence on carotenoids and fatty acids**. 2010. 61p. Dissertation (Master in Science and Technology for Food). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

Currently there is a growing demand for foods that offer in their composition something extra to improve health such as enriched polyunsaturated fatty acids omega-3 eggs, whose production is performed with the supplementation of these acids in poultry diets. However the unsaturated fatty acids are easily oxidized and the number of unsaturations in the molecules is an important factor to increase the reaction rate. Quantitative information about the temperature and storage time impact on the changes are crucial to achieving quality of eggs from laying to consumption. The experiment was carried out to evaluate the time and storage temperature influence on fatty acids and carotenoids content of enriched omega-3 eggs. Evaluation of total carotenoids, fatty acid content and peroxide, as well as quality parameters, such as Haugh Unit, yolk index and pH were determined in brown enriched omega-3 eggs. A batch of 300 eggs were divided into 2 batches of 150 eggs, classified as A and B. The eggs of batch A were stored at room temperature (average of 26,48°C and 56% moisture) while the batch B were kept under refrigeration (average of 8,25°C and 32% moisture). The samples were analyzed 4 days after laying (time 4) and every 7 days. At each time (4, 11, 18, 25, 32 and 39) and storage temperatures 12 eggs were analyzed individually to obtain the quality parameters. A pool was made with the raw egg yolks analysed and with it the other tests were performed. For statistical analysis, a randomized design in factorial 2 x 6 (storage temperature x storage time) was adopted. The results were submitted to ANOVA and means compared by t test with 5% significance, using the software Sisvar 4.3. The main fatty acids in  $\omega$ -3 enriched eggs were: C16:0, C18:0, C16:1, C18:1, C18:2, C20:4, C18:3 and C22:6. The quality parameters underwent significant change over the 39 days, being affected mainly at room temperature storage. The Haugh Unit was the one that suffered the greatest change, going from 76,97 to 12,01 in non refrigerated and 76,97 to 58,79 for eggs kept under refrigeration. The total carotenoid content was reduced by 19,79% in out of refrigeration stored eggs and 17,44% in under refrigeration stored eggs. Regarding the content of fatty acids, the storage time significantly influenced the behavior of polyunsaturated fatty acids  $\omega$ -3, but not uniformly. At the end of 39 days of study in both storage temperatures, the  $\omega$ -3 fatty acids (C18:3 and C22:6) were still present in significant amounts in a total of 3,40% of the fatty acid composition of out of refrigeration stored eggs and 3,24% of under refrigeration eggs. Storage temperatures did not significantly affect the amount of polyunsaturated fatty acids  $\omega$ -3. The peroxide value did not change during the time studied under different storage conditions. The yolks did not show signs of lipid oxidation in relation to storage time and temperature conditions.

Key words: eggs,  $\omega$ -3, carotenoids.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
<b>Tabela 1:</b> Vitaminas presentes nos ovos	4
<b>Tabela 2:</b> Proteínas do albúmen	5
<b>Tabela 3:</b> Ingestão adequada do consumo de ácidos graxos $\omega$ -6 e $\omega$ -3 para adultos	13
<b>Tabela 4:</b> Conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados $\omega$ -3 em ovos provenientes de aves alimentadas com diferentes dietas	15
<b>Tabela 5:</b> Composição percentual de ácidos graxos poliinsaturados das gemas de ovos de acordo com a fonte lipídica utilizada na dieta de poedeiras	15
<b>Tabela 6:</b> Composição em ácidos graxos em gemas de ovos convencionais e enriquecidos com $\omega$ -3	16
<b>Tabela 7:</b> Níveis nutricionais da ração fornecida às aves na granja Shintaku	24
<b>Tabela 8:</b> Percentual de gema e albúmen dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento	32
<b>Tabela 9:</b> Média e desvio padrão do percentual de ácidos graxos do óleo utilizado para a fabricação da ração	39
<b>Tabela 10:</b> Média e desvio padrão do teor de ácidos graxos (mg de ácido graxo por 100g de amostra) da ração e da gema	40
<b>Tabela 11:</b> Média e desvio padrão do percentual de ácidos graxos de ovos convencionais e enriquecidos com $\omega$ -3	41

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1:</b> Diagrama de um ovo	3
<b>Figura 2:</b> Esquema de um corte transversal da casca do ovo	4
<b>Figura 3:</b> Molécula de zeaxantina	7
<b>Figura 4:</b> Fórmula estrutural de um ácido graxo $\omega$ -3	10
<b>Figura 5:</b> Metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados $\omega$ -6 e $\omega$ -3	12
<b>Figura 6:</b> Esquema geral do mecanismo de oxidação	18
<b>Figura 7:</b> Reação entre o peróxido e o iodeto de potássio	20
<b>Figura 8:</b> Reação entre o iodo e o tiosulfato de sódio	20
<b>Figura 9:</b> Índice de peróxidos em função do tempo	20
<b>Figura 10:</b> Medição da altura do albúmen denso com micrômetro tripé	25
<b>Figura 11:</b> Medição do diâmetro da gema com paquímetro analógico	26
<b>Figura 12:</b> Foto de um Leque colorimétrico	27
<b>Figura 13:</b> Trituração da amostra com Celite® e adição de acetona	27
<b>Figura 14:</b> Comportamento dos valores de Unidade Haugh (UH) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento	30
<b>Figura 15:</b> Comportamento dos valores do índice de gema (IG) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento	32
<b>Figura 16:</b> Comportamento dos valores do pH do albúmen dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento	33
<b>Figura 17:</b> Comportamento dos valores do pH da gema dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento	34
<b>Figura 18:</b> Comportamento dos valores da pigmentação das gemas através do leque colorimétrico dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento	35
<b>Figura 19:</b> Comportamento do teor de carotenóides totais (expresso em $\mu$ g de zeaxantina por g de gema) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento	36
<b>Figura 20:</b> Diagrama de dispersão da correlação de Pearson para os ovos do lote A (armazenados em temperatura ambiente)	37
<b>Figura 21:</b> Diagrama de dispersão da correlação de Pearson para os ovos do lote B (armazenados sob refrigeração)	38
<b>Figura 22:</b> Comportamento do percentual total de ácidos graxos $\omega$ -3 (C18:3 e C22:6) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento	42

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	2
1.1 Objetivo Geral	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	4
2.1 Composição do Ovo	4
2.1.1 Composição da casca	5
2.1.2 Composição do albúmen	6
2.1.3 Composição da gema	7
2.2 Ovo e a Saúde do Consumidor	9
2.3 Lipídeos	10
2.3.1 Ácidos graxos poliinsaturados (AGP)	11
2.3.2 Benefícios dos ácidos graxos poliinsaturados $\omega$ -3	14
2.4 Ovos Enriquecidos com Ácidos Graxos Poliinsaturados $\omega$ -3	15
2.5 Possibilidade de Oxidação dos Ácidos Graxos Poliinsaturados	18
2.6 Índice de Peróxidos como Método de Avaliação do Estado de Oxidação Lipídica	20
2.8 Aspectos de Qualidade	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	25
3.1 Material	25
3.2 Métodos	25
3.2.1 Avaliação da qualidade dos ovos	26
3.2.1.1 Unidade Haugh (UH)	26
3.2.1.2 Índice de gema (IG)	26
3.2.1.3 Percentual de gema e albúmen	27
3.2.1.4 Medição do pH do albúmen e da gema	27
3.2.2 Avaliação da intensidade de pigmentação das gemas através de leque colorimétrico	27
3.2.3 Avaliação do teor de carotenóides totais presentes na gema (expresso em zeaxantina)	28
3.2.4 Avaliação do teor de ácidos graxos	29
3.2.5 Avaliação do índice de peróxidos (IP) da gema	30
3.3 Análise Estatística	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	31
4.1 Avaliação da Qualidade dos Ovos	31
4.1.1 Unidade Haugh (UH)	31
4.1.2 Índice de gema (IG)	32
4.1.3 Percentual de gema e albúmen	33
4.1.4 Medição do pH do albúmen e da gema	34
4.1.5 Avaliação da intensidade de pigmentação das gemas através de leque colorimétrico	36
4.2 Avaliação do Teor de Carotenóides Totais na Gema (expresso em zeaxantina)	37
4.3 Avaliação do Teor de Ácidos Graxos	39
4.3.1 Teor de ácidos graxos no óleo utilizado para a fabricação da ração	39
4.3.2 Teor de ácidos graxos da ração fornecida às aves e das gemas	40
4.3.3 Comparação do teor de ácidos graxos das gemas de ovos convencionais e enriquecidos	41
4.3.4 Ácidos graxos poliinsaturados da família $\omega$ -3 em ovos enriquecidos	42
4.4 Determinação do índice de peróxidos	44
<b>5 CONCLUSÕES</b>	45
<b>6 SUGESTÕES</b>	46
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	47
<b>APÊNDICES</b>	59

## 1 INTRODUÇÃO

As exigências da sociedade com relação à alimentação têm seguido uma nova tendência, onde é cada vez maior a procura por alimentos que, além de suas características nutricionais naturais, apresentam em sua composição um fator adicional à melhoria das condições de saúde. Esse é o caso dos ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 ( $\omega$ -3), cuja produção é realizada com a suplementação desses ácidos nas rações avícolas.

A ingestão de produtos enriquecidos com o  $\omega$ -3 tem sido associada à diminuição dos níveis de triglicerídeos plasmáticos, diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo, principalmente a fração LDL (lipoproteína de baixa densidade) relacionada diretamente às doenças coronarianas; redução da pressão arterial e redução da agregação plaquetária.

Porém, os ácidos graxos insaturados, particularmente o oleico, linoleico e alfa-linolênico se destacam da fração lipídica por serem facilmente oxidados, sendo o número de insaturações nas moléculas correspondentes um fator decisivo para a velocidade da reação. As reações oxidativas que ocorrem ao longo do tempo podem levar à diminuição do teor de ácidos graxos poliinsaturados dos ovos, assim como redução do valor nutricional, produzindo diversos compostos como aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos que são potencialmente tóxicos.

A avaliação da estabilidade dos componentes lipídicos de ovos enriquecidos com  $\omega$ -3 ao longo de sua validade comercial é importante por estudar as características encontradas nos ovos logo após a postura e ao longo do período de armazenamento a temperatura ambiente e sob refrigeração, identificando as possíveis causas das alterações, caso estas ocorram. As informações quantitativas sobre o impacto da temperatura e do tempo de estocagem sobre as alterações do teor de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 são importantes para a manutenção de um produto com qualidade desde a postura até o consumo.

Buscou-se com esta pesquisa a geração de resultados com potencial para serem aproveitados por produtores e consumidores, gerando mudanças de atitudes através das informações produzidas.

## **1.1 Objetivo Geral**

Avaliar a influência do tempo e da temperatura de estocagem sobre o teor de carotenóides e ácidos graxos de ovos enriquecidos com ômega-3.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Avaliação da qualidade interna dos ovos através dos valores de Unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH e percentual de gema e albúmen;
- Avaliação da intensidade de pigmentação da gema através de leque colorimétrico;
- Avaliação do teor de carotenóides totais presentes na gema (expresso em zeaxantina);
- Avaliação do teor de ácidos graxos  $\omega$ -3 da gema;
- Avaliação do índice de peróxidos da gema.

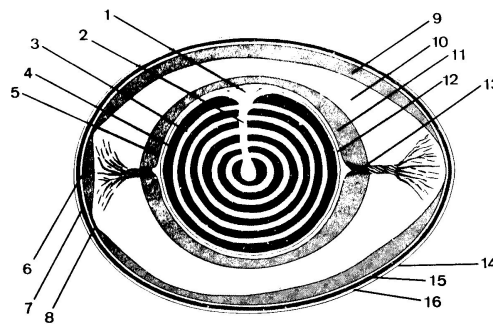
## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Composição do Ovo

O ovo é um corpo unicelular formado no ovário ou oviduto. É composto de protoplasma, vesículas germinativas e envoltórios e contém os nutrientes essenciais para nutrir o gérmen da respectiva espécie (ORNELLAS, 1995).

Do ponto de vista legal, a simples designação de ovos indica os ovos oriundos de galinha. Em ovos de outras aves deve-se mencionar a espécie da qual procedem (BRASIL, 1990).

De acordo com Fonseca (1985) o ovo é constituído de gema, clara (ou albúmen), membranas e casca (Figura 1).



**Figura 1:** Diagrama de um ovo.

**Gema:** 1-disco germinal (blastodisco); 2-lãtebra; 3-camada concêntrica, de cor clara; 4-camada concêntrica, de cor escura; 5-membrana vitelina. **Membranas:** 6-câmara de ar; 7-membrana externa da casca; 8-membrana interna ou testácea. **Clara (albúmen):** 9-albúmen fluido externo; 10-albúmen denso; 11-albúmen fluido interno; 12-chalaziferos; 13-chalazas. **Casca:** 14-cutícula; 15-camada esponjosa; 16-camada mamilar.

A produção do ovo envolve a conversão do alimento consumido pela ave em seus componentes através da absorção dos nutrientes metabolizados num intrincado e perfeito mecanismo fisiológico (MAZZUCO, 2009). A transformação depende de fatores biológicos relacionados à fisiologia da ave e é influenciada pelo aporte nutricional e por práticas de manejo e ambiente adequados à criação (BERTECHINI, 2003).

Existem dois tipos de ovos produzidos e comercializados no mercado. Os ovos de casca branca e os de casca com pigmentação marrom. As poedeiras da raça “Leghorn” branca dão origem aos ovos com casca branca, enquanto as aves das raças “Rhodes Island Red”, “New Hampshire” e “Leghorn” vermelha originam ovos de casca marrom. Essas poedeiras são híbridas e possuem características fisiológicas idênticas, sendo que as que produzem ovos marrons são um pouco mais pesadas no início de postura e, com isso, um pouco menos eficientes em relação às brancas (BERTECHINI, 2003). A pigmentação da casca não diferencia o valor nutritivo dos ovos. O tipo e a qualidade da alimentação das aves influenciam a pigmentação da gema dos ovos (FONSECA, 1985).

O ovo é conhecido como um dos alimentos mais completos, ocupando posição de destaque na área da nutrição por fornecer elementos indispensáveis à saúde (FONSECA, 1985). Além de ser equilibrado em nutrientes, é uma fonte de proteína de baixo valor econômico, o que pode contribuir para a melhoria da dieta de famílias de baixa renda (LEANDRO et al., 2005). É excelente fonte de minerais e vitaminas, principalmente as do complexo B, além das vitaminas A, D e E que, por serem lipossolúveis, depositam-se apenas na gema. Na Tabela 1 estão apresentadas as principais vitaminas presentes nos ovos.

**Tabela 1:** Vitaminas presentes nos ovos.

Vitamina	Gema	Albúmen
Vitamina A (UI)	323,00	-
Vitamina D (UI)	24,50	-
Vitamina E (mg)	0,70	-
Vitamina B12 (µg)	0,52	0,07
Biotina (µg)	7,58	2,34
Colina (mg)	215,90	0,42
Ácido fólico (µg)	24,00	1,00
Inositol (mg)	3,95	1,38
Niacina-Vit.B3 (mg)	0,002	0,03
Ácido Pantotênico	0,63	0,04
Piridoxina-Vit.B6 (mg)	0,065	0,001
Riboflavina-Vit.B2 (mg)	0,106	0,15
Tiamina-Vit. B1 (mg)	0,028	0,002

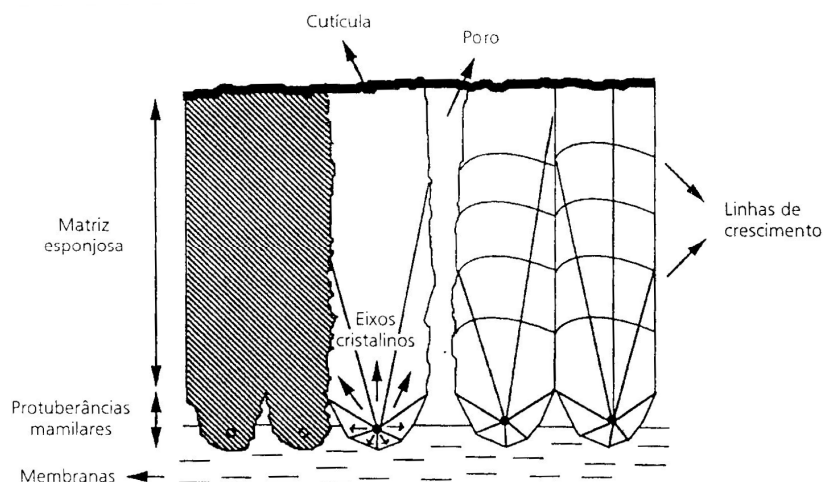
Baseado em um ovo com 33,40g de albúmen e 16,60g de gema.

**Fonte:** USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2008).

A composição do ovo depende de fatores como: idade, tamanho, alimentação e estado sanitário das aves (SARCINELLI et al., 2007). Constitui-se basicamente de 74% de água, 12,5% de proteínas, 12% de lipídeos, 1% de sais minerais e 0,5% de carboidratos (FONSECA, 1985).

### 2.1.1 Composição da casca

A casca representa de 8 a 11% da composição proporcional do ovo. É formada por uma matriz de fibras entrelaçadas de natureza protéica e carbonato cálcico intersticiais (ORDÓÑEZ et al., 2005) (Figura 2).



**Figura 2:** Esquema de um corte transversal da casca do ovo (Adaptada de STADELMAN e COTTERILL, 1995).



A casca é composta por 94% de carbonato de cálcio, 1% de carbonato de magnésio, 1% de fosfato de cálcio. A matéria orgânica, bastante reduzida, apresenta-se principalmente na forma de proteínas (STADELMAN e COTTERILL, 1995).

A parte cristalina da casca consiste de colunas de materiais embutidos na membrana externa da casca. Essas colunas estão separadas por poros em forma de funil, que se estendem desde o exterior do ovo até as membranas da casca, funcionando como um mecanismo de comunicação física entre o ovo e o meio ambiente, permitindo trocas gasosas (de oxigênio, dióxido de carbono e vapor de água) por difusão passiva (ORDÓÑEZ et al., 2005; SOUZA-SOARES e SIEWERDT, 2005).

Entre a superfície interna da casca e o albúmen existem duas membranas constituídas de fibras de colágeno (proteínas e glicoproteínas). A membrana externa possui cerca de 50µm de espessura enquanto a membrana interna possui 15µm. No momento da postura, as duas membranas encontram-se em justaposição, porém, conforme a temperatura dos ovos se reduz, estas se separam na extremidade basal dando origem à câmara de ar (RUTZ et al., 2005).

A qualidade da casca é o fator mais importante para a manutenção da qualidade do ovo. Cascas mal formadas tornam os ovos mais vulneráveis à entrada de microrganismos bem como causam grandes perdas de ovos nas granjas e no mercado (BERTECHINI, 2003).

### 2.1.2 Composição do albúmen

A clara, também chamada de albúmen, participa com 56 a 61% da composição total do ovo (ORDÓÑEZ et al., 2005). A maior parte da água presente no ovo está armazenada no albúmen, correspondendo a 88% de seu conteúdo. Além disso, contém grande quantidade de proteínas de alto valor biológico, cerca de 0,03% de lipídeos, 0,4 a 0,9% de carboidratos e 0,5 a 0,6% de cinzas, correspondentes ao conteúdo mineral (BERTECHINI, 2003; KOVACS-NOLAN et al., 2005). A variabilidade do conteúdo em proteína (9,7 a 10,6%) é atribuída à idade da ave. O sistema protéico do albúmen é constituído por fibras de ovomucina incluídas em solução aquosa de numerosas proteínas globulares (ORDÓÑEZ et al., 2005). Na Tabela 2 é apresentado o percentual protéico presente.

**Tabela 2:** Proteínas do albúmen.

<b>Proteínas</b>	<b>%</b>
Ovoalbumina	54,00
Conalbumina (ovotransferina)	12,00
Ovomucóide	11,00
Ovomucina	3,50
Lisozima	3,40
Ovoglobulina G2	4,00
Ovoglobulina G3	4,00
Ovoinibidor	1,50
Ovoglicoproteína	1,00
Ovoflavoproteína	0,80
Ovomacroglobulina	0,50
Cistatina	0,05
Avidina	0,05

**Fonte:** Adaptada de Stadelman e Cotterill (1995).

Orr (1967) relatou que o albúmen do ovo é constituído de uma justaposição de quatro zonas fisicamente diferentes:

- Albúmen fluido externo, sendo 23% do total do albúmen. Está em contato com a membrana testácea. Quando o ovo se rompe sobre uma superfície plana, este albúmen é, precisamente, o que se estende com rapidez;
- Albúmen denso, sendo 57% do total do albúmen. Encontra-se unido aos dois extremos do ovo e apresenta um aspecto de gel;
- Albúmen fluido interno, sendo 17% do total do albúmen. Encontra-se localizado entre o albúmen denso e a gema;
- Chalazas, sendo 3% do total do albúmen. São filamentos dispostos em espiral, que vão desde a gema até os dois pólos do ovo e atravessam o albúmen denso. Colaboram para manter o blastodisco em posição superior, uma vez que sustentam a gema no centro do ovo e se enrolam em sentido inverso. Desta maneira, quando uma enrola a outra se desenrola, servindo para manter a gema numa posição estabilizada.

A proporção com que estas zonas aparecem varia em função da raça das aves, peso do ovo e do tempo em que foi posto (STADELMAN e COTTERILL, 1995). Quando o peso do ovo aumenta com a idade da ave, também aumenta a presença de albúmen denso, enquanto o albúmen fluido interno diminui (SAUVEUR, 1993).

### 2.1.3 Composição da gema

A gema representa de 27 a 32% da composição proporcional do ovo (ORDÓÑEZ et al., 2005). Contém a maior fração de nutrientes como vitaminas, proteínas de alto valor biológico, fosfolipídeos, ácidos graxos essenciais e minerais (BERTECHINI, 2003). É constituída de aproximadamente 50% de água, 34% de lipídeos e 16% de proteína (SARCINELLI et al., 2007). A gema adquire água do albúmen durante o período de armazenamento dos ovos, podendo haver uma variação na umidade de 46 a 59%, dependendo do tempo e das condições de armazenamento. A porção protéica da gema é composta de cerca de 37,3% de lipovitelina, 40% de lipovitelinina, 9,3% de livetina, 13,4% de fosvitina e traços de avidina (KOVACS-NOLAN et al., 2005).

De acordo com Yamamoto et al. (1997) a maioria dos lipídeos da gema está associada a proteínas na forma de lipoproteínas. A fração lipídica da gema é geralmente composta por 66% de triglicerídeos, 24% de fosfatidilcolina, 2,8% de fosfatidiletanolamina, 0,6% de lisofosfatidilcolina, 0,6% de esfingomielina e 5% de colesterol (KOVACS-NOLAN et al., 2005). Os ácidos graxos são os principais elementos dos triglicerídeos e fosfolipídeos, podendo possuir diferentes comprimentos de cadeia e grau de saturação (HUI, 2006).

