

Suplementação de selênio quelatado na ração e qualidade da carne de frango

Dietary supplementation of chelated selenium and broiler chicken meat quality

Juliana Nunes de Almeida¹; Gleice Rocha dos Santos¹;
Flávia Maria Beteto²; Lara Gonçalves de Medeiros³; Alexandre Oba⁴;
Massami Shimokomaki⁵; Adriana Lourenço Soares^{6*}

Resumo

O selênio (Se) é componente da enzima glutatona peroxidase (GSH-Px) que catalisa a redução de peróxido de hidrogênio e peróxido lipídico, prevenindo danos oxidativos nos tecidos animais. A deficiência de Se aumenta a necessidade de vitamina E pelos animais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de selênio quelatado sobre a qualidade da carne de frango. Os 14 pintinhos de corte da linhagem *Cobb* de 1 dia de idade foram divididos em 2 grupos: C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,03mg Se quelatado. kg⁻¹ de ração. Os frangos com 42 dias de idade foram abatidos e as sobrecoxas desossadas foram coletadas e armazenadas por 30 dias a -18°C. As sobrecoxas foram avaliadas quanto a perda por cozimento (PPC), oxidação lipídica pelo método de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) e atividade da enzima GSH-Px pela oxidação do NADPH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato Reduzido). As sobrecoxas de frangos do grupo Suplementado perderam 33,8% menos de água após cozimento ($p \leq 0,05$) e apresentaram-se 23,6% menos oxidadas ($p \leq 0,10$) quando comparadas com as sobrecoxas do grupo Controle. A atividade da GSH-Px das sobrecoxas não diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre os grupos Suplementado e Controle. A suplementação com 0,03mg de selênio quelatado por kg de ração promoveu melhora na qualidade da carne com redução na PPC e na oxidação lipídica, entretanto não aumentou a atividade da GSH-PX.

Palavras-chave: Oxidação lipídica, sobrecoxas de frango, perda de peso por cozimento

Abstract

The glutathione peroxidase (GSH-Px) is selenium-containing enzyme, which catalyses the reduction of hydrogen peroxides and lipid hydroperoxides preventing the oxidative damages in animal tissues. The selenium (Se) deficiency increases the need for vitamin E. The aim of this study was to investigate the effect of dietary supplementation of chelated Se on the poultry meat quality. Fourteen Cobb chicks with 1 day of age were divided into two groups: C-Control group (without supplementation) and S-Supplemented group (with 0.03mg of chelated Se.kg⁻¹ of feed). Birds at 42 days of age were slaughtered and boneless skinless chicken thighs were collected and stored at -18°C for 30 days. Thighs

¹ Discente(s) de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR. E-mail: juh.nunes@gmail.com; gleice_quimica@hotmail.com

² Discente em Farmácia, Bolsista de Iniciação Científica, UEL, Londrina, PR. E-mail: flaviabeteto@hotmail.com

³ Discente de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, UEL, Londrina, PR. E-mail: laragmedeiros@hotmail.com

⁴ Prof. Dr. do Deptº de Zootecnia, Universidade Estadual de Londrina UEL, Londrina, PR. E-mail: oba@uel.br

⁵ Prof. Dr. da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Campus Londrina, Londrina, PR. E-mail: mshimo@sercomtel.com.br

⁶ Profª Drª do Deptº de Ciência e Tecnologia de Alimentos, UEL, Londrina, PR. E-mail: adri.soares@uel.br

* Autor para correspondência

were analyzed for the cooking loss, lipid oxidation by Thiobarbituric-Acid-Reactive Substances (TBARS) and GSH-Px activity by coupled assay procedure recording the NADPH (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate reduced) oxidation. Samples of Supplemented group presented 33.8% less water after cooking ($p \leq 0.05$) and were 23.6% ($p \leq 0.10$) less oxidized when compared with samples of group Control. The GSH-Px activity of thighs did not differ significantly ($p > 0.05$) between groups Supplemented and Control. The supplementation with 0.03mg of Se in the kg of feed improved the meat quality by reducing the lipid oxidation and cooking loss, however did not increase the GSH-Px activity.

