

Desidratação de gemas de ovos por secagem por atomização em diferentes temperaturas

Thiago Luís Magnani Grassi⁽¹⁾ e Elisa Helena Giglio Ponsano⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária, Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Campus de Araçatuba, Rua Clóvis Pestana, nº 793, CEP 16050-680 Araçatuba, SP, Brasil. E-mail: thiagograssi@fmva.unesp.br, elisahgp@fmva.unesp.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de temperaturas de desidratação por atomização sobre as características microbiológicas, físicas e químicas de gemas de ovos em pó e sobre o rendimento do processo. A desidratação por atomização foi realizada a 90, 120 e 150°C, com cinco repetições para cada tratamento. O rendimento foi avaliado pela relação entre a quantidade de gema em pó obtida e a quantidade de gema in natura utilizada na secagem. As gemas desidratadas foram analisadas quanto à composição centesimal, à cor objetiva e à rancidez. Para as análises microbiológicas, foi detectada a presença de estafilococos coagulase-positiva, pela contagem direta em placas; *Salmonella* spp., em amostra de 25 g; e coliformes, a 45°C. A temperatura de secagem por atomização influenciou a umidade das gemas em pó, sem interferir nos teores de proteínas, lipídeos e cinzas, nas características microbiológicas ou na rancidez dos produtos finais. As temperaturas de secagem mais elevadas proporcionam maior rendimento de produto, mas, a 150°C, ocorre escurecimento e diminuição na intensidade da coloração amarela das gemas em pó.

Termos para indexação: armazenamento, composição proximal, gema em pó, oxidação.

Dehydration of egg yolks by spray drying at different temperatures

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of dehydration temperatures by spray drying on the microbiological, physical, and chemical characteristics of egg powder and on the yield of the process. Dehydration was performed by spray drying at 90, 120, and 150°C, with five replicates for each treatment. The yield was estimated by the ratio between the amount of egg yolk powder obtained and the amount of in natura egg yolk used in the drying process. The dehydrated egg yolks were analyzed for chemical composition, objective color, and rancidity. For microbiological analyzes, the presence of coagulase-positive staphylococcus, by direct plate count; *Salmonella* spp., within a 25-g sample; and coliforms, at 45°C, was detected. The spray drying temperature influenced the moisture content of yolk powder, without affecting the levels of proteins, lipids and ash, the microbiological characteristics, or the rancidity of the final products. Higher drying temperatures produce higher product yield, but, at 150°C, there is a darkening and a reduction in the intensity of the yellow color of yolk powder.

Index terms: storage, proximate composition, egg yolk powder, oxidation.

Introdução

O ovo em pó é um produto de baixa umidade que preserva as mesmas propriedades físicas, funcionais e nutricionais do ovo in natura (Bergquist, 1995). Nutricionalmente, apresenta proteínas de elevada qualidade, minerais e vitaminas, especialmente as vitaminas E, A, B2, B12 e folato, além de grandes quantidades de lipídeos, como triglicérides, fosfolipídios e colesterol (Walker et al., 2012).

Os ovoprodutos desidratados são utilizados como ingredientes em várias formulações de produtos alimentícios. Esses produtos apresentam vantagens

relacionadas à facilidade de armazenamento, transporte e manuseio, bem como à uniformidade e à segurança microbiológica, o que torna seu uso atrativo para a indústria e os consumidores (Caboni et al., 2005; Rao & Labuza, 2012).

A desidratação de ovos por atomização surgiu em 1865, nos Estados Unidos, mas alcançou sucesso comercial apenas em 1920; hoje, é amplamente utilizada para a obtenção de ovo em pó (Corrêa et al., 2002; Jaekel et al., 2008). Nesse processo, produtos líquidos de baixa ou alta viscosidade, na forma de gotículas, são desidratados rapidamente à medida que entram em contato com corrente de ar quente (Ignário

& Lannes, 2007). No entanto, a alta temperatura do ar de secagem pode danificar alguns componentes da gema, o que altera sua composição e suas características sensoriais e funcionais.

Entre os danos provocados pela utilização de altas temperaturas do ar de secagem, está a desnaturação das proteínas da gema, o que leva a prejuízos nas propriedades de emulsificação, geleificação e formação de espuma (Hur et al., 2007; Ignário & Lannes, 2007; Mazalli & Bragagnolo, 2009). Pelo mesmo motivo, durante a secagem por atomização, também podem ocorrer algumas modificações químicas, como oxidação e escurecimento não enzimático, com formação de compostos indesejáveis (Bergquist, 1995; Guardiola et al., 1995; Boekel, 2006; Rannou et al., 2013). Há preferência do consumidor e da indústria por gemas in natura que apresentem cor amarela intensa, que remete a alimentos mais saudáveis e naturais (Fontana et al., 2000). Por isso, definir as condições de secagem que menos alterem a cor e a qualidade do produto natural é de extrema importância para a aceitação do produto.

