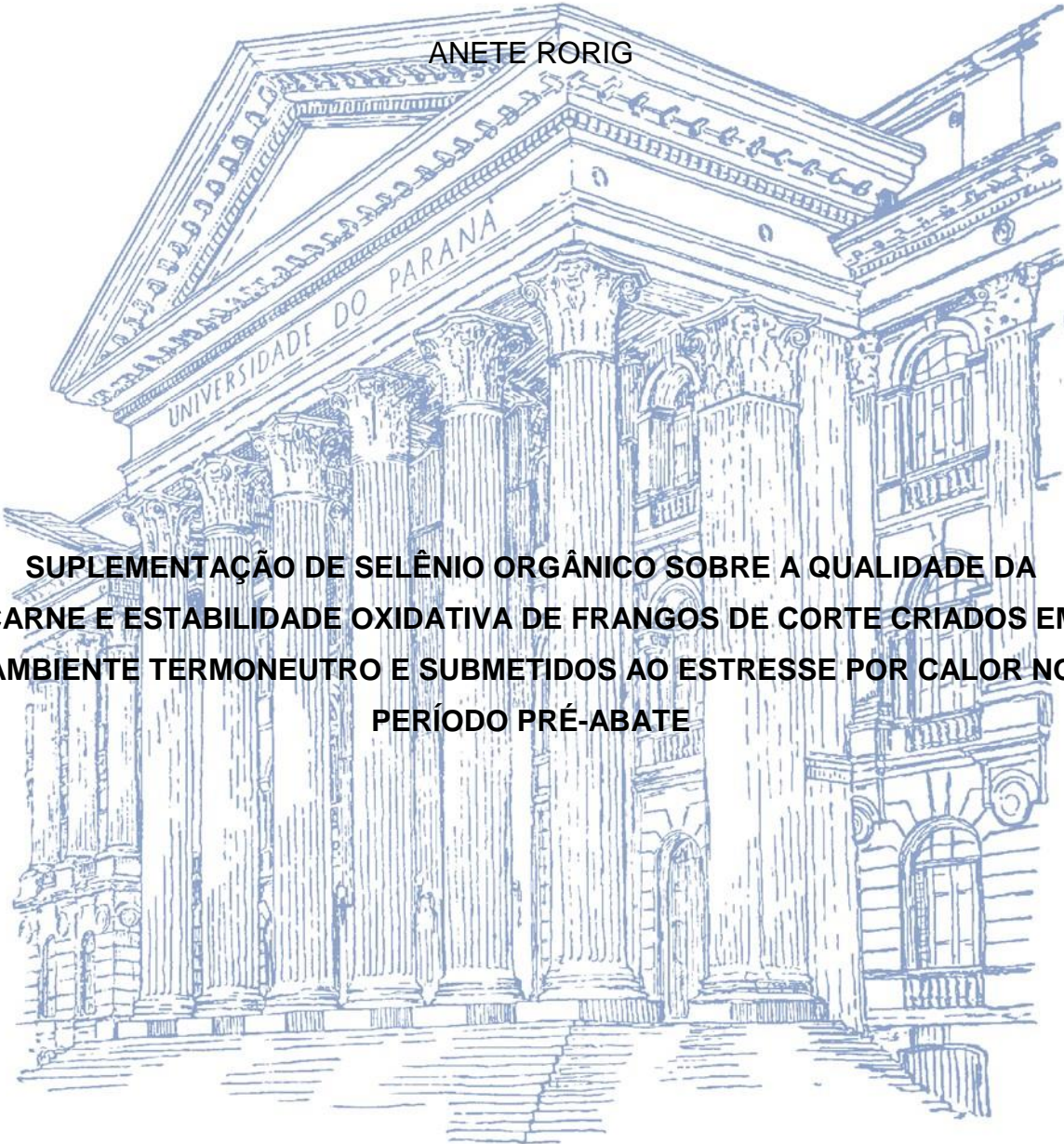


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANETE RORIG



**SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE A QUALIDADE DA
CARNE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM
AMBIENTE TERMONEUTRO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE POR CALOR NO
PERÍODO PRÉ-ABATE**

PALOTINA

2017

ANETE RORIG

**SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE A QUALIDADE DA
CARNE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM
AMBIENTE TERMONEUTRO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE POR CALOR NO
PERÍODO PRÉ-ABATE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal, linha de pesquisa em Nutrição e Produção Avícola, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof^a. Jovanir Inês Müller Fernandes

PALOTINA

2017

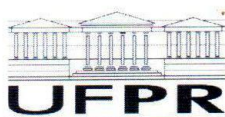
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R787 Rorig, Anete
Suplementação de selênio orgânico sobre a qualidade da carne e estabilidade oxidativa de frangos de corte criados em ambiente termoneutro e submetidos ao estresse por calor no período pré-abate / Anete Rorig.-- Palotina, 2017
113f.

Orientadora: Jovanir Inês Müller Fernandes.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

1. Atividade antioxidante. 2. Estresse térmico. 3. Glutathione peroxidase. 4. HSP70. I. Jovanir Inês Müller Fernandes . II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDU 636.5

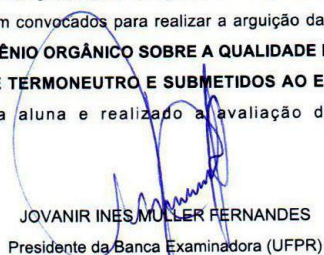



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor PALOTINA
Programa de Pós-Graduação CIÊNCIA ANIMAL

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ANETE RORIG** intitulada: **SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE A QUALIDADE DA CARNE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE FRANGOS CRIADOS EM AMBIENTE TERMONEUTRO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE POR CALOR NO PERÍODO PRÉ-ABATE**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

Palotina, 12 de Abril de 2017.


JOVANIR INES MULLER FERNANDES
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


LUIS DANIEL GIUSTI BRUNO
Avaliador Externo (UNIOESTE)


CINTHIA EYNG
Avaliador Externo (UNIOESTE)

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANETE RORIG, filha de Delmar Rorig e Janete Beatriz Thomé Rorig, nascida em Marechal Cândido Rondon - PR em 14/03/1992.

É formada em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Paraná – UFPR, Setor Palotina, no ano de 2015.

Em fevereiro de 2015 ingressou no mestrado em Ciência Animal, no programa de pós-graduação da Universidade Federal do Paraná – Palotina

Em Março de 2017 foi contratada pela empresa Bello Alimentos – em Itaquiraí - MS como coordenadora do Laboratório de Nutrição Animal.

A minha família, que incansavelmente me apoiou em todos os momentos de minha vida, em especial meus avós maternos, Romeu e Aniva Thomé, minha irmã Aniéli, minha mãe Janete, e meu pai Delmar, vocês são meu alicerce, meu exemplo de vida.

E principalmente a Jovanir Inês M. Fernandes, por acreditar em mim quando mais necessitei, me ajudar e incentivar nos momentos difíceis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me permitir a dádiva da vida, os caminhos traçados, e principalmente para que fosse possível esta jornada, por guiar e acompanhar meus passos!

À minha família, pelo amparo e estímulo. E principalmente por não medirem esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Se não fossem vocês, eu não teria conseguido. Em especial aos meus estimados avós maternos, Romeu e Aniva, exemplos de vida, que foram e além de avós, pais, amigos e conselheiros, verdadeiros anjos em minha vida, com todo meu amor e carinho, minha eterna gratidão. Vocês são o meu tudo, meu amor eterno.

À minha irmã Aniéli, pelos puxões de orelha e por todo amor, carinho e cumplicidade. Você é um exemplo de mulher guerreira, obrigada por tudo que você é e representa em minha vida, amo você e obrigada pelo maior presente da vida, Ricardo e Manuella, meu pedacinho do céu. Aos meus pais, Delmar e Janete, por todo apoio, conselho e carinho, muito obrigada.

Aos membros do Laboratório de Experimentação Avícola (LEA). Faltam me palavras para agradecer a cada um. Não só pelo experimento, mas também por esses intensos anos compartilhados no Laboratório. O qual se tornou nossa segunda casa e a nossa “camisa” na Universidade. Minha gratidão a vocês, pois sem a ajuda e parceria não teria concluído esta caminhada. Vocês foram fundamentais, meu eterno obrigado.

Um muito obrigado e especial aos meus colegas de mestrado Alvaro, Adrieli, Daianna, Jamile, Jean, Joice, Glauber, Mayra e Raquel; aos alunos de iniciação científica Jonas, Alexandra, Daiane, Djiovane, Erika, Eliana, Elisangela, Fernanda, Heloísa, Luis Miguel, Lucas, Mauricio, Regina, Sabrina e Thais; ao aluno de estágio curricular Bruno. Espero um dia poder retribuir a ajuda de vocês! Nessas ocasiões é que percebemos o valor do trabalho de uma equipe dedicada e o quanto devemos prezar por boas amizades.

Aos funcionários do aviário experimental, em especial ao Sr. Vitor por todo auxílio prestado, e a Fran e Vanda que colocam em ordem o nosso laboratório. Muito obrigada.

À minhas amigas, Adrieli e Joice pela ajuda, apoio e amizade. Vocês foram fundamentais para esta trajetória, e me faltam palavras para descrever minha gratidão, mas gostaria de agradecer, muito obrigada de coração. À Daianna por se dedicar tanto com as análises dos experimentos, por toda ajuda e apoio, minha gratidão.