Em ovos provenientes de aves alimentadas com dietas convencionais, os ácidos graxos saturados compreendem cerca de 30 a 35% da fração lipídica da gema com predominância do palmítico (C16:0, indo de 22 a 26%) e esteárico (C18:0, de 8 a 10%), existindo, além desses, pequenas quantidades de mirístico (C14:0) e araquídico (C20:0). Os ácidos graxos monoinsaturados são constituídos pelo palmitoleico (C16:1) e oleico (C18:1), que compõem de 42 a 46%, sendo o oleico o majoritário. Os ácidos graxos poliinsaturados nesses tipos de ovos estão predominantemente na forma de ácido linoleico (C18:2  $\omega$ -6). Além desse, estão presentes em menores quantidades outros representantes da família  $\omega$ -6, como o araquidônico (C20:4  $\omega$ -6), docosatetraenóico (C22:4  $\omega$ -6) e docosapentaenóico (C22:5  $\omega$ -6). O teor de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa  $\omega$ -6 pode variar entre 1 e 2%. O conteúdo de ácidos graxos  $\omega$ -3 é representado pelos ácidos alfa-linolênico (C18:3  $\omega$ -3), eicosapentaenóico (EPA, C20:5  $\omega$ -3), docosapentaenóico (C22:5  $\omega$ -3) e docosahexaenóico (DHA, C22:6  $\omega$ -3), sendo o DHA o  $\omega$ -3 majoritário. O alfa-linolênico constitui menos de 1% da fração lipídica de ovos convencionais (HUI, 2006). Essa composição pode variar bastante, dependendo do tipo

de alimentação fornecida às aves. O conteúdo total de lipídeos do ovo é de aproximadamente 11% do seu peso (SARCINELLI et al., 2007).

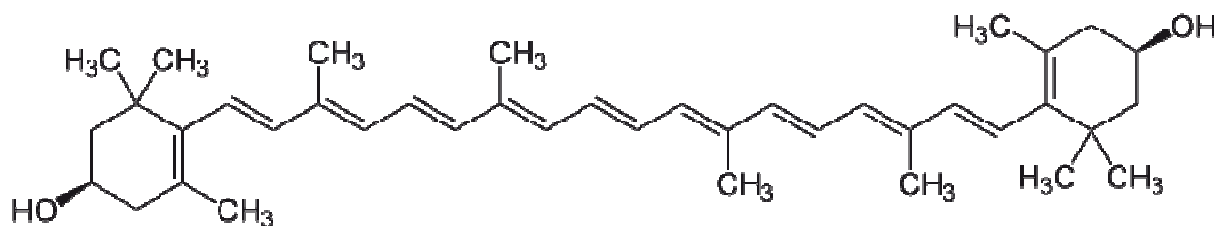
A pigmentação encontrada na gema dos ovos determina o desejo e a aceitabilidade pelo consumidor, que prefere ovos com gemas com pigmentação mais escura. A pigmentação é explicada pela presença de carotenóides (BISCARO e CANNIATTI-BRAZACA, 2006; LINDEN e LORIENT, 1996).

Os carotenóides são pigmentos lipossolúveis sintetizados por plantas e microrganismos fotossintéticos que são adquiridos pelos animais através da alimentação. São divididos quimicamente em dois grupos: os carotenos e as xantofilas. Os carotenos são hidrocarbonetos puros, ou seja, compostos consistindo apenas de átomos de carbono e hidrogênio, geralmente de cor laranja, sendo o  $\beta$ -caroteno o exemplo típico, com propriedades provitamínicas. As xantofilas são derivadas dos carotenos correspondentes pela adição de várias funções de oxigênio, de coloração amarela e vermelha, também chamadas oxicarotenoides. Entre as xantofilas, destacam-se a luteína e a zeaxantina (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Os carotenóides possuem importante papel para aves por serem os principais compostos responsáveis pela pigmentação da gema do ovo e da pele do frango (BORNSTEIN e BARTOV, 1966). As aves, assim como todos os animais metabolizam carotenóides, mas não são capazes de sintetizar essas moléculas e por isso exigem carotenóides na alimentação. O acúmulo de carotenóides na gema é determinado em parte pela ingestão destes pigmentos pelas aves durante a vitelogenese (SURAI e SPEAKE, 1998) e em parte pela eficiência dos mecanismos fisiológicos da espécie em transferir estes componentes do intestino para os óvulos (SURAI et al., 1998).

Segundo Rech (2009) dietas contendo milho amarelo contribuem para a produção de ovos com gemas amarelas, enquanto rações com milho de baixa pigmentação, sorgo em grão e trigo, sem a adição de corantes, colaboram para a obtenção de ovos de pigmentação esbranquiçada. Com intuito de alterar a pigmentação das gemas podem ser adicionados às rações carotenóides naturais (como os extraídos do urucum e da páprica) e carotenóides sintéticos, tais como a cantaxantina (pigmento vermelho) e etil éster beta apo-8-caroteno (pigmento amarelo).

Os principais carotenóides encontrados em grãos de milho são as xantofilas luteína e zeaxantina (LEMOS et al., 2006). Em decorrência do grande número de insaturações nas moléculas, os carotenóides são sensíveis à luz, temperatura e acidez, podendo sofrer oxidação dependendo do tempo de estocagem, da temperatura ambiente e da incidência de luminosidade. Até mesmo os processos de colheita e de moagem do milho para a produção de ração podem comprometer a quantidade destes pigmentos e prejudicar a absorção e deposição de carotenóides pelas aves na gema do ovo (EL BOUSHY e RATERINK, 1989). Rodriguez-Amaya (1999) demonstrou que a zeaxantina é constituída por uma molécula de  $\beta$ -caroteno adicionada de duas hidroxilas (Figura 3).



**Figura 3:** Molécula de zeaxantina (Adaptada de Rodriguez-Amaya, 1999).

Alguns pesquisadores afirmaram que devido à estrutura com inúmeras duplas ligações conjugadas presentes nos carotenóides, estes seriam capazes de interceptar radicais livres oriundos da lipoperoxidação, agindo como antioxidantes. Adicionalmente, tal estrutura ainda permite que eles reajam múltiplas vezes com radicais peroxila (BURTON, 1989; KLEIN et al., 1985; OLIVEIRA et al., 2007).

Um fato com grande importância para o consumo de ovos é que os dois principais carotenóides na mácula e retina humana são as xantofilas luteína e zeaxantina. Alguns autores sugerem que a ação desses carotenóides como antioxidantes e agentes de absorção da luz azul (atuando como um filtro) podem estar associadas à redução do risco de desenvolvimento da degeneração macular relacionada ao envelhecimento, que pode causar cegueira em idosos (GERSTER, 1994; HAMMOND et al., 1996; SCHALCH e WEBER, 1994).

## 2.2 Ovo e a Saúde do Consumidor

O consumo de ovos no Brasil é relativamente baixo quando comparado ao de outros países. Segundo dados da União Brasileira de Avicultura (2008) o consumo *per capita* de ovos no Brasil considerando a população brasileira em 184 milhões de habitantes, estava em torno de 131 ovos. O México era o maior consumidor de ovos do mundo, com 375 ovos *per capita* seguido do Japão, com uma média de 347 ovos e Estados Unidos, com 258 ovos.

O comportamento do Brasil pode ser atribuído, principalmente, à baixa renda *per capita* (que torna diminuto o consumo de produtos de maior valor agregado que tem o ovo como ingrediente importante na sua fabricação, como doces e bolos), aos tabus relacionados a problemas de saúde e ao fato de o ovo ser um alimento visto como destinado somente às classes de consumo menos privilegiadas da sociedade. Outro provável motivo para o baixo consumo é o fato de não serem utilizados em larga escala no Brasil alimentos que incluem o ovo como componente, tais como os hambúrgueres, que são muito consumidos nos EUA e em outros países do mundo, as *tortilhas* mexicanas ou as massas na Ásia (SANTOS FILHO e SCHLINDWEIN, 2007). Castro (2004) afirmou que a disseminação de notícias associando o consumo de ovos ao aumento das chances de desenvolvimento de doenças isquêmicas do coração é a principal razão para o baixo desempenho.

Inúmeros profissionais ligados à saúde aconselharam durante anos uma redução drástica no consumo de ovos devido ao alto teor de colesterol presente na gema (MURAMATSU et al., 2005). Tudo começou no início da década de 70, quando foram apresentados estudos sobre a incidência de problemas cardiovasculares relacionados ao colesterol sanguíneo. A limitação no consumo de ovo surgiu em 1972 quando a “American Heart Association” (Associação Americana do coração) indicou que a ingestão de colesterol não deveria ser maior do que 300 mg por dia e que não deveriam ser consumidos mais de três ovos por semana. Com isso, durante as décadas de 1970 e de 1980, acreditou-se que o consumo do ovo estava associado a um estilo de vida pouco saudável, difundindo-se o mito de que o ovo era altamente prejudicial por aumentar o colesterol (SAYAR, 2007).

Ao contrário do que foi afirmado anteriormente, estudos passaram a demonstrar que o tipo de gordura presente numa dieta moderada neste nutriente (25% a 30% da energia total ingerida diariamente) é mais importante que a quantidade de gordura ingerida e que substituindo-se a gordura saturada por insaturada, verifica-se que os níveis séricos de lipídeos e colesterol são substancial e consistentemente reduzidos na maioria dos casos (DEWAILLY et al., 2001; DJOUSSÉ et al., 2001; SCHAEFER, 2002). Adicionado a isso, encontrou-se que a redução de 100 mg no colesterol da dieta resulta em uma queda de apenas 5 mg no colesterol sérico quando a gordura da dieta não é alterada, demonstrando que o colesterol ingerido não tem tanta influência no colesterol sérico como tem o consumo de gordura saturada, mono ou poliinsaturada (MONTEIRO e ROSADO, 1993). Laker (2006) relatou que a quantidade de colesterol produzida no corpo a partir de gorduras saturadas presente nos

alimentos é cerca de sete vezes maior do que a quantidade absorvida na forma de colesterol dos alimentos.

Hu et al. (1999) realizaram estudos com cerca de 80.000 mulheres durante 14 anos e aproximadamente 37.000 homens por 8 anos, observando a incidência de infarto do miocárdio não fatal, de doença cardíaca coronariana fatal e de acidentes vasculares cerebrais (AVC) em relação ao consumo diário de ovos, estabelecido por questionários sobre a frequência de consumo dos alimentos. Tanto nos homens como nas mulheres, o consumo semanal de ovos não estava relacionado ao risco relativo de doença cardíaca coronariana.

De maneira semelhante, Turatti (2001) afirmou que os ovos têm pouca influência nos altos níveis de colesterol sanguíneo ou nas doenças cardiovasculares, sendo os maus hábitos de alimentação, obesidade, vida sedentária, fumo, álcool e problemas genéticos as verdadeiras causas dessas alterações.

McNamara (2002) analisou a relação entre o consumo de ovos *per capita* e a taxa de mortalidade cardiovascular em alguns países com elevado consumo de ovos, como México, Japão, Espanha e França, constatando que estes possuem as taxas de mortalidade cardiovascular mais baixa entre os países industrializados. Ainda que estas análises de correlação simples não levem em consideração outras diferenças nas dietas destes países, são importantes para demonstrar que os ovos não contribuem diretamente para os fatores dietéticos que aumentam o risco de doença cardíaca.

Katz et al. (2005) investigaram os efeitos do ovo quanto ao risco cardiovascular. Participaram da pesquisa 49 indivíduos saudáveis, sendo 20 mulheres e 29 homens, os quais foram submetidos ao consumo de dois ovos ou aveia diariamente por seis semanas, em seqüência aleatória, com intervalos de quatro semanas entre o consumo de cada alimento. Os resultados obtidos revelaram que durante as seis semanas de ingestão de ovo não houve alteração no colesterol total, porém o tratamento com a aveia causou uma diminuição nos níveis de colesterol sanguíneo. Não ocorreram diferenças no índice de massa corporal, triglicerídeos e níveis de colesterol HDL (sigla de “High-Density Lipoproteins” ou lipoproteínas de alta densidade) entre os períodos de consumo de ovos e de aveia.

Goodrow (2006) avaliou a relação entre o consumo de 1 ovo por dia e alterações nos níveis de colesterol sanguíneo de indivíduos com mais de 60 anos ao longo de 5 semanas. A análise dos resultados mostrou que não houve aumento substancial do colesterol LDL (sigla de “Low-Density Lipoproteins” ou lipoproteínas de baixa densidade) e triglicerídeos com o consumo de um ovo por dia, indicando que o consumo diário de ovos pode ser estimulado entre os indivíduos normais com idade avançada.

### 2.3 Lipídeos

Os lipídeos formam, juntamente com os carboidratos e proteínas, o grupo de compostos mais importantes em alimentos, e um dos mais frequentemente encontrados na natureza (BOBBIO e BOBBIO, 2001). São biomoléculas insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Possuem várias funções biológicas, servindo como alimento, armazenamento concentrado de energia, moléculas sinalizadoras e mensageiras em vias de transmissão de sinais e como componentes de membranas (BERG et al., 2008).

De acordo com Akoh e Min (2002) baseando-se na estrutura, podem ser classificados como simples, compostos ou derivados. Os lipídeos simples são ésteres de ácidos graxos com diversos álcoois, como as gorduras ou óleos (ácidos graxos esterificados com o glicerol) e ceras (ácidos graxos esterificados com álcoois de cadeia mais longa do que o glicerol). Já os lipídeos compostos são ésteres de ácidos graxos contendo outro grupo além do álcool e do ácido graxo, como os fosfolipídios (lipídeos que contem além de ácido graxo e glicerol, resíduo fosfórico, bases nitrogenadas e outros substituintes), cerebrosídeos ou glicolipídeos (contém ácido graxo, carboidratos, nitrogênio, porém sem o ácido fosfórico) e outros

(sulfolipídeos, aminolipídeos, lipoproteínas). Os lipídeos derivados são os ácidos graxos, glicerol, esteróides, álcoois não glicerol, esteróis, aldeídos graxos e corpos cetônicos.

Os ácidos graxos são compostos por carbono, hidrogênio e oxigênio, que estão organizados em uma cadeia linear de carbono de comprimento variável com um grupo carboxila no final. São essenciais para as atividades energéticas, metabólicas e estruturais (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). Os ácidos graxos podem ser saturados, onde todos os átomos de carbono das cadeias são unidos por ligações químicas simples; monoinsaturados, onde há uma dupla ligação (ou uma insaturação) entre os átomos de carbono ou poliinsaturados, onde grande quantidade de duplas ligações está presente. Os ácidos graxos de origem animal apresentam geralmente uma estrutura bem simples, com cadeia reta, a qual pode conter até seis insaturações (LAKER, 2006).

### 2.3.1 Ácidos graxos poliinsaturados (AGP)

A importância dos lipídeos na nutrição e desenvolvimento humano é reconhecida há muitas décadas. Os ácidos graxos são constituintes estruturais das membranas celulares, cumprem funções energéticas e de reservas metabólicas, além de formarem hormônios e sais biliares (VALENZUELA e NIETO, 2003). Os alimentos contêm ácidos graxos em diferentes formas, tais como triglicerídeos, fosfolipídeos, glicolipídeos e ésteres de colesterol (PATIL e GISLERØD, 2006). Os ácidos graxos, por estarem presentes em grande proporção nos lipídeos, são os compostos responsáveis pelas principais propriedades nutricionais. O valor energético dos ácidos graxos é praticamente igual existindo, entretanto, diferenças quanto ao efeito fisiológico dos mesmos (LEHNINGER et al., 1995).

Segundo Berg et al. (2008) os ácidos graxos são longas cadeias hidrocarbonatadas com vários comprimentos e graus de insaturação que terminam em carboxilas (grupamentos ácidos). Os átomos de carbono dos ácidos graxos são numerados a partir do terminal carboxílico. Os átomos de carbono 2 e 3 são, com frequência, referidos respectivamente como  $\alpha$  e  $\beta$ . O carbono da metila na extremidade distal da cadeia é chamado de átomo de carbono  $\omega$  (ômega). A posição de uma dupla ligação é representada pelo símbolo  $\Delta$  seguido de um número em índice superior. O símbolo  $\Delta^2$  indica que há uma dupla ligação entre os carbonos 2 e 3. Outra alternativa é denotar a posição de uma dupla ligação contando a partir da extremidade distal, com o carbono  $\omega$  (o carbono metílico) como o número 1. Um ácido graxo  $\omega$ -3 tem a estrutura apresentada na Figura 4.

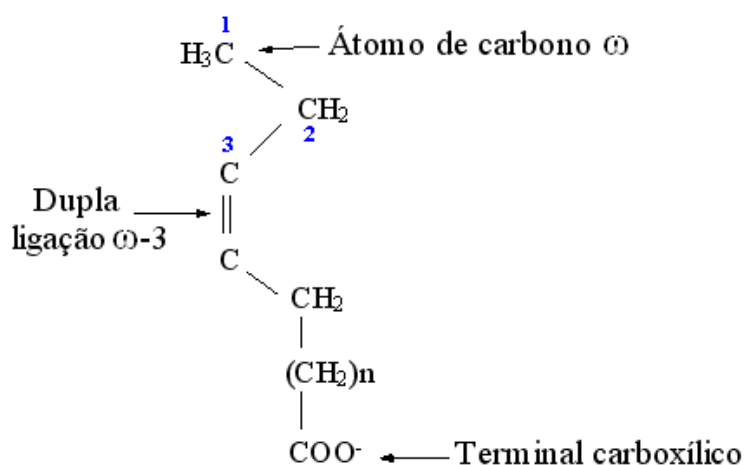


Figura 4: Fórmula estrutural de um ácido graxo  $\omega$ -3.

Dentro da diversidade dos ácidos graxos existem aqueles que o organismo não tem capacidade de sintetizar a partir de outros, os denominados ácidos graxos essenciais (BERG et al., 2008). A essencialidade dos ácidos graxos poliinsaturados foi demonstrada inicialmente por BURR e BURR em 1930, quando verificaram que em animais, a ausência dos mesmos acarretaria retardamento no crescimento, perda de peso, alterações celulares na pele e mucosas, podendo levar à morte (MANCINI-FILHO e CHEMIN, 1996).

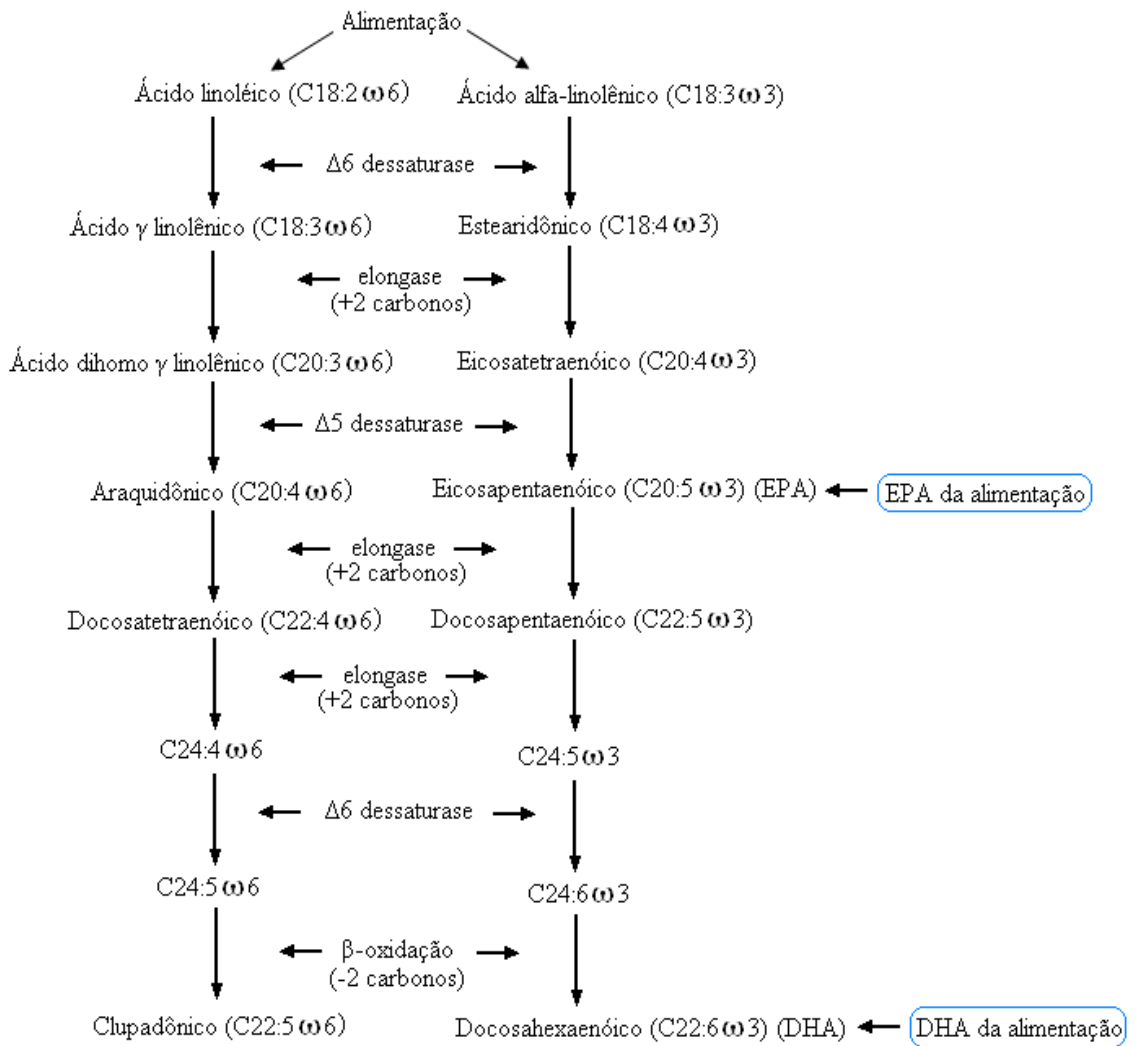
Para suprir a demanda orgânica, os ácidos graxos essenciais devem estar em quantidades suficientes na alimentação, sendo precursores de prostaglandinas, responsáveis por importantes funções fisiológicas, como a contração do útero, controle da pressão sanguínea e secreção das paredes do estômago (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Os ácidos graxos poliinsaturados essenciais são divididos em duas famílias, cada uma representada por um ácido essencial: o ácido linoleico (LA, C18:2, família  $\omega$ -6) e o ácido alfa-linolênico (ALA, C18:3, família  $\omega$ -3). Através de processos enzimáticos, dão origem a outros ácidos essenciais de cadeias mais longas, chamados de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (BERG et al., 2008). Os principais ácidos graxos derivados do alfa-linolênico são os ácidos eicosapentaenóico (EPA, C20:5  $\omega$ -3) e docosahexaenóico (DHA, C22:6  $\omega$ -3), enquanto o principal derivado do ácido linoleico é o araquidônico (AA, C20:4  $\omega$ -6). Os ácidos graxos  $\omega$ -3 apresentam sua primeira dupla ligação entre o terceiro e quarto carbonos enquanto ácidos graxos  $\omega$ -6 apresentam a primeira dupla ligação entre o sexto e sétimo carbonos a partir do último grupo metílico da molécula (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

A ingestão dos ácidos graxos essenciais desencadeia uma série de reações químicas mediadas por enzimas dessaturases e elongases no organismo animal. As elongases atuam adicionando dois átomos de carbono à parte inicial da cadeia enquanto as dessaturases agem oxidando dois carbonos da cadeia, originando uma dupla ligação com a configuração *cis* (MARTIN et al., 2006). Nestas reações há competição entre estas enzimas, de modo que, a ingestão em excesso de AGP  $\omega$ -6 limita a formação dos AGP  $\omega$ -3 no organismo animal (BRIZ, 1998). A Figura 5 apresenta o metabolismo bioquímico dos ácidos graxos essenciais.