Segundo Ayadi et al. (2008), a maioria dos estudos publicados sobre secagem de ovos adotou temperaturas acima de 140°C, que levaram a alterações nas características do produto final. Após avaliação detalhada da literatura, Koç et al. (2011) relataram que nenhuma pesquisa foi realizada sobre a otimização das condições de secagem por atomização, para obter ovo em pó de máxima qualidade, o que evidencia a necessidade de investigações a respeito das condições de processamento, como temperatura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de temperaturas de desidratação por atomização sobre as características microbiológicas, físicas e químicas de gemas de ovos em pó e sobre o rendimento do processo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Medicina Veterinária, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, em 2014. Os ovos utilizados foram obtidos no comércio, e eram da mesma marca, lote e data de produção. Inicialmente, as gemas (1,5 kg) foram separadas das claras, homogeneizadas e diluídas em água deionizada, na proporção de 1:1. A desidratação foi realizada em "spray dryer" MSD 1.0 (Labmaq do Brasil, Ribeirão Preto, SP), com vazão da bomba de 0,81 L h⁻¹ e vazão de ar comprimido de 30 L min⁻¹, tendo-se variado

apenas a temperatura do ar de secagem. Os tratamentos utilizados no experimento foram as temperaturas 90, 120 e 150°C, com cinco repetições. Após a realização da secagem, as gemas em pó foram armazenadas em sacos de plástico (polipropileno) mantidos em recipientes de alumínio fechados, ao abrigo da luz e em temperatura ambiente (25°C).

O rendimento foi determinado em porcentagem, pela relação entre o peso da gema em pó e o peso da gema in natura (x 100). Para a composição proximal, foram determinados: umidade, por secagem a 105°C, até peso constante; cinzas, por incineração em mufla, a 550°C; proteínas, pelo método de micro Kjeldahl (N x 6,25); e lipídeos, pelo método de Soxhlet, seguindo a metodologia descrita pela AOAC International (2006). A caracterização da cor das gemas foi realizada por meio das determinações dos atributos luminosidade (L), intensidade de verde-vermelho (croma a) e intensidade de azul-amarelo (croma b), em espectrofotômetro MiniScan XE Plus (HunterLab, Reston, VA, EUA). Cada atributo de cor foi medido por três pulsos consecutivos do equipamento, o que originou um valor médio. A partir desses valores, foram calculados os atributos croma (C, saturação da cor) e tonalidade (H), e o ΔE que representa a diferença entre as cores medidas das gemas dos tratamentos, por meio das equações:

$$C = \sqrt{a^2 + b^2};$$

$$H = \tan^{-1}(b/a); \Delta E = \sqrt{(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)}.$$

Para as análises microbiológicas, foram utilizadas as metodologias descritas por Silva et al. (2007). Foi detectada a presença de: estafilococos coagulase-positiva, pela contagem direta em placas; *Salmonella* spp., em amostra de 25 g; e coliformes, a 45°C, por contagem pelo método do número mais provável. As análises foram realizadas imediatamente após a secagem das gemas e repetidas depois de 30 e 180 dias de armazenamento em sacos de plástico (polipropileno), que foram mantidos em recipientes de alumínio fechados, ao abrigo da luz e em temperatura ambiente (25°C).

A rancidez oxidativa foi determinada aos 0, 30 e 180 dias de armazenamento por meio do valor das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), tendo-se utilizado a metodologia descrita por Tarladgis et al. (1960). Para a análise estatística, os resultados

experimentais foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com auxílio do programa Action, versão 2.8 (Estatcamp, São Carlos, SP).

Resultados e Discussão

O rendimento do processo realizado a 90°C foi menor que os obtidos a 120 e 150°C (Tabela 1). Os teores de proteínas, lipídeos e cinzas não diferiram significativamente entre os tratamentos. Porém, as gemas obtidas a 150°C apresentaram menor umidade que as obtidas a 90°C. Os teores de umidade obtidos no presente trabalho, foram próximos ou superiores aos obtidos na literatura, mesmo com temperaturas de secagem superiores. Rannou et al. (2013) descreveram teores de umidade de 2,96 e 3,37% para gemas desidratadas por atomização, em indústria e em planta piloto, respectivamente, com temperaturas de 160 e 180°C. Obara et al. (2006) relataram média de 2,78% de umidade em gemas desidratadas entre 120–170°C,

enquanto Rao et al. (2013) encontraram 2,1% de umidade média para gemas desidratadas a 185°C.