Key words: Lipid oxidation, chicken thighs, cooking loss

Introdução

A qualidade sensorial e nutricional da carne é de grande importância no momento da escolha do consumidor. Sendo assim, a cadeia produtiva do frango de corte tem o desafio de oferecer cada vez mais produtos de qualidade, que apresentam boa suculência, maciez, cor e sabor agradáveis e que mantenham essas características por um longo período. Além de oferecer produtos seguros, isentos de contaminações microbiológicas e físico-químicas (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

A oxidação lipídica das carnes é a principal causa da perda da qualidade de carnes e produtos cárneos. A rancidez inicia logo após a morte do animal envolve a formação de radicais livres que afetam a textura, sabor, cor e valor nutritivo da carne (SOARES et al., 2004, 2009). Os principais substratos envolvidos na oxidação são os ácidos graxos polinsaturados que compõem os fosfolípidios das membranas celulares e triacilgliceróis. A carne de frango por sua composição rica em ácidos graxos torna-se mais susceptível a sofrer processos oxidativos. Assim, o controle de processos oxidativos torna-se importante e a adição de vitaminas e minerais na ração dos animais tem sido uma alternativa necessária.

O selênio (Se) é um micromineral essencial e quando suplementado na ração dos animais tem demonstrado melhorar o desempenho e qualidade da carne de aves (BOIAGO, 2006), suínos (RUTZ; MURPHY, 2009) e bovinos (MAHAN; MOXON; HUBBARD, 1977). Os minerais orgânicos ou quelatados referem-se a minerais que estão complexados com substâncias orgânicas

como aminoácidos ou peptídeos e que por isso apresentam-se mais biodisponíveis, sendo mais facilmente absorvidos e retidos pelo organismo animal, ao contrário dos inorgânicos (BRITO, 2005; SECHINATO; ALBUQUERQUE; NAKADA, 2006; RUTZ; MURPHY, 2009).

O Se é um componente importante da enzima GSH-Px, pois compõe seu sítio catalítico. A GSH-Px atua sobre os peróxidos lipídicos e peróxidos de hidrogênio, convertendo-os em hidroxiácidos e água, a partir da glutathiona reduzida (GHS). Nestas reações, duas moléculas de glutathiona reduzida (GSH) são oxidadas à glutathiona dissulfeto (GSSG) enquanto uma molécula de peróxido de hidrogênio ou peróxido lipídico é reduzida pela ação da GSH-Px, a glutathiona oxidada (GSSG) pode ser regenerada através da redução pela glutathiona redutase (HUBER; ALMEIDA; FÁTIMA, 2008).

O Se induz a biossíntese da selênio-enzima GSH-Px, que tem como função no organismo a ação antioxidante primária, além de proteger espécies que utilizam metabolismo oxidativo da ação de radicais livres. A atividade de GSH-Px é considerada como um indicador da localização de Se em uma variedade de espécies (GANTHER, 1979). A falta de selênio no organismo animal torna as células mais susceptíveis ao processo oxidativo, além de aumentar a necessidade de vitamina E (KOHRLÉ et al., 2000).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de Se quelatado sobre a qualidade da carne de frango.

Material e Métodos

Animais e tratamentos

Os pintinhos de corte machos da linhagem *Cobb* de 1 dia de idade foram divididos em 2 grupos: C-Controle (sem suplementação) (n=7) e S-Suplementado com 0,03mg Se quelatado. kg⁻¹ de ração (n=7). Os frangos foram criados na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, onde receberam água e alimento *ad libitum* durante todo o período experimental de 42 dias. As rações experimentais atenderam as exigências mínimas preconizadas por Rostagno

et al. (2011) conforme descrito na Tabela 1. Após 42 dias as aves foram pesadas individualmente e de acordo com o peso médio foram selecionadas 7 frangos de cada tratamento para serem abatidos. Os frangos foram abatidos seguindo as práticas comerciais: insensibilização elétrica, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração e *chiller*. A sobrecoxa foram desossadas e retiradas a pele e armazenadas por 30 dias a -18°C. A pesquisa foi avaliada e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (registro processo 29285.2011.84).