Segundo Stanley et al. (2007) sugere-se que o risco de doença cardíaca é aumentado uma vez que um consumo elevado de ácido linoleico é capaz de reduzir a quantidade de  $\Delta 6$  dessaturase disponível para o metabolismo do ácido alfa-linolênico. Nos últimos 150 anos aumentou-se a ingestão de produtos ricos em  $\omega$ -6, diminuiu-se a de  $\omega$ -3 e paralelamente ocorreu significativo acréscimo no número de casos de doenças cardíacas. Baseando-se nestas constatações foi desenvolvido o conceito de “razão ideal” entre os ácidos graxos  $\omega$ -6 e os ácidos graxos  $\omega$ -3 da dieta. A Figura 5 apresenta o metabolismo bioquímico dos ácidos graxos essenciais.

Contudo, a razão associada a um risco reduzido de doença cardíaca ainda não foi estabelecida e estudos têm demonstrado que os níveis absolutos de consumo dos ácidos graxos  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 são mais importantes que a razão propriamente dita. O aumento de ALA, EPA e DHA (ácidos graxos  $\omega$ -3) na dieta conseguiria atingir o aumento desejado dos níveis destes ácidos graxos nos tecidos corporais, sendo que a diminuição do aporte de LA e AA (ácidos graxos  $\omega$ -6) não seria necessária. Além disso o método que avalia somente a razão não distingue as dietas com valores adequados de  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 das dietas deficientes em ambos (STANLEY et al., 2007).



**Figura 5:** Metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados ω-6 e ω-3 (adaptado de HOLUB, 2002).

A “Dietary Reference Intakes” (2005) apresentou a ingestão adequada de ácido linoléico e alfa-linolênico em valores absolutos (Tabela 3). A Ingestão Adequada ( ou AI - “Adequate Intake”) é o nível de ingestão diária média recomendada de um nutriente cujos estudos ainda não permitiram o estabelecimento da RDA (“Recommended Dietary Allowances” - ingestão diária recomendada) e EAR (“Estimated Average Requirement” - requerimento médio estimado), mas a observação de consumo e/ou experiências possibilitam recomendá-lo.



**Tabela 3:** Ingestão adequada do consumo de ácidos graxos  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 para adultos

Ácido graxo	gramas/dia	
	Homens (19 a 50 anos)	Mulheres (19 a 50 anos)
Ácido linoleico (C18:2 $\omega$ -6)	17	12
Ácido alfa-linolênico(C18:3 $\omega$ -3)	1,6	1,1

Fonte: Adaptado de Dietary Reference Intakes series (2005).

Os diferentes óleos e gorduras comestíveis utilizados no consumo humano possuem diferentes concentrações de ácidos graxos. O ácido linoleico ( $\omega$ -6) está presente de forma abundante nos óleos de sementes de vegetais, como o óleo de milho, açafrão, algodão, soja e girassol (MAHAN e ESCOTT-STUMP, 1998). De acordo com Bloch e Shils (1994) o ácido alfa-linolênico ( $\omega$ -3), também está presente em alguns óleos vegetais, ainda que em menor proporção que o ácido linoleico, sendo as principais fontes alimentares a linhaça (23 g/100 g), canola (9,3 g/100g), soja (2,6g/100g) e noz (6,8g/100g). Já os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), derivados do alfa-linolênico, estão presentes em óleos de peixe e mariscos, entre eles o salmão (0,84 e 0,81g/100g), sardinha (0,47 e 0,51g/100g), caviar (1,03 e 1,35g/100g) e ostra (0,42 e 0,46g/100g).

### 2.3.2 Benefícios dos ácidos graxos poliinsaturados $\omega$ -3

Nos últimos anos estudos têm sido realizados comprovando que dietas com quantidades adequadas de ácidos graxos poliinsaturados (conhecidos como PUFA, sigla em inglês para “Polyunsaturated Fatty Acids”)  $\omega$ -3 desempenham papel relevante na prevenção e no tratamento de várias doenças (ANTI et al., 1992; McLENNAN, 1993; SHAPIRO et al., 1996). Tanto o EPA quanto o DHA, ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 de cadeia longa, foram citados como potentes agentes antiinflamatórios, podendo ser empregados com sucesso no tratamento de doenças inflamatórias auto-imunes como a psoríase e a artrite, além de possuírem efeito antitrombótico (SHAPIRO et al., 1996).

Desta forma, a suplementação dietética de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 tem sido associada à redução de doenças cardiovasculares, neoplasias (alterações celulares que acarretam crescimento exagerado das células) e colite ulcerativa (é uma forma de doença inflamatória intestinal) (ANTI et al., 1992; McLENNAN, 1993; POWNALL et al., 1999; TEITELBAUM e WALKER, 2001).

Há também evidências de que a suplementação de ácidos graxos da série  $\omega$ -3 associada ao consumo reduzido de gordura saturada pode inibir o crescimento de células cancerígenas, visando a proteção contra o câncer de mama em humanos (ROSE et al., 1996).

Briz (1998) observou que alguns dos possíveis efeitos benéficos desses ácidos graxos poliinsaturados são a redução dos triglicerídeos do plasma e de lipoproteínas VLDL ( sigla de “Very-Low Density Lipoproteins” ou lipoproteína de densidade muito baixa) e LDL (que induzem o depósito de colesterol nas paredes arteriais) e o aumento do HDL ressaltando a importância da existência de um equilíbrio entre os PUFAs  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 na obtenção de uma dieta saudável.

## 2.4 Ovos Enriquecidos com Ácidos Graxos Poliinsaturados $\omega$ -3

A possibilidade da alteração da composição lipídica dos ovos através da dieta das poedeiras é conhecida há muitos anos. Segundo Cruickshank (1934), já em 1903, Henriques e Hansen encontraram diferentes teores de lipídeos simples em ovos de aves alimentadas com diferentes dietas. Cruickshank (1934) afirmou que havia pouca informação disponível quanto à composição dos lipídeos do ovo, principalmente em relação às mudanças nas proporções dos ácidos graxos. A pesquisadora determinou a composição aproximada de ácidos graxos de ovos convencionais e de ovos obtidos através da inclusão de diferentes tipos de óleos na ração, encontrando ovos com perfil em ácidos graxos compatível com os encontrados nos óleos.

Desde então, progressos significativos foram obtidos na compreensão do metabolismo de lipoproteínas em aves e deposição dos lipídeos na gema do ovo (STADELMAN e COTTERILL, 1995). Inúmeras pesquisas foram realizadas com o intuito de diminuir o teor de colesterol dos ovos, porém a maior parte delas demonstrou que as concentrações de colesterol só podem ser reduzidas em percentuais muito baixos (MENDONÇA-JÚNIOR e PITA, 2005).

Segundo Grobas e Mateos (1996), dos componentes do ovo, os lipídeos são os mais fáceis de serem alterados mediante a manipulação da dieta das aves. A composição dos ácidos graxos do ovo, particularmente o seu conteúdo em poliinsaturados, pode variar conforme o tipo de dieta da galinha.

De acordo com Bertechini (2003) várias técnicas empregam processos científicos para alterar benéficamente a gema do ovo. Uma das linhas de trabalho mais comum se dedica à modificação do perfil de ácidos graxos da gema, aumentando o teor de ácidos graxos poliinsaturados da série  $\omega$ -3 através da inclusão de fontes ricas desses ácidos na dieta. Stadelman e Cotterill (1995) afirmaram que por serem monogástricas, as aves possuem a capacidade de assimilar, sem grandes modificações, considerável parte da gordura da dieta.

Os ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 têm sido de interesse tanto para pesquisadores quanto para o setor das indústrias de alimentos por serem esses ácidos essenciais para o desenvolvimento e crescimento normal do organismo e possuírem um papel importante na prevenção de doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes, artrite, problemas inflamatórios, auto-imunes e câncer (SIMOPOULOS, 2000).

O enriquecimento dos ovos pode ser obtido com dietas contendo sementes oleaginosas como linhaça, girassol e canola (MILINSK et al., 2003; PITA, 2007; QI e SIM, 1998), óleos de peixe (BAUCELLS et al., 2000; CARVALHO et al., 2009; PITA, 2007) e algas marinhas (CARRILLO et al., 2008; CARVALHO et al., 2009; PIBER NETO, 2006).

Van Elswyk (1997) afirmou que os óleos marinhos ou sementes oleaginosas adicionados às rações promovem facilmente a incorporação de  $\omega$ -3 nas gemas dos ovos.

Farrell (1998) realizou pesquisas com 4 tipos de ovos, sendo 3 enriquecidos com fontes diferentes de ácidos graxos poliinsaturados e um sem enriquecimento. Na Tabela 4 está apresentado o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados presentes nos ovos utilizados. Os ovos foram fornecidos para 4 grupos compostos por 14 indivíduos em cada um. Um levantamento da ingestão alimentar de 1 ovo por dia durante 20 semanas e 2 ovos por dia durante as duas últimas semanas do experimento mostrou que a razão  $\omega$ -6: $\omega$ -3 no plasma foi significativamente reduzida nos indivíduos que consumiram os ovos enriquecidos comparados com os convencionais, indo de 12,2:1 para 6,5 a 7,7:1.

**Tabela 4:** Conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 em ovos provenientes de aves alimentadas com diferentes dietas.

Ácidos Graxos	Tipo do Ovo			
	OP	OP+OL	OP+OL+OC	Controle
	% de ácidos graxos			
ALA (18:3 $\omega$ -3)	0,36	2,26	2,32	0,20
EPA (20:5 $\omega$ -3)	1,00	0,58	0,45	0,20
DPA (22:5 $\omega$ -3)	0,63	0,52	0,42	0,06
DHA (22:6 $\omega$ -3)	5,27	3,80	3,38	0,44

**Onde:** OP: ovos de aves alimentadas com 50g de óleo de peixe/Kg de ração; OP+OL: ovos de aves alimentadas com 30g de óleo de peixe+ 10g de óleo de linhaça/Kg de ração; OP+OL+OC: ovos de aves alimentadas com 20g de óleo de peixe+ 10g de óleo de linhaça+10g de óleo de canola/Kg de ração. ALA: ácido alfa-linolênico; EPA: ácido eicosapentaenóico; DPA: ácido docosapentaenóico; DHA: ácido docosahexaenóico.

**Fonte:** Adaptada de Farrell (1998).

Oliveira (2008) estudando o efeito de diferentes fontes de lipídios na dieta de poedeiras sobre a produção e o perfil de ácidos graxos na gema, avaliou a adição de 3,4% de óleo de linhaça, girassol e soja na ração de poedeiras encontrando maior percentual de  $\omega$ -3 nas gemas dos ovos enriquecidos com o óleo de linhaça (Tabela 5).

**Tabela 5:** Composição percentual de ácidos graxos poliinsaturados das gemas de ovos de acordo com a fonte lipídica utilizada na dieta de poedeiras.

Fontes lipídicas	% de Ácidos Graxos Poliinsaturados							
	C18:2	C18:3	C18:4	C20:3	C20:4	C20:5	C22:5	C22:6
Óleo de soja	19,81	0,76	0,07	0,25	2,15	0,00	0,11	0,98
Óleo de girassol	18,99	0,31	0,05	0,22	2,25	0,00	0,06	0,53
Óleo de linhaça	14,83	5,25	0,07	0,14	1,22	0,12	0,27	2,06
Controle	12,18	0,23	0,06	0,14	2,17	0,00	0,07	0,54

**Fonte:** Oliveira (2008).

Em estudos para a comparação da presença e quantidade de ácidos graxos em ovos obtidos a partir de diferentes alimentações, Samman et al. (2009) encontraram menor

percentual dos ácidos saturados mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) e maiores quantidades de ácidos graxos  $\omega$ -3, alfa-linolênico (ALA, C18:3) e docosahexaenóico (DHA, C22:6) em ovos enriquecidos em relação aos convencionais (Tabela 6).

**Tabela 6:** Composição em ácidos graxos em gemas de ovos convencionais e enriquecidos com  $\omega$ -3.

Ácido graxo	Ovos convencionais	Ovos com $\omega$ -3
Mirístico C14:0	0,36	0,26
Palmítico C16:0	25,10	22,70
Palmitoléico C16:1	3,23	2,79
Estearíco C18:0	8,37	8,28
Oléico C18:1	46,70	44,60
Ácido Linoleico C18:2	13,10	13,70
Alfa-Linolênico C18:3	0,51	4,52
Araquidônico C20:4	1,83	1,12
Docosahexaenóico C22:6	0,85	2,05
Total de saturados	33,80	31,30
Total de monoinsaturados	50,00	47,40
Total de poliinsaturados	16,30	21,40
Total de $\omega$ -6	15,00	14,80
Total de $\omega$ -3	1,36	6,57
Razão $\omega$ -3: $\omega$ -6	0,09	0,44

**Fonte:** Adaptado de Samman et al. (2009).

Alguns estudos comprovam que o consumo de ovos enriquecidos com PUFA  $\omega$ -3 oferece efeitos benéficos à saúde.

Oh et al. (1991) demonstraram uma diminuição na concentração de triglicerídeos no plasma sanguíneo e uma redução significativa da pressão sanguínea de indivíduos que consumiram ovos enriquecidos.

Ferrier et al. (1992) realizaram estudos para avaliar o consumo de ovos enriquecidos, encontrando um declínio de cerca de 35% nos níveis de triglicerídeos no plasma sem mudanças do colesterol HDL e aumento significativo do DHA nos fosfolípidos nas plaquetas dos indivíduos que consumiram tais ovos.

Ferrier et al. (1995) compararam os efeitos do consumo de 4 ovos enriquecidos com 4 ovos convencionais por dia em 28 indivíduos saudáveis. Após duas semanas de experimento não ocorreram mudanças significativas no colesterol total, no colesterol HDL ou nas taxas de triglicerídeos, porém os pesquisadores encontraram um significativo aumento do conteúdo total de ácidos graxos  $\omega$ -3 no sangue dos que consumiram ovos enriquecidos.

Estudos realizados por Cherian e Sim (1996) em mulheres no período de lactância demonstraram que o conteúdo de PUFA  $\omega$ -3 no leite aumentou sem alteração do colesterol ou triglicerídeos do plasma quando foram consumidos ovos enriquecidos, demonstrando que os ovos enriquecidos são fonte alternativa de PUFA  $\omega$ -3.

Van Elswyk et al. (1998) alimentaram alguns voluntários com quatro ovos enriquecidos por semana enquanto outros consumiram quatro ovos convencionais pelo mesmo período. Após seis semanas de tratamento houve uma significativa diminuição da agregação plaquetária nos pacientes que consumiram os ovos enriquecidos com  $\omega$ -3.

Öhman et al. (2008) estudaram os efeitos do consumo de ovos convencionais e enriquecidos com  $\omega$ -3 em pessoas saudáveis com mais de 45 anos. Forneceram um ovo por dia durante um mês e concluíram que a adição de um ovo convencional à dieta normal não teve impacto negativo sobre as taxas de colesterol e triglicerídeos no plasma enquanto a adição de um ovo enriquecido provocou mudanças positivas, que podem ser associadas à redução do risco de mortalidade por problemas cardiovasculares e por diabetes.

Embora seja de grande interesse o uso de fontes alternativas para a alimentação animal, é limitada a utilização de ingredientes alternativos na formulação das rações de poedeiras, uma vez que sua inclusão pode implicar em alterações indesejáveis nos ovos. O uso de estratégias nutricionais para melhorar a qualidade e a composição dos produtos de origem animal utilizados na alimentação humana tem se constituído no elo entre a produção animal, a tecnologia de alimentos e a nutrição humana (BARRETO et al., 2006).

## **2.5 Possibilidade de Oxidação dos Ácidos Graxos Poliinsaturados**

Os benefícios à saúde obtidos com o consumo dos ovos adicionados de  $\omega$ -3 podem ser significativos para a indústria. No entanto, a aceitação de novos produtos pelos consumidores também depende da qualidade como um todo. No caso dos ovos enriquecidos, a incorporação de ácidos graxos  $\omega$ -3 na gema poderia alterar a sua qualidade sensorial resultando em menor aceitabilidade dos consumidores. Em particular, o maior grau de poliinsaturação dos ácidos graxos pode acelerar a deterioração oxidativa na gema de ovo (JIANG et al., 1992).

Segundo Araújo (1999) as reações de oxidação em lipídeos estão entre as mais habituais em alimentos, podendo ser causadas pelo oxigênio atmosférico e menos freqüentemente pelo ozônio, peróxido, metais e outros agentes oxidantes.

A autooxidação de lipídeos poliinsaturados de alimentos envolve uma reação em cadeia de radicais livres que é freqüentemente iniciada pela exposição dos lipídeos à luz, calor, radiação ionizante, íons metálicos ou catálise metalo-protéica. A enzima lipoxigenase pode também iniciar a oxidação. A rota clássica de autooxidação inclui reações de iniciação (produção de radicais livres), propagação e terminação (produção de produtos não radicalares) (SHAHIDI e WANASUNDARA, 1992).

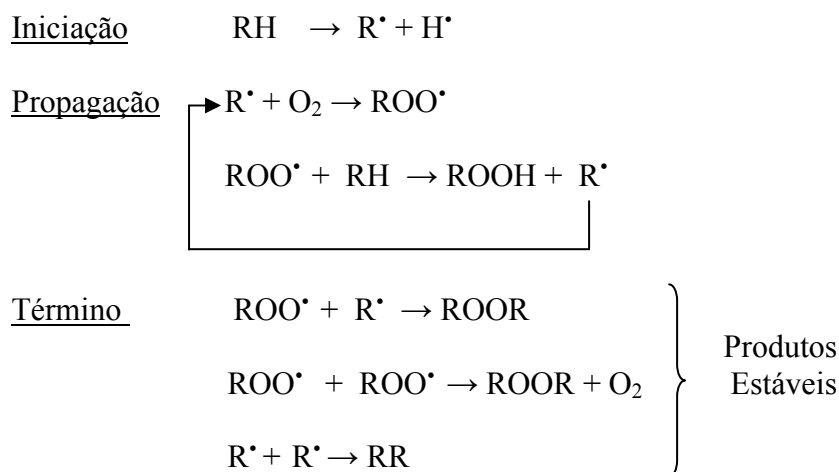
A iniciação ocorre quando um átomo de hidrogênio é retirado do grupo metileno de um ácido graxo insaturado, levando à formação de um radical livre. O hidrogênio é retirado de um dos carbonos adjacentes à dupla ligação, pois estes são mais lábeis que os demais (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). As principais características dessa fase são o baixo consumo de oxigênio, a baixa concentração de peróxidos e a ausência de alterações sensoriais dos produtos (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

Durante a fase de propagação o oxigênio adiciona-se ao radical livre e forma um radical peróxido, que pode retirar um hidrogênio de uma molécula de ácido graxo não oxidada formando os hidroperóxidos. A estrutura dos produtos primários da oxidação (peróxidos e hidroperóxidos) dependerá da natureza dos ácidos graxos presentes. Os radicais formados, extremamente reativos, atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). Essa etapa caracteriza-se pelo alto consumo

de oxigênio, alta concentração de peróxidos com início de sua decomposição e aparecimento das alterações sensoriais, com odor característico provocado pelos produtos da decomposição dos hidroperóxidos (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

A fase de terminação ocorre quando dois radicais livres interagem entre si para formar diversas substâncias, terminando assim seu papel como propagadores da reação e formando produtos estáveis (produtos secundários de oxidação) obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). Nesta etapa o consumo de oxigênio tende a cair, a concentração de peróxidos diminui e as alterações sensoriais são fortes, podendo haver alteração da cor e viscosidade (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

Os hidroperóxidos não têm importância direta na deterioração do odor e do sabor dos produtos, porém são bastante instáveis e se decompõem com rompimento da cadeia hidrocarbonada. Uma grande variedade de substâncias, incluindo aldeídos, álcoois, ácidos de baixo peso molecular, oxiácidos, cetoácidos, cetonas e outros são encontrados nas gorduras oxidadas. A viscosidade aumenta devido à formação de polímeros insaturados (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007), conforme a Figura 6:



Onde: RH-ácido graxo insaturado; R<sup>•</sup>-radical livre; ROO<sup>•</sup>-radical peróxido e ROOH-radical hidroperóxido

**Figura 6:** Esquema geral do mecanismo de oxidação.

A velocidade da reação de autooxidação depende, em primeiro lugar, da composição lipídica do produto em termos de insaturação e tipos de ácidos graxos presentes. A temperatura apresenta efeito importante na velocidade de autooxidação e, mesmo em condições de congelamento, não previne completamente a reação. A luz acelera a oxidação enquanto a remoção do oxigênio do alimento previne a oxidação (ARAÚJO, 1999).

Ribeiro e Seravalli (2007) citam que outros fatores também são responsáveis pelo aumento da velocidade da reação como a área de superfície (quanto maior for a área, maior será a exposição ao oxigênio) e a atividade de água. As velocidades mais baixas da oxidação dos lipídeos se observam para valores de atividade da água compreendidos entre 0,2 e 0,3 (BERSET e CUVELIER, 1996). A velocidade de oxidação aumenta tanto para valores inferiores e muito próximos de zero (estado de desidratação) quanto para superiores. O primeiro caso pode ser esclarecido pela formação de canais na matriz como resultado da eliminação de água, através dos quais é favorecida a migração do oxigênio. O segundo resulta

provavelmente do favorecimento de reações de oxidação enzimática e da capacidade de mobilização de metais de transição (pró-oxidantes) pela água (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

A presença de ácidos graxos poliinsaturados aumenta a susceptibilidade à oxidação lipídica originando radicais livres que promovem a formação dos óxidos de colesterol. Pesquisas têm demonstrado que os valores de hidroperóxidos e de ácido tiobarbirtúrico (TBA), os quais mensuram a oxidação lipídica, aumentam com o maior grau de insaturação da gema (GALOBART et al., 2001a; 2001b). Segundo Araújo (1999) o ácido linoleico (que possui duas insaturações) é oxidado 64 vezes mais rápido que o oleico (que possui uma insaturação), e o alfa-linolênico (que possui três insaturações), 100 vezes mais rápido do que este.

A oxidação lipídica que ocorre nos compostos graxos e em todos os produtos que a partir deles são formulados possui uma relação direta com o valor comercial destes por causar mudanças durante o processamento, distribuição e preparação final dos alimentos (SILVA et al., 1999).

