



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JULIANA NUNES DE ALMEIDA

**SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO NA RAÇÃO E QUALIDADE
DE CARNE DE FRANGO**

Londrina
2013

JULIANA NUNES DE ALMEIDA

**SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO NA RAÇÃO E QUALIDADE
DE CARNE DE FRANGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo

Londrina
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A447s Almeida, Juliana Nunes de.
Suplementação de selênio na ração e qualidade de carne de frango/
Juliana Nunes de Almeida. – Londrina, 2013.
64 f.: il.

Orientador: Adriana Lourenço Soares-Russo.
Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade
Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Ciência de Alimentos, 2013.
Inclui bibliografia

1. Carne – Qualidade – Teses. 2. Frango de corte – Alimentação e
rações – Teses. 3. Glutamina – Teses. 4. Selênio na nutrição animal –
Teses. 5. Lipídios – Oxidação – Teses. 6. Ácidos graxos – Teses. I. Soares-
Russo, Adriana Lourenço. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de
Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.
III. Título.

CDU 664.91

JULIANA NUNES DE ALMEIDA

**SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO NA RAÇÃO E QUALIDADE DE
CARNE DE FRANGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof^a Dr^a. Alice Eiko Murakami
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Prof^a Dr^a Mayka Reghiany Pedrão
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR

Londrina, 04 de março de 2013.

DEDICO

*Aos meus pais, João Batista (in memoriam) e
Maria de Lourdes.*

*Ele que não pode me acompanhar nesta
caminhada, mas sempre apoiou minhas escolhas,
à minha mãe pelo exemplo de mulher e
dedicação.*

*Às minhas irmãs Mayara e Maria Helena,
companheiras e sempre preocupadas comigo.*

Ao meu namorado Denis, pelo companheirismo.

*A todos eles pela paciência, apoio, e
compreensão pelas minhas ausências.*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^a. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo, pelos ensinamentos, paciência, pela amizade, conselhos, dedicada orientação, por estar sempre acessível e sempre preocupada em ajudar de todas as formas possíveis, não somente a assuntos relacionados à vida acadêmica, mas pessoais também.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa e auxílio financeiro deste trabalho.

À Fundação Araucária e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo auxílio financeiro destinado à esta pesquisa.

Aos Professores Dr. Massami Shimokomaki, Dra. Elza Louko Ida, pela amizade e conselhos para o meu crescimento profissional.

Ao Professor Dr. Alexandre Oba, que foi fundamental na realização deste projeto, pela dedicação e ensinamentos.

Ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos pelas condições oferecidas para a realização deste trabalho.

Aos docentes do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos desta instituição pelos ensinamentos e atenção dispensada.

À Gleice Rocha dos Santos, que durante esses dois anos foi meu braço direito, pelos ensinamentos, pela amizade, atenção e companheirismo durante esta caminhada. Muito obrigado por tudo.

Aos colegas e professores do Grupo de Carnes desta instituição, pela colaboração, amizade e conselhos.

Aos estagiários do Grupo de Carnes desta instituição: Flávia Maria Beteto, Fernanda Mendonça e Alyson Akira Takabayashi pelos auxílios destinados à elaboração deste trabalho.

Aos alunos do Mestrado em Ciência Animal, em especial a Aniele Pissinati e todos estagiários do curso de Zootecnia que participaram e ajudaram na criação e abate das aves utilizadas neste projeto.

Aos Funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos desta instituição, em especial à Neusa, pela ajuda e atenção sempre dispensadas.

Aos colegas do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos, em especial: Daiana Rosso, Mônica Reis, Cintia Handa, Natália Bom, Natália Rezende, Diogo Pedrollo, Juliano Zanela, Thiago Montagner, Patrícia Salomão, Gislaine Simões, Marinês Corso pela convivência, amizade e parceria.

A Deus, pela vida e por todos os momentos dela, inclusive os difíceis.

Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas.

Carl Sagan

ALMEIDA, Juliana Nunes de. **Suplementação de Selênio na Ração e Qualidade de Carne de Frango**. 2013. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina – PR.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de selênio (Se) orgânico (quelatado) e inorgânico na ração sobre a qualidade da carne de frango. Para o primeiro experimento foram utilizados 14 pintinhos de corte da linhagem *Cobb* de 1 dia de idade que 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, as sobrecoxas desossadas foram coletadas e armazenadas por 30 dias a -18°C. As amostras foram avaliadas quanto à perda por cozimento (PPC), oxidação lipídica pelo método de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) e atividade da enzima glutaciona peroxidase (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 ($p > 0,05$) 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. No segundo experimento foram utilizados pintinhos de corte da linhagem *Hubbard* de 1 dia de idade que foram divididos em 2 grupos: C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg Se inorgânico. kg⁻¹ de ração. Os frangos com 42 dias de idade foram abatidos, os filés e as sobrecoxas foram coletados e armazenados por 48h a 4°C e por 30 dias a -18°C. As amostras cruas e cozidas foram avaliadas quanto à oxidação lipídica por TBARS, atividade da enzima GSH-Px pela oxidação do NADPH e perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa. Os filés e sobrecoxas crus do grupo S-Suplementado apresentaram oxidação lipídica maior ($p \leq 0,05$) que do grupo Controle. A suplementação de selênio não alterou ($p \leq 0,05$) a atividade da GSH-Px das carnes, mas aumentou em 26,8% e 12,4% o teor de selênio dos filés e sobrecoxas, respectivamente. Para as amostras cozidas, a oxidação lipídica foi maior ($p \leq 0,05$) para sobrecoxas do grupo Suplementado, enquanto que a atividade da GSH-Px foi maior ($p \leq 0,05$) para sobrecoxas do grupo Controle. As sobrecoxas apresentaram maior oxidação lipídica, maior atividade de GSH-PX e 39% mais selênio que os filés. O cozimento das carnes reduziu aproximadamente 67% a atividade de GSH-Px. O selênio não alterou o perfil das carnes cozidas ($p \leq 0,05$). A suplementação com selênio inorgânico não alterou a atividade da GSH-Px e oxidação lipídica, no entanto melhorou a relação n-6/n-3 das carnes.

Palavras-chave: Oxidação lipídica. Glutaciona peroxidase. Perfil de ácidos graxos. Perda de peso por cozimento. Sobrecoxas de frango. Filés de frango.

ALMEIDA, Juliana Nunes de. **Dietary Supplementation of Selenium and Broiler Chicken Meat Quality**. 2013. 64p. Dissertation (Master of Science in Food Science) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of dietary supplementation of organic (chelated) and inorganic selenium (Se) on the poultry meat quality. For the first experiment were used 14 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 were analyzed for the cooking loss, lipid oxidation by Thiobarbituric-Acid-Reactive Substances (TBARS) and glutathione peroxidase (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 ($p > 0.05$) 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. In the second experiment were used *Hubbard* chicks with 1 day of age were divided into two groups: C-Control group (without supplementation) and S-Supplemented group (with 0,5mg of inorganic Se.kg⁻¹ of feed). Birds at 42 days of age were slaughtered and boneless skinless chicken thighs and breast fillets were collected and stored at 4°C for 24h and at -18°C for 30 days. The raw and cooked samples were analyzed for the lipid oxidation by TBARS, GSH-Px activity by NADPH oxidation and fatty acid profile by gas chromatograph. Thighs and fillets of Supplemented group presented lipid oxidation higher ($p \leq 0,05$) when compared with samples of group Control. The selenium supplementation did not change meat GSH-Px activities, but increased by 26.8% and 12.4% selenium content, respectively. For cooked samples, lipid oxidation was higher ($p \leq 0,05$) for thighs of Supplemented group while GSH-Px activity was higher ($p \leq 0,05$) for thighs of Control group. Thighs presented more lipid oxidation, GSH-Px activity higher and 39% more selenium content than fillets. The cooking reduced app. 67% the GSH-Px activity. The selenium did not change fatty acid profile of cooked meat. The supplementation with selenium inorganic did not change the GSH-Px activity and lipid oxidation however improved n-6/n-3 ratio in meats.

Key words: Lipid oxidation. Glutathione peroxidase. Fatty acid profile. Cooking loss. Chicken thighs. Breast fillets.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mecanismo da reação de oxidação lipídica.....	19
FIGURA 2 – Reação da Glutathione Peroxidase.....	23
FIGURA 3 – Ciclo oxidação-redução da glutathione	23

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO 1

- TABELA 1 – Composição percentual e calculada das rações nas diferentes fases de criação de frangos de cortes criados até os 42 dias de idade43
- 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 ração44

ARTIGO CIENTÍFICO 2

- TABELA 1 – Oxidação Lipídica, atividade da glutathiona peroxidase (GSH-Px) de filés e sobrecoxas de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹ de ração em diferentes tempo de armazenamento57
- TABELA 2 – Perfil de ácidos graxos de filés e sobrecoxas de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg^{-1.1}58
- TABELA 3 – Oxidação Lipídica, atividade da glutathiona peroxidase (GSH-Px) de filés e sobrecoxas de frangos cozidos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹ de ração em diferentes tempo de armazenamento59
- TABELA 4 – Perfil de ácidos graxos de filés e sobrecoxas cozidos de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹60
- TABELA 5 – Quantidade de Selênio (Se) em filés e sobrecoxas cru e cozidos de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹61

LISTA DE ABREVIATURAS

C-Controle	Tratamento sem suplementação
CRA	Capacidade de Retenção de Água
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
GSH	Glutathiona Reduzida
GSH-Px	Glutathiona Peroxidase
GSSG	Glutathiona Oxidada
H ₂	Hidrogênio
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrogênio
HCl	Ácido Clorídrico
HClO	Ácido hipocloroso
KOH	Hidróxido de Potássio
N ₂	Nitrogênio
NADPH	Nicotinamida Adenina Dinucleotidio Fosfato
NO	Óxido Nítrico
O ₂	Oxigênio no estado fundamental
O ₂ ⁻	Superóxido
O ₃	Ozônio
OH [·]	Radical Hidroxila
PSE	<i>Pale, Soft, Exudative</i>
PPC	Perda de Peso por Cozimento
PTFE	Politetrafluoretileno
S-Suplementado	Tratamento com suplementação
Se	Selênio
SRO	Substâncias Reativas ao Oxigênio
TBA	Ácido 2-tiobarbiturico
TBARS	Substancias Reativas ao Ácido Tiobarbiturico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Específicos	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Qualidade da Carne	17
3.1.1	Radicais livres	17
3.1.2	Oxidação Lipídica	18
3.2	Selênio	21
3.2.1	Glutathione Peroxidase (GSH-Px)	23
3.2.2	Efeito da suplementação de selênio	24
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	ARTIGO CIENTÍFICO 1	33
	RESUMO	34
	ABSTRACT	35
	INTRODUÇÃO	35
	MATERIAL E MÉTODOS	37
	<i>Animais e Tratamentos</i>	37
	<i>Perda de peso por cozimento (PPC)</i>	37
	<i>Oxidação Lipídica</i>	37
	<i>Atividade Glutathione Peroxidase (GSH-Px)</i>	38
	<i>Análise Estatística</i>	39
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
	CONCLUSÃO	40
	AGRADECIMENTOS	40
	REFERÊNCIAS	40