A análise microbiológica dos produtos, obtidos nas diferentes temperaturas de secagem avaliadas, indicou ausência de estafilococos coagulase-positiva, *Salmonella* spp. e coliformes a 45°C, em todos os tempos avaliados (Tabela 2). Esses resultados condizem com o previsto no Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2001), e confirmam a estabilidade microbiológica e a segurança do produto. Aragon-Alegro et al. (2005) afirmam que a pasteurização de ovos foi capaz de eliminar *Salmonella* spp. e de reduzir a contagem de *S. aureus*; já Rêgo et al. (2012) constataram a presença de estafilococos coagulase-positiva em ovos pasteurizados com 14 dias de armazenamento e a ausência de coliformes, a 45°C, até 21 dias. Na comparação com os dados apresentados por esses autores, a secagem por atomização realizada no presente trabalho mostrou maior eficácia na eliminação de microrganismos.

Tabela 1. Rendimento e composição proximal das gemas de ovos desidratadas por atomização em diferentes temperaturas⁽¹⁾.

Temperatura (°C)	Rendimento (%)	Composição proximal (%)			
		Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídeos
90	44,42±0,46b	2,37±0,50a	4,24±0,54	32,52±1,10	52,99±1,51
120	46,29±0,82a	1,96±0,43ab	4,65±0,91	34,59±1,20	53,19±1,71
150	45,96±1,17a	1,63±0,23b	4,88±0,81	32,73±1,44	54,43±1,79
p	0,0114	0,0382	0,4297	0,0653	0,3695

⁽¹⁾Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Análises microbiológicas das gemas de ovos desidratadas, nas diferentes temperaturas avaliadas, após 10, 30 e 180 dias do processo de secagem por atomização.

Dias de armazenamento	Análises microbiológicas		
	Estafilococos coagulase-positiva	Coliformes (NMP por grama)	<i>Salmonella</i> spp.
10	Ausência	0	Ausência em 25 g
30	Ausência	0	Ausência em 25 g
180	Ausência	0	Ausência em 25 g
Parâmetros ⁽¹⁾			
n	5	5	5
c	1	2	0
m	1x10 ²	1	Ausência
M	5x10 ²	10	Ausência

⁽¹⁾Parâmetros da Resolução da Diretoria Colegiada n° 12: n, número de amostras; c, número de amostras permitidas entre as contagens mínima e máxima; m, contagem mínima; e M, contagem máxima (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2001). NMP, método do número mais provável.

A interpretação dos dados obtidos para o atributo L indica que as gemas obtidas a 90 e 120°C apresentaram-se mais claras que as obtidas a 150°C (Tabela 3). Para o croma a, não houve diferença entre os tratamentos. Entretanto, as gemas obtidas a 150°C apresentaram menor intensidade do tom amarelo (b) do que as obtidas a 90°C. Os resultados de L e croma b podem ser considerados como indicativos da reação de Maillard (escurecimento não enzimático), de ocorrência mais intensa na secagem das gemas a 150°C. Nessa reação, açúcares redutores reagem com certos aminoácidos na presença de altas temperaturas, o que gera compostos que alteram a cor original dos alimentos (Boekel, 2006; Rannou et al., 2013). De forma geral, a ocorrência dessa reação compromete a qualidade do alimento, ao modificar cor e sabor, o que reduz os aminoácidos essenciais e a digestibilidade da proteína total (Caboni et al., 2005).

O atributo H é dado por uma medida angular derivada da relação entre croma a e croma b. Desse modo, a diminuição dos valores de b das gemas desidratadas a 150°C resulta, também, em menores valores de H (Tabela 3). Além disso, as gemas em pó obtidas a 150°C apresentaram C inferior às desidratadas a 90°C, o que mostra impacto indesejável da temperatura elevada sobre o produto final.