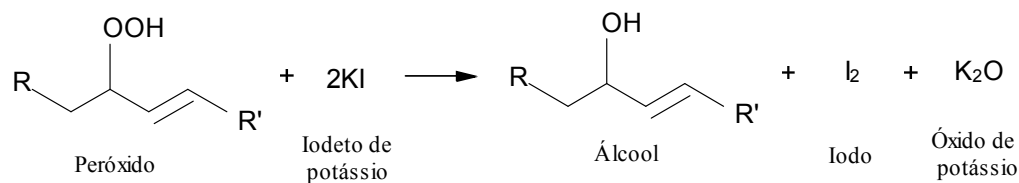
A oxidação de lipídeos inicia também outras alterações nos alimentos que afetam sua qualidade nutricional, segurança, cor, flavor e textura (SHAHIDI e WANASUNDARA, 1992). A qualidade do alimento não é afetada até que os compostos voláteis sejam formados, os quais, mesmo em concentração igual a 1,0ppm ou menor causam rejeição ao produto (ARAÚJO, 1999). Este aspecto é de grande importância, não somente sob o enfoque econômico, através de perdas devido à diminuição da vida comercial, mas também pela possibilidade dos radicais livres formados reagirem ou interagirem com outros constituintes dos alimentos provocando uma queda na qualidade nutricional dos mesmos (NAWAR, 1996). A presença de ácidos graxos oxidados e os seus produtos não só são indesejáveis, mas também são conhecidos por causarem efeitos biológicos adversos no ser humano (QI e SIM, 1998).

Cedro (2008), pesquisando ovos enriquecidos, relatou a ocorrência de manchas nas gemas de ovos enriquecidos com  $\omega$ -3. De acordo com a autora, 90% dos ovos armazenados por 21 dias a temperatura ambiente e 80% dos ovos mantidos sob refrigeração apresentaram tal problema. Pesquisas mostram que a incidência de manchas na gema pode estar relacionada ao armazenamento prolongado dos ovos devido à degeneração da membrana vitelínica e a alta concentração de ácidos graxos poliinsaturados nesta estrutura, uma vez que estes lipídios são facilmente oxidados em virtude do tamanho e do número duplas ligações em sua cadeia (RECH, 2009; TARKO e MUSZYNSKI, 2006).

## **2.6 Índice de Peróxidos como Método de Avaliação do Estado de Oxidação Lipídica**

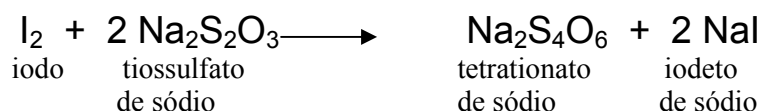
A avaliação do estado de oxidação de óleos e gorduras é uma determinação importante a nível industrial. Trata-se, em primeiro lugar, de um meio de controlar e garantir a qualidade das matérias-primas adquiridas, bem como um método de controle de qualidade dos produtos comercializados. Existem vários métodos (físicos, químicos e físico-químicos) para a avaliação da estabilidade oxidativa, porém nenhum se correlaciona de um modo perfeito com as modificações sensoriais produzidas no decurso das reações de oxidação. Cada método fornece informações sobre um estado particular do processo oxidativo, variável em função das condições aplicadas e dos substratos lipídicos usados (BERSET e CUVELIER, 1996).

Segundo Ribeiro e Seravalli (2007) o Índice de peróxidos está entre os métodos indicativos do grau de oxidação lipídica mais utilizados, sendo representado pela medida do teor de oxigênio reativo em termos de miliequivalentes de oxigênio por kg de lipídeos. Quando as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados são oxidadas, formam-se peróxidos que oxidam o iodeto de potássio (KI) adicionado, liberando iodo (Figura 7).



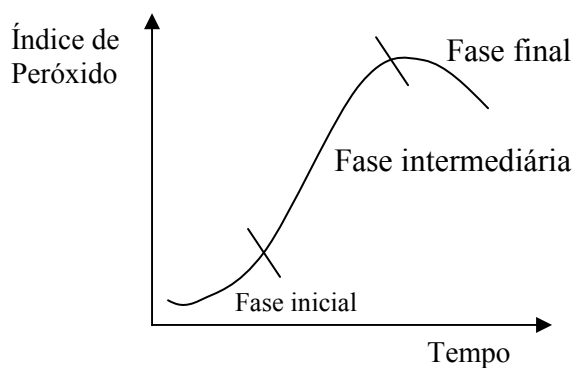
**Figura 7:** Reação entre o peróxido e o iodeto de potássio (SILVA et al., 1999).

A quantidade liberada de iodo, titulada com tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), é uma medida da quantidade de peróxidos existente, que estão relacionados com o grau de oxidação do produto e, conseqüentemente, com a tendência à rancificação oxidativa (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). Na Figura 8 é apresentada a reação entre o iodo liberado e o tiosulfato de sódio.



**Figura 8:** Reação entre o iodo e o tiosulfato de sódio (SILVA et al., 1999).

Berset e Cuvelier (1996) relataram que o Índice de peróxidos deve ser determinado nos primeiros estados do processo oxidativo. A variação do nível de peróxidos ao longo do tempo ocorre de uma forma gaussiana, pelo que um nível baixo de peróxidos não constitui uma garantia de boa estabilidade oxidativa, podendo, pelo contrário, ser sinônimo de alteração pronunciada. Na figura 9 apresenta-se um exemplo do que ocorre com o índice de peróxidos de um lipídeo em função do tempo.



**Figura 9:** Índice de peróxidos em função do tempo (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).



Segundo Ribeiro e Seravalli (2007) a determinação do índice de peróxidos é utilizada para acompanhar o desenvolvimento da rancidez em um alimento, porém, como na fase final da oxidação o índice de peróxidos é baixo, é necessário utilizar um outro índice. O mais útil nestes casos é o índice de TBA, que se baseia na reação do ácido tiobarbitúrico (TBA) com o malonaldeído (produto da fase de terminação). Araújo (1999) destaca que o malonaldeído ou MDA (aldeído com três átomos de carbono) quantificado através do teste de TBA é um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados formados durante o processo oxidativo.

## 2.8 Aspectos de Qualidade

A seleção de critérios para avaliar as mudanças na qualidade do ovo, de acordo com Franco e Sakamoto (2005), implica em considerar a visão de qualidade para produtores, consumidores e processadores. Para produtores, a qualidade está relacionada ao peso do ovo e resistência da casca (como defeitos, sujeiras, quebras e manchas de sangue). Para consumidores, a qualidade está relacionada ao prazo de validade do produto e com as características sensoriais, como cor da gema e da casca. Para processadores, a qualidade está relacionada à facilidade de retirar a casca, à separação da gema do albúmen, às propriedades funcionais e à cor da gema. Sob diversos ângulos os mecanismos que influenciam a qualidade dos ovos ainda são os mesmos: genética, idade das aves, ambiente, manejo e nutrição. A melhoria da qualidade dos ovos consiste em estratégias de manipulação desses mecanismos em conjunto ou isoladamente, de acordo com o objetivo desejado.

De acordo com Junqueira e Duarte (2006) a qualidade dos ovos que chegam à mesa do consumidor depende principalmente do seu armazenamento, que na maioria das vezes é sem refrigeração. O período para consumo de ovos frescos tem sido definido como três semanas, no entanto, o período de tempo e temperatura máximos de armazenamento para ovos em temperatura ambiente e sob refrigeração são motivos de discussão permanente (CEPERO et al., 1995).

Logo após a postura começam a ocorrer mudanças que reduzem a qualidade dos ovos e, eventualmente, causam sua deterioração. Durante o armazenamento ocorre a transformação da ovoalbumina em S-ovoalbumina e a dissociação do complexo ovomucina-lisozima com destruição do gel de ovomucina, gerando a liquefação do albúmen (que é composto por uma solução de proteínas em água, dióxido de carbono e sais) (JUNQUEIRA e DUARTES, 2006).

Alguns autores afirmam que redução da qualidade interna dos ovos está associada principalmente à perda de água e de dióxido de carbono durante o período de estocagem e é proporcional à elevação da temperatura do ambiente (AUSTIC e NESHEIM, 1990; CRUZ e MOTA, 1996).

Os sais presentes no albúmen, bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) e o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), juntamente com o  $\text{CO}_2$  dissolvido, atuam como um sistema tampão. Com a porosidade da casca, ocorrem trocas gasosas com a atmosfera externa ao ovo e com isso, a perda de  $\text{CO}_2$  e evaporação de água da solução (caso a umidade do ambiente seja menor do que a no interior do ovo). Altera-se assim o sistema tampão, com aumento do teor de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  e conseqüente elevação do pH, levando a uma alteração na estrutura do gel, com diminuição da viscosidade do albúmen e da gema. O pH do albúmen (originalmente cerca de 7,9) eleva-se para 9,3 nos três primeiros dias de armazenamento, mudando pouco nos dias subseqüentes enquanto o da gema (inicialmente cerca de 6,2) eleva-se lentamente durante o armazenamento prolongado (JUNQUEIRA e DUARTES, 2006).

A perda de gás carbônico resulta em uma alteração no sabor do ovo em decorrência do aumento da alcalinidade (MORENG e AVENS, 1990). Assim, ovos frescos e com qualidade

apresentam pH neutro e albúmen límpido, transparente, consistente, denso e alto, com pequena porção mais fluida (AUSTIC e NESHEIM, 1990).

A temperatura recomendada para ovos frescos está entre 8 e 15°C, com a umidade relativa do ar entre 70 e 90%. Já para o armazenamento em curtos períodos (máximo de 30 dias) deve-se utilizar temperaturas entre 4 e 12°C enquanto para longos períodos recomenda-se a utilização de temperaturas em torno de 0°C, sem atingir o ponto de congelamento, e com umidade relativa do ar entre 70 a 80% (BRASIL, 1990). De acordo com Ordóñez et al. (2005) o armazenamento entre 0 e 1,5°C com umidade relativa de 85 e 90%, mantém a qualidade de ovos por 6 a 9 meses.

De acordo com Rech (2009) a qualidade da gema esta relacionada à aparência, textura, firmeza e odor. A gema de um ovo fresco é redonda e firme e ao longo do tempo de armazenamento passa a ter forma aplainada em sua superfície e não circular. Sarcinelli et al. (2007) explicam que a medida em que o pH do ovo aumenta, as ligações entre as moléculas que compõem a membrana vitelínica começam a enfraquecer, deixando a membrana menos coesa. Parte da água do albúmen é transferida para a gema fazendo com que esta aumente de tamanho, esticando assim sua membrana já fragilizada. É essencial que a membrana vitelínica permaneça intacta e forte para impedir que os conteúdos do albúmen e da gema se misturem.

Existem na literatura várias medidas para determinação da qualidade do ovo. Entre elas estão as que estimam a qualidade de ovos abertos com bases quantitativas relacionadas ao albúmen. São eles: percentual de albúmen denso e líquido (HOLTS e ALMIQUIST, 1932), altura do albúmen (WILGUS e WAGENEN, 1936), índice do albúmen (HEIMAN e CARVER, 1936), índice da área do albúmen (PARSONS e MINK, 1937) e a Unidade “Haugh” (HAUGH, 1937).

O uso da Unidade “Haugh” (UH) geralmente tem sido aceito como uma medida da qualidade do albúmen em diversas pesquisas sobre a qualidade de ovos (EISEN et al., 1962). A medição da altura do albúmen quando o ovo é quebrado em uma superfície lisa, permite determinar a qualidade deste, pois à medida que ele envelhece a proporção de albúmen líquido aumenta em detrimento do denso (MORENG e AVENS, 1990). A UH relaciona diretamente o peso dos ovos com a altura de albúmen. Para a UH, o logaritmo de altura da albumina espessa é ajustado cem vezes para ser equivalente àquela de um ovo de 56g (GRISWOLD, 1972). Pode ser utilizada a seguinte equação:  $UH = 100 \log (h + 7,57 1,7W^{0,37})$ , onde h = altura de albúmen (mm) e W = peso do ovo (g). Quanto maior o valor da UH, melhor será a qualidade dos ovos, que são classificados em ovos tipo AA (100 até 72), A (71 até 60), B (59 até 30), C (29 até 0). À medida que o ovo se deteriora, o albúmen se espalha, resultando em um menor valor para esse índice (SILVA, 2004).

Alguns autores criticaram o uso da Unidade Haugh por associar a altura do albúmen denso com o peso do ovo sem considerar o tamanho e a proporção dos componentes do ovo das diferentes linhagens e da idade das poedeiras. O uso da equação de Haugh foi defendido para ovos frescos, mas não para ovos estocados provavelmente em virtude da redução da altura do albúmen com o período de armazenagem (KIDWELL et al., 1964; SILVERSIDES et al., 1993; SILVERSIDES e VILLENEUVE, 1994). Silversides et al. (1993) sugeriram que a medida da altura do albúmen é suficiente para avaliar a qualidade interna de ovos frescos, à exceção daqueles de poedeiras em diferentes idades, para as quais não deve ser usada. Por outro lado, o pH deve ser uma medida mais adequada para descrever a qualidade do albúmen após longo período de estocagem. Entretanto, as diferenças no pH não são associadas à qualidade do ovo fresco (SILVERSIDES e VILLENEUVE, 1994), possivelmente porque o ovo não proporciona condições para multiplicação de microrganismos patogênicos. Apesar das críticas, a UH é considerada uma medida padrão de qualidade e usada, por grande parte da indústria avícola (WILLIAMS, 1992).

Uma medida de qualidade utilizada além da UH é o Índice da gema (IG), que é calculado como a razão entre a altura e a largura da gema. Quanto maior IG, melhor é a qualidade do ovo (STADELMAN e COTTERILL, 1995).

No quesito qualidade externa considera-se principalmente as características da casca, que serve como a embalagem natural dos ovos e, independente da cor, deve ser limpa e íntegra, ou seja, sem sujidades, trincas e sem deformações. Cascas resistentes ajudam a proteger a parte interna e dependem de rações com níveis suficientes e equilibrados de nutrientes como cálcio, fósforo e vitamina D<sub>3</sub>. A presença de deformações na casca prejudica o visual além de significarem o indício de problemas sanitários nas poedeiras (OLIVEIRA, 2006).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Material

Um lote de 300 ovos vermelhos enriquecidos com  $\omega$ -3 foi doado pela Granja Shintaku, localizada em Marília, São Paulo. Logo após a coleta, os ovos foram acondicionados em bandejas de papelão (com capacidade de 30 ovos cada) e transportados a temperatura ambiente ao Laboratório Analítico de Alimentos e Bebidas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, situado em Seropédica, Rio de Janeiro. Os ovos eram do tipo grande, oriundos de aves da linhagem “Isa Brown”.

Ao chegarem a UFRRJ os ovos foram pesados e divididos em 2 lotes de 150 ovos, classificados em A e B. Os ovos do lote A foram armazenados a temperatura ambiente (média de 26,48°C e 56% de umidade), e do lote B a temperatura de refrigeração (média de 8,25°C e 32% de umidade). As análises foram imediatamente iniciadas em cada lote, contando como o 4º dia (já que o trajeto da granja ao laboratório foi de 4 dias) e prosseguiram ao 11º, 18º, 25º, 32º e 39º dia de armazenamento.

Dados gerados pela granja Shintaku descrevem que a ração fornecida às aves era composta de Milho; Farinha de soja; Farinha de carne e ossos; Calcário grosso Calcário em pó; Sal; Uni pufa ômega 3 FL®; Colina; Uni pufa ômega 3 ST®; Suplemento Vitamínico; Metionina (84%); Lisina – HCl (78%); Endo-power  $\beta$ ®; Suplemento Mineral; “Carophyll” (corante a base de cantaxantina) e HYD, com os níveis nutricionais calculados como descrito na Tabela 7.

**Tabela 7:** Níveis nutricionais da ração fornecida às aves na granja Shintaku

Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2620
Proteína bruta (%)	18,38
Gordura bruta (%)	4,77
Fibra bruta (%)	2,67
Cinza (%)	12,52
Cálcio (%)	4,04
Fósforo total (%)	0,64

### 3.2 Métodos

Em cada tempo (4, 11, 18, 25, 32 e 39 dias) e nas temperaturas de estocagem foram analisados individualmente no Laboratório de Análises de Ovos (Instituto de Zootecnia da UFRRJ) 12 ovos para a obtenção da Unidade Haugh, índice de gema, intensidade de pigmentação das gemas e percentual de albúmen e gema. Com o “pool” das gemas cruas desses ovos foram realizadas as análises de pH, carotenóides, ácidos graxos e índice de peróxidos no Laboratório Analítico de Alimentos e Bebidas do Instituto de Tecnologia da UFRRJ, assim como mediu-se o pH do “pool” dos albúmens crus dos ovos.

### 3.2.1 Avaliação da qualidade dos ovos

#### 3.2.1.1 Unidade Haugh (UH)

Para obtenção do valor de UH, os ovos foram pesados individualmente em balança digital de precisão de 0,01g modelo BG-8000-Gehaka. Foram quebrados em superfície plana de vidro e tiveram o albúmen denso medido com um micrômetro tripé (Figura 10).



**Figura 10:** Medição da altura do albúmen denso com micrômetro tripé.

O procedimento para a determinação da altura do albúmen consistiu na medição da região mediana entre a borda externa e a gema em uma região perpendicular à chalaza (BOARD et al., 1994; SECHINATO, 2003). Para ovos mantidos sob refrigeração, a medição da altura do albúmen foi realizada apenas quando a temperatura interna dos ovos se apresentou acima de 12°C (CEPERO et al., 1995).

A UH foi calculada através da equação proposta por Card e Nesheim (1966):

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7W^{0,37})$$

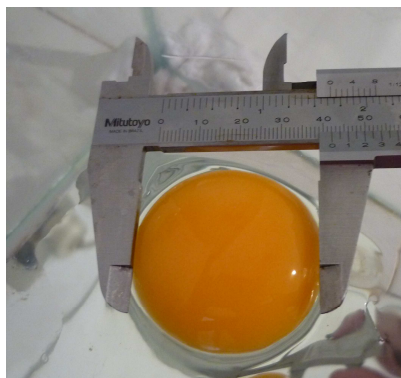
Onde: **UH:** Unidade Haugh

**H:** altura do albúmen denso (mm);

**W:** peso do ovo (g).

#### 3.2.1.2 Índice de gema (IG)

Após a determinação do albúmen denso, este foi separado manualmente e cuidadosamente da gema e reservado para medição do pH. A seguir, altura da gema foi mensurada na região central com o mesmo instrumento utilizado para medida da altura do albúmen denso, e seu diâmetro medido com um paquímetro analógico Mytutoyo (Figura 11).



**Figura 11:** Medição do diâmetro da gema com paquímetro analógico.

O índice de gema foi calculado através da razão entre a altura e o diâmetro desta estrutura (SHARP e POWELL, 1930). Valores considerados normais variam de 0,3 a 0,5 (SILVA, 2004).

#### **3.2.1.3 Percentual de gema e albúmen**

Após a realização das metodologias descritas acima, as gemas foram pesadas individualmente e o percentual calculado em relação aos resultados do peso do ovo inteiro.

O peso do albúmen foi calculado pela diferença entre o peso do ovo inteiro e o peso da gema, mais o peso da casca:  $\text{Peso albúmen} = \text{peso do ovo inteiro} - (\text{peso da gema} + \text{peso da casca})$ . Calculou-se o percentual com relação aos resultados do peso do ovo inteiro.

#### **3.2.1.4 Medição do pH do albúmen e da gema**

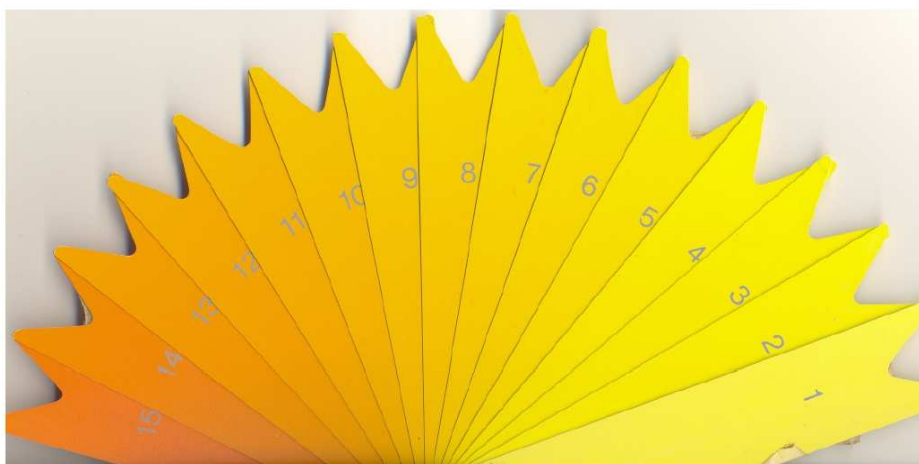
Mediu-se o pH do “pool” do albúmen dos 12 ovos utilizados nas análises de UH e IG utilizando-se um medidor de pH digital (PG1800, Gehaka) previamente calibrado com pH 4,0 e 7,0.

Da mesma maneira foi realizada a medição do pH do “pool” das gemas.

#### **3.2.2 Avaliação da intensidade de pigmentação das gemas através de leque colorimétrico**

A avaliação da intensidade de pigmentação das gemas foi realizada individualmente por três analistas em 12 ovos com auxílio do leque colorimétrico DSM® em ambiente iluminado.

O leque colorimétrico possui valores de intensidade de coloração, escores que variam de 1 até 15 pontos. A escala é composta por um gradiente de coloração que inicia no amarelo claro, de valor 1, e finaliza no alaranjado, com valor 15 (Figura 12).



**Figura 12:** Foto de um Leque colorimétrico

### 3.2.3 Avaliação do teor de carotenóides totais presentes na gema (expresso em zeaxantina)

Os carotenóides foram determinados pelo método proposto por Rodriguez-Amaya (1999) com alterações. Três gramas de gema retirados do “pool” de 12 ovos foram triturados com auxílio de Celite® (para o aumento de atrito) em gral e pistilo. Adicionou-se acetona gelada e a mistura foi deixada em repouso por 5 minutos (Figura 13). Em seguida, realizou-se a filtração à vácuo com cadinho de vidro sinterizado acoplado a um kitassato, repetindo-se esta operação até a extração exaustiva dos carotenóides, que permaneceram no kitassato juntamente com a acetona.



**Figura 13:** Trituração da amostra com Celite® e adição de acetona.

Para a partição do solvente adicionou-se a um funil de separação 15mL de éter de petróleo. Em seguida adicionou-se cuidadosamente pelas paredes do funil de separação o filtrado obtido anteriormente (carotenóide + acetona). Sobre a solução do item anterior foram realizadas sucessivas lavagens com água destilada para separação da acetona e permanência do éter com o carotenóide. Descartou-se a fase inferior (água+acetona) e a fase etérea foi filtrada em um funil contendo sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) e transferida para um balão volumétrico de 25 mL, que foi avolumado com éter de petróleo. Da solução obtida realizou-se a leitura em espectrofotômetro à 449nm.