À minha irmã de coração Nadine, por todo apoio, ajuda e amizade em todos esses anos e pela compreensão na minha ausência em muitos momentos. Você é um presente de Deus, obrigada por tudo de coração.

Ao professor Nelson Fernandes, pela dedicação, disposição e todo o suporte prestado nas análises e por toda ajuda. Estendo este agradecimento, é claro, à Arielle Lara! Muito obrigada por toda ajuda e parceria.

E meus mais sinceros agradecimentos gostaria de expressar a essa pessoa especial, que nos envolve e fascina pela pesquisa, que faz do seu sonho nosso sonho, que luta e nos faz crescer ao seu lado, esta pessoa é você Jovanir Inês Müller Fernandes, professora, orientadora, grande amiga, exemplo de pessoa e profissional a qual possuo grande carinho e admiração. Sua energia e amor pela pesquisa contagia a todos. Gostaria de dizer que após estes 5 anos de convivência durante a graduação e mestrado você deixou marcas profundas, e sentirei sempre uma gostosa saudade do tempo que pude conviver contigo e com a “nossa família LEA”. Muito obrigada por todo apoio, puxão de orelha, por sempre se fazer presente em bons momentos e em alguns não tão bons. Confesso que apesar de não compreendermos algumas coisas durante a vida acadêmica, hoje sei que devo agradecer por elas, em especial a sua principal característica, marcante em todos os seus orientados, que é a forma de orientar e conseguir extrair ao máximo de seus orientados, mais do que eles acreditam que podem dar. Obrigada e obrigada, por ter criado uma família além das nossas famílias, pelos momentos únicos proporcionados de aprendizado, convivência e também tolerância. Por ensinar que o bom sempre pode melhorar, e que o ruim, bem, o ruim você apaga tudo e começa novamente, que errando se aprende também! Pelo apoio contínuo, pela amizade, pelas palavras e cuidados de “mãe” que pude contar desde a graduação e especialmente durante o mestrado, meus mais sinceros e profundos agradecimentos, professora Jovanir.

À Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, bem como ao programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina. E a todo o corpo docente pertencente ao programa de pós-graduação por todos os ensinamentos ofertados, certamente serão de grande valia.

À CAPES pela bolsa fornecida, que possibilitou minha dedicação exclusiva durante o período do meu mestrado.

À empresa ADISSEO por ter possibilitado a realização desta pesquisa dando todo o suporte necessário para a realização das análises, em especial o Guilherme e a Adriana.

"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível."

Charles Chaplin

RESUMO

O selênio (Se) é um micronutriente essencial para o crescimento e manutenção do organismo animal. Está presente no organismo como selenometionina ou selenocisteína nas proteínas e tem como principal função a proteção dos lipídios das membranas e outros constituintes celulares contra a lesão oxidativa. O objetivo do trabalho foi suplementar dietas comerciais para frangos de corte com selênio orgânico sobre desempenho, qualidade da carne e estabilidade oxidativa de frangos de corte criados em ambiente termoneutro e submetidos ao estresse térmico. Foram realizados 2 experimentos, sendo o primeiro de 1 à 42 dias de idade, no qual as aves foram criadas em conforto térmico e um segundo experimento, onde as aves submetidas ao estresse térmico no período pré-abate (42 a 49 dias de idade). Foram utilizados 1440 pintos de corte, machos, distribuídos aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 12 repetições, compondo 36 unidades experimentais. As dietas experimentais foram compostas por dieta suplementada com 0,3 ppm de selênio de fonte inorgânica, dieta suplementada com 0,3 ppm de selênio de fonte orgânica, dieta suplementada com 0,6 ppm de selênio de fonte orgânica. A fonte inorgânica utilizada foi o selenito de sódio (45,6%) e a fonte orgânica foi o seleno-hidroxi-metionina (HMSeBA - ácido 2-hidroxi-4-metil-selenio-butanoico). A suplementação de fontes e níveis de Se não influenciou ($p>0,05$) o desempenho produtivo dos frangos de corte e manteve o balanço oxidativo dos frangos de corte e os atributos funcionais da carne de frangos. O nível de 0,6ppm de HMSeBA resultou em maior rendimento de carcaça e peito ($p<0,05$). A suplementação de selenito de sódio ou HMSeBA nos níveis recomendados preservou a carne refrigerada ou congelada da oxidação lipídica. A suplementação de fontes e níveis de Se não influenciou ($p>0,05$) a ocorrência e severidade das lesões macroscópicas decorrentes das miopatias *white striping* e *wooden breast* em peitos de frangos de corte. Houve uma maior substituição por colágeno no tecido muscular dos peitos de frangos de corte suplementados com selenito de sódio. A suplementação de HMSeBA reduziu a gravidade e frequência das lesões histopatológicas observadas nas amostras de peito. No período pré-abate, em que as aves foram submetidas ao estresse por calor, a suplementação de HMSeBA não influenciou ($p>0,05$) os níveis de HSP70, a estabilidade oxidativa e o rendimento de carcaça e de cortes comerciais. A suplementação 0,6 ppm de HMSeBA na dieta de frangos de corte submetidos ao estresse térmico pré-abate preveniu a queda do pH e resultou na menor ($p<0,05$) perda de água na carne do peito e reduziu ($p<0,05$) a formação de malondialdeído na carne congelada por 60 dias. Níveis mais elevados de Se podem ser necessários para garantir a permeabilidade da membrana de frangos mantidos em ambientes adversos no período *ante mortem*. Fontes orgânicas podem ser adicionadas às dietas em níveis mais elevados e podem ser uma estratégia interessante para diminuir a ocorrência das miopatias e para a cadeia avícola incorporar um nutriente essencial na carne de frangos.

Palavras chave: Atividade antioxidante, Estresse térmico, Glutathiona Peroxidase, HSP70, lipoperoxidação, MDA.

ABSTRACT

Selenium (Se) is an essential micronutrient for the growth and maintenance of the animal organism. It is found in the organism as selenomethionine or selenocysteine in proteins and its main function is to protect membrane lipids and other cellular constituents against oxidative damage. The aim of this study was to supplement commercial diets for broilers with organic selenium on performance, meat quality and oxidative stability of broilers reared in thermoneutral environment and submitted to thermal stress. Two trials were carried out, the first from 1 to 42 days of age, in which the birds were raised in thermal comfort and the second one the birds underwent thermal stress in the pre-slaughter period (42 to 49 days of age). 1440 male chicks were distributed in a completely randomized design with 3 treatments and 12 replicates, totaling 36 experimental units. The diets: 1) Supplemented with 0.3 ppm of selenium from inorganic source; 2) Supplemented with 0.3 ppm of selenium from organic source and 3) Supplemented with 0.6 ppm of selenium from organic source. The inorganic source was sodium selenite (45.6%) and the organic source was selenohydroxy methionine (HMSeBA-2-hydroxy-4-methyl selen-butanoic acid). The supplementation of different sources and levels of Se did not influence ($p>0.05$) the productive performance of broilers and maintained the oxidative balance of broilers and the functional attributes of broiler meat. The 0.6ppm level of HMSeBA showed higher carcass and breast yield ($p<0.05$). Sodium selenite or HMSeBA supplementation at the recommended levels preserved the cooled or frozen meat from lipid oxidation. The supplementation of sources and levels of Se did not influence ($p<0.05$) the occurrence and severity of macroscopic lesions from white striping and wooden breast myopathies in breasts of broilers. There was a higher replacement of collagen in breast muscle tissue of broilers supplemented with sodium selenite. The supplementation with HMSeBA decreased the severity of histopathologic lesions seen in breast samples. In the pre-slaughter period, in which birds underwent heat stress, HMSeBA supplementation did not influence ($p>0.05$) HSP70 levels, oxidative stability, carcass yield and commercial cut-up. The supplementation of 0.6 ppm of HMSeBA in the diet of broilers submitted to pre-slaughter heat stress avoided pH drop and resulted in lower ($p<0.05$) water loss in the breast meat and reduced ($p<0.05$) the amount of malondialdehyde in frozen meat for 60 days. Higher levels of Se may be required to ensure membrane permeability of broilers kept in adverse environments in the *ante-mortem* period. Organic sources can be added to diets at higher levels and may be an interesting strategy to reduce occurrence of myopathies and to poultry industry to incorporate an essential nutrient into poultry meat.