A diferença das cores das gemas obtidas a 150°C, em relação às adquiridas a 90 e 120°C ($\Delta E = 4,48$ e $4,43$, respectivamente), foi considerada “facilmente distinguível” à percepção humana, de acordo com a Norma DIN 6174 (Deutsche Institut für Normung, 1979), o que indica que a temperatura mais elevada de secagem pode acarretar rejeição ao produto pelo consumidor, quando comparado aos obtidos a temperaturas mais baixas. De acordo com a escala da DIN 6174 (Deutsche Institut für Normung, 1979), a diferença entre as gemas desidratadas a 90 e 120°C foi considerada pequena e, portanto, apresenta menor possibilidade de detecção pelo consumidor.

Por ser rica em colesterol e ácidos graxos insaturados, a gema torna-se susceptível à oxidação, principalmente quando submetida às altas temperaturas empregadas durante a secagem por atomização (Carvalho & Tenuta Filho, 2013). Contudo, os tratamentos não diferiram em relação à rancidez oxidativa em nenhum dos tempos avaliados (Tabela 4). Escarabajal & Tenuta Filho (2005) encontraram valores de 0,37, 0,17 e 1,86 mg kg⁻¹ de malonaldeído para ovo em pó armazenado em temperatura ambiente aos 0, 30 e 180 dias após a secagem. Os resultados obtidos aos 0 e 30 dias foram próximos aos descritos no presente trabalho; porém, aos 180 dias de armazenamento, os valores foram

Tabela 3. Cor objetiva das gemas de ovos desidratadas por atomização em diferentes temperaturas⁽¹⁾.

Temperatura (°C)	Atributos da cor ⁽²⁾				
	L	Croma a	Croma b	C	H
90	91,64±0,71a	1,29±0,43	23,60±1,42a	23,64±1,42a	86,86±1,10a
120	92,37±0,52a	0,94±0,70	22,28±0,97ab	22,29±0,97ab	87,73±1,50a
150	88,39±0,84b	1,86±0,21	20,57±0,87b	20,66±0,87b	84,84±0,64b
p	<0,0001	0,0523	0,0037	0,0041	0,0049

⁽¹⁾Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾L, luminosidade; croma a, intensidade de verde-vermelho; croma b, intensidade de azul-amarelo; C, saturação; e H, tom.

Tabela 4. Rancidez oxidativa das gemas desidratadas aos 0, 30 e 180 dias após o processo de secagem em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	TBARS ⁽¹⁾ (mg kg ⁻¹ de malonaldeído)		
	Dia 0	Dia 30	Dia 180
90	0,20±0,07	0,25±0,09	0,59±0,11
120	0,20±0,06	0,28±0,07	0,71±0,05
150	0,18±0,06	0,32±0,08	0,65±0,12
p	0,8268	0,4747	0,1949

⁽¹⁾TBARS, ácido tiobarbitúrico.

inferiores, o que indica que a gema em pó, mesmo tendo apresentado teor lipídico superior ao do ovo integral em pó, foi mais estável à oxidação lipídica.

Conclusões

1. A temperatura de secagem por atomização influencia a umidade das gemas em pó, mas não interfere nos teores de proteínas, lipídeos e cinzas, nas características microbiológicas ou na oxidação lipídica dos produtos finais.