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações nas diferentes fases de criação de frangos de cortes criados até os 42 dias de idade.

Ingredientes	Pré-Inicial	Inicial	Crescimento	Terminação
Milho grão	55,436	57,893	60,740	65,018
Soja farelo 45%	38,013	35,151	31,580	27,683
Óleo de soja	2,307	3,187	4,063	3,987
Fosfato bicálcico	1,931	1,575	1,344	1,120
Calcário	0,788	0,835	0,796	0,722
Sal comum	0,507	0,482	0,457	0,445
Premix vit. mineral ¹	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Lisina HCl	0,308	0,257	0,256	0,281
DL-Metionina	0,184	0,129	0,281	0,257
L-Treonina	0,126	0,091	0,083	0,087
Total	100	100	100	100
Calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg)	2960	3050	3150	3200
Proteína bruta (%)	21,050	20,240	19,040	17,810
Metionina digestível (%)	0,519	0,449	0,408	0,376
Met. + cist. digestível (%)	0,994	0,817	0,734	0,676
Lisina digestível (%)	1,330	1,151	1,020	0,939
Treonina digestível (%)	0,865	0,748	0,663	0,610
Selênio (%)	0,0037	0,0033	0,0030	0,0023
Cálcio (%)	0,894	0,853	0,794	0,735
Fósforo disponível (%)	0,450	0,428	0,398	0,367

¹**Pré-Inicial e Inicial:** vit. A 2750 UI/g, vit. D3 550 UI/g, vit. K3 419,900 mg/kg, vit. B1 380,158 mg/kg, vit. B2 1250 mg/kg, vit. B6 600,188 mg/kg, vit. B12 4000 mcg/kg, vit. E 8750 UI, pantotenato de cálcio 3000 mg/kg, niacina 8750 mg/kg, ácido fólico 175 mg/kg, biotina 17 mg/kg, colina 65000 mg/kg, metionina 419999 mg/kg, zinco 12500 mg/kg, ferro 12500 mg/kg, cobre 3000 mg/kg, manganês 15000 mg/kg, iodo 250,067 mg/kg, selênio 93,750 mg/kg, cobalto 50 mg/kg, antioxidante 1000 mg/kg, coccidiostático 125000 mg/kg, promot. cresc. gran negativo 6250 mg/kg, promot. cresc. gran positivo 125000 mg/kg. **Crescimento:** vit. A 2250 UI/g, vit. D3 450 UI/g, vit. K3 417,950 mg/kg, vit. B1 300,125 mg/kg, vit. B2 1000 mg/kg, vit. B6 450,038 mg/kg, vit. B12 3000 mcg/kg, vit. E 7000 UI, pantotenato de cálcio 2500,083 mg/kg, niacina 7000,058 mg/kg, ácido fólico 140 mg/kg, biotina 14 mg/kg, colina 55000 mg/kg, metionina 379999,531 mg/kg, zinco 12500 mg/kg, ferro 12500 mg/kg, cobre 3000 mg/kg, manganês 14999,996 mg/kg, iodo 250 mg/kg, selênio 75 mg/kg, cobalto 50 mg/kg, antioxidante 1000 mg/kg, coccidiostático 125000 mg/kg, promot. cresc. gran negativo 6250 mg/kg, promot. cresc. gran positivo 125000 mg/kg. **Acabamento:** vit. A 1000 UI/g, vit. D3 200 UI/g, vit. K3 180,050 mg/kg, vit. B1 149,858 mg/kg, vit. B2 500 mg/kg, vit. B6 249,975 mg/kg, vit. B12 1250 mcg/kg, vit. E 3500 UI, pantotenato de cálcio 1200,167 mg/kg, niacina 70 mg/kg, ácido fólico 70 mg/kg, biotina 7 mg/kg, colina 45000 mg/kg, metionina 300000,125 mg/kg, zinco 12500 mg/kg, ferro 12500 mg/kg, cobre 3000 mg/kg, manganês 15000 mg/kg, iodo 250,067 mg/kg, selênio 56,250 mg/kg, cobalto 50 mg/kg, antioxidante 1000 mg/kg.