Key-words: Antioxidant activity, Thermal stress, Glutathione peroxidase, HSP70, lipoperoxidation, MDA.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CICLO OXIDAÇÃO-REDUÇÃO DA GLUTATIONA26

CAPÍTULO II

FIGURA 1 - PREPARO DAS IMAGENS DE LÂMINAS CONTENDO AMOSTRAS DO MÚSCULO *PECTORALIS MAJOR* CORADAS POR TRICÔMIO DE MASSON PARA QUANTIFICAÇÃO DE TECIDO MUSCULAR, CONJUNTIVO E GORDURA IMAGEM (A) APRESENTA O CONTRASTE EM AMARELO QUE REPRESENTA A FRAÇÃO DE MÚSCULO. IMAGEM (B) INDICA A PRESENÇA DO CONTRASTE ESTABELECIDO ENTRE A INFILTRAÇÃO DE FIBRAS COLÁGENAS EM MEIO AS FIBRAS MUSCULARES. IMAGEM (C) DESTACA O CONTRASTE ENTRE A GORDURA E AS DEMAIS ESTRUTURAS DO MÚSCULO.....68

FIGURA 2 - ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA DE MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO (*PECTORALIS MAJOR*) ACOMETIDOS COM WOODEN BREAST. A) OBSERVA-SE ESTÁGIOS VARIADOS DE LESÃO MUSCULAR. NOTA-SE ÁREAS DE FORMAÇÃO DE TECIDO DE GRANULAÇÃO (SETA PONTILHADA). INFILTRADO INFLAMATÓRIO LINFOCÍTICO PERIARTERIOLAR (SETA) E ÁREAS DE REGENERAÇÃO DE MIOFIBRAS COMO FORMAÇÃO DE MIOTUBOS PREENCHIDOS POR MIOBLASTOS ORGANIZADOS EM FILEIRA (CABEÇA DE FIBROBIASTOS) (CABEÇA DE SETA) B) ÁREA DE INFILTRADO INFLAMATÓRIO CONSTITUÍDO POR GRANULÓCITOS (SETA) E MACRÓFAGOS (CABEÇA DE SETA) C) MIOFIBRAS MULTIFOCAIS APRESENTANDO DEGENERAÇÃO HIALINA (SETAS) D) ÁREA DE REGENERAÇÃO INEFICIENTE. NOTA-SE FIBROBLASTOS (CABEÇA DE SETA) E CÉLULAS MULTINUCLEADAS (SETA PONTILHADA)72

FIGURA 3 - PERCENTUAL (%) DE LESÕES HISTOPATOLÓGICAS NOS PEITOS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.....74

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS.....	43
TABELA 2 - DESEMPENHO PRODUTIVO DE 1 A 7 DIAS, 1 A 14 DIAS, 1 A 21 DIAS, 1 A 28 DIAS, 1 A 35 DIAS E 1 A 42 DIAS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO.	48
TABELA 3 - PESO ABSOLUTO DA CARCAÇA, CORTES COMERCIAIS E DEPOSIÇÃO DE GORDURA ABDOMINAL DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	50
TABELA 4 - RENDIMENTO DE CARCAÇA, CORTES COMERCIAIS E DEPOSIÇÃO DE GORDURA ABDOMINAL DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	50
TABELA 5 - CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE MDA (NMOL/MG DE PROTEÍNA) E DE DPPH (%) DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DE FRANGOS DE CORTE AOS 42 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO.	51
TABELA 6 - MEDIDAS DE PH LOGO APÓS O ABATE E 24 HORAS APÓS DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	52
TABELA 7 - AVALIAÇÃO DA PERDA DE ÁGUA POR GOTEJAMENTO, PRESSÃO, CONGELAMENTO E COCÇÃO DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	52
TABELA 8 - AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE (L*) ÍNDICE DE VERMELHO (A*) E AMARELO (B*), DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	53
TABELA 9 - FORÇA DE CISALHAMENTO (RUPTURA E ELASTICIDADE) DE PEITO <i>IN NATURA</i> OU PÓS COCÇÃO DE FRANGOS DE CORTE	

RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.....	54
TABELA 10 - VALORES MÉDIOS DE MDA (MG/KG) EM CARNE DE PEITO RESFRIADA POR 24HS E 7 DIAS OU CONGELADA POR 60 DIAS DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE .	54

CAPÍTULO II

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS.....	66
TABELA 2 – OCORRÊNCIA DE LESÕES MACROSCÓPICAS DE WHITE STRIPING EM FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	69
TABELA 3 - AVALIAÇÃO DA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE LESÕES MACROSCÓPICAS DE WOODEN BREAST EM FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	69
TABELA 4 - SCORE DE CLASSIFICAÇÃO DAS LESÕES HISTOPATOLÓGICAS (GRAU DE INFILTRADO DE CÉLULAS INFLAMATÓRIAS) DE WOODEN BREAST EM FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	70
TABELA 5 - QUANTIFICAÇÃO DO PERCENTUAL DE GORDURA, COLÁGENO E PROTEÍNA MUSCULAR (%) NOS PEITOS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.	70
TABELA 6 - PERCENTUAL (%) DE LESÕES HISTOPATOLÓGICAS NOS PEITOS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.....	73

CAPÍTULO III

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS.....	82
TABELA 2 - QUANTIFICAÇÃO DA PROTEÍNA HSP70 (NG/ML) EM SORO DE FRANGOS DE CORTE AOS 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO	

SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR CALOR NO PERÍODO PRÉ-ABATE.....	89
TABELA 3 - DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE DE 42 A 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR CALOR NO PERÍODO PRÉ-ABATE.	90
TABELA 4 – MORTALIDADE (%) DE FRANGOS DE CORTE DE 42 A 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR CALOR NO PERÍODO PRÉ-ABATE.....	91
TABELA 5 - AVALIAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE MDA (NMOL/MG DE PROTEÍNA), VALORES MÉDIOS DE DPPH E CARBONIL (NG/MG DE PROTEÍNA) EM SORO DE FRANGOS DE CORTE AOS 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR CALOR. .	91
TABELA 6 - PESO ABSOLUTO DA CARÇAÇA, CORTES COMERCIAIS E DEPOSIÇÃO DE GORDURA ABDOMINAL DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.....	92
TABELA 7 - RENDIMENTO DE CARÇAÇA, CORTES COMERCIAIS E DEPOSIÇÃO DE GORDURA ABDOMINAL DE FRANGOS DE CORTE DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.	92
TABELA 8 - MEDIDAS DE PH LOGO APÓS O ABATE E 24 HORAS APÓS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.	93
TABELA 9 - AVALIAÇÃO DA PERDA DE ÁGUA POR GOTEJAMENTO, PRESSÃO, CONGELAMENTO E COCÇÃO DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E	

SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.....	94
TABELA 10 - AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE (L*) ÍNDICE DE VERMELHO (A*) E AMARELO (B*), DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.....	94
TABELA 11 - FORÇA DE CISALHAMENTO (RUPTURA E ELASTICIDADE) DE PEITO IN NATURA OU PÓS COCÇÃO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.....	95
TABELA 12 - VALORES MÉDIOS DE TBARS (MDA MG/KG) EM CARNE DE PEITO RESFRIADA POR 24HS, 7 DIAS E CONGELADA POR 60 DIAS DE FRANGOS DE CORTE AOS 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO, SUBMETIDOS AO ESTRESSE POR CALOR.....	95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 SELÊNIO.....	21
2.2 FONTES DE SELÊNIO – ABSORÇÃO E METABOLISMO.....	22
2.3 SELÊNIO - PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES E ATIVIDADE DAS SELENOPROTEÍNAS	24
2.4 SELÊNIO – INCLUSÃO EM DIETAS E DESEMPENHO PRODUTIVO	29
2.5 ASSOCIAÇÃO ENTRE ESTRESSE OXIDATIVO E ESTRESSE POR CALOR..	30
2.6 SELÊNIO – PROTEÇÃO ANTIOXIDANTE E A QUALIDADE DE CARNE.....	33
2.7 ALTERAÇÕES MUSCULARES EM LINHAGENS DE ALTO RENDIMENTO DE CARNE.....	35
3 OBJETIVOS.....	38
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
CAPÍTULO I – EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE DESEMPENHO, QUALIDADE DA CARNE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE FRANGOS DE CORTE	39
INTRODUÇÃO	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DAS MIOPATIAS <i>WHITE STRIPING</i> E <i>WOODEN BREAST</i> EM PEITOS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM SELÊNIO ORGÂNICO.....	61
INTRODUÇÃO	62
MATERIAL E MÉTODOS	64
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS.....	74

CAPÍTULO III: SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE A INDUÇÃO DAS PROTEÍNAS DE CHOQUE TÉRMICO (HSP) E O EFEITO SOBRE A QUALIDADE DA CARNE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS AO ESTRESSE TÉRMICO PRÉ-ABATE	77
CHAPTER III: SUPPLEMENTATION OF ORGANIC SELENIUM ON THE INDUCTION OF THERMAL SHOCK PROTEINS (HSP) AND THE EFFECT ON THE QUALITY OF MEAT AND OXIDATIVE STABILITY OF BROILERS BIRDS UNDERWENT THERMAL STRESS IN THE PRE-SLAUGHTER PERIOD	77
INTRODUÇÃO	78
MATERIAL E METODOS	80
RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
CONCLUSÕES	96
REFERÊNCIAS	97
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o consumo de carne de frango tanto em termos absolutos como *per capita*, cresceu de forma ascendente frente as outras fontes de proteína animal ofertadas no mercado, devido ao seu alto valor biológico, baixo nível calórico e, principalmente, baixo custo. Este crescimento de consumo foi mundial, levando ao aumento da produção para atender novos mercados.

A avicultura de corte brasileira, desde a sua constituição, vem passando por transformações significativas em sua base técnica, tais como: a importação e desenvolvimento de linhagens de aves com rápido crescimento, maior deposição de tecido muscular e melhor conversão alimentar. Além disso, houve avanços nas técnicas de determinação de exigências nutricionais das aves, na automação e desenvolvimento de equipamentos de climatização dos galpões e na nutrição das aves, os quais permitiram ganhos em produção, eficiência e rentabilidade (ABPA, 2016).