2. As temperaturas de secagem a 120 e 150°C proporcionam maior rendimento de produto, mas, a 150°C, ocorre escurecimento e diminuição na intensidade do tom amarelo das gemas em pó.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. [Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos]. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1, p.45.
- AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg, 2006.
- ARAGON-ALEGRO, L.C.; SOUZA, K.L. de O.; COSTA SOBRINHO, P. de S.; LANDGRAF, M.; DESTRO, M.T. Avaliação da qualidade microbiológica de ovo integral pasteurizado produzido com e sem a etapa de lavagem no processamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, p.618-622, 2005. DOI: 10.1590/S0101-20612005000300036.
- AYADI, M.A.; KHEMAKHEM, M.; BELGITH, H.; ATTIA, H. Effect of moderate spray drying conditions on functionality of dried egg white and whole egg. **Journal of Food Science**, v.73, p.E281-E287, 2008. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00811.x.
- BERGQUIST, D.H. Egg dehydration. In: STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O.J. (Ed.). **Egg science and technology**. 4th ed. Binghamton: Haworth, 1995. p.335-376.
- BOEKEL, M.A.J.S. van. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. **Biotechnology Advances**, v.24, p.230-233, 2006. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2005.11.004.
- CABONI, M.F.; BOSELLI, E.; MESSIA, M.C.; VELAZCO, V.; FRATIANNI, A.; PANFILI, G.; MARCONI, E. Effect of processing and storage on the chemical quality markers of spray-dried whole egg. **Food Chemistry**, v.92, p.293-303, 2005. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.07.025.
- CARVALHO, M.G. de; TENUTA FILHO, A. Capacidade antioxidante e estabilidade lipídica do ovo durante o processamento e estocagem. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v.4, p.19-26, 2013.
- CORRÊA, P.C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; STRINGHETA, P.C.; CARDOSO, J.B. Equilíbrio higroscópico e atividade de água para ovo integral processado em “spray dryer”. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, p.15-22, 2002. DOI: 10.15871/1517-8595/rbpa.v4n1p15-22.
- DEUTSCHE INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 6174**: farbmetrische bestimmung von farbabständen bei körperfarben nach der CIELAB-Formel. Berlin: Beuth Verlag, 1979. 10p.
- ESCARABAJAL, C.; TENUTA FILHO, A. Estabilidade oxidativa do colesterol em ovo integral em pó. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.41, p.483-490, 2005. DOI: 10.1590/S1516-93322005000400011.
- FONTANA, J.D.; MENDES, S.V.; PERSIKE, D.S.; PERACETTA, L.F.; PASSOS, M. Carotenoides: corantes atraentes e ação biológica. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v.1, p.40-45, 2000.
- GUARDIOLA, F.; CODONY, R.; MISKIN, D.; RAFECAS, M.; BOATELLA, J. Oxysterol formation in egg powder and relationship with other quality parameters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, p.1903-1907, 1995. DOI: 10.1021/jf00055a027.
- HUR, S.J.; PARK, G.B.; JOO, S.T. Formation of cholesterol oxidation products (COPS) in animal products. **Food Control**, v.18, p.939-947, 2007. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.05.008.
- IGNÁRIO, R.M.; LANNES, S.C. da S. Preparation of powdered egg yolk using a mini spray dryer. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.729-732, 2007. DOI: 10.1590/S0101-20612007000400009.
- JAEKEL, T.; DAUTEL, K.; TERNES, W. Preserving functional properties of hen's egg yolk during freeze-drying. **Journal of Food Engineering**, v.87, p.522-526, 2008. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.01.006.
- KOÇ, M.; KOÇ, B.; SUSYAL, G.; YILMAZER, M.S.; ERTEKIN, F.K.; BAGDATLIOGLU, N. Functional and physicochemical properties of whole egg powder: effect of spray drying conditions. **Journal of Food Science and Technology**, v.48, p.141-149, 2011. DOI: 10.1007/s13197-010-0159-1.
- MAZALLI, M.R.; BRAGAGNOLO, N. Increase of cholesterol oxidation and decrease of PUFA as a result of thermal processing and storage in eggs enriched with n-3 fatty acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, p.5028-5034, 2009. DOI: 10.1021/jf901187j.
- OBARA, A.; OBIEDZINSKI, M.; KOLCZAK, T. The effect of water activity on cholesterol oxidation in spray- and freeze-dried egg powders. **Food Chemistry**, v.95, p.173-179, 2006. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.06.021.
- RANNOU, C.; TEXIER, F.; MOREAU, M.; COURCOUX, P.; MEYNIER, A.; PROST, C. Odour quality of spray-dried hens' egg powders: the influence of composition, processing and storage conditions. **Food Chemistry**, v.138, p.905-914, 2013. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.090.
- RAO, Q.C.; FISHER, M.C.; GUO, M.; LABUZA, T.P. Storage stability of a commercial hen egg yolk powder in dry and intermediate-moisture food matrices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, p.8676-8686, 2013. DOI: 10.1021/jf402631y.
- RAO, Q.C.; LABUZA, T.P. Effect of moisture content on selected physicochemical properties of two commercial hen egg

white powders. **Food Chemistry**, v.132, p.373-384, 2012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.10.107.

RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V.; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.735-742, 2012. DOI: 10.1590/S0102-09352012000300027.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F. de A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S. dos; GOMES, R.A.R.

Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. 3.ed. São Paulo: Varela, 2007. 536p.

TARLADGIS, B.G.; WATTS, B.M.; YOUNATHAN, M.T.; DUGAN JR., L. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.37, p.44-48, 1960. DOI: 10.1007/BF02630824.

WALKER, L.A.; WANG, T.; XIN, H.; DOLDE, D. Supplementation of laying-hen feed with palm tocos and algae astaxanthin for egg yolk nutrient enrichment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, p.1989-1999, 2012. DOI: 10.1021/jf204763f.

Recebido em 23 de fevereiro de 2015 e aprovado em 17 de setembro de 2015