5.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2	45
RESUMO	46
ABSTRACT	47
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL E MÉTODOS	48
<i>Animais e Tratamentos</i>	48
<i>Preparo das amostras</i>	49
<i>Oxidação Lipídica</i>	49
<i>Atividade Glutaciona Peroxidase (GSH-Px)</i>	49
<i>Análise do Perfil de Ácidos Graxos</i>	50
<i>Quantidade de Selênio na carne</i>	50
<i>Análise Estatística</i>	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
CONCLUSÃO	53
AGRADECIMENTOS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
ANEXO	63

1 INTRODUÇÃO

A produção de frangos no Brasil em 2011 superou 5 milhões de aves abatidas, 60% apenas na região Sul do país segundo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012) e o Sindicato de Produtores Avícolas do Paraná (SINDIAVIPAR, 2012). Estes números colocam o Brasil em primeiro lugar no *ranking* mundial de exportadores de carne de frango, e em terceiro lugar no *ranking* dos países com maior produção avícola.

O alto nível tecnológico alcançado pela avicultura nacional, principalmente com a produção de aves de corte, colocou a atividade em posição privilegiada em relação a outras atividades pecuárias desenvolvidas no Brasil (VIEIRA; DIAS, 2008).

Entre as produções animais, a avicultura é uma das atividades que mais se desenvolveu na última década, com grandes progressos na genética, nutrição, manejo e sanidade (TINOCO, 2001). O aumento da produção avícola fez com que os produtores começassem a se preocupar mais com a qualidade do seu produto, adotando critérios importantes na produção de frangos de corte, como maior rendimento de carcaça, principalmente peito e coxas e melhor qualidade da carne (MOREIRA, 2003). Na indústria, esses critérios variam de acordo com a empresa e destino do produto.

A oxidação lipídica é a principal causa da perda da qualidade da carne e produtos cárneos durante armazenamento e envolve a formação de radicais livres que podem levar a alterações na textura, sabor, cor, oxidação de proteínas e perda do valor nutritivo (SOARES et al., 2004). O uso de antioxidantes é uma maneira utilizada para minimizar o desenvolvimento de processos oxidativos. No entanto, o seu uso em carnes frescas e congeladas não é permitido pela legislação brasileira através da Portaria nº1004 de 11 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998). Assim, a adição de antioxidantes na ração dos animais tem sido estudada como uma alternativa no controle de processos oxidativos e na melhora da qualidade da carne. A suplementação com vitamina E mostrou ser efetiva na inibição de oxidação lipídica em carnes de frango (SOARES et al., 2004) e na inibição do desenvolvimento de carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) (OLIVO et al., 2001).

O selênio é um micromineral essencial cuja capacidade antioxidante está relacionada com sua participação no sítio ativo da enzima glutathiona peroxidase

(GSH-Px) que é responsável pela redução do peróxido de hidrogênio e hidroperóxido em água e álcool, respectivamente, a partir da glutathiona reduzida (GSH) (COMINETTI et al, 2011). Pesquisas têm demonstrado que a suplementação na ração com selênio orgânico e/ou inorgânico melhoram o desempenho e qualidade da carne de aves, suínos e bovinos (MAHAN et al. 1977; BOIAGO, 2006; RUTZ, 2009).

Desta forma, torna-se importante investigar o efeito da adição de selênio orgânico e inorgânico na ração de frangos como agente em potencial para inibição de processos bioquímicos que conduzem a perda da qualidade da carne.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Investigar o efeito da suplementação de selênio orgânico e inorgânico na ração sobre a qualidade da carne de frango.

2.2 Específicos

Avaliar o efeito da suplementação de selênio quelatado na ração sobre a qualidade da carne de frango.

Analisar o efeito da suplementação de selênio inorgânico na ração sobre a qualidade da carne de frango.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Qualidade da carne

A qualidade sensorial e nutricional da carne é de grande importância no momento da escolha do consumidor. Sendo assim, a cadeia produtiva de frango 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).

Os produtores de frango adotaram critérios para avaliar a qualidade do frango produzido, como rendimento de carcaça, produção de carne de peito e de coxas e qualidade da carcaça e da carne. Esses fatores podem ser influenciados pela escolha da linhagem da ave, que interfere na idade de abate, rendimento de carcaça, peito e coxas (MOREIRA et al., 2003).

Outras características, como a qualidade tecnológica e sensorial da carne também são importantes na industrialização. Segundo Simões et al. (2009), os atributos mais avaliados para a carne de frango são: cor, aparência e textura, que estão relacionados às propriedades sensoriais e funcionais, como a capacidade de retenção de água (CRA) e pH final da carne. Alterações nestes atributos levam a perda da qualidade da carne.

A composição química da carne de frango, rica em proteínas e ácidos graxos polinsaturados associados com as transformações bioquímicas que ocorrem após a morte do animal tornam a carne mais suscetível à oxidação comprometendo sua qualidade.

3.1.1 Radicais livres

A oxidação lipídica inicia-se logo após o abate afetando cor, sabor, textura e valor nutritivo (SOARES et al, 2004). Os lipídios são representados pelas frações fosfolipídicas e triglicerídicas, que servem de substrato para a oxidação. Os íons

metálicos, a presença de luz e o aumento de temperatura atuam como catalisadores da reação aumentando a velocidade da reação e a produção de mais radicais livres (ST ANGELO, 1996).

Na natureza existem duas importantes substâncias que podem gerar radicais livres: o oxigênio no estado fundamental (O_2) e o óxido nítrico (NO), que ocorre como poluente atmosférico, mas que também é sintetizado em diversas células (ROVER; HÖEHR; VELLASCO, 2001). O oxigênio pode dar origem a diversas substâncias reativas ao oxigênio (SRO), que incluem radicais livres como superóxido ($O_2^{\cdot-}$) ou o hidroxil (OH^{\cdot}), e espécies não radicalares tais como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ácido hipocloroso (HClO) e ozônio (O_3).

Os radicais livres são substâncias instáveis, de vida muito curta, que se reproduzem rapidamente. Estes radicais apresentam um elétron não pareado no orbital mais externo, que procura seu par retirando um elétron do átomo mais próximo, este se torna estável enquanto o átomo que sofreu perda de elétron passa a ser um radical livre, ocorrendo uma reação em cadeia que afeta lipídios, proteínas e DNA (KARADAS; SURAI, 2004).

A presença de radicais livres pode levar a mutações no DNA, erros de translação e inibição da síntese de proteínas. Nas proteínas, os radicais livres são responsáveis por alterar o transporte de íons ou a atividade das enzimas. A peroxidação de ácido graxos poliinsaturados altera a composição, estrutura e propriedades da membrana e as atividades de enzimas a ela relacionadas (SURAI, 2002).

Em animais, estes danos resultam no comprometimento de muitos sistemas e processos orgânicos, afetando inclusive o ganho de peso, desenvolvimento, e reprodução. Na carne, compromete sua qualidade, pois esta é exposta a fatores que levam a ocorrência de oxidação lipídica, como cortes, trituração onde há incorporação de oxigênio e cozimento, onde o ferro é liberado do grupo heme.

3.1.2 Oxidação Lipídica

Nos alimentos, a fração lipídica está relacionada a propriedades sensoriais, como aroma, cor, textura, suculência, estabilidade das proteínas, vida útil do produto sob condições de baixas temperaturas e conteúdo calórico (FERRARI, 1998).

A ocorrência da oxidação lipídica nos alimentos é inevitável, influenciando diretamente na qualidade dos produtos alimentícios. Nos últimos anos, pesquisas vêm sendo realizadas para limitar a ocorrência de oxidação durante o processamento e conservação dos alimentos, fornecendo aos consumidores produtos de alta qualidade (SILVA et al., 1999). Neste sentido, muitos estudos vêm sendo realizados com compostos antioxidantes em diversos alimentos, inclusive em carnes.

A oxidação lipídica ocorre em um mecanismo de três etapas: iniciação, propagação e terminação (Figura 2). Na primeira, há baixo consumo de oxigênio, baixa concentração de peróxidos, não ocorre alteração sensorial, porém há um aumento na concentração de radicais livres. A segunda etapa apresenta alto consumo de oxigênio, aumenta a concentração de peróxidos e inicia-se sua decomposição, começa ocorrer alterações sensoriais. Na última etapa, terminação, cai o consumo de oxigênio, diminui a concentração de peróxidos e a alteração sensorial é perceptível, com aumento da viscosidade, alteração na cor, sabor e odor (POKORNY et al., 2001).

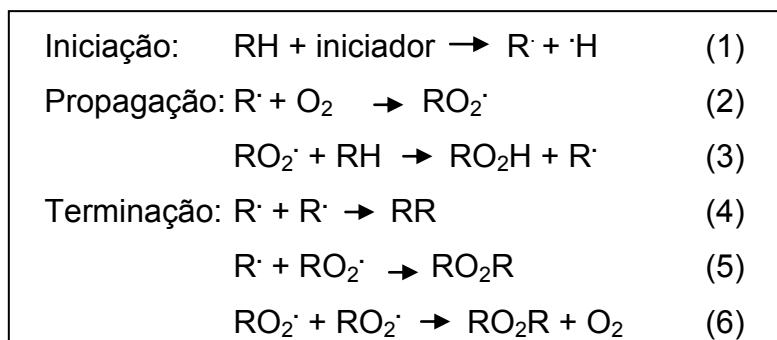


FIGURA 1: Mecanismo da reação de oxidação lipídica (Fonte: Adaptado de Ozilgen & Ozilgen (1990).

Membranas de células e organelas são compostas pela fração fosfolipídica, e no interior das células musculares e adipócitos estão presentes a fração triglicerídica que é a reserva energética (FERRARI, 1998).