Por outro lado, as restrições dos mercados consumidores sobre a dieta, ambiente, higiene e bem-estar, aumentaram os custos de produção e limitaram ainda mais a rentabilidade da produção avícola. Associado a esse fato, as constantes mudanças nos hábitos de consumo e a crescente busca por segurança alimentar, tem forçado o setor a realizar alterações contínuas na dieta das aves a fim de atender a demanda desses clientes que estão em busca de produtos agregados de alta qualidade e de valor nutricional e inseridos em um contexto de sustentabilidade (UBABEF, 2012).

Com a finalidade de atender a este mercado sensibilizado com a situação e em franca ascensão, alternativas e inovações nutricionais tem sido estudadas e avaliadas. As fontes orgânicas de minerais podem ser melhor aproveitadas pelo animal, devido as menores perdas decorrentes de interações e antagonismo entre minerais, formação de complexos indisponíveis e conseqüente redução da absorção, além da menor excreção no meio ambiente e menores riscos de contaminação por metais pesados.

A maior biodisponibilidade das fontes orgânicas de minerais permite que elas sejam incluídas na dieta em concentrações mais baixas, sem efeitos negativos sobre o desempenho das aves e o meio ambiente. Por outro lado, a inclusão dessas

fontes em níveis maiores pode permitir o melhor entendimento da complexa participação dos minerais em inúmeros sistemas enzimáticos e metabólicos (RICHARDS et al. 2010; ŚWIĄTKIEWICZ et al. 2014; ELKHAIREY et al. 2015).

O selênio (Se) é um micronutriente essencial para o crescimento e manutenção do organismo animal. Está presente no organismo como selenometionina ou selenocisteína nas proteínas (MAHAM & ESCOTT-STUMP, 1998). O interesse sobre o Se tem evoluído principalmente devido a sua presença na enzima glutationa peroxidase (GSH-Px). A GSH-Px protege os lipídios das membranas e outros constituintes celulares contra a lesão oxidativa através do desdobramento do peróxido de hidrogênio e dos hidroperóxidos dos ácidos graxos (JOKIĆ et al. 2009). O selenito de sódio, forma inorgânica de Se, é mais prontamente disponível para formar a selenocisteína e compor a GSH-Px do que a selenometionina. Entretanto, na forma orgânica como selenometionina, o Se pode ser armazenado e, portanto, pode ser utilizado para sintetizar selenoproteínas como a GSH-Px em períodos de estresse intenso prevenindo os distúrbios que seriam causados pelo excesso de radicais livres produzidos nestas situações (SURAI, 2002).

A produção contínua de espécies reativas de oxigênio (ERO) ou radicais livres durante os processos metabólicos culmina na maior exigência dos sistemas de defesa antioxidante. Apesar da geração de radicais se constituir em fenômeno fisiológico, cumprindo funções biológicas relevantes como mediadores para a transferência de elétrons nas várias reações bioquímicas, a produção excessiva pode conduzir a danos oxidativos (AKBARIAN et al. 2016).

Quando há sobrecarga do mecanismo antioxidante, gera-se uma condição denominada estresse oxidativo. Numa condição de estresse oxidativo, os radicais provocam danos nas membranas celulares através da peroxidação dos resíduos de ácidos graxos insaturados dos fosfolipídios, além de gerar danos a proteínas e ao DNA, provocando diversas alterações na função celular e, portanto, tecidual.

O intenso crescimento muscular das linhagens atuais de frangos de corte exige uma intensa demanda energética com concomitante aumento no consumo de oxigênio, que somado a ativação de vias metabólicas específicas para o crescimento muscular, contribui com a formação excessiva de radicais livres. Durante o metabolismo celular aeróbico, o oxigênio sofre redução resultando na formação de

água e formação de ERO. A redução completa do oxigênio ocorre na mitocôndria onde há neutralização das ERO pelo sistema antioxidante celular, como a glutathione (AKBARIAN et al. 2016). Falhas no sistema antioxidante podem contribuir com a ocorrência das miopatias observadas nas atuais linhagens de frangos de corte, entretanto, os resultados de trabalhos de pesquisa são inconclusivos (BAILEY, et al. 2015).

Concomitante a esse processo, pesquisas científicas têm relacionado a incidência de miopatias peitorais em frangos de corte de alto ganho de peso e maior musculatura peitoral (KUTTAPPAN et al. 2012, MUDALAL et al. 2014). Além disso, há indícios de maior expressão gênica à hipóxia e ao estresse oxidativo em aves acometidas, porém não está claro se a ocorrência das miopatias é primária ou secundária (MUTRYN et al. 2015) a essa condição.

Como consequência das lesões musculares, são observadas implicações na qualidade final da carne, bem como no rendimento da carcaça (MACRAE et al. 2007). O estresse oxidativo pode ser gerado e implicar ainda na qualidade da carne em decorrência das condições de temperatura ambiental. O desequilíbrio fisiológico causado por altas temperaturas ambientais tem efeito direto sobre as reservas de glicogênio muscular, responsáveis pelo desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* (PETRACCI et al. 2001) que influenciarão diretamente as características de qualidade tecnológica e sensorial da carne de maneira irreversível, tanto para o processamento como para o consumo *in natura*.

Outra resposta, em animais mantidos sob estresse de calor, é o aumento da concentração sanguínea de Malondialdeído, subproduto da peroxidação lipídica, a qual se inicia quando há uma produção no organismo dos radicais livres (AKBARIAN et al. 2016). A oxidação lipídica é uma das principais causas de perdas de qualidade de produtos cárneos. A carne de frango, devido a sua composição rica em ácidos graxos, torna-se mais susceptível a sofrer processos oxidativos quando comparados as carnes suína e bovina. Assim, o controle de processos oxidativos torna-se essencial. Essas reações são deletérias ao organismo animal, entretanto podem ser controladas por sistemas antioxidantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SELÊNIO

O selênio (Se) integra o grupo VI de elementos (O, S, Se, Te, Po), é divalente e possui configuração eletrônica igual a 2,8,18, 6 e possui sua química semelhante ao do enxofre (BACILA, 1980).

O Se foi descoberto em 1817 por Berzelius não pela sua relevância biológica, mas como um elemento tóxico associado com uma doença identificada como selenose devido ao excesso no solo e plantas de um território específico nos Estados Unidos. Em 1957, Schwarz e Foltz relataram que o Se era um nutriente essencial e os nutricionistas, então, iniciaram estudos para descobrir suas funções metabólicas e documentar as consequências da deficiência nas dietas de humanos e animais.

A importância e essencialidade foi inicialmente comprovada quando demonstrado que a deficiência de Se associada com a da vitamina E, resultava na doença do músculo branco (MUTH et al. 1958). No entanto, o seu significado biológico como parte estrutural de selenoenzimas foi entendido em 1973 com a descoberta da glutathiona peroxidase (GSH-Px) e o seu papel na regulação de processos oxidativos e de proteção das membranas celulares e das mitocôndrias (ROTRUCK et al. 1973, MEHDI et al. 2013).

Além das ações desempenhadas no sistema de defesa antioxidante, protegendo o organismo do estresse oxidativo (PAPPAS et al. 2008; ZOIDIS et al. 2010), o Se é um micromineral essencial para funções orgânicas como reprodução, crescimento, prevenção de várias doenças principalmente daquelas que possuem o estresse oxidativo como fator desencadeante, além da manutenção da integridade dos tecidos (PISSINATI et al. 2012). O Se é co-fator de mais de 25 selenoproteínas (ZHOU et al. 2013), além das envolvidas diretamente nos processos oxidativos. Animais mantidos em intenso sistema de produção estão mais sujeitos ao estresse oxidativo, devido aos vários fatores envolvidos, desde genéticos, ambientais e de manejo, que podem afetar seu desempenho, qualidade e estabilidade da carne (EDENS e SEFTON, 2016).

O Se é um elemento que tem uma margem muito estreita entre os níveis de exigência e toxidez. O conteúdo de Se nos grãos utilizados na elaboração das dietas depende primariamente do conteúdo de Se no solo em que crescem os grãos e como a grande parte dos solos do mundo é pobre em Se, a suplementação na dieta dos animais é necessária. A seleniometionina é a forma mais encontrada de selênio nos vegetais (BRODY, 1999). Assim, estratégias dietéticas para suplementação de Se têm sido estudadas visando não somente o atendimento das exigências metabólicas dos animais, mas a incorporação na carne, leite e ovos, obtendo, dessa forma, alimentos funcionais que poderão atender as exigências dietéticas do consumidor de produtos de origem animal (PAN et al. 2007; ZHANG et al. 2010).

2.2 FONTES DE SELÊNIO – ABSORÇÃO E METABOLISMO

Há duas fontes principais de suplementação de Se na dieta dos animais. Uma fonte na forma de selenoaminoácidos, também chamada de selênio orgânico, que inclui a seleniometionina (SeMet) e selenocisteína (SeCis) e o selênio inorgânico como selenitos ou selenato de sódio sendo ainda a principal fonte de selênio usada nas rações para as aves (SURAI et al. 2006; SAAD, 2009). Isso se deve ao maior custo das fontes orgânicas.