Fonte: Rostagno et al. (2011).

Perda de peso por cozimento (PPC)

A PPC foi determinada de acordo com metodologia descrita por Honikel (1998). As sobrecoxas desossadas foram pesadas, acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e, em seguida, cozidas em banho-maria a 90°C até atingirem temperatura interna de 75 ±5°C. Após o cozimento a água exsudada foi desprezada, e as amostras resfriadas até a temperatura ambiente e novamente pesadas. A PPC foi expressa em porcentagem calculada pela diferença de peso da amostra.

Oxidação lipídica

A oxidação lipídica foi determinada pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme procedimento descrito por Tarladgis, Pearson e Dugan (1964). Neste procedimento, 10 g de amostra foram homogeneizadas com 98 mL de água destilada, 2,5 mL de HCl 4 mol.L⁻¹, 2 gotas de antiespumante e algumas pérolas de vidro. A solução foi destilada durante 10 minutos e o destilado coletado. Em uma alíquota de 5 mL do destilado foram adicionados 5 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,02 mol.L⁻¹, e colocados em banho-maria fervente por 35 minutos, resfriados e realizada leitura em espectrofotômetro a 530 nm. Uma curva padrão foi construída utilizando solução de 1,1,3,3-tetraetoxipropano em água destilada, nas concentrações de 0,7 a 2,0 mol.L⁻¹. Os resultados foram expressos em mg de TBARS.kg⁻¹ de amostra. O método apresentou uma recuperação de 81%.

Atividade glutathiona peroxidase (GSH-Px)

A atividade da GSH-Px foi realizada através da medida de oxidação do NADPH, acompanhada pela diminuição da absorvância a 340 nm (CHEN; LINDMARK-MANSSON; AKESSON, 2000). 5,0g de amostra foram homogeneizadas com tampão fosfato 0,25 mol.L⁻¹ (pH=7,6) em ultra-

turrax em velocidade máxima em banho de gelo, sendo posteriormente centrifugadas por 20 minutos a 10.000g e filtradas. Uma alíquota de 100 µL do filtrado reagiu com 200 µL de tampão fosfato pH 7,4 e 25 mmol.L⁻¹ de EDTA, 11,1 µL de glutathiona redutase (5U) e 50 µL de glutathiona reduzida (40 mmol.L⁻¹) e foram incubados por 10 minutos a 37°C. Em seguida, 10 µL de 20 mmol.L⁻¹ de NADPH e 620 µL de tampão fosfato pH 7,4 foram adicionados. A reação iniciou-se pela adição 20 µL de 15 mmol.L⁻¹ de terc-butilhidroperóxido e a absorvância foi acompanhada por 5 minutos, em intervalos de 1 minuto. Um branco foi preparado sem a adição de GSH-Px. A atividade de GSH-Px foi expressa em 1 U.g⁻¹ de amostra, sendo 1 U definido como 1 µmol de NADPH oxidado.min⁻¹.

Quantidade de selênio na carne

A quantidade de selênio foi determinada conforme procedimento descrito por Daun et al. (2001). As amostras foram digeridas com ácido perclórico e ácido nítrico, reduzidas à selenito com ácido clorídrico concentrado e o conteúdo de selênio determinado por espectrofotômetro de absorção atômica utilizando forno de grafite com geração de hidreto.