Após o abate do animal, as alterações bioquímicas que acompanham a conversão do músculo em carne oferecem condições para que ocorra a oxidação lipídica, o fluxo sanguíneo cessa, ocorrendo falha no sistema antioxidante natural. A oxidação lipídica inicia-se nos músculos pelas frações fosfolipídicas. O grau de

oxidação lipídica é influenciado por vários fatores pré-abate, como alimentação e estresse, e por fatores pós-abate, pH, temperatura da carcaça, encurtamento pelo frio, desossa mecânica, moagem e etc (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002; SOARES et al, 2004). Estes processos pós-abate rompem as membranas musculares levando a liberação de proteínas e liberação do ferro presente na mioglobina.

Estudos realizados demonstram que pode existir uma correlação entre a oxidação lipídica e a formação de metamioglobina (a forma oxidada do pigmento mioglobina). A oxidação do pigmento e a liberação do ferro cataliticamente ativo da molécula pode induzir a oxidação lipídica, levando ao ranço. Por sua vez, os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o pigmento heme, bem como provocar a desnaturação da parte proteica, levando a mudanças de cor indesejáveis (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002)

Além de alterações na cor, a oxidação lipídica causa sabores indesejáveis e produção de substâncias que são potencialmente tóxica como o malonaldeído, este apresenta efeito citotóxico, carcinogênico e mutagênico em seres humanos (GRAY et al., 1996, MORRISSEY et al., 1998).

A oxidação lipídica pode interferir também no perfil de ácidos graxos, principalmente dos insaturados que estão presentes na camada lipoprotéica da membrana celular, resultando na diminuição do tempo de vida útil da carne. (LAWRENCE; FOWLER, 1997).

Os antioxidantes são substâncias que impedem ou reduzem o desencadeamento de reações oxidativas e são utilizadas para combater a oxidação lipídica e o estresse oxidativo (GRAY et al., 1996). No Brasil, o uso de antioxidantes em carnes frescas e congeladas não é permitido, segundo Portaria n°1004 de 11 de dezembro de 1998, porém é permitida sua adição em produtos cárneos (BRASIL, 1998).

Em carnes *in natura*, a maneira encontrada para reduzir o desencadeamento de reações oxidativas e melhorar a qualidade da carne, é a suplementação da ração animal com antioxidantes como vitamina E e ácido fólico ou como minerais que apresentam capacidade antioxidante como o selênio.

3.2 Selênio

A presença de minerais no organismo animal é muito importante, em aves esses minerais representam 3 a 4% do peso vivo, já em suínos esse valor corresponde a 2,8%. Esses minerais são responsáveis pela formação do tecido conjuntivo, manutenção do equilíbrio, membrana celular, ativação de reações bioquímicas entre outras funções (SECHINATO, 2006).

Os minerais são subdivididos em macro e microminerais ou elementos traços. Microminerais inorgânicos, como, sulfato de zinco e selenito de sódio, são utilizados há muito tempo nas rações de aves, com o intuito de suprir as necessidades nutricionais. Porém, para esses minerais serem absorvidos pelo trato gastrointestinal, devem ser inicialmente solubilizados na forma iônica. Mas como esses minerais inorgânicos, possuem cargas elétricas, pode ocorrer interação com outros componentes da dieta, tornando-os indisponíveis para o animal (CLOSE, 1998; BOIAGO, 2006). Em contrapartida, há um crescente uso de minerais orgânicos na alimentação animal que estão quelatados apresentando-se mais biodisponíveis, ou seja, são facilmente absorvidos e retidos pelo organismo do animal, ao contrário dos inorgânicos (BRITO, 2005; SECHINATO, 2006; RUTZ, 2009).

Minerais orgânicos ou quelatados são assim denominados, pois resultam do compartilhamento entre substâncias orgânicas e um metal, essas substâncias orgânicas podem ser aminoácidos ou peptídeos. O resultado é a formação de complexos contendo íons metálicos quelatados, que apresentam alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade (VIEIRA, 2004).

Microminerais como ferro, iodo, cobalto, manganês e selênio, estão presentes em quantidades mínimas na alimentação de aves, porém mesmo em pequenas quantidades, não deixam de desempenhar papel importante no organismo desses animais. O selênio (Se), por exemplo, juntamente com a vitamina E, atuam na proteção dos tecidos animais contra danos oxidativos por ser componente da enzima glutathiona peroxidase (GSH-Px) e também atua no metabolismo dos aminoácidos sulfurados (MCDOWELL, 1992).

O selênio é um elemento químico pertencente ao Grupo dos Calcogênios (6A) da classificação periódica, é um não-metal que foi descoberto em 1817 por J. J. Berzélius. Em 1929, uma doença que acometia cavalos foi relacionada a altos níveis

de selênio, o que levou por muitos anos relacionar o selênio a problemas de toxicidade. Em 1957, a partir de trabalhos realizados por Schwarz e Foltz, mudou-se o enfoque a respeito do selênio que passou a ser pesquisado como elemento essencial (ZANETTI, 1998).

Entretanto, estudos demonstram que o selênio apresenta uma margem muito estreita entre os níveis de exigência e toxidez. Segundo Gierus (2007), dieta com teores menores que 0,1mg/kg são considerados deficientes, porém o valor de toxidez varia de acordo com cada autor, para Gierus (2007) acima de 2mg/kg podem ser tóxicos, enquanto Surai (2002) não observou sinais de intoxicação em doses menores que 5mg/Kg de ração.

No ano de 1973, descobriu-se que o selênio agia por intermédio da enzima GSH-Px e verificou-se que este era importante para a destruição dos peróxidos formados no organismo animal (ROTRUCK, 1973).

A utilização do selênio se dá na forma orgânica, como selenometionina (SeMet) e selenocisteína, ou na sua forma inorgânica, como selenato e selenito. Leveduras cultivadas em meios ricos em selênio vêm sendo empregadas para a produção em abundância de selenometionina e/ou selenocomponentes (IP, 1998).

As diferenças entre as fontes de selênio orgânico e inorgânico são de grande importância dentro da função fisiológica animal. Enquanto a forma predominante de suplementação do selênio é feita pelo selenito de sódio, a principal forma de ocorrência natural nos alimentos é a L-selenometionina, um análogo do aminoácido metionina (SCHRAUZER, 2000). Os vegetais, algas marinhas, bactérias e leveduras podem sintetizar ambos (metionina e selenometionina), porém os animais não o podem.

O selênio além de influenciar na qualidade da carne, também contribui com um melhor empenamento, desenvolvimento e resistência ao calor (EDENS, 1996; MAHMOUD, EDENS, 2005). O selênio orgânico pode atuar como uma reserva nos músculos e o inorgânico direto na incorporação a selenocisteína atuando em diversas selenoproteínas (SCHRAUZER, 2000; SURAI, 2002).

Autores afirmam que na forma orgânica há maior biodisponibilidade, porém em sua forma inorgânica, como selenito de sódio, tem melhor efeito no combate à diátese exsudativa e restabelecimento da (GSH-Px) (CANTOR et al., 1975; GARIELSEN, OPSTVEDT, 1980).

3.2.1 Glutathione Peroxidase (GSH-Px)

O selênio é um componente importante da enzima (GSH-Px), pois compõe o sítio catalítico desta enzima, que foi a primeira selenoproteína a ser descrita. A (GSH-Px) atua sobre os peróxidos lipídicos e peróxidos de hidrogênio, convertendo-os em hidroxiácidos e água, a partir da glutathione reduzida (GSH), (COMINETTI 2011), conforme as reações apresentadas a seguir na Figura 2:

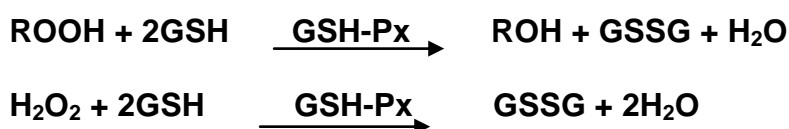


Figura 2: Reação da Glutathione Peroxidase

Fonte: COMINETTI (2011).

Nestas reações, duas moléculas de glutathione reduzida (GSH) são oxidadas à glutathione dissulfeto (GSSG) enquanto uma molécula de peróxido de hidrogênio ou peróxido lipídico é reduzida pela ação da GSH-Px. A glutathione oxidada (GSSG) pode ser regenerada por meio da redução pela glutathione redutase, conforme Figura 3 (HUBER, ALMEIDA, FÁTIMA, 2008).

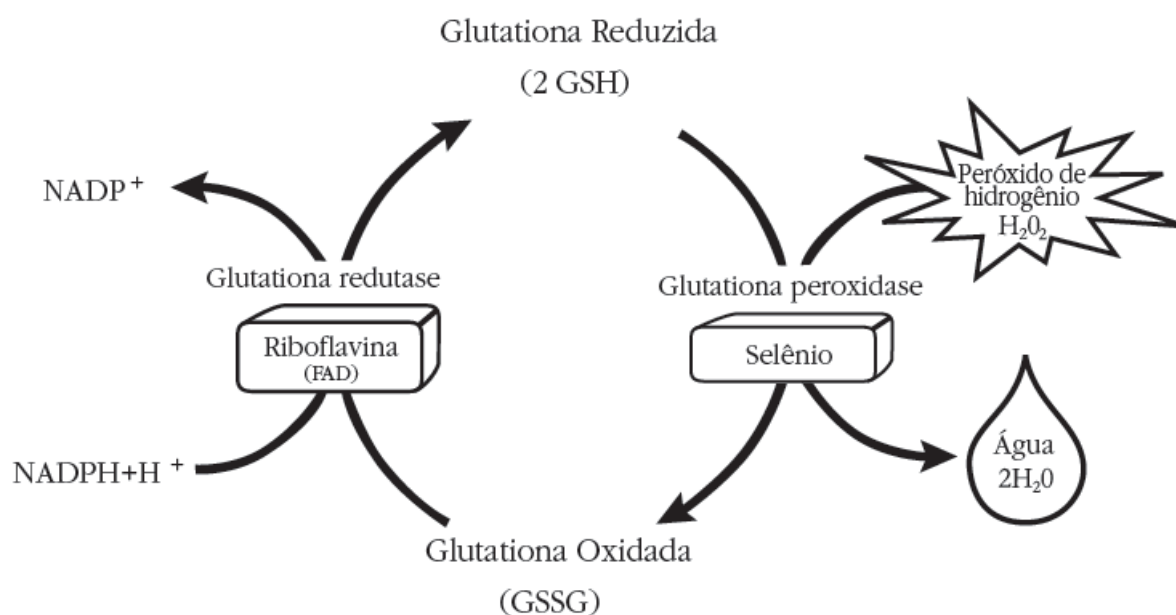


FIGURA 3: Ciclo oxidação-redução da glutathione

(Fonte: <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/selenium/gsh.html>) (COMINETI, 2011)

O selênio induz a biossíntese da selênio-enzima GSH-Px, que tem como função no organismo ação antioxidante primária, protegendo espécies que utilizam metabolismo oxidativo da ação de radicais livres. A atividade de GSH-Px é considerada como um indicador da localização de selênio 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), pois existe um sinergismo entre selênio e vitamina E na ação antioxidante.