Como análogo dos aminoácidos sulfurados, a forma orgânica de Se está presente como um produto direto da incorporação de Se em proteínas em substituição ao enxofre, o que difere das metaloproteínas ou quelatos, nos quais ocorre simplesmente uma complexação com grupos funcionais das proteínas (SUZUKI, 2005).

A maioria das formas orgânicas comercializadas estão disponíveis como leveduras enriquecidas que crescem sobre um substrato contendo pouco enxofre e muito Se. Dessa forma, o Se encontrado é basicamente a SeMet com uma variação no conteúdo de Se de 21 a 68% (UDEN et al. 2004). Além da forma de leveduras selenizadas, ainda há a forma sintética ou pura de SeMet, a seleno-hidroxi-metionina (HMSeBA - ácido 2-hidroxi-4-metil-selenio-butanoico). Por se tratar de um processo químico, a síntese de HMSeBA resulta num produto com maior concentração de Se (100%) e maior estabilidade quando a fonte é suplementada em rações submetidas aos processos térmicos (CECCANTINI, 2014).

Os níveis recomendados de selênio para frangos de corte variam conforme a fase de vida das aves, de 0,375 para fase pré inicial, 0,330 inicial, 0,300 crescimento 1, 0,225 crescimento 2 e 0,195 para fase final (Rostagno et al. 2011).

O mecanismo de absorção do Se varia conforme a fonte mineral. A absorção de selenito é por difusão e, portanto, proporcional à quantidade presente no lúmen intestinal, com maior taxa de absorção no íleo. A forma orgânica de Se ligada a metionina é absorvida como aminoácido, para os enterócitos por transporte ativo, em um processo similar ao que ocorre com a metionina, em todos os segmentos do intestino delgado (VENDELAND et al. 1994). Existem evidências de que a metionina das leveduras selenizadas compete pelos mesmos transportadores celulares com o aminoácido metionina e que, por outro lado, a forma HMSeBA não utiliza os mesmos transportadores que a metionina, ou seja, não apresenta nenhuma competição inibitória (CECCANTINI, 2014).

Após a absorção intestinal, SeMet e SeCis podem ser metabolizadas pelos animais como aminoácidos (EKHOLM et al. 1991). Isso ocorre especialmente com a SeMet, uma vez que não há distinção em relação a metionina e em consequência, 40-50% do Se corporal podem ser SeMet inserida em proteínas do tecido muscular, denominadas selenoproteínas não-funcionais (SCHRAUZER, 2001; SUZUKI, 2005). O Se é liberado somente após envolvimento dessas proteínas no turnover proteico, para então ser metabolizado a seleneto (HSe⁻), que é o metabólito comum para as formas orgânicas e inorgânicas no metabolismo intermediário de selênio. Para que o Se seja incorporado especificamente em selenoproteínas funcionais, como a glutathiona peroxidase, é necessário que as formas orgânicas e inorgânicas, reduzidas a seleneto sejam metabolizadas a SeCis.

Devido a essas diferenças na absorção e metabolização, a suplementação de Se de fonte inorgânica, como selenito de sódio é mais prontamente disponível para formar a SeCis e compor a GSH-Px do que a SeMet, que é vagarosamente transformada em SeCis pois a maior parte fica armazenada na forma em que é absorvida e a conversão depende da taxa de turnover proteico (HENRY e AMMERMAN, 1995).

Esta característica faz com que o selenito de sódio esteja prontamente disponível e possa atuar sobre algumas enfermidades como a diátese exudativa, porém menos eficiente em aumentar a concentração de Se nos tecidos (CANTOR et

al. 1975; SUCHÝ et al. 2014). Uma vez que o Se de origem orgânica pode ser armazenado, as aves se tornam mais resistentes a períodos de estresse intenso pois podem sintetizar mais selenoproteínas para combater o estresse oxidativo causado pelo excesso de radicais livres produzidos nessas situações (SURAI 2002). Estudos com suplementação de Se de fonte orgânica e inorgânico mostraram maior deposição de Se na carne de frangos de corte suplementados com a fonte orgânica (SPEARS et al. 2003; YOON et al. 2007; GOMES et al. 2011).

Além disso, há evidências de que a forma inorgânica é biologicamente menos ativa e pode acelerar os processos oxidativos no organismo (SUCHÝ et al. 2014). Outro fator importante é a maior biodisponibilidade das fontes orgânicas em relação à inorgânica, de 75,7% e 49,9%, respectivamente (MAHAN et al. 1999).

2.3 SELÊNIO - PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES E ATIVIDADE DAS SELENOPROTEÍNAS

O estresse oxidativo é inerente ao metabolismo aeróbico e induz à geração de radicais livres. Em condições fisiológicas, os organismos aeróbicos metabolizam 85% a 90% do oxigênio (O₂) consumido na mitocôndria, por meio da cadeia transportadora de elétrons. Os restantes 10% a 15% são utilizados por diversas enzimas oxidases e oxigenases e, ainda, por reações químicas de oxidação direta. No entanto, cerca de 2% a 5% do oxigênio metabolizado nas mitocôndrias são desviados para outra via metabólica, e reduzidos de forma univalente, dando origem aos radicais livres (HALLIWELL e WHITEMAN, 2004).

Os principais radicais livres encontrados nas células são o óxido nítrico (NO) e as espécies reativas de oxigênio (ERO (o superóxido (O₂ -•), o hidroxil (OH•), o alcóxil (RO•), o peróxil (ROO•) e o hidroperóxil (ROOH•) (UNNO et al. 1997; ARNAUD et al. 2002; CRUZAT et al. 2007).

Durante os processos metabólicos, esses radicais atuam como mediadores para a transferência de elétrons nas várias reações bioquímicas, como na geração de ATP (energia), ativação de genes e participação de mecanismos de defesa durante o processo de infecção.

O intenso crescimento muscular das linhagens atuais de frangos de corte exige uma intensa demanda energética com concomitante aumento no consumo de

oxigênio. Porém, o aumento do consumo de oxigênio, assim como a ativação de vias metabólicas específicas para o crescimento muscular, resulta na maior formação de radicais livres. Quando há sobrecarga do mecanismo antioxidante, gera-se uma condição denominada estresse oxidativo. Numa condição de estresse oxidativo, os radicais provocam danos nas membranas celulares através da peroxidação dos resíduos de ácidos graxos insaturados dos fosfolípidios, além de gerar danos a proteínas e ao DNA, provocando diversas alterações na função celular e, portanto, tecidual. Além disso, quando reagem com outras moléculas que não são radicais, novos radicais livres são gerados, promovendo uma amplificação do efeito deletério (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 1990; SURAI, 2002).

O processo oxidativo é constituído de três fases principais: a iniciação, a propagação e a terminação (SEVANI & HOCHSTEIN, 1985). A iniciação da peroxidação lipídica pode ser promovida por dois grupos de fatores (SLATER et al. 1987): 1) pelo impacto ou absorção de energia e 2) por reações redox. Esta reação começa pela ação de qualquer elemento que possua reatividade suficiente, para retirar um átomo de hidrogênio de um grupo metil da molécula lipídica, formando um radical.

Na segunda etapa de propagação, o peróxido formado extrai um átomo de hidrogênio de outra molécula lipídica ou de um ácido graxo adjacente para formar um hidroperóxido lipídico, formando um novo radical livre e propagando a reação em cadeia (SURAI, 2002). Na terceira e última etapa, a terminação, ocorre quando os peróxidos formados reagem uns com os outros para originar produtos secundários da peroxidação (SILVA et al. 1999).

Para evitar a ação oxidativa dos radicais livres nas suas próprias células, o organismo possui um sistema antioxidante de proteção, que pode neutralizar os efeitos deletérios. Entretanto, o desequilíbrio entre compostos oxidantes e antioxidantes, em favor da geração excessiva de radicais livres ou em detrimento da velocidade de remoção desses gera a instalação do processo de estresse oxidativo.

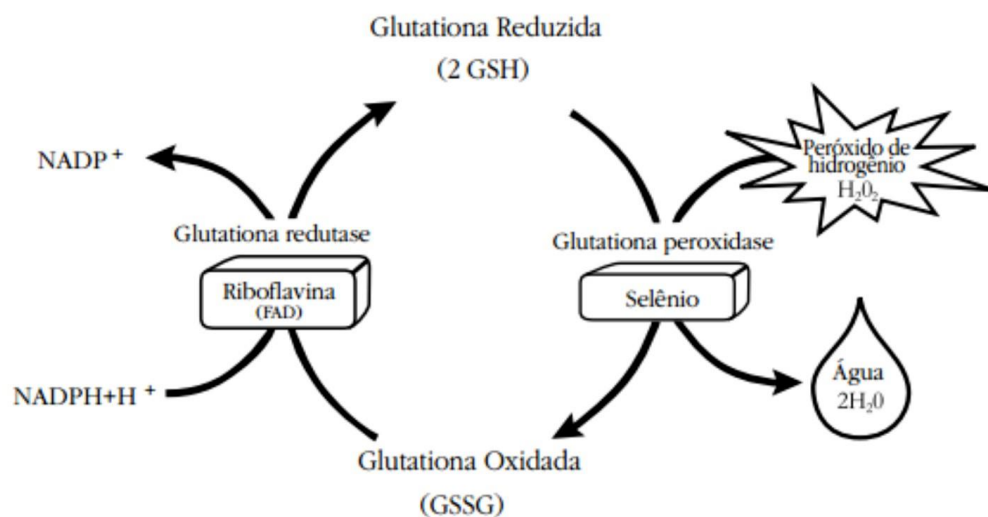
O sistema de defesa pode atuar em duas linhas. Uma delas atua como detoxificadora do agente antes que ele cause lesão. Esta linha é constituída por glutathione reduzida (GSH), superóxido-dismutase (SOD), catalase, glutathione-peroxidase (GSH-Px) e vitamina E. A outra linha de defesa tem a função de reparar a lesão ocorrida, sendo constituída pelo ácido ascórbico, pela glutathione-redutase

(GSH-Rd) e pela GSH-Px, entre outros. Com exceção da vitamina E (a-tocoferol), que é um antioxidante estrutural da membrana, a maior parte dos agentes antioxidantes está no meio intracelular (ROSS e MOLDEUS, 1991).