Análise estatística

O teste *t-Student* a 5% e 10% de probabilidade foi aplicado para comparação dos resultados entre os grupos C-Controle e S-Suplementado utilizando o programa STATISTICA for Windows versão 7.0.

Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados de Perda de peso por cozimento (PPC), oxidação lipídica, atividade da glutathiona peroxidase (GSH-Px) e conteúdo de selênio das sobrecoxas de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,03mg de Se quelatado.

kg⁻¹ de ração. A PPC foi significativamente menor ($p \leq 0,05$) para as sobrecoxas de frango do grupo Suplementado quando comparadas com as amostras do grupo Controle, indicando melhora da capacidade de retenção de água nas carnes com a suplementação de Se, resultado semelhante foi obtido por outros autores (EDENS, 1996). Boiago (2006) observou que filés de peito de frango suplementados com Se nas concentrações de 0,3 e 0,5 mg.kg⁻¹ de ração apresentaram menor luminosidade e maior

pH. Filés de frango com valores de pH baixos e alta luminosidade são caracterizados como carnes PSE (*Pale, Soft e Exudative*) e apresentam baixa capacidade de retenção de água devido a desnaturação de proteínas face a rápida glicólise *post-mortem* (OLIVO et al., 2001). Além disso, quanto maior o pH da carne mais distante está do ponto isoelétrico das proteínas musculares que é próximo a 5,4 aumentando a capacidade da proteína de reter água.

Tabela 2. Perda de peso por cozimento (PPC), oxidação lipídica, atividade da glutathiona peroxidase (GSH-Px) e conteúdo de selênio de sobrecoxas de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,03mg de Se quelatado .kg⁻¹ de ração.

	C-Controle	S-Suplementado
PPC (%)	24,70 ^A ± 1,92	16,34 ^B ± 1,78
Oxidação Lipídica (mg TBARS.kg ⁻¹ de amostra)	0,072 ^a ± 0,016	0,054 ^b ± 0,018
GSH-Px (U.g ⁻¹ de amostra)	0,41 ^a ± 0,21	0,26 ^a ± 0,06
Selênio	0,63 ^a ± 0,07	0,58 ^a ± 0,04

^{A-B}Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5,0% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

^{a-b}Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste *t* de Student a 10,0% de probabilidade ($p \leq 0,10$).

Fonte: Elaboração dos autores.

As sobrecoxas de frango do grupo Controle apresentaram valores de oxidação lipídica significativamente maiores ($p \leq 0,10$) em relação às sobrecoxas de frango do grupo Suplementado, demonstrando que a adição de Se orgânico na ração previne a oxidação lipídica das carnes. Boiago (2006) também verificou que filés de frango suplementados com Se nas concentrações de 0,3 e 0,5 mg.kg⁻¹ apresentaram menor oxidação lipídica que filés Controle. Wang et al. (2009) relataram que a suplementação com 0,3 e 0,6 mg Se quelatada.kg⁻¹ reduziu o conteúdo de malonaldeído na carne.

A atividade da GSH-Px das sobrecoxas não diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre os grupos Suplementado e Contole apesar da menor oxidação lipídica observada nas sobrecoxas de frango do grupo S. Isto ocorreu porque o conteúdo de Se depositado nas sobrecoxas também não diferiu

significativamente ($p < 0,05$) entre as amostras do grupo Suplementado e do grupo Controle. O nível de suplementação utilizada neste experimento foi baixa, não sendo suficiente para aumentar a atividade da GSH-Px. Apesar da atividade da enzima antioxidante GSH-Px não ter aumentado no grupo Suplementado observou-se que as sobrecoxas apresentaram-se 23,6% menos oxidadas ($p \leq 0,10$) que do grupo Controle.