O teor de carotenóides foi calculado através da equação:

$$C (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{ABS} \times \text{diluição} \times 10^4}{\text{Abs molar} \times m}$$

Onde:

**C (µg/g):** concentração final de carotenóides totais (em µg de zeaxantina por g de gema);

**ABS:** absorvância lida no espectrofotômetro a 449nm;

**Diluição:** diluição utilizada para a amostra (25mL);

**Abs molar:** Coeficiente de absorção da zeaxantina em éter de petróleo = 2348

**m:** massa da amostra

### 3.2.4 Avaliação do teor de ácidos graxos

Em uma etapa anterior à determinação do teor de ácidos graxos os lipídeos da ração e das gemas foram quantificados com hidrólise ácida prévia das amostras. Foram pesados 5g de amostra em frasco erlenmeyer de 250mL com boca esmerilhada e adicionados 100mL de ácido clorídrico (HCl) 3N. O erlenmeyer foi acoplado em condensador longo e levado a aquecimento de forma a ficar por 1 hora sob ebulição. Após esta etapa, a amostra foi filtrada em papel filtro. O filtro foi colocado em placa de Petri e levado à estufa a 105°C por alguns minutos para secagem. O papel de filtro contendo a amostra foi colocado em cartucho e este foi colocado no extrator de Soxhlet e mantido sob aquecimento em chapa elétrica por 8 horas, utilizando éter de petróleo como solvente. O balão contendo os lipídeos foi colocado em estufa de 105°C por 1 hora e pesado após resfriamento em dessecador. A quantidade de lipídeos (em percentual) foi obtida pela seguinte equação:

$$\% \text{ de lipídeos} = \frac{(A-B) \times 100}{C}$$

Onde:

**A:** peso do balão contendo lipídeos;

**B:** peso do balão vazio;

**C:** peso inicial da amostra.

Determinou-se o teor de ácidos graxos presente no óleo utilizado para elaboração da ração, na ração fornecidas às aves e nas gemas tanto dos ovos enriquecidos com ω-3 como nos não enriquecidos segundo as mesmas metodologias de extração lipídica, saponificação e metilação dos ácidos graxos.

A extração dos lipídeos foi realizada segundo metodologia proposta por Bligh e Dyer (1959), com exceção do óleo, em que a saponificação foi direta. Pesou-se 5g de amostra em erlenmeyer e adicionou-se metanol (MeOH), clorofórmio (CHCl<sub>3</sub>) e água de forma a garantir a proporção 2:1:0,8 (levando-se em conta a umidade da amostra). Filtrou-se a solução com auxílio de papel de filtro para um funil de separação. Adicionou-se ao balão mais clorofórmio e água de forma a garantir a proporção 2:2:1,8 de metanol-clorofórmio-água. Tal proporção promoveu a formação de duas fases distintas, uma de clorofórmio (contendo lipídeos) e outra de metanol mais água (contendo as substâncias não lipídicas). O extrato clorofórmico foi filtrado com auxílio de sulfato de sódio anidro (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) para um balão de fundo redondo e foi seco com auxílio de bomba a vácuo para a obtenção dos lipídeos.

Após a extração lipídica, a saponificação e a metilação dos lipídeos foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Joseph e Ackman (1992). Após a pesagem de 25 mg de lipídeos em tubo de ensaio com tampa, foram adicionados ao tubo com o óleo 1,5 mL de solução metanólica de hidróxido de potássio a 0,5N. O tubo foi levado a um banho de água a 100°C por cinco minutos com posterior resfriamento em água corrente. Para a metilação dos ácidos graxos, adicionou-se ao extrato lipídico frio 2,0 mL do reagente de metilação (BF<sub>3</sub> metanólico), com posterior colocação dos tubos em água fervente por trinta minutos. Após o resfriamento, adicionou-se ao extrato 1mL de hexano e agitou-se em vortex por cerca de 30



segundos. Em seguida, foram adicionados 5,0mL de solução saturada de Cloreto de Sódio. A fase sobrenadante foi utilizada no cromatógrafo a gás.

A separação e a identificação dos ácidos graxos das amostras de óleo, ração e gemas foram realizadas em cromatógrafo a gás, modelo Intecrom G8000, equipado com detector de ionização em chama (FID), injetor split e coluna CP-SIL 88, com 100m de comprimento x 0,25mm de diâmetro interno x 0,20µm de filme da fase líquida (Varian, Inc). As condições cromatográficas foram fixadas em: temperatura do detector de 280°C; temperatura do injetor de 250°C, temperatura inicial da coluna de 120°C por oito minutos, com programação de aumento de 15°C por minuto até 160°C; depois este ritmo foi de 4°C por minuto até 195°C, sendo esta temperatura mantida por doze minutos, elevando-se novamente em 15°C por minuto até que seja atingida a temperatura final de 220°C, mantida por vinte minutos. O gás de arraste utilizado foi o hidrogênio (H<sub>2</sub>) com fluxo de 1 mL/minuto, e o gás do detector nitrogênio (N<sub>2</sub>), com fluxo de 30mL/minuto e ar sintético, com fluxo de 300mL/minuto, com um injetor split de 1:50.

Uma alíquota de 1µL do extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo. Os dados sobre os tempos de retenção (através das áreas dos picos) e o percentual dos ácidos graxos foram obtidos através do *software – Peaksimple* (SRI Instruments, EUA).

A identificação dos ácidos graxos foi realizada através da comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras padrões de ácidos graxos autênticos (SIGMA, EUA).

### 3.2.5 Avaliação do índice de peróxidos (IP) da gema

Foram pesados aproximadamente 5 g da amostra em um frasco Erlenmeyer de 250 mL e adicionados 30 mL da solução ácido acético-clorofórmio 3:2, agitando-se até a dissolução da amostra. Acrescentou-se 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio (KI), deixando em repouso ao abrigo da luz por exatamente um minuto. Logo após este tempo colocou-se 30mL de água destilada e 0,5 mL de solução de amido indicadora a 1%. Com o aparecimento de coloração azul, titula-se a solução com tiosulfato de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,01N até o desaparecimento da coloração azul. Executou-se um ensaio em branco nas mesmas condições, anotando-se o volume gasto de tiosulfato. O cálculo do índice de peróxidos (IP) foi realizado utilizando-se a equação abaixo, sendo representado pelo teor de oxigênio reativo em termos de miliequivalentes de oxigênio por kg de lipídeos (BRASIL, 1981).

$$IP = \frac{(V_1 - V_2) \times 10}{m}$$

Onde: **IP**: Índice de peróxidos (miliequivalentes de oxigênio por kg de lipídeos);

**V<sub>1</sub>**: volume gasto de tiosulfato na titulação da amostra;

**V<sub>2</sub>**: volume de tiosulfato gasto na titulação do ensaio;

**m**: massa da amostra.

### 3.3 Análise Estatística

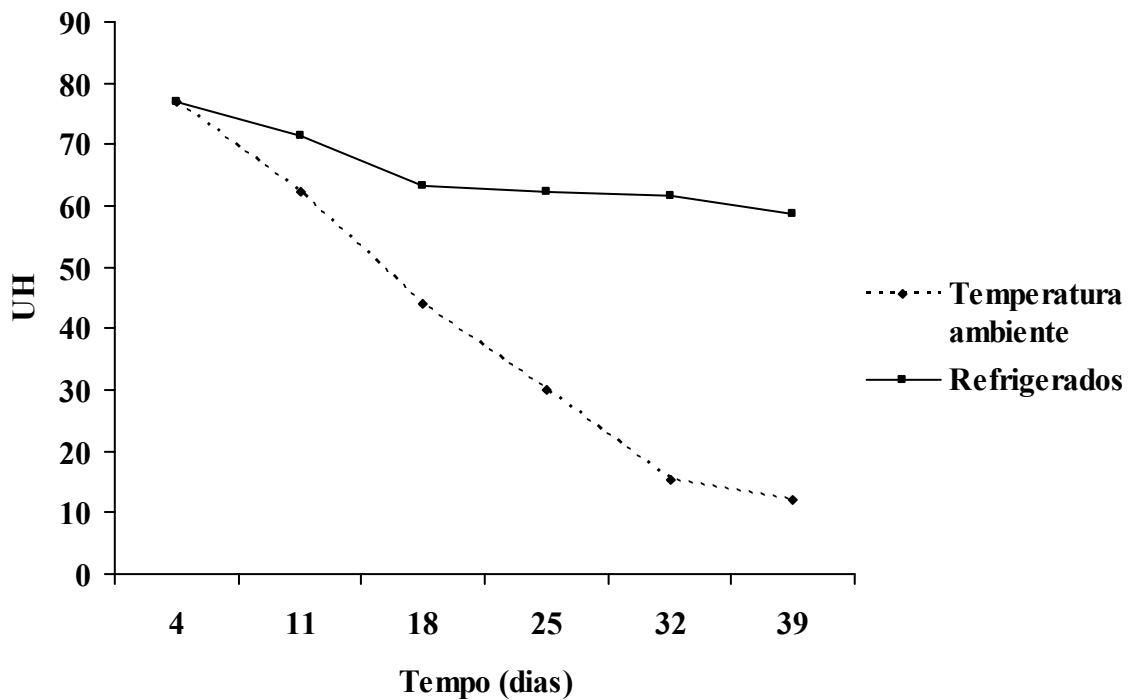
Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6 (temperatura de conservação x período de estocagem). Os resultados analíticos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t, com 5% de significância, utilizando o software Sisvar 4.3 (FERREIRA, 2003).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação da Qualidade dos Ovos

#### 4.1.1 Unidade Haugh (UH)

Pode-se observar que os valores obtidos para as UH diminuíram significativamente ( $p < 0,05$ ) com o tempo de armazenamento para ambas as temperaturas (Figura 14 e Apêndice A). Entretanto, a redução foi mais acentuada no armazenamento em temperatura ambiente, onde com uma semana foi observada uma diminuição de 18,9% na UH, valor inferior ao relatado por Alleoni e Antunes (2001) que determinaram redução de 53,5% já com 7 dias de armazenamento fora de refrigeração.



**Figura 14:** Comportamento dos valores de Unidade Haugh (UH) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

Seleim e El-Prince (2000) demonstraram que ovos estocados por quinze dias em temperatura ambiente perderam qualidade interna evidenciada pela liquefação do albúmen e o enfraquecimento da membrana vitelínica. A UH é um dos parâmetros mais utilizados para expressar a qualidade do albúmen, onde o peso do ovo é correlacionado com a altura do albúmen espesso. De modo geral, quanto maior o valor da UH, melhor é a qualidade do ovo (RODRIGUES, 1975).

O valor de UH encontrado no início das análises (76,97) apesar de ser característico de ovos de boa qualidade, foi inferior ao relatado por Alleoni e Antunes (2001), que relataram o valor de 83,66. Essa diferença pode estar relacionada ao tempo decorrido entre a coleta dos ovos na granja (situada no município de Marília, SP) e a análise no laboratório (situada no município de Seropédica, RJ), que foi de 4 dias.

Cedro et al. (2009a) estudando a qualidade interna de ovos convencionais e enriquecidos com  $\omega$ -3, encontraram uma diminuição de 80,19% em valores de UH para ambos os tipos de ovos após 21 dias na temperatura de 25°C e 10,76% nos ovos armazenados a 5°C. Resultados semelhantes foram demonstrados por Farrell (1998) que independente do tipo de ovo, o armazenamento a 5°C por 30 dias apresentou maiores UH em relação àqueles armazenados a 25°C por igual período.

Na presente pesquisa os ovos estocados sob refrigeração apresentaram uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) de UH no 18º dia, quando se manteve significativamente estável ( $p > 0,05$ ) até o final do período de estocagem. Do primeiro ao último dia de estocagem houve uma redução de 23,62% na UH. Já Ahn et al. (1995) não verificaram alterações nos valores de UH em ovos frescos ou armazenados durante 28 dias a 4°C. Cedro et al. (2009a) observaram redução de 10,76% na UH dos ovos armazenados refrigerados, porém este decréscimo não foi significativo ( $p > 0,05$ ), demonstrando estabilidade da UH de ovos armazenados sob refrigeração.

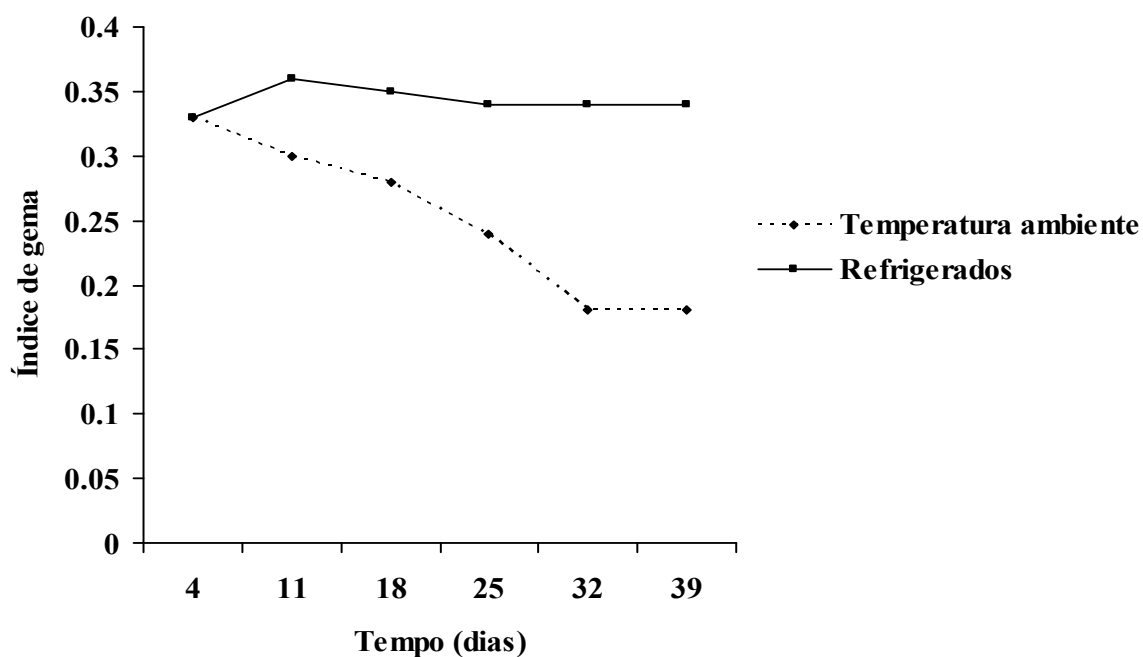
Apesar dos resultados obtidos, alguns autores defendem o uso da UH como medida de qualidade para ovos frescos e não para ovos estocados, destacando a necessidade de avaliação por outros fatores durante o armazenamento, como a medição do pH e obtenção do índice de gema (KIDWELL et al., 1964; SILVERSIDES et al., 1993; SILVERSIDES e VILLENEUVE, 1994). Mesmo com as críticas, a UH é considerada uma medida padrão de qualidade usada por grande parte da indústria avícola (WILLIAMS, 1992).

Quanto a estocagem de ovos, a legislação brasileira sugere utilização de temperaturas entre 4 e 12°C para o armazenamento dos ovos por no máximo 30 dias e temperaturas próximas a 0°C em estocagens por longos períodos (BRASIL, 1990).

#### **4.1.2 Índice de gema (IG)**

Uma medida de qualidade utilizada além da UH é o Índice da gema (IG). Quanto maior IG, melhor é a qualidade do ovo (STADELMAN e COTTERILL, 1995).

Pode-se verificar uma diminuição constante nos valores médios do IG dos ovos armazenados em temperatura ambiente, passando de 0,33 no início para 0,18 no 39º dia (Figura 15 e Apêndice B). Esses resultados são justificados por Stadelman e Cotterill (1995) que destacam que com o passar do tempo a água migra do albúmen para a gema, provocando o alargamento e achatamento desta. A migração resulta no estiramento e fragilidade da membrana vitelina reduzindo com isso, o índice de gema e aumentando a possibilidade de rompimento desta estrutura durante a manipulação do ovo. Durante o armazenamento a qualidade dos ovos é afetada pela temperatura, umidade, manejo e o tempo de estocagem. Cedro (2008) observou que ovos enriquecidos com  $\omega$ -3 armazenados a 25°C apresentaram índices de gema inferiores a 0,30 a partir do 14º dia de estocagem, fato semelhante ao encontrado nesta pesquisa.



**Figura 15:** Comportamento dos valores do índice de gema (IG) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

Tal decréscimo não foi observado nos ovos estocados sob refrigeração, onde em todo o período de armazenamento o IG não sofreu alteração significativa ( $p > 0,05$ ). Essa constatação corrobora com as baixas temperaturas de armazenamento (4 e 12°C) impostas pela legislação para a manutenção da qualidade dos ovos estocados (BRASIL, 1990).

#### 4.1.3 Percentual de gema e albúmen

Na Tabela 8 está apresentado o comportamento dos percentuais de gema e albúmen da pesquisa.

**Tabela 8:** Percentual de gema e albúmen dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

	Lote A		Lote B	
	% de gema	% de albúmen	% de gema	% de albúmen
4º dia	26,70	63,24	26,70	63,24
11º dia	27,90	62,12	27,71	62,03
18º dia	27,74	61,59	28,06	61,59
25º dia	28,43	61,56	28,23	61,84
32º dia	28,43	61,47	28,43	61,65
39º dia	30,75	58,39	29,01	61,22

Os resultados médios do percentual de gema se elevaram tanto nos ovos estocados em temperatura ambiente, quanto nos ovos mantidos sob refrigeração, sendo essa elevação maior nos ovos armazenados fora de refrigeração, apresentando aumento de 15,17% com relação ao percentual inicial. Nos ovos refrigerados o aumento do percentual de gema foi de 8,65%.

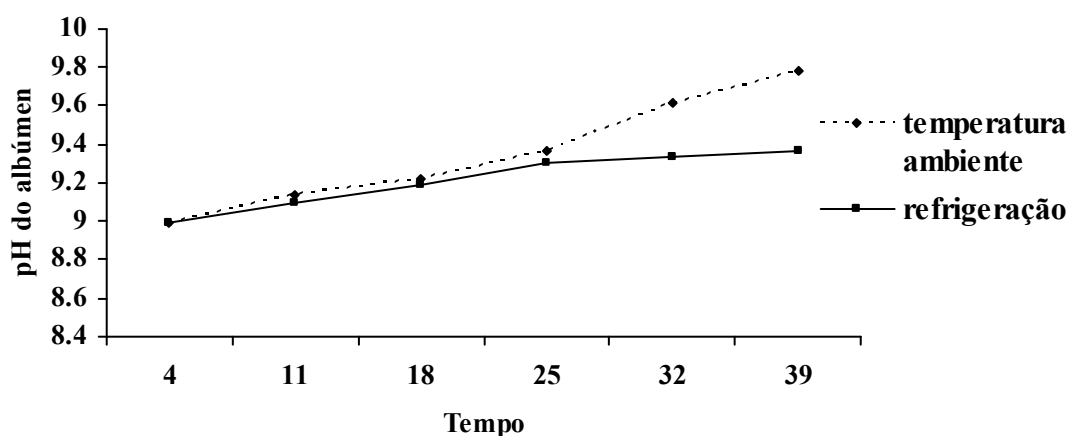
De maneira semelhante ao que foi observado nesta pesquisa, Santos et al. (2009) encontraram maior percentual de gema em ovos estocados por 21 dias quando comparados aos armazenados por 7 e 14 dias em temperatura ambiente. Nos ovos estocados sob refrigeração, os autores também verificaram maior percentual de gema ao 21º dia, porém a elevação não foi tão acentuada quanto nos ovos mantidos em temperatura ambiente. Tais resultados estão de acordo com Oliveira (2006) ao afirmar que as alterações nos ovos ocorrem de forma mais acelerada em temperaturas de armazenamento mais elevadas, levando ao maior peso da gema pela passagem de água do albúmen. O aumento no teor de gema também é explicado por Stadelman e Cotteril (1995) quando afirmam que à medida que o ovo envelhece, a membrana vitelina da gema se torna permeável, permitindo que a umidade do albúmen incorpore-se à gema, aumentando seu tamanho.

Com relação ao percentual de albúmen, notou-se que este sofreu redução ao longo do tempo tanto nos ovos armazenados em temperatura ambiente quanto nos ovos estocados sob refrigeração, porém a redução foi maior no armazenamento fora de refrigeração. Santos et al. (2009) destacaram que independente do tempo de estocagem, os ovos conservados em temperatura ambiente obtiveram menor percentual de albúmen quando comparados aos ovos mantidos refrigerados.

Silversides e Budgell (2004) afirmaram que o ovo e o albúmen perdem peso durante o armazenamento devido à migração de umidade e CO<sub>2</sub> através da casca. Essa redução é ainda mais acentuada para o albúmen, pois este perde água tanto para o ambiente externo quanto para a gema (STADELMAN e COTTERILL, 1995; SILVERSIDES e BUDGELL 2004).

#### 4.1.4 Medição do pH do albúmen e da gema

A análise dos dados experimentais demonstrou elevação tanto no pH do albúmen dos ovos estocados em temperatura ambiente quanto dos mantidos sob refrigeração, sendo mais acentuada nos ovos armazenados fora de refrigeração, apresentando aumento de 8,79% com relação ao pH inicial. Nos ovos refrigerados a elevação foi de 4,22% (Figura 16 e Apêndice C).

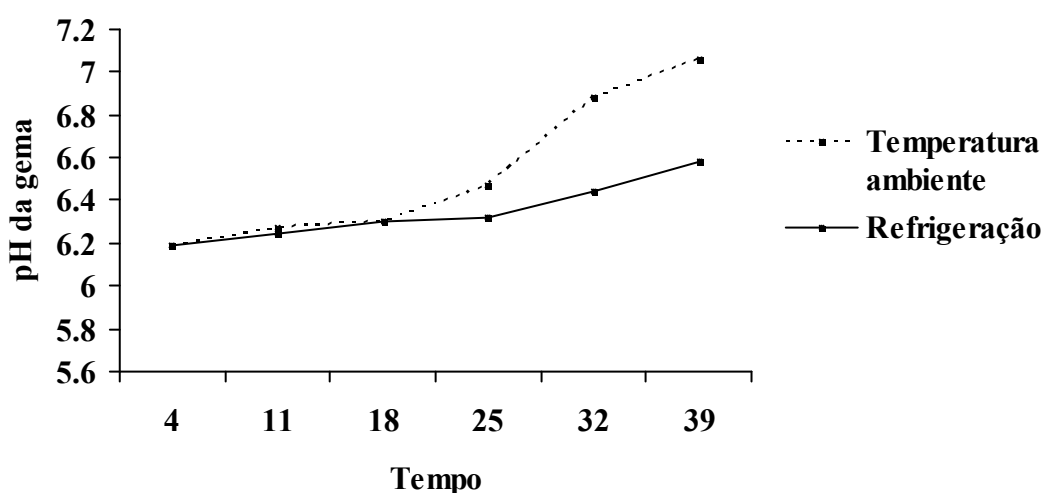


**Figura 16:** Comportamento dos valores do pH do albúmen dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

O pH do albúmen determinado no início do experimento foi de 8,99, valor superior aos relatados na literatura para ovos frescos, que é geralmente em torno de 7. A diferença pode estar relacionada ao tempo em que o pH foi medido, já que o início das análises se deu 4 dias após a postura. Em todas as etapas estudadas o pH do albúmen se apresentou superior ao da anterior. Esses resultados corroboram com Junqueira e Duarte (2006) que afirmaram que durante o tempo em que os ovos ficam armazenados a porosidade da casca facilita a ocorrência de trocas gasosas com a atmosfera externa ao ovo e com isso, a perda de CO<sub>2</sub> e evaporação de água da solução fazem com que o pH do albúmen (originalmente cerca de 7,9) eleve-se para 9,3 nos três primeiros dias de armazenamento, mudando um pouco mais nos dias subsequentes.