A vitamina E, presente nas membranas e células é a primeira linha de defesa para danos causados pela peroxidação fosfolipídica, enquanto o selênio atua como segunda linha de defesa, como componente da enzima GSH-Px, auxiliando a vitamina E no processo antioxidante (MCDOWELL, 1992).

A presença de selênio na dieta animal, principalmente galináceos, poupa a vitamina E de sua ação, aumentando os níveis desta vitamina no plasma quando estes animais recebem dietas suplementadas com selênio. Já a vitamina E contribui com o selênio, mantendo-o no organismo de forma ativa, impedindo sua perda. Ao agir evitando a destruição dos lipídios pela membrana e a produção de hidroperóxidos, a quantidade de GSH-Px necessária para destruição de peróxidos no citosol das células é reduzida (MCDOWELL, 1989).

3.2.2 Efeito da suplementação de selênio

O efeito da suplementação de selênio em dietas das aves pode variar de acordo com a fonte utilizada, ou seja, se esta é fonte orgânica (Selênio-levedura) ou inorgânica (selenito de sódio) (CANTOR et al., 1997). Moreira et al. (2001) utilizando duas fontes de selênio, orgânico e inorgânico, nos níveis (0; 0,15; 0,45; 0,75; 1,05 e 1,35mg Se. kg⁻¹) verificaram que o peso vivo e o ganho de peso de frangos suplementados com selênio orgânico foram superiores aos frangos suplementados com selênio inorgânico para 21 e 42 dias, entretanto a atividade da GSH-Px hepática não foi influenciada pelas fontes de selênio.

Boiago (2006) estudando a utilização de diferentes fontes (orgânica e inorgânica) e concentrações de selênio (0,3 e 0,5mg Se. kg⁻¹ de ração) observou que as carnes de peito de frangos alimentados com selênio orgânico oxidaram menos quando comparadas com as carne de frangos alimentados com selênio inorgânico, entretanto, quando comparadas com o controle, as carnes de frangos suplementados com selênio (orgânico e inorgânico) apresentaram maior oxidação lipídica. Com relação à deposição de selênio na carne, a ração com maior suplementação (0,5mg Se. kg⁻¹) de fonte orgânica, foi a que apresentou melhores resultados com uma deposição de 151,63mg Se. kg⁻¹, enquanto a suplementação por selenito de sódio obteve uma deposição de 62,54mg Se. kg⁻¹.

Ao avaliarem o efeito de diferentes fontes (orgânica e inorgânica) e concentrações (0,1; 0,2 e 0,3 ppm de Se), Yoon et al. (2007) verificaram que a suplementação de Se não influenciou na performance de crescimento de frangos de 42 dias, mas o teor de selênio no sangue e a atividade da GSH-Px aumentaram com o aumento da concentração de selênio na dieta e sugeriram maior biodisponibilidade de selênio quando fornecido na forma orgânica.

Upton et al. (2009) estudaram o efeito da fonte de selênio (orgânico e inorgânico) e de dietas oxidadas na performance de frangos e nas atividades de GSH-Px e glutathiona redutase e observaram que apenas a atividade hepática e sanguínea da GSH-Px foi influenciada pela inclusão de selênio na dieta independente da fonte.

Cichoski et al. (2012) verificaram que a atividade da GSH-Px em coxas de frango não alterou com a inclusão de selênio na dieta independente das fontes (orgânico e inorgânico) utilizadas.

Ao investigaram o efeito de 4 dietas (sem selênio, 0,2mg de Se inorgânico, 0,2mg de Se orgânico e 0,3mg de Se inorgânico) na atividade hepática da GSH-Px de frango, Holovska-Junior et al. (2003) observaram que a dieta não influenciou a atividade desta enzima.

Wang e Xu (2008) estudando o efeito de diferentes fontes de selênio (orgânico e inorgânico) na dieta de frangos encontraram que a atividade da GSH-Px no plasma e no fígado foi maior para dietas contendo selênio, entre as diferentes fontes de selênio foi observada apenas diferença para a atividade plasmática sendo maior para os frangos com suplementação de selênio orgânico quando comparado com inorgânico.

Rotta (2007) investigou o efeito de diferentes fontes (orgânica e inorgânica) e níveis de selênio ($0,15\text{mg Se. kg}^{-1}$ e $0,35\text{mg Se. kg}^{-1}$) na dieta de frangos sobre a atividade da GSH-Px e oxidação lipídica de carne. E observou que a atividade de GSH-Px das sobrecoxas não foi influenciada pela dieta, já a oxidação lipídica apresentou valores maiores para o tratamento com inclusão de $0,35\text{mg}$ de Se orgânico e menores para o tratamento com inclusão de $0,15\text{mg}$ de Se inorgânico.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilâncias Sanitária.** Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998, que aprova o Regulamento Técnico: "Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 – Carne e Produtos Cárneos", constante do Anexo desta Portaria. Publicada no Diário Oficial da União em 14 de dezembro de 1998.

BRITO, J. A. G. **Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações de frangas na fase de recria.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Nutrição de Monogástricos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 63, 2005.

BOIAGO, M. M. **Características produtivas e qualitativas da carne de frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

CANTOR, A. H.; SCOTT, M. L.; NOGUCHI, T. Biological availability of selenium in feedstuffs and selenium compounds for prevention of exudative diathesis in chicks. **Journal of Nutrition**, v. 105, n.1, p. 96-105, 1975.

CANTOR, A. H. et al. Tissue selenium concentrations of broilers fed diets supplemented with selenized yeast and sodium selenite. **Poultry Science Association**, v.76, p.58, 1997.

CICHOSKI, A. J. et al. Investigation of glutathione peroxidase activity in chicken meat under different experimental conditions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, n.4, p.661-667, 2012.

CLOSE, W. H. The role of trace mineral proteinates in pig nutrition. In: Biotechnology in the food industry, In: **Alltech's 14th Annual Symposium**, Nottingham University, Nottingham. p. 469-376, 1998.

COMINETTI, C. et al. Considerations about oxidative stress, selenium and nutrigenetics. **Journal Brazilian Society Food Nutrition**, São Paulo, SP, v. 36, n. 3, p. 131-153, 2011.

EDENS, F.W. Organic selenium: from feathers to muscle integrity to drip loss: five years onward: no more selenite. **Biotechnology in the feed industry**. Nottingham: Nottingham University, v.1, p.165-185, 1996.

FERRARI, C. K. B. Lipid oxidation in food and biological systems: general mechanisms and nutritional and pathological implications. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 11, p. 3-14, 1998.

GABRIELSEN, B.O.; OPSTVEDT, J. Availability of selenium in fish meal in comparison with soybean meal, corn gluten meal and selenomethionine relative to selenium in sodium selenite for restoring glutathione peroxidase activity in selenium-depleted chicks. **Journal Nutrition**, v.110, p.1096-1100, 1980.

GANTHER, H. E.; **Metabolism of hydrogen selenide and methylated selenides**. In: DRAPER, N.H. Advances in nutritional research, New York: Plenum Press, v.2, p. 107 -128, 1979.

GIERUS, M. Organic and inorganic sources of selenium in the nutrition of dairy cows: digestion, absorption, metabolism and requirements. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.1212-1220, 2007.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v. 43, p.111–123, 1996.

HOLOVSKA J. K. et al. Antioxidant enzyme activities in liver tissue of chickens fed diets supplemented with various forms and amounts of selenium. **Journal of Animal and Feed Science**, v.12, p.143-12, 2003.

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

IP, C. Lessons from basic research in selenium and cancer prevention. **Journal Nutrition**. 128:1845-1854, 1998.

KARADAS, F., SURAI, P. F. **Interações entre Selênio e Vitamina E**. In: Simpósio Brasileiro Alltech. Curitiba, p. 57-73, 2004.

KOHRLE et al., 2000. KOHRLE, J. et al. Selenium in biology: facts and medical perspectives. **Biological chemistry**., v. 381, n. 9-10, p. 849-864, 2000.

LAWRENCE, T.J.L.; FOWLER, V.R.; TISSUES. In: **Growth of farm animals**. CAB INTERNATIONAL, Londres.1997, p.331, 1997.

McDOWELL, L. R. **Vitamins in Animal Nutrition**. Academic Press, Sandiego, p. 486 1989.

McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. Academic Press, New York, p. 524, 1992.

MAHAN, D.C., MOXON, A.L., HUBBARD, M. Efficacy of inorganic selenium supplementation to sow diets on resulting carry-over to their progeny. **Journal of Animal Science**, v. 45, p. 738-746, 1977.

MAHMOUD, K.Z.; EDENS, F.W. Influence of organic selenium on hsp70 response of heat-stressed and enteropathogenic *Escherichia coli*-challenged broiler chickens (*Gallus gallus*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.141, p.69-75, 2005.

MOREIRA, J; et al. Efeito de fonte e níveis de selênio na atividade enzimática da glutatona peroxidase e no desempenho de frangos de corte. **Ciência Agrotécnica**, v. 25, n. 3, p. 645–649, 2001.

MOREIRA, J. Avaliação de Desempenho, Rendimento de Carcaça e Qualidade da Carne do Peito em Frangos de Linhagens de Conformação versus Convencionais. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1663-1673, 2003.

MORRISSEY, P. A.; et al. Lipid Stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. 73-78, 1998.

OLIVO R., et al. Food & Nutrition Press, Inc.. Tiurnbull, Connecticut. **Journal of Food Biochemistry**, v. 25, p. 271-283, 2001.

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

OZILGEN, S., OZILGEN, M. Kinetic Model of Lipid Oxidation in Foods. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 2, 1990.

POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. **Antioxidants in food – Practical applications**, ed. 1, Cambridge: CRC Press, 2001.

ROTRUCK, J.T., POPE, A.L., GANTHER, H.E. et al. Selenium: Biochemical role as a component of Glutathione peroxidase. **Science**, v.179, p.588-590, 1973.

ROTTA, R. B. **Estudos da Atividade da Enzima Glutaciona Peroxidase em Carne de Frango**. p. 96. Dissertação (Mestrado), Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Erechim/RS. 2007.