Conclusão

A suplementação com 0,03mg de selênio quelatado na ração promoveu melhora na qualidade da carne com redução na perda de peso por cozimento e na oxidação lipídica, entretanto não aumentou a atividade da GSH-PX.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES/MEC pela bolsa de Mestrado.

Referências

BOIAGO, M. M. *Características produtivas e qualitativas da carne de frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio*. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

BRITO, J. A. G. *Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações de frangas na fase de recría*. 2005. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHEN, J.; LINDMARK-MANSSON, H.; AKESSON, B. Optimisation of a coupled enzymatic assay of glutathione peroxidase activity in bovine milk and whey. *International Dairy Journal*, Barking, v. 10, n. 5-6, p. 347-352, 2000.

DAUN, C.; JOHANSSON, M.; ÖNNING, G.; AKESSON, B. Glutathione peroxidase activity, tissue and soluble selenium content in beef and pork in relation to meat ageing and pig RN phenotype. *Food Chemistry*, London, v. 72, n. 3, p. 313-319, 2001.

EDENS, F. W. Sodium selenite versus selenium yeast in diets fed broilers: effects on performance, feathering, meat quality and yields. In: ANNUAL SYMPOSIUM OF BIOTECHNOLOGY IN THE FEED AND FOOD INDUSTRIES, 1996, 12., Kentucky. *Anais...Kentucky: [s.n]*, 1996. Pôster.

GANTHER, H. E. Metabolism of hydrogen selenide and methylated selenides. *Advances in Nutrition Research*, New York, v. 2, p. 107-128, 1979.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, Barking, v. 49, n. 4, p. 447-457, 1998.

HUBER, P. C.; ALMEIDA, W. P.; FÁTIMA, A. Glutathione e enzimas relacionadas: papel biológico e importância em processos patológicos. *Química Nova*, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 1170-1179, 2008.

KOHRLE, J.; BRIGELIUS-FLOHÉ, R.; BÖCK, A.; GÄRTNER, R.; MEYER, O.; FLOHÉ, L. Selenium in biology: facts and medical perspectives. *Biological Chemistry*, Salt Lake, v. 381, n. 9-10, p. 849-864, 2000.

MAHAN, D. C.; MOXON, A. L.; HUBBARD, M. Efficacy of inorganic selenium supplementation to cow

diets on resulting carry-over to their progeny. *Journal of Animal Science*, Madison, v. 45, n. 9, p. 738-746, 1977.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. *Carnes: no caminho da pesquisa*. 2. ed. Cocal do Sul, SC: IMPRINT, 2002, 155 p.

OLIVO, R.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. *Journal of Food Biochemistry*, Trumbull, v. 25, n. 4, p. 271-283, 2001.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. de; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. de T. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011. 252 p.

RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL CBNA, 1., 2009, Campinas. *Anais... Campinas: CBNA*, 2009, p. 20.

SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micros minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 159-166, 2006.

SOARES, A. L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Synergism between dietary vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavour development in chicken breast meat, Pectoralis major M. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 57-62, 2004.

SOARES, A. L.; MARCHI, D. F.; MATSUSHITA, M.; GUARNIERI, P. D.; DROVAL, A. A.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. lipid oxidation and fatty acid profile related to broiler breast meat color abnormalities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 52, n. 6, p. 1513-1518, 2009.

TARLADGIS, B. G.; PEARSON, A. M.; DUGAN, R. Chemistry of the 2-thiobarbituric test for determination of oxidative rancidity in foods. II formation of the TBA-malonaldehyde complex without acid-heat treatment. *Journal of Food Science and Agriculture*, London, v. 5, n. 6, p. 602-604, 1964.

WANG, Z. G.; PAN, X. J.; PENG, Z. Q.; ZHAO, R. Q.; ZHOU, G. H. Methionine and selenium yeast supplementation of the maternal diets affects color, water-holding capacity, and oxidative stability of their male offspring meat at the early stage. *Journal of Poultry Science*, Honduras, v. 88, n. 5, p. 1096-1101, 2009.