A enzima GSH-Px possui uma característica importante, apresentando um resíduo de cisteína contendo Se covalentemente ligado ao restante da enzima, além de glutamato e glicina (Glu - Cis - Gli). Na síntese da selenocisteína, um átomo de Se toma o lugar de um átomo de enxofre na cisteína ligada a um tipo especial de RNAt. O RNAt tem afinidade por um sinal presente no RNAm que codificam a proteína utilizando a selenocisteína (ALBERTS, 1997). A GSH-Px é uma das enzimas antioxidantes que remove o peróxido de hidrogênio (HOOH) e peróxidos orgânicos (ROOH), promove a manutenção de grupos sulfídricos na forma reduzida, a síntese de hormônios derivados do ácido araquidônico (leucotrienos), e participa do metabolismo de um grande número de compostos (BRODY, 1999; WANG e XU 2007).

Na inativação de um agente oxidante ocorre produção de glutatona oxidada (GSSG) e depleção de glutatona reduzida (GSH) (FIGURA 1).

FIGURA 1 - CICLO OXIDAÇÃO-REDUÇÃO DA GLUTATIONA



FONTE: Adaptado de COMINETTI et al. (2011).

Em situações em que o sistema de óxido-redução está íntegro, haverá recuperação da GSH. Entretanto, sob condições de excesso de agentes oxidantes e/ou deficiência do sistema protetor, haverá desequilíbrio entre o consumo de GSH e

a produção de GSSG, o que caracteriza o estresse oxidativo (SURAI et al. 1998). A recuperação da GSH é feita pela enzima glutatona redutase (GSH-Rd). Esta enzima não age diretamente na remoção de espécies radicalares, porém é responsável pela regeneração da glutatona à sua forma reduzida (GSH). A GSH-Rd é uma flavoproteína dependente da nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato reduzida (NADPH) e, portanto, também dependente da integridade da via das pentoses. Sob condições de diminuição do fornecimento de NADPH, como no jejum, há prejuízo da função da GSH-Rd (PAPP et al. 2007).

Atualmente, quatro membros da família das glutatona peroxidases têm função conhecida. A GPx clássica (GPx1), a selenoproteína mais abundante em mamíferos, foi a primeira a ser identificada e está presente no citosol das células, no qual funciona como antioxidante reduzindo peróxidos de hidrogênio (H₂O₂) e hidroperóxidos orgânicos livres e transformando-os respectivamente em água e álcool. A GPx gastrintestinal (GPx2) é a selenoproteína antioxidante mais importante no cólon e protege o organismo de mamíferos da toxicidade causada por hidroperóxidos lipídicos. A GPx extracelular (GPx3) tem expressão elevada nos rins e pode ter função antioxidante nos túbulos renais ou espaços extracelulares.

Já a GPx fosfolípido hidroperóxido (GPx4) é diretamente responsável pela redução de hidroperóxidos lipídicos. Ela reage com hidroperóxidos fosfolipídicos e com hidroperóxidos pouco solúveis, além de metabolizar colesterol e hidroperóxidos de éster de colesterol em lipoproteínas de baixa densidade oxidadas (BROWN e ARTHUR, 2001; GONZAGA, MARTENS e COZZOLINO, 2007; TAPIERO, TOWNDENS e TEW, 2003). A destruição de hidroperóxido dos ácidos graxos, é essencial, o qual se não reduzido a hidróxido, pode levar a uma incontrolável reação em cadeia, formando radicais livres que são extremamente prejudiciais às membranas celulares. Além disso, a GPx4 é um monômero e sua atividade é preservada em detrimento de GSH-Px1 quando a disponibilidade de Se na dieta é baixa (BERMANO et al. 1995).

A dieta é, sem dúvida, um fator de grande importância na modulação do estresse oxidativo, uma vez que a funcionalidade dessas enzimas dependem de uma fonte biodisponível de Se (CHOCT et al. 2004; SURAI 2002). Alguns fatores como o estresse por calor podem aumentar a atividade da GSH-Px (MAHMOUD e EDENS, 2005) para degradação dos radicais livres ROS gerados nessa situação, o

que requer estudos associando as exigências nutricionais de Se para aves criadas em ambientes de altas temperaturas.

O Se participa de cerca de 25 selenoproteínas já identificadas e caracterizadas funcionalmente. A maioria possui função enzimática redutora via selenocisteína, o que promove atividades catalíticas ou antioxidantes. Os processos celulares que necessitam da presença de selenoproteínas incluem a biossíntese de dNTPs (desoxirribonucleotídeos fosfatados) para o DNA, a remoção de peróxidos que promovem danos às células, a redução de proteínas ou lipídios oxidados, a regulação da sinalização redox, o metabolismo dos hormônios tireoidianos, o transporte e o armazenamento do selênio e possivelmente o dobramento de algumas proteínas (PAPP et al. 2007).

O sistema tioredoxina é constituído pela TrxR, tioredoxina e NADPH, e é o maior sistema redox celular presente nos organismos vivos (PAPP et al. 2007). Três formas de TrxR foram identificadas em mamíferos, a TrxR1 que é citosólica, a TrxR2 mitocondrial, e a tioredoxina-glutationa redutase (TGR/TrxR3). A presença desta selenocisteína no sítio ativo da enzima demonstra a importância do selênio para sua atividade, e explica porque este elemento é necessário para a proliferação celular, uma vez que o controle do estado redox necessário à produção de desoxirribonucleotídeos ou à ativação de fatores de transcrição depende de tioredoxina (HOLMGREN, 2000; PAPP et al. 2007). Outra característica da selenoproteína TrxR é sua ação sinalizadora em resposta ao estresse celular por meio de alteração de sua conformação, o que pode afetar a interação com outras moléculas (GANTER, 1999; SURAI 2002).

O Se também participa do metabolismo dos hormônios tireoidianos. A tireoide secreta dois importantes hormônios, a tiroxina (T4) e a tri-iodotironina (T3). A iodo-tironina desidrogenase é uma selenoenzima que atua na transformação de T4 em T3. Estes hormônios controlam o crescimento, o metabolismo e o desenvolvimento corporal, além de desempenhar funções na produção de proteínas estruturais, enzimas e outros hormônios (GOLDFEDER, 2010). A função primordial desses hormônios é o controle da taxa metabólica, o que eleva o consumo de oxigênio e a produção de calor pois em geral eles aumentam a taxa metabólica basal, o metabolismo basal das proteínas, dos carboidratos e lipídeos. CHOUPANI et al. (2014) mostraram maior concentração plasmática do hormônio T3, com

consequente redução do hormônio T4 em frangos de corte alimentados com fonte orgânica de selênio em relação à inorgânica (0,30 ppm), o que se deve ao aumento da atividade da iodotironina deiodinase em resposta ao Se dietético.

2.4 SELÊNIO – INCLUSÃO EM DIETAS E DESEMPENHO PRODUTIVO

Marsh et al. (1981) observaram pior desempenho das aves quando as dietas eram deficientes em vitamina E e Se. Colnago et al. (1984) demonstraram que a suplementação de dietas para pintos com níveis superiores a 0,25 ppm de Se melhorava o desempenho produtivo. Posteriormente, em 1988 Echevarria e colaboradores observaram que altos níveis de Se dietético resultaram em aumento do conteúdo de Se, no fígado, rim e músculo das aves.

Por outro lado, alguns resultados publicados apresentam discordância e até inconsistência em relação a necessidade de suplementação. Moreira et al. (2001), mesmo comparando vários níveis (0, 0,15; 0,45; 0,75; 1,05; 1,35 ppm), não observaram efeito em nenhuma das fases de vida dos frangos de corte suplementados com o tratamento controle. Por outro lado, Jianhua et al. (2000) suplementaram as rações com 0,3 ou 0,5 ppm de Se de fonte orgânica obtiveram maior ganho de peso das aves suplementadas com o maior nível. Esses autores atribuem o efeito a participação do Se na secreção de hormônios tireoidianos.