ROVER J. L.; HÖEHR, N.F.; VELLASCO, A.P. Sistema antioxidante envolvendo o ciclo metabólico da glutatona associado a métodos eletroanalíticos na avaliação do estresse oxidativo. **Química Nova**. São Paulo, v. 24, n. 1, p. 112-119, 2001.

RUTZ, F.; MURPHY R. **MINERAIS ORGÂNICOS PARA AVES E SUÍNOS**. I Congresso Internacional sobre Uso da Levedura na Alimentação Animal CBNA - 17 e 18 de setembro de 2009 – Campinas, SP.

SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micros minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal Veterinary Residency animal Science**, v. 43, p.159-166. 2006.

SCHRAUZER, G. N. Selenomethionine: A Review of Its Nutritional Significance, Metabolism and Toxicity. **Journal Nutrition**. v.130, p.1653–1656, 2000.

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**, v.22, p.94-103, 1999.

SINDIAVIPAR. **Sindicato de Produtores Avícolas do Paraná – Estatísticas**. 2012. Disponível em: <http://www.sindiavipar.com.br/index.php?modulo=8&acao=detalhe&cod=1008>. Acesso em 15/01/2012.

SIMÕES, G. S. et al. Vehicle thermal microclimate evaluation during brazilian summer broiler transport and the occurrence of PSE (Pale, Soft, Exudative) meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p. 195-204, 2009.

SOARES, A. L. et al. 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**, v. 47, p. 57-62, 2004.

ST ANGELO. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v.36, p. 175-224, 1996.

SURAI, P. R. Selenium. In: **Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction**. Nottingham University Press. Nottingham, UK, p. 233-304, 2002a.

SURAI, P. R. Selenium in poultry nutrition 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. **World's Poultry Science Journal** v. 58, p. 333-347, 2002b.

TINOCO, IFF. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira Ciência Avícola**, v. 3, n. 1, p. 01-26, 2001.

UPTON, J.R.; EDENS, F.W.; FERKET, P.R. The effects of dietary oxidized fat and selenium source on performance, glutathione peroxidase and glutathione reductase activity in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.18, p.193-202, 2009.

VIEIRA, S. L. Minerais quelatados na nutrição animal. In. Simpósio sobre manejo e nutrição de aves e suínos. **Anais** Campinas: CBNA, 2004. p. 51-70, 2004.

VIEIRA, N. M; DIAS, R. S. **Uma Abordagem Sistêmica da Avicultura de Corte na Economia Brasileira.** 2008. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/2/394.pdf> Acesso em: 10/08/2011.

WANG, Y-B.; XU, BH. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 144, p.306-314, 2008.

YOON, I.; WERNER, T.M.; BUTLER, J.M. Effect of source and concentration of selenium on growth performance and selenium retention in broiler chickens. **Poultry Science**, v.86, p.727-730, 2007.

ZANETTI, M. A.; et. al. Efeitos da Suplementação de Selênio e Vitamina E em Bovinos Leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.405-408, 1998.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Resultados e Discussão desta Dissertação foram redigidos na forma de dois Artigos Científicos, os quais estão apresentados a seguir.

5.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1

Suplementação de Selênio Quelatado na Ração e Qualidade da Carne de Frango

Juliana Nunes de Almeida

Gleice Rocha dos Santos, Flávia Maria Beteto, Lara Gonçalves de Medeiros,
Alexandre Oba, Massami Shimokomaki, Adriana Lourenço Soares

Situação: Artigo aceito para publicação em 05 de dezembro de 2012, SEMINA: Ciências Agrárias, v. 33, suplemento 2, p.3117-3122, 2012.

DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33Supl2p3117

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

¹ Mestrandas do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina

² Graduanda em Farmácia, Bolsista de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Londrina

³ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina

⁴ Docente do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina

⁵ Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.

⁶ Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina. E-mail: adri.soares@uel.br

*Autor para correspondência

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 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; SOARES et al, 2009). Os principais substratos envolvidos na oxidação são os ácidos graxos polinsaturados que compõem os fosfolipídios 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, 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 (KOHRLER 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*. As sobrecoxas 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).

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 percentagem 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 Glutationa 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 glutatona redutase (5U) e 50 µL de glutaiona 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 Ug⁻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 atômico 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.

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 Controle 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 Kg^{-1} 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/CAPE/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 Recria**. 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**, v.10, n.5-6 p.347-352, 2000.
- DAUN, C. et al. Glutathione peroxidase activity, tissue and soluble selenium content in beef and pork in relation to meat ageing and pig RN phenotype. **Food Chemistry**, 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: Symposium of biotechnology in the feed and food industries 1996, poster.

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

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

HUBER, P. C.; ALMEIDA, W. P.; FÁTIMA, A. Glutathiona e enzimas relacionadas: papel biológico e importância em processos patológicos. **Química Nova**, 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**, 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**, v. 45, n.9, p. 738-746, 1977.

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**, v.25, n. 4, 271-283, 2001.

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

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, 252p.

RUTZ, F. ; MURPHY, R. Minerais Orgânicos para Aves e Suínos. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL CBNA, 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. **Brasilian Journal of Veterinary Reseach and Animal Science**, v. 43, 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**, 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**. 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**, 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. **Poultry Science**, v.88, n.5, p.1096-1101, 2009.

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. + cyst. 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.

Tabela 2 – Perda de peso por cozimento (PPC), oxidação lipídica, atividade da glutatona 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 linha 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 linha diferem entre si pelo teste *t* de *Student* a 10,0% de probabilidade ($p \leq 0,10$).

5.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2

Suplementação de Selênio Inorgânico na Ração e Qualidade da Carne de Frango

Juliana Nunes de Almeida
Gleice Rocha dos Santos, Alexandre Oba, Massami Shimokomaki, Adriana Lourenço Soares

Suplementação de Selênio Inorgânico na Ração e Qualidade da Carne de Frango

Dietary Supplementation of Inorganic Selenium and Broiler Chicken Meat Quality

Juliana Nunes de Almeida, Gleice Rocha dos Santos, Alexandre Oba, Massami Shimokomaki, Adriana Lourenço Soares

Resumo

A oxidação lipídica é uma das maiores causas de perda de qualidade de carnes e produtos. A glutathiona peroxidase (GSH-Px) é uma enzima selênio dependente que previne danos oxidativos nos tecidos animais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de selênio inorgânico sobre a qualidade da carne de frango. Os pintinhos de corte da linhagem *Hubbard* de 1 dia de idade foram divididos em 2 grupos: C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg Se inorgânico. kg⁻¹ de ração. Os frangos com 42 dias de idade foram abatidos e os filés e sobrecoxas desossados foram coletados e armazenados por 48h a 4°C e por 30 dias a -18°C. As amostras cruas e cozidas foram avaliadas quanto a oxidação lipídica pelo método de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), atividade da enzima GSH-Px pela oxidação do NADPH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato Reduzido), perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa e teor de selênio na carne por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado. Os filés crus congelados e sobrecoxas cruas resfriadas do grupo S-Suplementado apresentaram oxidação lipídica maior ($p \leq 0,05$) que do grupo Controle. A suplementação de selênio não alterou ($p > 0,05$) a atividade da GSH-Px das carnes, mas aumentou em 26,8% e 12,4% o teor de selênio dos filés e sobrecoxas, respectivamente. Para as amostras cozidas, a oxidação lipídica foi maior ($p \leq 0,05$) para sobrecoxas do grupo Suplementado, enquanto que a atividade da GSH-Px foi maior ($p \leq 0,05$) para sobrecoxas do grupo Controle. O selênio não alterou ($p > 0,05$) o perfil das carnes cozidas. A suplementação com selênio inorgânico não alterou a atividade da GSH-Px e oxidação lipídica, no entanto melhorou a relação n-6/n-3 das carnes.

Palavras-chave: oxidação lipídica, perfil de ácidos graxos, filés de frango, sobrecoxas de frango

Abstract

Lipid oxidation is a major cause of deterioration in the quality of meat and meat products. The glutathione peroxidase (GSH-Px) is selenium-containing enzyme, which prevents the oxidative damages in animal tissue. The aim of this study was to investigate the effect of dietary supplementation of inorganic Se on the poultry meat quality. Hubbard chicks with 1 day of age were divided into two groups: C-Control group (without supplementation) and S-Supplemented group (with 0.5mg of inorganic Se.kg⁻¹ of feed). Birds at 42 days of age were slaughtered and boneless skinless chicken thighs and fillets were collected and stored at 4°C for 48h and at -18°C for 30 days. The raw and cooked samples were analyzed for the 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, fatty acid profile by gas chromatograph and selenium content in meat by inductively coupled plasma mass spectrometry. Frozen raw thighs and refrigerated raw fillets of Supplemented group presented lipid oxidation higher ($p \leq 0,05$) when compared with samples of group Control. The selenium supplementation did not change ($p > 0,05$) meat GSH-Px activities, but increased by 26.8% and 12.4% selenium content, respectively. For cooked samples, lipid oxidation was higher for thighs of Supplemented group while GSH-Px activity was higher for thighs of Control group. The selenium did not change fatty acid profile of cooked meat. The supplementation with selenium inorganic did not change the GSH-Px activity and lipid oxidation however improved n-6/n-3 ratio in meats.

Key-words: lipid oxidation, fatty acid profile, breast meat fillet, chicken thighs.

Introdução

A oxidação lipídica é a principal causa da perda da qualidade da carne e produtos cárneos durante armazenamento e envolve a formação de radicais livres

que podem levar a alterações na textura, sabor, cor, oxidação de proteínas e perda do valor nutritivo (SOARES et al., 2004; SOARES et al., 2009). A composição química da carne de frango, rica em proteínas e ácidos graxos polinsaturados associados com as transformações bioquímicas que ocorrem após a morte do animal tornam a carne mais suscetível à oxidação comprometendo sua qualidade (PEARSON et al., 1983; OLIVO, 2006).

O uso de antioxidantes é uma maneira utilizada para minimizar o desenvolvimento de processos oxidativos. No entanto, o seu uso em carnes frescas e congeladas não é permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 1998, Portaria nº1004). Assim, a adição de substâncias antioxidantes na ração dos animais tem sido estudada como uma alternativa para o controle de processos oxidativos.

O selênio é um micromineral essencial cuja capacidade antioxidante está relacionada com sua participação no sítio ativo da enzima glutathiona peroxidase (GSH-Px) que é responsável pela redução do peróxido de hidrogênio e hidroperóxido em água e álcool, respectivamente, a partir da glutathiona reduzida (GSH) (COMINETTI et al, 2011). Pesquisas têm demonstrado que a suplementação na ração com selênio orgânico e/ou inorgânico melhoram o desempenho e qualidade da carne de aves (BOIAGO, 2006), suínos (RUTZ, 2009) e bovinos (MAHAN et al., 1977).