Alleoni e Antunes (2001) obtiveram medidas de pH mais baixo em albúmen de ovos frescos quando comparado ao ovos armazenados nas temperaturas de 8°C e 25°C, independentemente do período de armazenamento. Na temperatura ambiente, o pH de ovos com 7 dias chegou a 9,34, e para ovos com 14 dias elevou-se para 9,46. Tanto nos ovos armazenados por 7 dias, como nos armazenados a 14 dias, o pH do albúmen à temperatura ambiente foi maior do que na temperatura de refrigeração.

Com relação ao comportamento do pH da gema, de maneira semelhante ao ocorrido com o albúmen, verificou-se acréscimo principalmente nos ovos mantidos em temperatura ambiente (Figura 17 e Apêndice D).



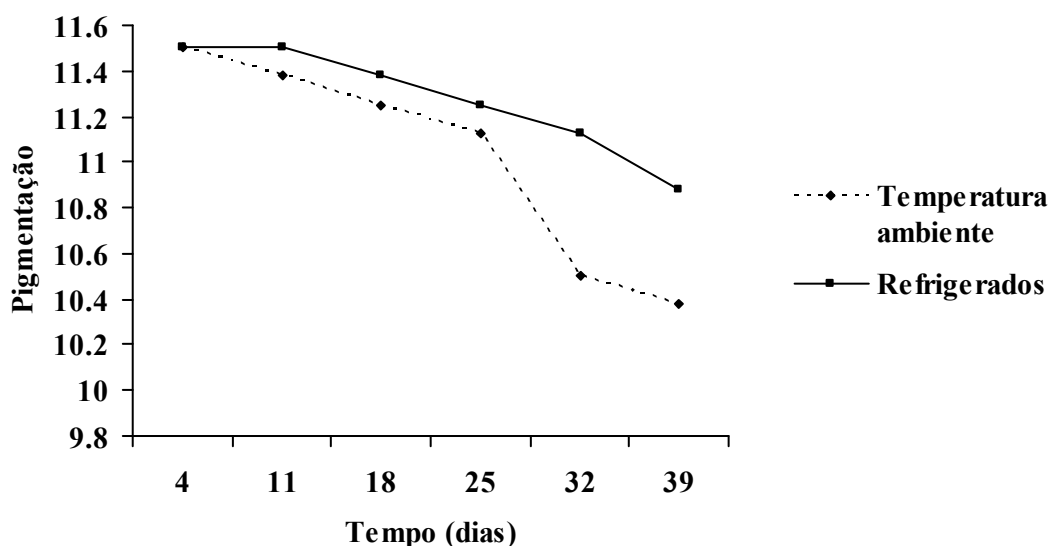
**Figura 17:** Comportamento dos valores do pH da gema dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

O pH da gema observado no início do experimento foi de 6,1, corroborando com Junqueira e Duarte (2006) que afirmaram que o pH da gema fresca é de inicialmente cerca de 6,2. No decorrer dos dias desta pesquisa, o valor do pH da gema foi aumentando lentamente até que no 25º dia de armazenamento em temperatura ambiente chegou a 6,47, aumentando ainda mais até a última semana, alcançando 7,06. Nos ovos armazenados sob refrigeração o maior pH observado foi de 6,58, no 39º dia. Saloman (1991) relatou que a qualidade da gema é pouco alterada até o sétimo dia de armazenamento, independentemente da temperatura.

Cedro (2008), pesquisando as diferenças entre ovos enriquecidos com  $\omega$ -3 e ovos convencionais relatou que durante os 21 dias de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas entre os dois tipos de ovos em nenhum dos parâmetros de qualidade interna estudados (Unidade Haugh, Índice de gema, pH do albúmen e da gema).

#### 4.1.5 Avaliação da intensidade de pigmentação das gemas através de leque colorimétrico

Na Figura 18 está apresentado o comportamento dos valores de pigmentação das gemas dos ovos armazenados a temperatura ambiente e sob refrigeração ao longo dos 39 dias de pesquisa. Foi observado que no início do período experimental as gemas apresentaram pigmentação próxima à cor 12 do leque colorimétrico, permanecendo com valores próximos nos dias subseqüentes. Os valores do escore visual das gemas obtidos ao longo do tempo e sob diferentes temperaturas variaram de 10 a 12. É importante ressaltar que o leque colorimétrico só permite visualização de cores representadas por números inteiros, porém observou-se a necessidade de apresentação das médias com números contendo duas casas decimais para demonstrar fielmente o que foi alcançado com as repetições.



**Figura 18:** Comportamento dos valores da pigmentação das gemas através do leque colorimétrico dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

Observou-se uma diminuição da intensidade de pigmentação das gemas ao longo do tempo sob as diferentes temperaturas, porém esta só foi significativa ( $p < 0,05$ ) a partir 32º dia no armazenamento fora de refrigeração, diminuindo ainda mais até o 39º dia. Nos ovos mantidos sob refrigeração a redução não foi significativa ( $p > 0,05$ ) durante o período estudado. De maneira similar ao observado nesta pesquisa, Santos et al. (2009) estudando o efeito da temperatura e estocagem em ovos, encontraram que as gemas dos ovos mantidos em temperatura ambiente, independente do tempo de estocagem, possuíam menor índice de pigmentação que as gemas dos ovos armazenados em refrigeração.

Os dados encontrados experimentalmente demonstraram um valor inicial de pigmentação das gemas superior aos relatados na literatura para ovos convencionais. Pedroso (1999) encontrou valores ao redor de 7 no leque colorimétrico para gema de ovos convencionais. De modo similar Cedro (2008) relatou que os ovos enriquecidos com  $\omega$ -3 apresentaram gema mais pigmentada que os ovos convencionais. Na escala colorimétrica o escore de intensidade de pigmentação da gema dos ovos enriquecidos foi 11, enquanto em

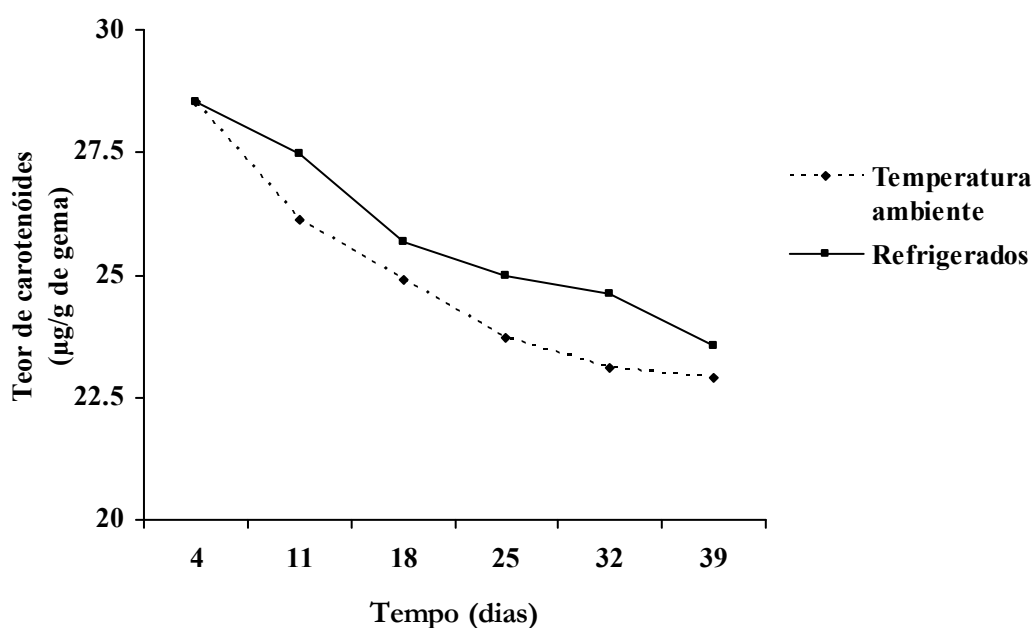
ovos convencionais foi 7. A autora atribuiu tal diferença aos corantes presentes nas algas utilizadas na dieta das aves produtoras de ovos enriquecidos. No presente trabalho não foi possível fazer tal associação visto que o enriquecimento dos ovos não foi realizado com algas, e sim com óleos vegetais. A alta pigmentação encontrada nesta pesquisa é provavelmente consequência da adição do “carophyll”, corante a base de cantaxantina adicionado à ração.

Schoner et al. (1990) comparando a eficiência da cantaxantina 10% e citraxantina 10% constataram que com ambos os carotenóides sintéticos incorporados às dietas das poedeiras a pigmentação das gemas dos ovos se manteve estável durante 12 semanas de armazenamento. Garcia et al. (2002) encontraram valores de 14 do leque na adição de cantaxantina na dieta das aves, sem demonstrar a estabilidade desses valores ao longo do armazenamento dos ovos. Spada et al. (2008), ao pesquisarem a intensidade da pigmentação das gemas de ovos enriquecidos com urucum utilizando leque colorimétrico encontraram intensificação da pigmentação avermelhada das gemas após 28 dias de armazenamento estabilizando ao 36º dia.

Com relação às diferentes condições de armazenamento pode-se perceber que em todos os dias a pigmentação observada nos ovos armazenados fora de refrigeração foi menor que nos ovos estocados refrigerados, porém essa diferença não foi significativa ( $p>0,05$ ) para nenhum dos períodos estudados, demonstrando que a temperatura não teve tanta influência na pigmentação observada através do leque.

#### 4.2 Avaliação do Teor de Carotenóides Totais na Gema (expresso em zeaxantina)

O milho, grão rico nos carotenóides luteína e zeaxantina, têm grande contribuição na pigmentação de carcaças e ovos quando é o ingrediente utilizado em maior quantidade na alimentação de aves de corte e postura. Na Figura 19 e no Apêndice F apresenta-se o comportamento do teor de carotenóides totais (expresso em  $\mu\text{g}$  de zeaxantina por g de gema) dos ovos ao longo do experimento.



**Figura 19:** Comportamento do teor de carotenóides totais (expresso em  $\mu\text{g}$  de zeaxantina por g de gema) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.



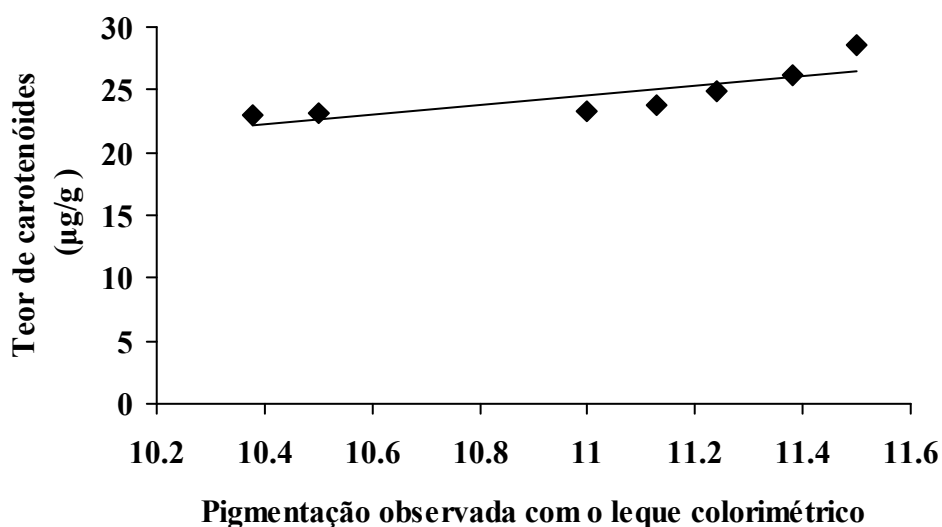
Ao analisar a concentração de carotenóides totais nos ovos armazenados fora de refrigeração observa-se diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) desse teor já no 11º dia, acentuando ainda mais no 25º dia, quando se manteve constante até o final do experimento, numa redução total de 19,79%.

Nos ovos estocados em refrigeração o decréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) só foi percebido a partir do 18º dia, quando a diminuição foi em torno de 10%. Esse teor foi reduzindo até a última semana, alcançou 23,57  $\mu\text{g/g}$ , significando redução de 17,44%. Estes resultados são discordantes dos obtidos por Gawrecki et al. (1977) que avaliando ovos de aves da raça “Leghorn”, relataram que o teor de carotenóides da gema permaneceu estável por 8 semanas de estocagem sob refrigeração só diminuindo após 15 semanas a 2°C. Os autores obtiveram teor inicial de carotenóides de 27,03  $\mu\text{g/g}$  de gema do ovo adicionado de “carophyll” amarelo, valor semelhante ao obtido no primeiro dia deste estudo, que foi de 28,55  $\mu\text{g/g}$  de gema.

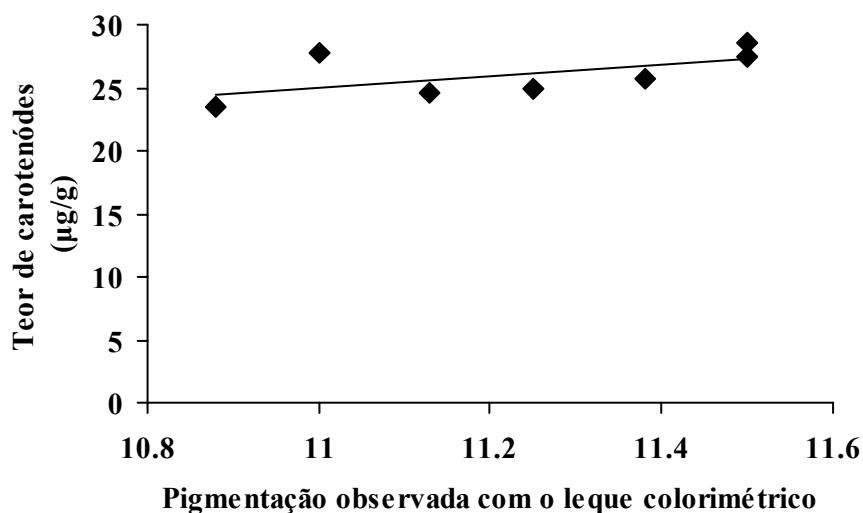
Quando são comparados os teores entre as diferentes temperaturas só é observada uma diferença significativa no 32º dia de experimento, apesar dos teores nos ovos armazenados fora de refrigeração serem aparentemente menores que os refrigerados em todos os períodos estudados.

O valor de carotenóide determinado no primeiro dia de experimento foi bem inferior aos relatados por Biscaro e Canniatti-Brazaca (2006) que, ao analisarem ovos derivados de aves alimentadas com diferentes dietas, encontraram concentrações de carotenóides que variaram de 64,00 a 122,60  $\mu\text{g/g}$  de gema

A formação da gema do ovo é uma importante forma de eliminação de resíduos lipossolúveis do organismo das poedeiras. As xantofilas são lipossolúveis e quando depositadas na gema, proporcionam coloração característica, que pode ser maior ou menor, dependendo da quantidade de pigmentantes ingeridos (SILVA et al., 2000). Partindo desta afirmação, verificou-se a correlação entre as médias observadas de pigmentação da gema através de leque colorimétrico e o teor de carotenóides totais ao longo dos dias e sob as diferentes temperaturas (Figuras 20 e 21).



**Figura 20:** Diagrama de dispersão da correlação de Pearson para os ovos do lote A (armazenados em temperatura ambiente).



**Figura 21:** Diagrama de dispersão da correlação de Pearson para os ovos do lote B (armazenados sob refrigeração).

Os teores de carotenóides totais e os valores da pigmentação das gemas determinados pelo leque colorimétrico apresentaram alta correlação tanto para os ovos armazenados fora de refrigeração ( $r = 0,84$ ;  $p < 0,05$ ) quanto para os armazenados sob refrigeração ( $r = 0,91$ ;  $p < 0,05$ ), sendo mais acentuada nos refrigerados (Figura 21). Em contrapartida Biscaro e Canniatti-Brazaca (2006) afirmaram em experimento realizado com diferentes dietas, que o aumento da pigmentação observada não estava correlacionado com o acréscimo do teor de carotenóides da gema. Bornstein e Bartov (1966) indicaram que as impressões visuais de pigmentação nem sempre estão correlacionadas com as determinações químicas das concentrações do pigmento da gema provavelmente por duas principais razões. Primeiro porque a observação por meio de leque colorimétrico não tem a capacidade de identificar pigmentos que se depositam nas partes mais internas das gemas, nem é capaz de detectar reflexos indesejados de cor e em segundo lugar, o olho humano não é muito sensível a tons mais escuros de amarelo. Apesar disso, alguns autores relatam forte correlação entre a concentração do pigmentante e a pigmentação observada com o leque (GARCIA et al., 2002; SILVA et al., 2000).

### 4.3 Avaliação do Teor de Ácidos Graxos

#### 4.3.1 Teor de ácidos graxos no óleo utilizado para a fabricação da ração

O teor de ácidos graxos determinados (Tabela 9) demonstrou que o óleo contém 14,78% de ácidos graxos saturados; 23,53% de monoinsaturados e dentro do grupo dos ácidos graxos poliinsaturados; 22,82% são de  $\omega$ -6 e 38,87% de  $\omega$ -3, sendo toda a quantia de  $\omega$ -3 representada pelo ácido alfa-linolênico.

**Tabela 9:** Média e desvio padrão do percentual de ácidos graxos do óleo utilizado para a fabricação da ração.

Ácido graxo	%
Mirístico (C14:0)	nd*
Palmítico (C:16:0)	8,98 ± 0,61
Palmitoléico (C16:1)	nd*
Esteárico (C18:0)	5,80 ± 0,39
Oleico (C18:1)	23,53 ± 0,61
Linoleico (C18:2 ω-6)	22,82 ± 1,71
Alfa linolênico (C18:3 ω-3)	38,87 ± 2,31
Araquidônico (C20:4 ω-6)	nd*
DHA (C22:6 ω-3)	nd*

nd\*: não detectado.

Kralik et al. (2008) estudando o enriquecimento da gema através da inclusão de diferentes óleos na dieta das aves, encontrou o C18:3 ω-3 como o ácido graxo presente em maior quantidade no óleo de linhaça utilizado para a produção da ração, seguido do ácido oleico, perfil semelhante ao encontrado no óleo analisado na presente pesquisa.

De acordo com Cunnane e Griffin (2002) os ácidos graxos ω-3 de cadeia longa (acima de 18 carbonos na cadeia) não são sintetizados pelas plantas, mas estão presentes em animais e na cadeia alimentar marinha, sendo o (EPA, C20:5 ω-3), o ácido docosapentaenóico (DPA, C22:5 ω-3) e o docosahexaenóico (DHA, C22:6 ω-3) os mais abundantes da dieta humana. Entre os ácidos graxos do óleo utilizado na ração não foram detectados esses ácidos graxos, sugerindo a possibilidade de que o óleo seja composto apenas por produtos de origem vegetal, como a linhaça. Moura et al. (2006) estudando o teor de ácidos graxos em óleo de peixe, encontraram o DHA como sendo o ácido graxo presente em maior quantidade, representando 18,15% da fração lipídica. De maneira semelhante, Kralik et al. (2008) encontraram 19,93% deste ácido no óleo de peixe analisado.

#### 4.3.2 Teor de ácidos graxos da ração fornecida às aves e das gemas

Através da quantificação lipídica obteve-se uma média de 3,9% de lipídeos na ração e 30% nas gemas. O teor de ácidos graxos na ração fornecida às aves e nas gemas no primeiro dia de experimento está apresentado na Tabela 10. É possível verificar que para as duas amostras o ácido graxo presente em maior percentual é o oleico.

**Tabela 10:** Média e desvio padrão do teor de ácidos graxos (mg de ácido graxo por 100g de amostra) da ração e da gema.

Ácido graxo	Ração (mg/100g)	Gema (mg/100g)
Mirístico (C14:0)	43 ± 0	nd*
Palmítico (C:16:0)	715 ± 31	7186 ± 106
Palmitoléico (C16:1)	nd*	943 ± 27
Estearico (C18:0)	323 ± 8	2844 ± 126
Oleico (C18:1)	1266 ± 22	14023 ± 116
Linoleico (C18:2 ω-6)	919 ± 11	3500 ± 72
Alfa linolênico (C18:3 ω-3)	568 ± 41	711 ± 8
Araquidônico (C20:4 ω-6)	65 ± 3	330 ± 15
DHA (C22:6 ω-3)	nd*	463 ± 14

nd\*\*: não detectado.

Os resultados demonstraram que tanto na ração quanto na gema foi detectada a presença do ácido graxo alfa-linolênico, da família dos ω-3, porém é possível observar que enquanto na ração não foi detectado o DHA, este ácido está presente na gema com 463mg/100g de gema. Mori (2001) afirma que o emprego de óleo de canola e linhaça na ração de poedeiras proporciona enriquecimento da gema principalmente na forma de ácido alfa-linolênico. No entanto, pequena parte de EPA e DHA pode ser incorporada à gema dos ovos enriquecidos com tais ingredientes vegetais, decorrente da dessaturação e da alongação da cadeia do ácido alfa-linolênico (FARRELL, 1998; MORI, 2001). Esta conversão é influenciada por vários fatores e a taxa em que ela ocorre pode difere entre os organismos animais. Aves domésticas podem converter alfa-linolênico em EPA e DHA em teores de até 30% enquanto em humanos a taxa de conversão é inferior a 6% (KROMHOUT et al., 1985; MORRIS, 2009).

BAUCELLS et al. (2000), incorporando diferentes proporções de óleos de peixe e de linhaça na dieta da aves, determinaram menor teor de ácidos graxos ω-3 de cadeia longa (EPA e DHA) nas gemas cuja as aves receberam alimentação com menor teor de óleo de peixe. A substituição total do óleo de peixe pelo de linhaça resultou no declínio destes ácidos graxos e um aumento no teor de C18:3 (ALA). Quando utilizaram, além da linhaça, outras fontes de lipídeos (óleos de colza, girassol e sebo) para substituir o óleo de peixe, encontraram valores mais altos de EPA e DHA nas gemas provenientes de aves que receberam ração com linhaça, demonstrando que quando esses não são fornecidos diretamente através da dieta, o ALA presente em alta quantidade torna-se um bom precursor de DHA e EPA.

#### 4.3.3 Comparação do teor de ácidos graxos das gemas de ovos convencionais e enriquecidos

No início do experimento foi analisado um “pool” de ovos convencionais para comparação com os ovos enriquecidos (Tabela 11).

**Tabela 11:** Média e desvio padrão do percentual de ácidos graxos de ovos convencionais e enriquecidos com  $\omega$ -3.