CHOCT et al. (2004) relataram além de melhora nos índices de conversão alimentar, maior rendimento de carcaça e peito, além de redução da perda de água por gotejamento quando a suplementação das dietas foi a base de Se de fonte orgânica. Hooge (2007) também encontraram menores perdas de água na carne de frangos pela suplementação de Se. Os autores justificaram a melhor integridade da membrana pelo efeito antioxidante da enzima GSP-Px que tem o Se como componente. O Se dietético pode ser rapidamente convertido a selenocisteína e incorporar a enzima, ou obtida da conversão da selenometionina armazenada nos músculos quando a fonte de suplementação é orgânica (AHMAD et al. 2012). JUNIPER et al. (2011) encontraram maior concentração da atividade de selênio e glutatona peroxidase na carne e sangue de perus quando a fonte suplementada era a selenometionina.

FUNARI JUNIOR et al. (2010) também observaram melhor desempenho para o nível de 0,45ppm em relação ao nível de 0,15ppm. Entretanto, a melhora da conversão alimentar somente foi observada quando a fonte utilizada foi a orgânica. Esses autores destacam que fonte e nível de Se são fatores que juntos podem exercer influência sobre o desempenho dos animais.

Em estudos mais recentes, Gomes et al. (2011) não observaram diferenças no desempenho de frangos de corte, suplementando as dietas com níveis entre 0,150 e 0,450 ppm de fonte orgânica. Da mesma forma, Rajashree et al. (2014) mostraram que a suplementação de Se, independente da fonte, e das inclusões avaliadas, de 0,250 a 0,500ppm, não influenciou o desempenho das aves. O que corrobora com estudos desenvolvidos por Silva et al. (2015) que também não observaram influência de níveis adicionais de Se de fonte orgânica sobre o desempenho de frangos de corte aos 42 dias de idade.

De Medeiros et al. (2012) encontraram efeito dos níveis crescentes de Se de fonte orgânica (0; 0,2; 0,4 e 0,6 mg Se/kg de ração) apenas sobre a redução da deposição da gordura abdominal de frangos de corte. Em contrapartida, Hada (2008) apontou maior deposição de gordura abdominal quando a dieta foi suplementada com 0,3 ppm de Se de fonte inorgânica.

2.5 ASSOCIAÇÃO ENTRE ESTRESSE OXIDATIVO E ESTRESSE POR CALOR

O ambiente térmico tem forte influência no desempenho zootécnico, sendo o estresse térmico por calor um dos principais fatores relacionados com alterações fisiológicas e metabólicas no organismo dos animais, que pode levar a queda no desempenho, a imunossupressão, a distúrbios metabólicos e alta taxa de mortalidade (MUJAHID et al. 2005).

Neste sentido, a cadeia avícola tem investido em ferramentas que possam otimizar a produção de carne de frango em condições adversas, frente às atuais demandas existentes através de pesquisas e novas técnicas ambientais que visam favorecer a máxima produtividade animal com o menor custo (PONCIANO et al. 2011). Nos últimos anos houve um crescimento considerável na produção de frangos de corte em países de clima tropical, caracterizado pelas elevadas

temperaturas e alta incidência de radiação solar na maior parte do ano (RENAUDEAU et al. 2012).

O ambiente dos aviários é composto por elementos físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que influenciam o desenvolvimento e o crescimento destes animais. Os elementos climáticos, temperatura, movimentação do ar e radiação e a umidade relativa, são considerados os mais relevantes, por exercerem ação direta e imediata sobre as respostas comportamentais, produtivas e reprodutivas dos animais (DA BAËTA & SOUZA, 2010).

Frangos de corte são cada vez mais sensíveis a elevadas temperaturas devido ao melhoramento genético que priorizou nos últimos anos o ganho muscular em um curto período de tempo, entretanto, a rusticidade destes animais piorou. Por outro lado, as aves têm uma melhor capacidade responsiva ao frio, pois o material genético que constitui as atuais linhagens comerciais de frangos de corte tem origem em países de clima temperado (PIANTONI, et al. 2016). Em adição, as aves possuem dificuldade para trocar calor, isto ocorre devido características próprias como, a ausência de glândulas sudoríparas e a superfície corporal recoberta por penas (NASCIMENTO et al. 2015).

Além disso, considerando que não houve avanços genéticos compatíveis no desenvolvimento do sistema de termorregulação, no sistema respiratório e cardiovascular (HAVENSTEIN et al. 2003; YAHAV et al. 2004), a capacidade termorreguladora parece ser ineficiente para enfrentar condições de altas temperaturas e umidade (LAGANA, 2005) e dissipar o calor corporal (LETERRIER et al. 2009).

Durante o estresse térmico por calor ocorre o catabolismo proteico e a gliconeogênese. Isto ocorre porque o animal estressado reduz drasticamente seu consumo de alimentos (BOIAGO et al. 2013) tentando diminuir a produção de calor, o que leva a constante degradação de tecidos musculares e gordurosos, assim como a inibição da síntese destes tecidos, levando a perda de peso e crescimento reduzido, com conseqüente menor rendimento de carne ao abate.

Os principais mecanismos para perda de calor nas aves estão baseados na radiação, convecção e a evaporação (BROSSI et al. 2009), sendo a principal rota de dissipação do calor a evaporação respiratória (HILLMAN et al. 1985). Neste sentido, a troca de calor com o ambiente ocorre principalmente pelo aumento da frequência

respiratória, que influencia em muitos processos fisiológicos naturais como a eliminação do CO₂. Metabolicamente, as aves respondem a esses estímulos por meio de alterações no metabolismo celular, ativando seus mecanismos de defesa. As primeiras alterações fisiológicas são bioquímicas, no qual os níveis de alguns eletrólitos no plasma são alterados, diminui a concentração de sódio e potássio, e aumenta a concentração de cloro (SILVA, et al. 2015). Em virtude disso, ocorrem a depressão da excreção e a reabsorção de bicarbonato pelos rins, contribuindo para acidificação do sangue, ou seja, para ocorrência da alcalose (BROSSI et al. 2009).

O organismo para manter suas funções metabólicas normais faz com que as suas células gerem radicais livres ou espécies reativas de oxigênio. Porém, em situações de estresse a produção desses compostos e os danos oxidativos são aumentados (LIN et al. 2006; YANG et al. 2010) gerando a condição denominada estresse oxidativo (FLANAGAN et al. 1998; MUJAHID et al. 2009). Uma das alterações decorrentes demonstradas por ALTAN et al. (2003) e YANG et al. (2010) é a peroxidação do componente lipídico da membrana eritrocitária gerando produtos como o Malondialdeído (MDA) que pode induzir o estresse oxidativo intracelular. A peroxidação leva ainda à destruição de sua estrutura da membrana celular, falência dos mecanismos de troca de metabólitos e, numa condição extrema, à morte celular (BENZIE, 1996).

A oxidação lipídica é um dos principais processos pelo qual ocorre perda de qualidade da carne e seus derivados; é considerado um fator determinante na vida útil do produto, pois gera compostos indesejáveis do ponto de vista sensorial, degradação de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (GRAY et al. 1996, OSAWA et al. 2005).

Em nível celular ocorre aumento da produção das proteínas de choque térmico (Hsp – Heat Shock Proteins), as quais estão envolvidas diretamente com a proteção celular primária (LINDQUIST & GRAIG, 1988) do organismo. A elevação da circulação de proteínas Hsp em situações de estresse está associada à síntese e maturação de novas proteínas que substituirão as proteínas danificadas pelos produtos do estresse metabólico (BUKAU & HORWICH, 1998). Além disso, Mosser e colaboradores (1997) demonstraram que as Hsp70 inibem a cascata de eventos que culminam com a morte celular, pois interagem diretamente com elementos da via apoptótica, seja ela intrínseca ou extrínseca.

Da mesma forma, os hormônios T3 e T4 podem ser alterados pela temperatura ambiente. A exposição da ave a temperaturas altas promove diminuição dos níveis sanguíneos de T3 (DAHLKE et al. 2005). O estresse também reduz o padrão antioxidante, com menores concentrações de vitaminas e minerais, aquelas que constituem ou atuam como co-fatores de sistemas de defesa antioxidantes. A suplementação de antioxidantes nas dietas de frangos pode se constituir uma ferramenta importante para a proteção das membranas e a manutenção da estabilidade oxidativa da carne.

2.6 SELÊNIO – PROTEÇÃO ANTIOXIDANTE E A QUALIDADE DE CARNE

A oxidação lipídica pode ocorrer durante a vida do animal, podendo perdurar durante o armazenamento da carne, devido ao desenvolvimento de alguns microrganismos deteriorantes ou pela própria oxidação lipídica. A peroxidação de ácidos graxos poliinsaturados altera a composição, estrutura e propriedades das membranas (fluidez, permeabilidade) e a atividade das enzimas a elas ligadas (MORRISEY et al. 1998). A carne de frango, devido a sua composição rica em ácidos graxos poliinsaturados, torna-se mais susceptível a sofrer processos oxidativos quando comparados a carnes suína e bovina (MARIUTTI e BRAGAGNOLO, 2009; DELLES et al. 2014). Assim, o controle de processos oxidativos da carne de frango torna-se essencial, uma vez que influenciará a qualidade e as características nutricionais e sensoriais durante o processamento e o armazenamento da carne de frango (MARIUTTI e BRAGAGNOLO, 2009; MALAYOĞLU et al. 2009).

Esse processo resulta na descoloração, aumento da perda por gotejamento, desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis, além da produção de componentes tóxicos presentes na carne. Portanto, é um processo degradativo, que resulta em rancidez na carne não cozida e/ou presença de sabores e odores estranhos referidos como “warmed-over flavor”, que ocorre após o aquecimento das carnes cozidas (FERRARI, 1998; HABIBIAN, et al. 2016).