O selênio pode ser suplementado na ração dos animais na forma inorgânica como selenato ou selenito de sódio ou na forma orgânica como selenometionina e selenocisteína. Apesar da função metabólica do selênio no organismo animal depender da fonte de selênio consumida (FINLEY, 2007), Wang e Xu (2008) não encontraram diferenças no conteúdo de selênio da carne e na atividade hepática da glutathiona peroxidase de frangos alimentados com Se orgânico e inorgânico. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de Se inorgânico sobre a qualidade da carne de frango.

Material e Métodos

Animais e Tratamentos

Os pintinhos de corte machos da linhagem *Hubbard* de 1 dia de idade foram divididos em 2 grupos: C-Controle (sem suplementação) (n=125) e S-Suplementado com 0,5mg Se inorgânico kg⁻¹ de ração (n=125). 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). Após 42 dias, 15 aves por tratamento foram abatidas seguindo as práticas comerciais: insensibilização elétrica, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração e *chiller*. O peito e as sobrecoxas foram desossados, a pele removida e armazenados a 4°C por 48h e a -18°C por 30 dias para posterior análises. A pesquisa foi avaliada e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (registro processo 29285.2011.84).

Preparo das amostras

As amostras de peito e sobrecoxas foram analisadas cruas e cozidas. Para o cozimento as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e aquecidas em banho-maria a 90°C até atingirem temperatura interna de 75 ±5°C. Após o cozimento, a água exsudada foi desprezada, as amostras foram homogeneizadas, divididas em alíquotas e analisadas.

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 de sobrecoxas e 20g de amostra de filé de peito foram homogeneizadas com 98 mL de água destilada, 2,5 mL de HCl 4 mol.L⁻¹, 4 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 78%.

Atividade Glutathione 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 $0,25 \text{ mol.L}^{-1}$ (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 $100 \mu\text{L}$ do filtrado reagiu com $200 \mu\text{L}$ de tampão fosfato pH 7,4 e 25 mmol.L^{-1} de EDTA, $11,1 \mu\text{L}$ de glutathione redutase (5U) e $50 \mu\text{L}$ de glutathione reduzida (40 mmol.L^{-1}) e foram incubados por 10 minutos a 37°C . Em seguida, $10 \mu\text{L}$ de NADPH 20 mmol.L^{-1} e $620 \mu\text{L}$ de tampão fosfato pH 7,4 foram adicionados. A reação iniciou-se pela adição $20 \mu\text{L}$ 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 $1 \mu\text{mol}$ de NADPH oxidado. min^{-1} .

Análise do Perfil de Ácidos Graxos

O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa, a extração dos lipídios foi realizada segundo a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959), seguido de transesterificação de acordo com o método 5509 da ISO (1978), utilizando 2 mol.L^{-1} de KOH em metanol e n-heptano. Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados utilizando cromatógrafo Shimadzu modelo 17A equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar ($100\text{m} \times 0,25 \text{ mm}$) com $0,25 \mu\text{m}$ de cianopropil polisiloxano CP SII 88. A rampa de temperatura da coluna foi programada para: 65°C por 15 minutos; $10^\circ\text{C.min}^{-1}$ até 165°C e mantido por 2 minutos; 4°C.min^{-1} até 185°C e mantido por 8 minutos; 4°C.min^{-1} até 235°C e mantido por 5 minutos. O detector e o injetor foram mantidos a 260°C , foi utilizado Split de 1/100. O fluxo de gases foi de $1,2 \text{ mL.min}^{-1}$ para o gás de arraste (H_2), 30 mL.min^{-1} para o gás auxiliar (N_2), 30 e 300 mL.min^{-1} para os gases da chama, H_2 e ar sintético, respectivamente. A identificação dos ácidos graxos foi baseada em padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma). A área dos picos foi determinada por integrador acoplado ao cromatógrafo gasoso. Os resultados foram expressos como percentagens relativas dos ácidos graxos identificados.

Quantidade de Selênio na carne

As amostras liofilizadas (250 mg) foram digeridas com 6 mL de ácido nítrico concentrado bidestilado em frascos de PTFE (politetrafluoretileno) em um

forno de micro-ondas (mod. Multiwave 3000, Anton Paar, Graz, Áustria) com pressão máxima de operação de 40 bar. Após a digestão, as amostras foram transferidas para frascos de polipropileno e o volume completado para 30 mL com água destilada. A determinação de selênio foi efetuada por Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS, mod. Elan-DRC2, PerkinElmer).

Análise Estatística

Os dados foram analisados utilizando o programa *STATISTICA for Windows* versão 7.0. O teste de Tukey a 5% de probabilidade foi aplicado para comparar os resultados de oxidação lipídica, atividade de GSH-Px, perfil de ácidos graxos e quantidade de selênio na carne entre as amostras de filés e sobrecoxas dos grupos C-controle e S-Suplementado.

Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados de oxidação lipídica e atividade de GSH-Px dos filés e sobrecoxas crus dos frangos dos grupos Controle e Suplementado em diferentes tempos de armazenamento. Para os filés refrigerados por 2 dias, não foram observadas diferenças ($p \leq 0,05$) nos níveis de oxidação lipídica entre os grupos Controle e Suplementado, assim como não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) na atividade da GSH-Px entre estes grupos. Para os filés congelados, a oxidação lipídica foi maior ($p \leq 0,05$) para o grupo Suplementado quando comparado com o Controle e a atividade da GSH-Px não diferiu ($p > 0,05$) entre os grupos. Para as sobrecoxas refrigeradas, houve maior oxidação lipídica ($p \leq 0,05$) para o grupo Suplementado quando comparado com o Controle e não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) na atividade da GSH-Px entre os dois grupos. Embora, os filés e as sobrecoxas crus dos frangos do grupo Suplementado terem depositado 26,8% e 12,4% mais selênio, respectivamente que as carnes do grupo Controle (Tabela 6). O selênio ingerido pelos frangos e sua distribuição no corpo do animal é regulado pelas suas necessidades metabólicas e uma vez que 30 selenoproteínas já foram relatadas (FINLEY, 2007) é provável que o selênio adicionado na dieta das aves possa ter sido utilizado para outras atividades metabólicas, além da síntese da GSH-Px, o que explicaria o fato de não ter havido diferenças na atividade desta enzima. Além disso, outros autores também relataram não terem encontrado diferenças na

atividade da GSH-Px quando frangos foram suplementados com selênio orgânico e/ou inorgânico (HOLOVSKA-JUNIOR et al., 2003; CICHOSKI et al., 2012; ALMEIDA et al., 2012). E ainda, Upton et al (2009) verificaram que apenas a atividade hepática e sanguínea da GSH-Px foi influenciada pela inclusão de selênio na dieta. A possível razão para maior oxidação lipídica das carnes suplementadas com selênio pode ser que o efeito pró-oxidante do selênio tenha sido mais importante que o seu efeito protetor antioxidante como observado por Chen et al. (2009), no qual a selenocistina pode induzir a formação de espécies reativas ao oxigênio.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 2, observa-se que as sobrecoxas cruas apresentaram oxidação lipídica e atividade de GSH-Px maiores ($p \leq 0,05$) que os filés de frango crus refrigerados e congelados. As sobrecoxas cruas também depositaram aproximadamente 39% mais selênio que os filés crus (Tabela 6). Resultados semelhantes foram observados por Daun e Akesson (2004) que constataram que músculos oxidativos de frango e perus apresentaram maior teor de selênio e maior atividade da GSH-Px que músculos glicolíticos. De fato, músculos oxidativos apresentam maiores atividades de enzimas antioxidantes como GSH-Px, superóxido dismutase e catalase que músculos glicolíticos (Renerre et al., 1996). As sobrecoxas apresentaram-se mais oxidadas que os filés, o que também vem sendo observado por outros autores (Lee et al., 1996, Alasnier et al., 2000) e que está diretamente relacionado a maior suscetibilidade a oxidação devido ao maior conteúdo de gordura (Jensen et al., 1998; Alasnier et al., 2000) e a presença de catalisadores como ferro (Kanner et al., 1988).

A Tabela 3 apresenta o efeito da suplementação de selênio no perfil de ácidos graxos de filés e sobrecoxas cruas, observa-se que a suplementação de selênio promoveu aumento na concentração do ácido graxo monoinsaturado 16:1n7 nas sobrecoxas e melhorou a relação n-6/n-3 tanto para filés como para sobrecoxas. Resultados semelhantes foram relatados por Haug et al. (2007) onde a suplementação na dieta de frangos com selênio aumentou a concentração de ácido graxo 14:1 e dos ácidos graxos de cadeia longa (20:5n3, 22:5n3 and 22:6n3). De fato, o selênio tem sido considerado um potente anti-inflamatório em mamíferos (Miettinen et al., 1983; Vunta et al., 2007).

Os resultados da oxidação lipídica e da atividade de GSH-Px dos filés e sobrecoxas cozidos dos frangos dos grupos Controle e Suplementado em diferentes tempos de armazenamento de frangos estão apresentados na Tabela 4. A oxidação

lipídica dos filés de frango cozidos não diferiu ($p>0,05$) entre os grupos Controle e Suplementado para todos os tempos de armazenamento, enquanto que a atividade da GSH-Px foi maior ($p\leq 0,05$) para os filés Controle. Apesar dos filés Suplementados cozidos terem apresentado teor de selênio 37,4% maior que os filés Controle cozidos (Tabela 6). Para as sobrecoxas cozidas, a oxidação lipídica foi significativamente maior para o grupo Suplementado e não foram observadas diferenças ($p>0,05$) na atividade da GSH-Px, embora as sobrecoxas suplementadas tenham depositado 18,9% mais de selênio (Tabela 6). O cozimento inativa as enzimas antioxidantes como a GSH-Px, promovendo a liberação de selênio do sítio ativo da enzima que passaria a atuar como pró-oxidante ao invés de antioxidante (Mei et al., 1994), o que explicaria a maior oxidação das carnes do grupo Suplementado. O cozimento das carnes promoveu uma redução de aproximadamente 67% na atividade de GSH-Px para os filés e sobrecoxas, resultados similares foram obtidos por Hoac et al. (2006) que observaram uma redução de 60% da atividade de GSH-Px em carnes de frango quando aquecidas a 60°C. Como consequência da perda de enzimas antioxidantes e aceleração de processos oxidativos, o cozimento ocasionou um aumento de 3 vezes na oxidação lipídica dos filés e de 7 vezes nas sobrecoxas.