<b>Ácido graxo</b>	<b>Ovos convencionais (%)</b>	<b>Ovos enriquecidos com <math>\omega</math>-3 (%)</b>
Palmítico (C:16:0)	27,60 $\pm$ 0,29	23,95 $\pm$ 0,35
Palmitoleico (C16:1)	2,85 $\pm$ 0,07	3,14 $\pm$ 0,09
Estearico (C18:0)	10,27 $\pm$ 0,08	9,48 $\pm$ 0,42
Oleico (C18:1)	42,00 $\pm$ 0,31	46,74 $\pm$ 0,39
Linoleico (C18:2 $\omega$ -6)	15,15 $\pm$ 0,14	11,67 $\pm$ 0,24
Alfa linolênico (C18:3 $\omega$ -3)	nd*	2,37 $\pm$ 0,03
Araquidônico (C20:4 $\omega$ -6)	2,28 $\pm$ 0,01	1,10 $\pm$ 0,05
DHA (C22:6 $\omega$ -3)	nd*	1,54 $\pm$ 0,05

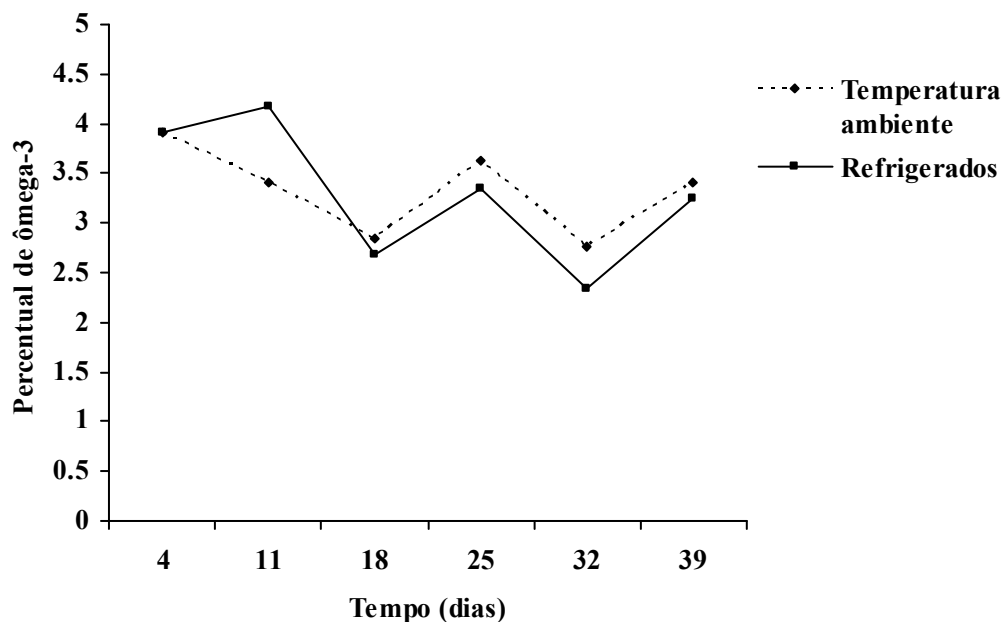
nd\*: não detectado.

Na presente pesquisa, os principais ácidos graxos determinados nos ovos enriquecidos com  $\omega$ -3 foram C16:0, C18:0, C16:1, C18:1, C18:2, C18:3, C20:4 e C22:6 (Apêndices H e I), enquanto nos ovos convencionais não foi detectada a presença de ácidos graxos da família  $\omega$ -3, como o C18:3 e o C22:6. Entretanto Cedro et al. (2009b), pesquisando a alteração do perfil lipídico da gema, encontraram 1,31% de ácido alfa-linolênico e 1,10% de DHA nos ovos convencionais. Tal diferença poderia ser explicada pelo perfil em ácidos graxos das rações fornecidas às aves, já que segundo Hui (2006) o conteúdo em ácidos graxos da gema é o reflexo dos lipídeos ingeridos na dieta, porém não foi possível a realização de tal análise na presente pesquisa, assim como tal informação não foi fornecida na pesquisa realizada por Cedro et al. (2009b). Mazalli (2006) detectou a presença de ácidos graxos  $\omega$ -3 em ovos convencionais, assim como Samman et al. (2009).

Os percentuais de C18:3 e C22:6 nos ovos enriquecidos com  $\omega$ -3 desta pesquisa, que apresentaram 2,43% e 1,54%, respectivamente, foram similares aos determinados por Cedro et al. (2009b), cujo percentual foi de 2,63% e 1,83% para C18:3 e DHA, respectivamente, e inferiores aos relatados por Beynen (2004), que ao utilizarem óleo de linhaça na dieta obtiveram ovos com 8,2% de C18:3 e 2,2% de DHA.

#### 4.3.4 Ácidos graxos poliinsaturados da família $\omega$ -3 em ovos enriquecidos

Os valores totais dos ácidos graxos  $\omega$ -3, representados pela soma do ácido alfa-linolênico (C18:3) e o DHA (C22:6) estão apresentados na Figura 22 e Apêndice G.



**Figura 22:** Comportamento do percentual total de ácidos graxos  $\omega$ -3 (C18:3 e C22:6) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

Ao analisar os dados referentes ao percentual total de ácidos graxos  $\omega$ -3, representados pela soma do ácido alfa-linolênico (C18:3) e o DHA (C22:6) observa-se que no armazenamento a temperatura ambiente este se apresentou significativamente menor ( $p < 0,05$ ) no 15º dia, voltando ao teor inicial no 22º dia. Observou-se grande oscilação do teor ao longo do experimento, não havendo uma homogeneidade dos resultados. Em ovos armazenados sob refrigeração foi observado um aumento no percentual na primeira semana (8º dia), porém este não foi significativo ( $p > 0,05$ ) em relação ao primeiro dia. Já na segunda semana (15º dia) foi observada uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) no teor de  $\omega$ -3, demonstrando, da mesma maneira que nos ovos não refrigerados, uma oscilação não uniforme do percentual ao longo dos dias.

De maneira semelhante, Gómez (2003) pesquisando a estabilidade oxidativa de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 em ovos, encontrou na utilização da dieta controle (sem adição de antioxidantes), com a linhaça como agente de enriquecimento, grande variação no percentual de  $\omega$ -3. Em 10 dias de experimento a autora encontrou um teor de C18:3 5,3% maior que no tempo zero, subindo ainda mais no 20º dia. No 40º dia de pesquisa o teor foi 2,15% menor que o relatado no tempo zero. A avaliação do grau de oxidação das gemas através do teste de TBA foi o responsável por revelar a ocorrência da oxidação dos ácidos poliinsaturados, já que os resultados não foram conclusivos apenas pela composição em ácidos graxos. Já na pesquisa de Mazalli (2006) foi possível identificar uma oscilação não linear dos teores de alguns ácidos graxos saturados em ovos armazenados fora de refrigeração, porém o percentual dos  $\omega$ -3 sofreu um decréscimo progressivo ao longo do armazenamento.

Ao se comparar as médias obtidas em cada dia nas diferentes temperaturas de armazenamento notou-se que apenas na segunda semana (8º dia) houve diferença significativa. Mazalli (2006) estudando o efeito do processamento térmico e tempo de

estocagem na alteração da composição de ácidos graxos em ovos relatou que as condições de armazenamento não influenciaram nos resultados dos ácidos graxos.

#### **4.4 Determinação do índice de peróxidos**

Na análise do índice de peróxidos não houve alteração da coloração da solução com a utilização de amido indicador a 1%, demonstrando que para as condições as quais os ovos foram submetidos não houve a identificação de peróxidos, produtos que segundo Ribeiro e Seravalli (2007) são formados quando as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados são oxidadas. Berset e Cuvelier (1996) relataram duas possíveis causas para a não detecção do processo de oxidação. Primeiro eles afirmam que a existência de encapsulamento dos lipídeos pelas proteínas presentes nos alimentos pode conduzir ao retardamento dos processos oxidativos. Em segundo lugar os autores relataram que um nível baixo de peróxidos não constitui uma garantia de boa estabilidade oxidativa, podendo, pelo contrário, ser sinônimo de alteração pronunciada, já que nas fases finais da oxidação o índice é muito baixo.

## 5 CONCLUSÕES

O tempo de armazenamento e as diferentes temperaturas utilizadas afetaram negativamente a qualidade interna dos ovos, avaliada através dos valores de Unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH e percentual de gema e albúmen, sendo os maiores tempos de estocagem e as maiores temperaturas os principais fatores para as alterações.

A intensidade de pigmentação da gema através de leque colorimétrico sofreu redução ao longo do tempo nos ovos mantidos fora de refrigeração. Nos ovos armazenados sob refrigeração não houve alteração da pigmentação.

O teor de carotenóides totais presentes na gema (expresso em zeaxantina) foi reduzido ao longo do período de estocagem nas diferentes temperaturas, sendo o tempo de armazenamento o fator mais significativo para as modificações.

O tempo de armazenamento influenciou o comportamento dos ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3 (C18:3 e C22:6), porém de maneira não uniforme. Ao final da pesquisa em ambas as temperaturas de armazenamento, os ácidos graxos  $\omega$ -3 ainda estavam presentes.

As temperaturas de estocagem não influenciaram significativamente na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados  $\omega$ -3.

O índice de peróxidos da gema não sofreu alteração ao longo do tempo nas diferentes temperaturas de armazenamento.

As gemas não apresentaram indícios de oxidação lipídica em relação ao tempo de estocagem e as condições de temperatura.



## **6 SUGESTÕES**

Ao final do período experimental observou-se a necessidade de estudos mais específicos com relação à oxidação dos componentes lipídicos da gema, como o teste de TBA, já que apenas a composição em ácidos graxos e o índice de peróxidos não foram suficientes para a elucidação do comportamento dos ácidos graxos ao longo do tempo de estocagem.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN, D.U.; SUNWOO, H.H.; WOLFE, F.H.; SIM, J.S. Effects of dietary alpha-linolenic acid and strain of hen on the fatty acid composition, storage stability, and flavor characteristics of chicken eggs. *Poultry Science*, v.74, p.1540-1547, 1995.

AKOH, C.C.; MIN, D.B. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 2002, 1005p.

ALLEONI, A.C.C.; ANTUNES, A.J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. *Scientia Agrícola*, v.58, p.681-685, 2001.

ANTI, M.; MARRA, G.; ARMELAO, F.; MARIA-BARTOLI, G.; FICARELLI, R.; PERCESEPE, A.; DE VITIS, I.; MARIA, G.; SOFO, L.; RAPACCINI, G.L.; GENTILONI, N.; PICCIONI, E.; MIGGIANO, G. Effect of omega-3 fatty acids on rectal mucosal cell proliferation in subjects at risk for colon cancer. *Gastroenterology*, v.103, p.883-891, 1992.

ARAÚJO, J.M.A. *Química de alimentos: teoria e prática*. 2ª ed. Viçosa: UFV, 1999.

AUSTIC, R.E.; NESHEIM, M.C. *Poultry production*. 13th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1990, 325p.

BARRETO, S.C.S.; ZAPATA, J.F.F.; FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; NASCIMENTO, R.F.; ARAÚJO, R.S.R.M.; AMORIM, A.G.N. Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.1767-1773, 2006.

BAUCCELLS, M.D.; CRESPO, N.; BARROETA, A.C.; LÓPEZ-FERRER, S.; GRASHORN, M.A. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science*, v.79, p.51-59, 2000.

BERG, J.M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. *Bioquímica*. Revisão técnica João Paulo de Campos; tradução Antonio José Magalhães da Silva Moreira. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

BERSET, C.; CUVELIER, M. E. Méthodes d'évaluation du degré d'oxydation des lipides et de mesure du pouvoir antioxydant. *Sciences des Aliments*, v.16, p.219-245, 1996.

BERTECHINI, A.G. Mitos e verdades sobre ovos de consumo. In: *CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS*, 2003, Campinas, SP. Anais... Campinas: FACTA, 2003, p.19.

BEYNEN, A.C. Fatty acid composition of eggs produced by hens fed diets containing groundnut, soya bean or linseed. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, v.52, p.3-10, 2004.

BISCARO, L.M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Cor, betacaroteno e colesterol em gema de ovos obtidos de poedeiras que receberam diferentes dietas. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, p.1130-1134, 2006.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v.37, p.911-917, 1959.

BORNSTEIN, S.; BARTOV, I. Studies on egg yolk pigmentation. I. A comparison between visual scoring of yolk color and colorimetric assay of yolk carotenoids. *Poultry Science*, v.45, p.287-296, 1966.

BLOCH, A.S.; SHILS, M.E. Appendix. In: SHILS, M.E.; OLSON, J.A.; SHIKE, M. (Eds). *Modern nutrition in health and disease*. 8th ed. Malvern: Lea & Febiger; 1994. p.A100-4.

BOARD, R.G.; LOCK, J.; DOLMAN, J. The egg: a compartmentalized, aseptically package food. In: BOARD, R.G.; FULLER, R. (Eds). *Microbiology of the avian egg*. London: Chapman & Hall, 1994, p.95-99.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. *Química do processamento de alimentos* 3ª ed. São Paulo: Varela, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes*. Brasília: LANARA, 1981. 122p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Normas Gerais de Inspeção de Ovos e Derivados*. Portaria no 01, de 21 de fevereiro de 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Edição IV. Instituto Adolfo Lutz, 2005, 1018p.

BRIZ, R.D. Ovos enriquecidos com ômega-3. *Aves e Ovos*, v.14, p.10-17, 1998.

BURTON, G.W. Antioxidant action of carotenoids. *Journal of Nutrition*, v.119, p.109-111, 1989.

CARD, L.E.; NESHEIM, M.C. *Poultry production*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1966, 399p.

CARRILLO, S.; LÓPEZ, E.; CASAS, M.M. ; AVILA, E.; CASTILLO, R.M.; CARRANCO, M.E.; CALVO, C.; PÉREZ-GIL, F. Potential use of seaweeds in the laying hen ration to improve the quality of n-3 fatty acid enriched eggs. *Journal of Applied Phycology*, v.20, p.721-728, 2008.

CARVALHO, P.R.; PITA, M.C.G.; PIBER NETO, E.; MENDONÇA-JUNIOR, C.X. Efeito de fontes marinhas ricas em PUFA's na dieta sobre a composição lipídica e percentuais de incorporação de PUFA's n-6 na gema do ovo. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.76, p.173-186, 2009.

CASTRO, L.C.V.; FRANCESCHINI, S.C.C.; PRIORE, S.E.; PELÚZIO, M.C.G. Nutrição e doenças cardiovasculares: os marcadores de risco em adultos. *Revista de Nutrição*, v.17, p.369-377, 2004.

CEDRO, T.M.M. Teor de ácidos graxos e qualidade de ovos comerciais convencionais e enriquecidos com ômega-3. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

CEDRO, T.M.M.; CALIXTO, L.F.L.; GASPAR, A.; CURVELLO, F.A.; HORA, A.S. Internal quality of conventional and omega-3 enriched commercial eggs stored under different temperatures. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.11, n.3, 2009a.

CEDRO, T.M.M.; CALIXTO, L.F.L.; GASPAR, A. A alteração do perfil lipídico da gema. *Guia da Avicultura Industrial*, n.7, 2009b.

CEPERO, R.; ALFONSO, M.; ARNAIZ, A.; ALVARO, J.R.; ELÍA, I.; ENFEDAQUE, A. Effects of transport and storage conditions on the commercial quality of eggs. In: BRIZ, R.C. (Ed). *Egg and egg products quality*. Zaragoza: Acribia, 1995, 429p.

CHERIAN, G.; SIM, J.S. Changes in the breast milk fatty acids and plasma lipids of nursing mothers following consumption of n-3 polyunsaturated fatty acid enriched eggs. *Nutrition*, v.12, p.8-12, 1996.

CRUICKSHANK, E.M. Studies in fat metabolism in the fowl. The composition of the egg fat and depot fat of the fowl as affected by the ingestion of large amounts of different fats. *Biochemical Journal*, v.28, p.965-977, 1934.

CRUZ, F.G.G.; MOTA, M.O.S. Efeito da temperatura e do período de armazenamento sobre a qualidade interna dos ovos comerciais em clima tropical úmido. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1996, Curitiba, PR. Anais... Campinas: FACTA, 1996, p.96.

CUNNANE, S.C.; GRIFFIN, B.A. Nutrition and Metabolism of Lipids. In: GIBNEY, M.J.; VORSTER, H.H.; KOK, F.J. (Eds). *Introduction to Human Nutrition*. Oxford: Blackwell Science, 2002, p.81-115.

DEWAILLY, E.; BLANCHET, C.; GINGRAS, S.; LEMIEUX, S.; SAUVÉ, L.; BERGERON, J.; HOLUB, B.J. Relations between n-3 fatty acid status and cardiovascular disease risk factors among Quebecers. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.74, p.603-611, 2001.

DIETARY REFERENCE INTAKES for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Food and Nutrition Board. Institute of Medicine of the National Academies. Washington, D.C.: National Academies Press, 2005.

DJOUSSE, L.; PANKOW, J.S.; ECKFELDT, J.H.; FOLSOM, A.R.; HOPKINS, P.N.; PROVINCE, M.A.; HONG, Y.; ELLISON, R.C. Relations between dietary linolenic acid and coronary artery disease in the National Heart, Lung, and Blood Institute Family Heart Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.74, p.612-619, 2001.

EISEN, E.J.; BOHREN, B.B.; McKEAN, H.E. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Science*, v.41, p.1461-1468, 1962.

EL BOUSHY, A.R.; RATERINK, R. Egg yolk pigmentation. *Zootecnica International*, v.9, p.40-44, 1989.

FARRELL, D.J. Enrichment of hen eggs with n-3 long-chain fatty acids and evaluation of enriched eggs in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.68, p.538-544, 1998.

FERREIRA, D.F. SISVAR 4.3 - programa de análise estatística. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. CD-ROM.

FERRIER, L.K.; CASTON, L.; LEESON, S.; SQUIRES, E.J.; CELI, B.; THOMAS, L.; HOLUB, B.J. Changes in serum lipids and platelet fatty acid composition following consumption of eggs enriched in alpha-linolenic acid (LnA). *Food Research International*, v.25, p.263-268, 1992.

FERRIER, L.K.; CASTON, L.J.; LEESON, S.; SQUIRES, J.; WEAVER, B.J.; HOLUB, B.J.  $\alpha$ -linolenic acid- and docosahexaenoic acid-enriched eggs from hens fed flaxseed: influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.62, p.81-86, 1995.

FONSECA, W. Carne de ave e ovos: vademecum. 2ª ed. São Paulo: Ícone 1985, 190p.

FRANCO, J.R.G.; SAKAMOTO, M.I. Qualidade dos ovos: Uma visão geral dos fatores que a influenciam. *Revista AveWorld*, ano 3, n.16, p.20-25, 2005.

GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M.D.; GUARDIOLA, F. Lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 polyunsaturated fatty acids during storage as affected by dietary vitamin E and canthaxanthin supplementation. *Poultry Science*, v.80, p.327-337, 2001a.

GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M.D.; CORTINAS, L.; GUARDIOLA, F.  $\alpha$ -Tocopherol transfer efficiency and lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, v.80, p.1496-1505, 2001b.

GARCIA, E.A.; MENDES, A.A.; PIZZOLANTE, C.C.; GONÇALVES, H.C.; OLIVEIRA, R.P.; SILVA, M.A. Efeito dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.4, n.1, 2002.

GAWECKI, K.; POTKANMSKI, A.; LIPINSKA, H. Effect of carophyll yellow and carophyll red added to commercial feeds for laying hens on yolk colour and its stability during short-term refrigeration. *Roczniki Akademii Rolniczej W Poznaniu*, v.94, p.85-93, 1977.

GERSTER, H. Review: Antioxidant protection of the ageing macula. *Age and Ageing*, v.20, p.60-69, 1991.

GÓMEZ, M.E.D.B. Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras através da dieta. I. Estabilidade oxidativa. 149p. Tese

(Doutorado em Ciência de Alimentos) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GOODROW, E.F.; WILSON, T.A.; HOUDE, S.C.; VISHWANATHAN, R.; SCOLLIN, P.A.; HANDELMAN, G.; NICOLOSI, R.J. Consumption of one egg per day increases serum lutein and zeaxanthin concentrations in older adults without altering serum lipid and lipoprotein cholesterol concentrations. *Journal of Nutrition*, v.136, p.2519-2524, 2006.

GRISWOLD, R. M. Estudo experimental dos alimentos. São Paulo: USP, 1972, 469 p.

GROBAS, S.; MATEOS, G.G. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 12., 1996, Madrid. Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid: Fedna, 1996, p.219-244.

HAMMOND, B.R.; FULD, K.; SNODDERLY, D.M. Iris color and macular pigment density. *Experimental Eye Research*, v.62, p.293-297, 1996.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. *Londres: Lab. Pract.*, v. 22, p.475-476, 1973.

HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry Magazine*, v.43, p.552-555, 1937.

HEIMAN, V.; CARVER, J.S. The albumen index as a physical measurement of observed egg quality. *Poultry Science*, v.15, p.141-148, 1936.

HOLTS, W.F.; ALMIQUIST, H.J. Measurement of deterioration in the stored hens egg. *United States Egg Poultry Magazine*, v.38, p.70, 1932.

HOLUB, B.J. Clinical nutrition: 4. Omega-3 fatty acids in cardiovascular care. *Canadian Medical Association Journal*, v.166, p.608-615, 2002.

HU, F.B.; STAMPFER, M.J.; RIMM, E.B.; MANSON, J.E.; ASCHERIO, A.; COLDITZ, G. A.; ROSNER, B.A.; SPIEGELMAN, D.; SPEIZER, F.E.; SACKS, F.M.; HENNEKENS, C.H.; WILLETT, W.C. A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *Journal of the American Medical Association*, v.281, p.1387-1394, 1999.

HUI, Y.H. Handbook of food science, technology and engineering. v.4. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.

JIANG, Z.; AHN, D.U.; LADNER, L.; SIM, J.S. Influence of feeding full-fat flax and sunflower seeds on internal and sensory qualities of eggs. *Poultry Science*, v.71, p.378-383, 1992.

JOSEPH, J.D.; ACKMAN, R.G. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: collaborative study. *Journal of AOAC International*, v.75, p.488-506, 1992.

JUNQUEIRA, O.M.; DUARTES, K.F. Ovos: dicas de como comprar e preservar sua qualidade. AveWorld, n.22, p.29-36, 2006.

KATZ, D.L.; EVANS, M.; NAWAZ, H.; NJIKE, V.Y.; CHAN, W.; COMERFORD, B.P.; HOXLEY, M.L. Egg consumption and endothelial function: a randomized controlled crossover trial. International Journal of Cardiology, v.99, p.65-70, 2005.

KIDWELL, M.G.; NORDSKOG, A.W.; FORSYTHE, R.H. On the problem of correcting albumen quality measures for egg weight. Poultry Science, v.43, p.42-49, 1964.

KLEIN, B.P.; KING, D.; GROSSMAN, S. Cooxidation reactions of lipoxygenase of plant systems. Free Radical Biology and Medicine, v.1, p.309-43, 1985.

KOVACS-NOLAN, J.; PHILLIPS, M.; MINE, Y. Advances in the value of eggs and egg components for human health. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.53, p.8421-8431, 2005.

KRALIK, G.; ŠKRTIĆ, Z.; SUCHÝ, P.; STRAKOVÁ, E.; GAJČEVIĆ, Z. Feeding fish oil and linseed oil to laying hens to increase the n-3 PUFA of egg yolk. Acta Veterinaria BRNO, v.77, p.561-568, 2008.