O efeito da suplementação de selênio no perfil de ácidos graxos das amostras cozidas está apresentado na Tabela 5. Nota-se que o selênio não alterou ($p>0,05$) o perfil das carnes cozidas, resultados semelhantes foram apresentados por Haug et al. (2011) que não observaram diferenças no perfil de ácidos graxos de sobrecoxas de frango com a suplementação de selênio.

Conclusão

A suplementação com selênio inorgânico não alterou a atividade da GSH-Px e oxidação lipídica nos filés e sobrecoxas refrigeradas, congeladas e cozidas, no entanto melhorou a relação n-6/n-3 das carnes dos filés e sobrecoxas crus refrigerados.

Agradecimentos

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

Referências Bibliográficas

- ALASNIER, C. et al. Hydrolytic and Oxidative Changes in the Lipids of Chicken Breast and Thigh Muscles During Refrigerated Storage. **Journal of Food Science**, v.65, n.1, p.9-14, 2000.
- ALMEIDA, J.N. de, et al. Suplementação de selênio quelatado na ração e qualidade da carne de frango. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 2, p. 3117-3122, 2012.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, v.31, p.911-917, 1959.
- BOIAGO, M. M. et al. Características qualitativas da carne do peito de frangos alimentados com diferentes fontes e concentrações de selênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: UNESP, p.3, 2007.
- BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional da Vigilâncias Sanitária**. Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998, que aprova o Regulamento Técnico: "Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 – Carne e Produtos Cárneos", constante do Anexo desta Portaria. Publicada no Diário Oficial da União em 14 de dezembro de 1998.
- 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**, v.10, n.5-6 p.347-352, 2000.
- Chen T, Wong YS. Selenocystine induces reactive oxygen species mediated apoptosis in human cancer cells. **Biomed Pharmacother**, v.63, p.105-113, 2009.
- CICHOSKI, A. J. et al. Investigation of glutathione peroxidase activity in chicken meat under different experimental conditions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** (Online), p. 661-667, 2012.
- COMINETTI, C. et al. Considerations about oxidative stress, selenium and nutrigenetics. **Journal Brazilian Society Food Nutrition**, São Paulo, SP, v. 36, n. 3, p. 131-153, dez. 2011.
- DAUN, C.; AKESSON, B. Comparison of glutathione peroxidase activity, and of total and soluble selenium content in two muscles from chicken, turkey, duck, ostrich and lam. **Food Chemistry**, v. 85, p. 295-303, 2004.
- FINLEY, J. W. Increased intakes of selenium-enriched foods may benefit human health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, p.1620-1629, 2007.
- HAUG, A.; et al. Effect of dietary selenium and ω -3 fatty acids on muscle composition and quality in broilers. **Lipid in Health and Disease**, v.6, n.29, p.1-9, 2007.
- HAUG, A.; CHRISTOPHERSEN, O. A.; SOGN, T. Chicken meat rich in selenium and ω -3 fatty acids. **The Open Agriculture Journal**, v.5, p.30-36, 2011.

- HOAC, T. et al. Influence of heat treatment on lipid oxidation and glutathione peroxidase activity in chicken and duck meat. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 7, p. 88-93, 2006.
- HOLOVSKA J. K. et al. Antioxidant enzyme activities in liver tissue of chickens fed diets supplemented with various forms and amounts of selenium. **Journal of Animal and Feed Science**, v.12, p.143-152, 2003.
- JENSEN, C.; LAURIDSEN, C.; BERTELSENG. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. **Trends in Food Science and Technology**, v.9, p.62-72, 1998.
- KANNER, J.; HAZAN, B.; DOLL, L. Catalytic "free" iron in muscle foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 36, p.412-415, 1988.
- LEE, S.K.; MEI, L.; DECKER, E. A. Lipid oxidation in cooked turkey as affected by added antioxidant enzymes. **Journal of Food Science**, v.61, p.726-728, 1996.
- MAHAN, D.C., MOXON, A.L., HUBBARD, M. Efficacy of inorganic selenium supplementation to sow diets on resulting carry-over to their progeny. **Journal of Animal Science**, v. 45, p. 738-746, 1977.
- MEI, L.; CRUM, A. D.; DECKER, E. A. Development of lipid oxidation and inactivation of antioxidant enzymes in cooked pork and beef. **Journal of Food Lipids**, v.1, p.273-283, 1994.
- MIETTINEN, T. A.; et al. Serum selenium concentration related to myocardial infarction and fatty acid content of serum lipids. **British Medical Journal**, v.287, p.517-519, 1983.
- OLIVO, R. Alterações oxidativas em produtos cárneos. In: SHIMOKOMAKI, M. et al. **Atualidades em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, p. 155-163, 2006.
- Pearson, A. M.; Gray, J. I.; Wolzak, A. M.; Horenstein, N. A. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. **Food Technology**, v.37, p.121-129, 1983.
- RENERRE, M.; DUMONT, F.; GATELLIER, P. Antioxidative enzyme activities in relation to oxidation of lipid and myoglobin. **Meat Science**, v.43, p.111-121, 1996.
- 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, 252p.
- RUTZ, F.; MURPHY R. **MINERAIS ORGÂNICOS PARA AVES E SUÍNOS**. I Congresso Internacional sobre Uso da Levedura na Alimentação Animal CBNA - 17 e 18 de setembro de 2009 – Campinas, SP, 2009.
- SOARES, A. L. et al. 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**, v. 47, p. 57-62, 2004.
- SOARES, A. L. et al. Lipid Oxidation and Fatty Acid Profile Related to Broiler Breast Meat Color Abnormalities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 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**, v. 5, n.6, p. 602-604, 1964.

UPTON, J.R.; EDENS, F.W.; FERKET, P.R. The effects of dietary oxidized fat and selenium source on performance, glutathione peroxidase and glutathione reductase activity in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.18, p.193-202, 2009.

VUNTA, H.; et al. The Anti-inflammatory effects of selenium are mediated through 15-deoxy- $\Delta^{12,14}$ -prostaglandin J₂ in macrophages. **The Journal of Biological Chemistry**, v.282, n.25, p.17964-17973, 2007.

WANG, Y-B.; XU, BH. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.144, p.306-314, 2008.

Tabela 1 – Oxidação Lipídica, atividade da glutathiona peroxidase (GSH-Px) de filés e sobrecoxas crus de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹ de ração em diferentes tempo de armazenamento

		Oxidação Lipídica		GSH-Px	
		(mg TBARS.kg ⁻¹ de amostra)		(U.g ⁻¹ de amostra)	
		2 dias (4°C)	30 dias (-18°C)	2 dias (4°C)	30 dias (-18°C)
Filés	C-Controle	0,0788 ± 0,0135 ^C	0,1295 ± 0,0366 ^C	0,5869 ± 0,1335 ^B	0,5719 ± 0,0868 ^B
	S-Suplementado	0,0671 ± 0,0114 ^C	0,1903 ± 0,0384 ^B	0,5728 ± 0,1280 ^B	0,5775 ± 0,0658 ^B
Sobrecoxas	C-controle	0,1400 ± 0,0232 ^B	0,2183 ± 0,0614 ^{AB}	0,7666 ± 0,0881 ^A	0,7897 ± 0,1384 ^A
	S-suplementado	0,1689 ± 0,0239 ^A	0,2527 ± 0,0842 ^A	0,7441 ± 0,0675 ^A	0,8043 ± 0,1600 ^A

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

Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos de filés e sobrecoxas crus de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹.

Ácidos Graxos	Filés		Sobrecoxas	
	C-Controle	S-Suplementado	C-Controle	S-Suplementado
14:0	0,33 ±0,02 ^A	0,34 ±0,02 ^A	0,34 ±0,03 ^A	0,36 ±0,02 ^A
14:1	0,04 ±0,01 ^B	0,06 ±0,01 ^{AB}	0,06 ±0,01 ^{AB}	0,07 ±0,01 ^A
15:0	0,06 ±0,01 ^A	0,07 ±0,01 ^A	0,06 ±0,01 ^A	0,05 ±0,01 ^A
16:0	20,09 ±0,26 ^A	21,93 ±3,64 ^A	19,59 ±0,54 ^A	19,30 ±0,72 ^A
16:1n9	0,31 ±0,02 ^A	0,31 ±0,07 ^A	0,35 ±0,03 ^A	0,34 ±0,01 ^A
16:1n7	1,97 ±0,22 ^B	2,52 ±0,31 ^{AB}	2,04 ±0,13 ^B	3,12 ±0,79 ^A
17:0	0,13 ±0,01 ^A	0,14 ±0,03 ^A	0,12 ±0,01 ^A	0,12 ±0,01 ^A
18:0	6,99 ±0,37 ^A	5,63 ±2,33 ^A	6,73 ±0,27 ^A	4,97 ±2,79 ^A
18:1n9	30,89 ±1,74 ^A	31,68 ±1,67 ^A	31,86 ±1,15 ^A	32,33 ±1,04 ^A
18:1n7	2,07 ±0,10 ^A	2,35 ±0,46 ^A	2,04 ±0,13 ^A	1,93 ±0,26 ^A
18:2n6	29,81 ±1,43 ^A	29,80 ±1,08 ^A	30,29 ±0,77 ^A	31,47 ±0,63 ^A
20:0	0,16 ±0,15 ^A	0,09 ±0,02 ^A	0,08 ±0,01 ^A	0,09 ±0,01 ^A
18:3n3	1,19 ±0,54 ^B	1,79 ±0,31 ^A	1,59 ±0,05 ^{AB}	1,88 ±0,04 ^A
20:2	0,35 ±0,18 ^A	0,35 ±0,08 ^A	0,29 ±0,04 ^A	0,23 ±0,02 ^A
22:0	0,07 ±0,02 ^A	0,07 ±0,03 ^A	0,06 ±0,01 ^A	0,05 ±0,01 ^A
20:3n6	0,40 ±0,07 ^A	0,36 ±0,08 ^{AB}	0,34 ±0,02 ^{AB}	0,26 ±0,10 ^B
20:4n6	2,88 ±0,77 ^A	2,19 ±0,97 ^A	2,01 ±0,48 ^A	1,47 ±0,33 ^B
20:3n3	0,08 ±0,02 ^A	0,07 ±0,03 ^A	0,08 ±0,01 ^A	0,06 ±0,02 ^A
23:0	0,03 ±0,03 ^A	0,01 ± 0,01 ^A	0,01 ±0,01 ^A	0,01 ±0,01 ^A
22:2	0,10 ±0,02 ^A	0,10 ±0,03 ^{AB}	0,06 ±0,01 ^{BC}	0,05 ±0,01 ^C
22:4n6	0,91 ±0,24 ^A	0,74 ±0,30 ^A	0,61 ±0,13 ^A	0,38 ±0,08 ^B
22:1n9	0,25 ±0,09 ^A	0,21 ±0,09 ^A	0,15 ±0,05 ^A	0,10 ±0,02 ^A
22:5n6	0,45 ±,10 ^A	0,36 ±0,17 ^A	0,28 ±0,09 ^A	0,20 ±0,05 ^B
22:6n3	0,32 ±0,10 ^A	0,40 ±0,19 ^A	0,20 ±0,08 ^A	0,19 ±0,05 ^A
SFA	29,82 ±3,87 ^A	28,31 ±1,64 ^A	27,02 ±0,47 ^A	24,93 ±2,63 ^B
MUFA	35,50 ±1,63 ^A	37,15 ±2,13 ^A	36,52 ±1,24 ^A	37,88 ±2,09 ^A
PUFA	36,30 ±1,67 ^A	35,74 ±1,31 ^A	35,79 ±1,42 ^A	36,12 ±0,88 ^A
PUFA/SFA	1,23 ±0,13 ^A	1,29 ±0,06 ^A	1,32 ±0,06 ^A	1,39 ±0,05 ^A
n-6/n-3	18,01 ±0,96 ^A	15,38 ±1,29 ^B	17,86 ±0,15 ^A	15,76 ±0,39 ^B