KROMHOUT, D.; BOSSCHIETER, E.B.; COULANDER, C.J. The inverse relation between fish consumption and 20 year mortality from coronary heart disease. New England Journal of Medicine, v.312, p.156-161, 1985.

LAKER, M. Colesterol-Entenda mais. 1ª ed. São Paulo: Callis, 2006.

LEANDRO, N.S.M.; DEUS, H.A.B.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; ANDRADE, M.A.; CARVALHO, F.B. Aspectos de qualidade interna e externa de ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na região de Goiânia. Ciência Animal Brasileira, v.6, p.71-78, 2005.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Sarvier, 1995.

LEMONS, P.M.M.; KUHNEN, S.; PIT, F.; DIAS, P.F.; OGLIARI, J.B.; MARASCHIN, M. Identificação e quantificação de carotenóides de sementes de variedades locais e crioulas de milho (*zea mays*), desenvolvidas e cultivadas tradicionalmente por agricultores familiares de Anchieta (SC). Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC, Florianópolis, SC, 2006.

LINDEN, G.; LORIENT, D. Bioquímica Agroindustrial. Revalorización Alimentaria de la producción agrícola. Zaragoza: Acribia, 1996, p.43-163.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. Lipídeos. In: Krause: alimentos, nutrição & dietoterapia. 9ª ed. São Paulo: Roca; 1998, p.51-53.

MANCINI-FILHO, J.; CHEMIN, S. Implicações nutricionais dos ácidos graxos trans. Óleos e Grãos, v.31, p.41-45, 1996.

MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*, v.19, p.761-770, 2006.

MARUSICH, W.L.; BAUERNFEIND, J.C. Oxycarotenoids in poultry feeds. In: BAUERNFEIND, J.C. (Ed). *Carotenoids as colorants and vitamin A precursors: technological and nutritional applications*. New York: Academic Press, 1981, p.319-462.

MAZALLI, M.R. Efeito do processamento térmico e tempo de estocagem na formação de óxidos de colesterol e na alteração da composição de ácidos graxos em ovos. 147p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

MAZZUCO, H. Estudos da Embrapa. Ovo: alimento funcional, perfeito à saúde. Disponível em [http://www.aviculturaindustrial.com.br/PortalGessulli/AppFile/Material/AI\\_0208Embrapa.pdf](http://www.aviculturaindustrial.com.br/PortalGessulli/AppFile/Material/AI_0208Embrapa.pdf). Acesso em agosto de 2009.

McLENNAN, P.L. Relative effects of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on cardiac arrhythmias in rats. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.57, p.207-212, 1993.

McNAMARA, D.J. Eggs and heart disease risk: perpetuating the misperception. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.75, p.333-335, 2002.

MENDONÇA-JÚNIOR, C.X.; PITA, M.C.G. Ovo como via de eliminação do colesterol. In: PALERMO-NETO, D.C. (Ed). *Farmacologia aplicada à avicultura – Boas práticas no manejo de medicamentos*. São Paulo: Roca, 2005, p.347-358.

MILINSK, M.C.; MURAKAMI, A.E.; GOMES, S.T.M; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N.E. Fatty acid profile of egg yolk lipids from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. *Food Chemistry*, v.83, p.287-292, 2003.

MONTEIRO, J.B.R.; ROSADO, L.E.F.L. *Nutrição e doenças cardiovasculares*. Viçosa: Imprensa Universitária; 1993.

MOURA, J.M.L.N; GONÇALVES, L.A.G.; GRIMALDI, R.; SOARES, M.S.; RIBEIRO, A.P.B Otimização das condições de produção de ésteres etílicos a partir de óleo de peixe com elevado teor de ácidos graxos  $\omega$ -3. *Química Nova*, v.29, p.956-959, 2006.

MORENG, R.E.; AVENS, J.S. *Ciência e produção de aves*. São Paulo: Roca, 1990.

MORI, A.V. Utilização de óleo de peixe e linhaça na ração como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em ovos. 162p. Tese (Doutorado em Clínica Médica), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MORRIS, D.H. The novel egg: Opportunities for flax in omega-3 egg production. Winnipeg: Flax Council of Canadá, 2003. 13p. Disponível em: <http://www.flaxcouncil.ca/english/pdf/novelegg.pdf>. Acesso em março de 2009.



MURAMATSU, K.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; JARDIM FILHO, R.M.; ANDRADE, L.; GODOI, F. Desempenho, qualidade e composição de ácidos graxos do ovo de poedeiras comerciais alimentadas com rações formuladas com milho ou milheto contendo diferentes níveis de óleo vegetal. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.27, p.43-48, 2005.

NAWAR, W.W. Lipids. In: FENNEMA, O.R. (Ed). *Food chemistry*. 3rd ed., New York: Marcel Dekker, 1996. p.225-319.

OH, S.Y.; RYUE, J.; HSIEH, C.H.; BELL, D.E. Eggs enriched in  $\omega$ -3 fatty acids and alterations in lipid concentrations in plasma and lipoproteins and in blood pressure. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.54, p.689-695, 1991.

ÖHMAN, M.; ÅKERFELDT, T.; NILSSON, I.; ROSEN, C.; HANSSON, L.O.; CARLSSON, M.; LARSSON, A. Biochemical effects of consumption of eggs containing omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Upsala Journal of Medical Sciences*, v.113, p.315-324, 2008.

OLIVEIRA, D.D. Fontes de lipídios na dieta de poedeiras: efeito sobre a produção e o perfil de ácidos graxos na gema. 49p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

OLIVEIRA, G.E. Influência da temperatura de armazenamento nas características físico-químicas e nos teores de amins bioativas em ovos. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA, G.S.; FIGUEIREDO, A.S.P.; SANTOS, R.S.; VIANNA, L.M. Efeito da suplementação de beta-caroteno na pressão arterial de ratos. *Revista de Nutrição*, v.20, p.39-45, 2007.

ORDÓÑEZ, J.A.; RODRIGUEZ, M.I.C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M.L.G; MINGUILLÓN, G.D.G.F.; PERALEZ, L.H.; CORTECERCO, M.D.S. *Tecnología de Alimentos: Alimentos de origem animal*. Porto Alegre: Artmed, 2005. v.2, p.269-279.

ORNELLAS, L.H. *Técnica Dietética: Seleção e preparo de alimentos*. 6ª ed. São Paulo: Atheneu, 1995, p.109-116.

ORR, H. L. *Eggs: The Production, Identification and Retencion of Quality in Eggs*. Canadá Department of Agriculture. 54p., 1967.

PARSONS, C.H.; MINK, L.D. Correlation of methods for measuring the interior quality of eggs. *United States Egg Poultry Magazine*, v.43, p.484-489, 1937.

PEDROSO, A.A. Efeito de probiótico dietético sobre o desempenho, qualidade dos ovos e alguns aspectos morfológicos do trato intestinal e tecido ósseo de galinhas poedeiras. 75 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 1999.

PATIL, V.; GISLERØD, H.R. The importance of omega-3 fatty acids in diet. *Current Science*, v.90, p.908-909, 2006.

PIBER NETO, E. Enriquecimento do ovo: utilização de óleos de peixes e alga marinha como fontes de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 em rações de galinhas. 72p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PITA, M.C.G. Fontes marinhas e vegetais de PUFAs na dieta de poedeiras: efeito na composição lipídica da gema do ovo e tempo de incorporação dos ácidos graxos. 136p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

POWNALL, H.J.; BRAUCHI, D.; KILINÇ, C.; OSMUNDTSEN, K.; PAO, Q.; PAYTON-ROSS, C.; GOTTO Jr., A.M.; BALLANTYNE, C.M. Correlation of serum triglyceride and its reduction by  $\omega$ -3 fatty acids with lipid transfer activity and the neutral lipid compositions of high-density and low-density lipoproteins. *Atherosclerosis*, v.143, p.285-297, 1999.

QI, G.H.; SIM, J.S. Natural tocopherol enrichment and its effect in n-3 fatty acid modified chicken eggs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.46, p.1920-1926, 1998.

RECH, O.A. Controlando a qualidade de gema de ovos comerciais. Disponível em <[http://avicultura.com.pt/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=23&id=94&Itemid=159](http://avicultura.com.pt/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=23&id=94&Itemid=159)>. Acesso em abril de 2009.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. Química de Alimentos 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher: 2007, p.111-143.

RODRIGUES, P.C. Contribuição ao estudo da conversão de ovos de casca branca e vermelha. 57p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. A guide do carotenoid analysis in food. Washington: ILSI Press, 1999, 64p.

ROSE, D.P.; CONNOLLY, J.M.; COLEMAN, M. Effect of omega-3 fatty acids on the progression of metastases after the surgical excision of human breast cancer cell solid tumors growing in nude mice. *Clinical Cancer Research*, Birmingham, v.2, p.1751-1756, 1996.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; PAN, E.A. Fisiologia e manejo reprodutivo de aves In: MACARI, M.; MENDES, A.A. Manejo de matrizes de corte. Campinas: FACTA, 2005, 421p.

SALOMAN, S.E. Egg and eggshell quality. London: Wolf Publishing, 1991.

SAMMAN, S.; KUNG, F.P.; CARTER, L.M.; FOSTER, M.J.; AHMAD, Z.I.; PHUYAL, J.L.; PETOCZ, P. Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food Chemistry*, v.116, p.911-914, 2009.

SANTOS FILHO, J.I.; SCHLINDWEIN, M.M. Fatores determinantes do consumo de ovos no Brasil. XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Londrina, Paraná, 2007.

SANTOS, M.S.V.; ESPÍNDOLA, G.B.; LÔBO, R.N.B.; FREITAS, E.R.; GUERRA, J.L.L.; SANTOS, A.B.E. Efeito da temperatura e estocagem em ovos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.29, p.513-517, 2009.

SARCINELLI, M.F.; VENTURINI, K.S.; SILVA L.C. Características dos ovos. *Boletim Técnico Universidade Federal do Espírito Santo*, 2007.

SAUVEUR, B. El huevo para consumo: bases productivas. Tradução por Carlos Buxadé Carbó. Barcelona: Aedos Editorial, 1993, 377p.

SAYAR, R. O ovo, um alimento maravilha. *Sorveteria Confeitaria Brasileira* n.176, p.52-54, 2007.

SCHAEFER, E.J. Lipoproteins, nutrition, and heart disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.75, p.191-212, 2002.

SCHALCH, W.; WEBER, P. Vitamins and carotenoids- a promising approach to reducing the risk of coronary heart disease, cancer and eye diseases. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v.366, p.335-350, 1994.

SCHONER, F.J.; HOPPE, P.P.; WIESCHE, H. Feeding trials on laying hens with a newly developed carotenoid. *Muhle Mischfuttertechnik*, v.127, p.487-89, 1990.

SECHINATO, A.S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras. 59p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SELEIM, M.A.; EL-PRINCE, E. Effect of storage and boiling on some quality characteristics of eggs. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, v.31, p.1-15, 2000.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, P.K.J.P.D. Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.32, p.67-103, 1992.

SHAPIRO, J.A.; KOEPESELL, T.D.; VOIGT, L.F.; DUGOWSON, C.E.; KESTIN, M.; NELSON, J.L. Diet and rheumatoid arthritis in women: a possible protective effect of fish consumption. *Epidemiology*, v.7, p.256-263, 1996.

SHARP, P.F.; POWELL, C.K. Decrease in internal quality of hens egg during storage was indicated by the yolk. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v.22, p.909-910, 1930.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Química Nova*, São Paulo, v.22, p.94-103, 1999.

SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; GOIDÓI, M.J.S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.1435-1439, 2000.

SILVA, F.H.A. Curso teórico-prático sobre técnicas básicas de avaliação de qualidade do ovo. Piracicaba: Esalq, 2004.

SILVERSIDES, F.G.; BUDGELL, K. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. *Poultry Science*, v.83, p.1619-1623, 2004.

SILVERSIDES, F.G.; TWIZEYIMANA, F.; VILLENEUVE, P. Research note: a study relating to the validity of the Haugh unit correction for egg weight in fresh eggs. *Poultry Science*, v.72, p.760-764, 1993.

SILVERSIDES, F.G.; VILLENEUVE, P. Is the Haugh unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature? *Poultry Science*, v.73, p.50-55, 1994.

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*, v.79, p. 961-970, 2000.

SOUZA-SOARES; L.A.; SIEWERDT, F. *Aves e Ovos. Pelotas*: Ed. da Universidade UFPEL, 2005, 138p.

SPADA, F.P.; FRANÇA, L.C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ROSÁRIO, M.F.; SAVINO, V.J.M.; COELHO, A.A.D. Avaliação da intensidade da pigmentação vermelha das gemas de ovos crus utilizando a variável  $a$  no sistema Hunter Lab e leque colorimétrico. 16º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, 2008.

STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O.J. *Egg science and technology*. 4th.ed. New York: Food Products Press, 1995, 591p.

STANLEY, J.C.; ELSOM, R.L.; CALDER, P.C.; GRIFFIN, B.A.; HARRIS, W.S.; JEBB, S.A.; LOVEGROVE, J.A.; MOORE, C.S.; RIEMERSMA, R.A.; SANDERS, T.A. UK Food Standards Agency Workshop Report: the effects of the dietary n-6: n-3 fatty acid ratio on cardiovascular health. *British Journal of Nutrition*, v.98, p.1305-1310, 2007.

SURAI, P.; IONOV, I.; KUCHMISTOVA, E.; NOBLE, R.C.; SPEAKE, B.K. The relationship between the levels of  $\alpha$ -tocopherol and carotenoids in the maternal feed, yolk and neonatal tissues: Comparison between the chicken, turkey, duck and goose. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.76, p.593-598, 1998.

SURAI, P.F.; SPEAKE, B.K. Distribution of carotenoids from the yolk to the tissues of the chick embryo. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v.9, p.645-651, 1998.

TARKO, T.; MUSZYNSKI, T. Influence of selected additives on colour stability of alcoholic egg liqueurs. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, v.5, p.47-60, 2006.

TEITELBAUM, J.E.; WALKER, W.A. Review: the role of omega 3 fatty acids in intestinal inflammation. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v.12, p.21-32, 2001.

TURATTI, J.M. A importância dos ovos numa dieta saudável. *Revista Óleos e Grãos*, v.9, p.22-24, 2001.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA (UBA). Relatório Anual, 2007/2008. Disponível em <<http://www.uba.org.br/>>. Acesso em fevereiro de 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). National Nutrient Database for Standard Reference, 2008. Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>>. Acesso em julho de 2009.

VALENZUELA, A.B.; NIETO, S.K. Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importância em el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista Chilena de Pediatría*, v.74, p.149-57, 2003.

VAN ELSWYK, M.E. Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *British Journal of Nutrition*, Wallingford, v.78, suppl. 1, p.S61-S69, 1997.

VAN ELSWYK, M.E.; HATCH, S.D.; STELLA, G.G.; MAYO, P.K.; KUBENA, K.S. Poultry-based alternatives for enhancing the  $\omega$ 3 fatty acid content of American diets. In: *The Return of  $\omega$ -3 Fatty Acids into the Food Supply*. Simopoulos, A.P. New York: Karger, 1998.

WILGUS, H.S.; WAGENEN, A. The height of the firm albumen as a measure of its condition. *Poultry Science*, v.15, p.319-321, 1936.

WILLIAMS, K.C. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poultry Science Journal*, v.48, p.5-16, 1992.

YAMAMOTO, T.; JUNEJA, L.R.; HATTA, H.; KIM, M. *Hen eggs, their basic and applied science*. New York: CRC Press, 1997.

## APÊNDICES

**Apêndice A:** Média e desvio padrão da Unidade Haugh (UH) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

<b>Dia</b>	<b>Lote A</b>	<b>Lote B</b>
<b>4°</b>	76,97 ± 2,55Aa	76,97 ± 2,55Aa
<b>11°</b>	62,42 ± 2,30Bb	71,43 ± 5,52Aab
<b>18°</b>	43,90 ± 2,73Bc	63,15 ± 1,17Abc
<b>25°</b>	29,90 ± 4,73Bd	62,25 ± 3,87Ac
<b>32°</b>	15,39 ± 1,06Be	61,50 ± 2,45Ac
<b>39°</b>	12,01 ± 1,84Be	58,79 ± 5,46Ac

a,b,c,d,e: médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

A,B: médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

**Apêndice B:** Média e desvio padrão do Índice de gema (IG) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

<b>Dia</b>	<b>Lote A</b>	<b>Lote B</b>
<b>4°</b>	0,33 ± 0,02Aa	0,33 ± 0,02Aa
<b>11°</b>	0,30 ± 0,02Bb	0,36 ± 0,01Aa
<b>18°</b>	0,28 ± 0,03Bb	0,35 ± 0,02Aa
<b>25°</b>	0,24 ± 0,04Bc	0,34 ± 0,02Aa
<b>32°</b>	0,18 ± 0,03Bd	0,34 ± 0,02Aa
<b>39°</b>	0,18 ± 0,03Bd	0,34 ± 0,02Aa

a,b,c,d,e: médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

A,B: médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

**Apêndice C:** pH do albúmen dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

<b>Dia</b>	<b>Lote A</b>	<b>Lote B</b>
4°	8,99	8,99
11°	9,14	9,10
18°	9,22	9,19
25°	9,37	9,30
32°	9,62	9,33
39°	9,78	9,37

**Apêndice D:** pH da gema dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

<b>Dia</b>	<b>Lote A</b>	<b>Lote B</b>
4°	6,19	6,19
11°	6,27	6,25
18°	6,30	6,30
25°	6,47	6,32
32°	6,88	6,44
39°	7,06	6,58

**Apêndice E:** Média e desvio padrão da pigmentação das gemas através do leque colorimétrico dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

<b>Dia</b>	<b>Lote A</b>	<b>Lote B</b>
4°	11,50 ± 0,53Aa	11,50 ± 0,53Aa
11°	11,38 ± 0,52 Aa	11,50 ± 0,76Aa
18°	11,25 ± 0,46Aab	11,38 ± 0,52Aa
25°	11,13 ± 0,64Aabc	11,25 ± 0,46Aa
32°	10,50 ± 0,53Abc	11,13 ± 0,83Aa
39°	10,38 ± 0,52Ac	10,88 ± 0,35Aa

a,b,c: médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

A,B: médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

**Apêndice F:** Média e desvio padrão do teor de carotenóides totais (expresso em µg de zeaxantina por g de gema) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

<b>Dia</b>	<b>Lote A (µg/g de gema)</b>	<b>Lote B (µg/g de gema)</b>
4°	28,55 ± 0,81Aa	28,55 ± 0,81Aa
11°	26,13 ± 0,94Ab	27,47 ± 0,98Aab
18°	24,91 ± 0,79Abc	25,68 ± 0,79Abc
25°	23,70 ± 0,74Ac	24,98 ± 0,62Acd
32°	23,12 ± 0,46Bc	24,61 ± 0,36Acd
39°	22,90 ± 0,74Ac	23,57 ± 1,30Ad

a,b,c,d: médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

A,B: médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

**Apêndice G:** Média e desvio padrão do percentual total de ácidos graxos ω-3 (C18:3 e C22:6) dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) e do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo do experimento.

<b>Dia</b>	<b>Lote A</b>	<b>Lote B</b>
4°	3,91 ± 0,07Aa	3,91 ± 0,07Aab
11°	3,41 ± 0,12Bab	4,18 ± 0,17Aa
18°	2,84 ± 0,08Ab	2,69 ± 0,27Acd
25°	3,62 ± 0,17Aa	3,35 ± 0,28 Abc
32°	2,77 ± 0,16Ab	2,33 ± 0,34Ad
39°	3,40 ± 0,18Aab	3,24 ± 0,25Ac

a,b,c,d: médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

A,B: médias seguidas de letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si ao nível de significância de 5%.



**Apêndice H:** Média e desvio padrão do percentual total de ácidos graxos dos ovos do lote A (ovos armazenados em temperatura ambiente) ao longo dos dias.

Ácido graxo	4° dia	11° dia	18° dia	25° dia	32° dia	39° dia
<b>C16:0</b>	23,95 ± 0,35	26,11 ± 0,11	25,77 ± 0,06	23,74 ± 0,14	25,82 ± 0,44	25,71 ± 0,20
<b>C16:1</b>	3,14 ± 0,09	3,61 ± 0,01	3,25 ± 0,00	3,00 ± 0,07	2,92 ± 0,01	3,06 ± 0,05
<b>C18:0</b>	9,48 ± 0,42	8,60 ± 0,01	9,35 ± 0,01	8,86 ± 0,07	9,40 ± 0,04	9,27 ± 0,20
<b>C18:1</b>	46,74 ± 0,39	45,49 ± 0,12	45,84 ± 0,04	46,93 ± 0,18	46,55 ± 0,21	45,63 ± 0,42
<b>C18:2</b>	11,67 ± 0,24	11,80 ± 0,03	11,66 ± 0,04	12,48 ± 0,11	11,43 ± 0,01	11,63 ± 0,06
<b>C18:3</b>	2,37 ± 0,03	2,36 ± 0,07	1,79 ± 0,04	2,14 ± 0,12	1,75 ± 0,05	1,88 ± 0,03
<b>C20:4</b>	1,10 ± 0,05	0,98 ± 0,05	1,29 ± 0,04	1,36 ± 0,02	1,10 ± 0,09	1,22 ± 0,00
<b>C22:6</b>	1,54 ± 0,05	1,06 ± 0,05	1,05 ± 0,04	1,48 ± 0,05	1,02 ± 0,11	1,52 ± 0,15

**Apêndice I:** Média e desvio padrão do percentual total de ácidos graxos dos ovos do lote B (ovos armazenados sob refrigeração) ao longo dos dias.

Ácido graxo	4° dia	11° dia	18° dia	25° dia	32° dia	39° dia
<b>C16:0</b>	24,20 ± 0,00	25,85 ± 0,88	25,49 ± 0,18	25,45 ± 0,19	24,87 ± 0,44	24,75 ± 0,15
<b>C16:1</b>	2,99 ± 0,30	3,38 ± 0,10	3,15 ± 0,02	2,88 ± 0,10	2,76 ± 0,09	3,05 ± 0,04
<b>C18:0</b>	9,63 ± 0,63	8,87 ± 0,15	9,33 ± 0,05	9,30 ± 0,00	9,14 ± 0,04	8,24 ± 0,04
<b>C18:1</b>	46,49 ± 0,03	43,47 ± 0,32	47,01 ± 0,28	45,64 ± 0,57	47,54 ± 0,11	48,34 ± 0,41
<b>C18:2</b>	11,67 ± 0,24	13,38 ± 0,23	11,17 ± 0,06	12,06 ± 0,03	12,26 ± 0,55	11,43 ± 0,05
<b>C18:3</b>	2,37 ± 0,03	3,12 ± 0,10	1,62 ± 0,11	1,97 ± 0,03	1,52 ± 0,29	1,91 ± 0,04
<b>C20:4</b>	1,10 ± 0,05	0,88 ± 0,11	1,16 ± 0,05	1,32 ± 0,02	1,09 ± 0,22	0,94 ± 0,12
<b>C22:6</b>	1,54 ± 0,05	1,06 ± 0,07	1,08 ± 0,16	1,38 ± 0,25	0,82 ± 0,04	1,34 ± 0,21