^{A-C} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Tabela 3 – Oxidação Lipídica, atividade da glutathiona peroxidase (GSH-Px) de filés e sobrecoxas cozidos de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹ de ração em diferentes tempo de armazenamento

		Oxidação Lipídica		GSH-Px	
		(mg TBARS.kg ⁻¹ de amostra)		(U.g ⁻¹ de amostra)	
		2 dias (4°C)	30 dias (-18°C)	2 dias (4°C)	30 dias (-18°C)
Filés	C-Controle	0,5752 ±0,2653 ^C	0,2279 ±0,0520 ^C	0,2737 ±0,1320 ^A	0,2457 ±0,0796 ^{BC}
	S-Suplementado	0,4092 ±0,1561 ^C	0,2436 ±0,046 ^C	0,0723 ±0,0210 ^B	0,1720 ±0,0335 ^C
Sobrecoxas	C-controle	1,0077 ±0,3084 ^B	0,9178 ±0,1903 ^B	0,1196 ±0,037 ^B	0,4325 ±0,0896 ^A
	S-suplementado	1,7195 ±0,6983 ^A	1,2105 ±0,2124 ^A	0,0989 ±0,0411 ^B	0,3479 ±0,0661 ^{AB}

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

Tabela 4 – Perfil de ácidos graxos de filés e sobrecoxas cozidos de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹.

Ácidos Graxos	Filés		Sobrecoxas	
	C-Controle	S-Suplementado	C-Controle	S-Suplementado
14:0	0,32 ±0,04 ^A	0,31 ±0,02 ^A	0,32 ±0,02 ^A	0,36 ±0,01 ^A
14:1	0,05 ±0,01 ^A	0,04 ±0,01 ^A	0,05 ±0,01 ^A	0,05 ±0,02 ^A
15:0	0,06 ±0,01 ^A	0,05 ±0,01 ^A	0,06 ±0,01 ^A	0,05 ±0,01 ^A
16:0	20,09 ±0,71 ^{AB}	20,60 ±0,64 ^A	18,76 ±1,18 ^B	19,38 ±0,24 ^{AB}
16:1n9	0,30 ±0,02 ^{AB}	0,29 ±0,02 ^B	0,32 ±0,02 ^{AB}	0,35 ±0,03 ^A
16:1n7	1,98 ±0,28 ^B	1,99 ±0,16 ^B	2,17 ±0,32 ^{AB}	2,75 ±0,49 ^A
17:0	0,13 ±0,01 ^A	0,13 ±0,01 ^A	0,14 ±0,01 ^A	0,13 ±0,01 ^A
18:0	7,43 ±0,46 ^A	7,44 ±0,38 ^A	7,27 ±0,69 ^A	6,29 ±0,85 ^A
18:1n9	30,19 ±1,20 ^{BC}	28,76 ±0,58 ^C	31,72 ±1,40 ^{AB}	32,40 ±0,98 ^A
18:1n7	2,32 ±0,06 ^A	2,33 ±0,06 ^A	1,85 ±0,16 ^B	1,95 ±0,09 ^B
18:2n6	27,93 ±1,32 ^B	28,21 ±0,87 ^B	31,84 ±1,33 ^A	32,28 ±0,32 ^A
20:0	0,08 ±0,01 ^A	0,08 ±0,01 ^A	0,10 ±0,01 ^A	0,08 ±0,03 ^A
18:3n3	1,34 ±0,17 ^B	1,38 ±0,07 ^B	1,71 ±0,16 ^A	1,85 ±0,14 ^A
20:2	0,59 ±0,10 ^A	0,44 ±0,03 ^B	0,31 ±0,02 ^C	0,22 ±0,04 ^C
22:0	0,09 ±0,01 ^A	0,08 ±0,01 ^{AB}	0,06 ±0,02 ^{BC}	0,04 ±0,01 ^C
20:3n6	0,52 ±0,07 ^A	0,43 ±0,03 ^A	0,33 ±0,03 ^B	0,25 ±0,03 ^B
20:4n6	3,61 ±0,78 ^A	4,00 ±0,75 ^A	2,19 ±0,29 ^B	0,99 ±0,43 ^C
20:3n3	0,12 ±0,04 ^A	0,12 ±0,01 ^A	0,08 ±0,02 ^A	0,03 ±0,01 ^B
23:0	0,02 ±0,01 ^A	0,02 ±0,01 ^A	0,01 ±0,01 ^A	0,04 ±0,01 ^A
22:2	0,11 ±0,04 ^{AB}	0,12 ± 0,06 ^A	0,05 ±0,01 ^{AB}	0,03 ±0,01 ^B
22:4n6	1,33 ±0,26 ^A	1,14 ±0,24 ^A	0,63 ±0,04 ^B	0,30 ±0,06 ^B
22:1n9	0,33 ±0,09 ^A	0,30 ±0,06 ^A	0,17 ±0,04 ^C	0,04 ±0,01 ^B
22:5n6	0,59 ±0,01 ^A	0,61 ±0,13 ^A	0,31 ±0,048 ^B	0,15 ±0,02 ^B
22:6n3	0,43 ±0,13 ^{AB}	0,61 ±0,16 ^A	0,24 ±0,08 ^{BC}	0,08 ±0,02 ^C
SFA	28,20 ±0,64 ^{AB}	28,70 ±0,77 ^A	26,71 ±1,53 ^B	26,39 ±0,84 ^B
MUFA	35,18 ±0,99 ^B	33,75 ±0,67 ^B	35,56 ±1,13 ^{AB}	37,59 ±1,58 ^A
PUFA	36,48 ±1,16 ^A	37,11 ±1,34 ^A	37,69 ±1,78 ^A	35,86 ±0,82 ^A
PUFA/SFA	1,29 ±0,06 ^A	1,29 ±0,07 ^A	1,41 ±0,14 ^A	1,35 ±0,03 ^A
n-6/n-3	17,95 ±1,04 ^A	16,24 ±0,62 ^A	17,29 ±1,12 ^A	17,48 ±1,97 ^A

^{A-C} Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Tabela 5 – Quantidade de Selênio (Se) em filés e sobrecoxas cru e cozidos de frangos dos grupos C-Controle (sem suplementação) e S-Suplementado com 0,5mg de Se inorgânico.kg⁻¹.

Amostras	Quantidade de Selênio
Filé C-Controle cru	0,4440 ±0,0300 ^E
Filé-C Controle cozido	0,3420 ±0,0230 ^F
Filé S-Suplementado cru	0,5630 ±0,0150 ^D
Filés S-Suplementado cozido	0,4700 ±0,0370 ^E
Sobrecoxa C-Controle crua	0,6550 ±0,0050 ^C
Sobrecoxa C-Controle cozida	0,6930 ±0,0480 ^{BC}
Sobrecoxa S-Suplementada crua	0,7360 ±0,0040 ^B
Sobrecoxa S-Suplementada cozida	0,8239 ±0,0150 ^A

^{A-F} Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste *Tukey* a 5,0% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação com 0,03mg de selênio orgânico por Kg de ração melhorou a qualidade da carne de frango, sem aumentar a atividade da enzima glutathione peroxidase, a suplementação com 0,5mg de selênio inorgânico por Kg de ração também não aumentou a atividade da GSH-Px, não inibiu a oxidação lipídica, entretanto melhorou a relação n-6/n-3 das carnes de frango.

Novos estudos são necessários para investigar o efeito da suplementação com selênio orgânico e/ou inorgânico na atividade da glutathione peroxidase hepática e sanguínea, atividade de outras enzimas antioxidantes selênio dependentes e principalmente a atuação do selênio como inibidor de processos inflamatórios.

ANEXO

Durante o desenvolvimento do Mestrado foram publicados os trabalhos descritos abaixo:

Artigo Científico

SANTOS, G.R.; MARCHI, D.F.; ALMEIDA, J.N.; MENDONÇA, F.; SHIMOKOMAKI, M.; SOARES, A.L. Atividades de fosfolipase A₂ secretada e glutathiona peroxidase em filés PSE (Pale, Soft, Exudative) de frango. **SEMINA: Ciências Agrárias**, v.33, **suplemento 2**. Aceito para publicação em 05 de dezembro de 2012.

Trabalhos Publicados em Anais de Eventos:

ALMEIDA, J.N.; BETETO, F.M.; MEDEIROS, L.G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; SOARES, A.L. Effect of dietary supplementation of chelated selenium on the poultry meat quality. **In: 16th World Congress of Food Science and Technology, 2012**, Foz do Iguaçu. IUFOST. Foz do Iguaçu: IUFOST, 2012. v. 16.

SANTOS, G. R. ; MARCHI, D.F.; ALMEIDA, J.N.; SHIMOKOMAKI, M.; SOARES, A.L. Glutathione peroxidase and secreted phospholipase A₂ enzymatic activities in PSE (Pale, Soft, Exudative) poultry meat. **In: 16th World Congress of Food Science and Technology, 2012**, Foz do Iguaçu. IUFOST. Foz do Iguaçu: IUFOST, 2012. v. 16.