Assim, é importante considerar, que no momento da compra o consumidor forma expectativas quanto à qualidade de um produto baseando-se em sua percepção dos indicativos de qualidade que ele conhece. Segundo Feijó (1999),

conceitos de valor nutritivo, sanidade e características organolépticas são avaliados pela qualidade visual (atributos que o consumidor observa quando vai às compras, com destaque para a cor da carne), qualidade gustativa (atributos que determinam se o consumidor comprará novamente aquele produto, com destaque para a maciez), qualidade nutricional (nutrientes considerados importantes para a saúde) e segurança (aspectos higiênico-sanitários e ausência de resíduos nocivos à saúde).

Além disso, as restrições dos mercados consumidores sobre a dieta, ambiente, higiene e bem-estar, além das mudanças nos hábitos de consumo e a crescente busca por segurança alimentar, tem forçado o setor a buscar soluções nutricionais a fim de atender a demanda e a sensibilidade desses clientes que estão em busca de produtos agregados de alta qualidade e de valor nutricional (UBABEF, 2012).

Entre os diversos fatores dietéticos, os antioxidantes são especialmente importantes, com papel fundamental em várias questões, desde a saúde e produtividade das aves, até a qualidade final do produto que chega ao consumidor. Este conceito baseia-se na percepção dos efeitos nocivos dos radicais livres e de produtos tóxicos de seu metabolismo sobre a qualidade da carne.

A oxidação lipídica pode ocorrer provavelmente em duas fases específicas que ocorrem imediatamente após o abate. As alterações bioquímicas que acompanham a conversão do músculo em carne evidenciam-se nas condições em que a oxidação na fração fosfolipídica altamente insaturada na membrana celular não é controlada de forma eficiente e o balanço entre os fatores pró-oxidativos e a capacidade antioxidativa favorecem a oxidação (MORRISEY et al. 1998).

Outros fatores pré-abate, tais como estresse e pós-abate, como pH e temperatura da carcaça, encurtamento pelo frio e estimulação elétrica também influenciam na taxa e extensão da oxidação da carne. Pode ocorrer também ruptura da integridade das membranas musculares pela desossa mecânica, moagem, reestruturação, ou cozimento, alterando os compartimentos celulares e facilitando a interação de pró-oxidantes com ácidos graxos insaturados, gerando radicais livres e propagação da reação oxidativa (ASGHAR et al. 1991).

Na natureza, há milhares de compostos que possuem propriedades antioxidantes, capazes de reagir com os radicais livres. Podem ser lipossolúveis (vitamina E, carotenóides, etc.), hidrossolúveis (ácido ascórbico, glutathione,

bilirrubina, etc.), sintetizados no organismo (ácido ascórbico, glutathione) ou ingeridos através de alimentos ou rações (vitamina E, carotenóides, selênio, etc.). Além disso, há enzimas antioxidantes sintetizadas no organismo, que combatem de forma eficaz os radicais livres. As principais selenoproteínas com atuação antioxidante são a GSH-Px e a tioredoxina redutases. E neste sentido, SURAI (2016) atribui ao Se o papel de Chefe-executivo da defesa antioxidante.

2.7 ALTERAÇÕES MUSCULARES EM LINHAGENS DE ALTO RENDIMENTO DE CARNE

O uso da inovação e da tecnologia são os principais fatores responsáveis pela evolução dos genótipos que melhoraram em ganho de peso e conversão alimentar, a composição de carcaça evoluiu para aves com maior rendimento de peito. Entretanto, a criação de frangos de corte para pesos de mercado maiores e em um curto período de tempo somado a crescente demanda por carne avícola por parte dos consumidores, culmina com o crescimento da musculatura peitoral de frangos aumentasse mais que o ganho do peso corporal (LILBUM, 1994). Esse resultado proveniente da seleção genética resultou em profundas alterações nas fibras musculares e estrutura vascular do músculo esquelético das aves e conduziu a um aumento da incidência de problemas musculares (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999; HOVING-BOLINK et al. 2000). As miopatias trazem grandes perdas econômicas devido à condenação de carcaças e a rejeição pelo consumidor (BAILEY et al. 2015).

Adicionalmente, à medida que o diâmetro das fibras musculares aumenta, há uma diminuição concomitante na densidade capilar, pois como as fibras aumentam de comprimento e de diâmetro, os capilares que cercam as fibras são deslocados, limitando o fornecimento de oxigênio e a difusão na fibra muscular, induzindo a uma esquemia (JOINER, 2014).

O aparecimento de estrias brancas no peito, alteração referida como *white striping*, é caracterizada por linhas brancas visíveis, paralelas à direção das fibras musculares do peito, com variáveis proporções e espessura, de etiologia ainda desconhecida (KUTTAPPAN et al. 2012). A medida que a gravidade de *White*

striping aumenta, o percentual de gordura, sofre acréscimo, apresentando característica histológica de adipogênese nos tecidos musculares acometidos.

Nos peitos considerados “amadeirados”, condição descrita como *wooden breast*, a caracterização se dá pela presença de áreas com textura endurecida na superfície do peito, as quais são pálidas e com proeminências além de, frequentemente, estarem cobertas por fluido viscoso transparente ou levemente turvo com petéquias multifocais distribuídas (SIHVO et al. 2014; MUDALAL et al. 2015).

A musculatura peitoral maior é composta por fibras brancas, portando, de metabolismo glicolítico (REMINGTON, 1993), portanto, já possui menor densidade capilar. As miopatias estriação branca e peito amadeirado que ocorrem na musculatura peitoral maior e menor, apresentam lesões microscópicas, como a degeneração muscular com aumento de gordura (lipidose) e tecido conjuntivo (fibrose) visualizada na estriação branca (KUTTAPPAN et al. 2013) e o mesmo ocorre no peito amadeirado, onde há relatos de degeneração e necrose do tecido muscular (SIHVO et al. 2014) e substituição desse tecido por tecido conjuntivo fibroso e a ocorrência irregular de tecido adiposo ao longo dessa musculatura (BILGILI, 2013).

As miopatias prejudicam tanto a aparência do produto como a maior ocorrência de problemas relacionados com a capacidade reduzida da carne de manter água durante o processamento e armazenamento, podendo contribuir com a ocorrência de carnes PSE (*pale, soft, exudative*), (BARBUT et al. 2008, PETRACCI et al. 2009; ZHU et al. 2012), além de outras alterações como fraca coesão (tendência para a separação de feixes de fibras musculares), que ocorre devido à imaturidade do tecido conjuntivo intramuscular (VELLEMAN et al. 2003; PUOLANNE e VOUTILA 2009; PETRACCI et al. 2012).

Além do componente genético, fatores nutricionais e de manejo podem estar envolvidos na ocorrência das diferentes miopatias. BAILEY et al. (2015) destacam que estes fatores podem contribuir com mais de 65% da variância da incidência de miopatias do músculo do peito.

O aumento do consumo de oxigênio, assim como a ativação de vias metabólicas específicas para o crescimento muscular, resulta na maior formação de radicais livres. Miopatias em frangos de corte podem estar correlacionadas ao rápido

crescimento, aumento da demanda por oxigênio a nível muscular e estresse oxidativo. A associação das miopatias ao estresse oxidativo tem despertado o interesse na suplementação de nutrientes antioxidantes. Neste contexto, o selênio compõe a enzima GSH-Px que protege os lipídios das membranas e outros constituintes celulares contra a lesão oxidativa

KUTTAPPAN et al. (2012) inicialmente acreditavam que a deficiência de Se e vitamina E poderia estar envolvida com a gravidade de *white stripping*, entretanto, esses autores suplementaram as dietas de frangos de corte com vitamina E e não observaram diminuição na incidência de eficiência de *white stripping*. Guetchom e colaboradores (2012) observaram redução da ocorrência dessa miopatia apenas aos 28 dias de idade, entretanto, à idade de abate, a suplementação adicional com vitamina E não manteve esse resultado. Sendo assim, os resultados encontrados contraditórios e inconclusivos quanto a suplementação de selênio e vitaminas sobre a gravidade de *white stripping*.

3 OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar a suplementação dietética de selênio orgânico para frangos de corte criados em ambiente termoneutro e submetidos ao estresse por calor.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito da suplementação dietética de selênio orgânico sobre:

O desempenho produtivo: peso vivo, consumo de ração/ave, conversão alimentar.

Capacidade antioxidante total do organismo: DPPH e MDA.

Rendimento de carcaça e cortes comerciais.

A ocorrência das lesões de *White Striping* e *Woden Breast* e a caracterização por meio da histopatologia dessas lesões.

Avaliação das propriedades funcionais e qualidade de carne: pH inicial e final, capacidade de retenção de água, análise de cor, perda de água por gotejamento (48 e 96h), perda de água após congelamento, perda de água por cocção, força de cisalhamento (carne crua e após cocção).

Avaliação da estabilidade oxidativa e oxidação de proteínas antes e após o congelamento: MDA e determinação do grupo carbonil.

Quantificação de proteínas do choque térmico - proteína HSP70.

CAPÍTULO I – EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE DESEMPENHO, QUALIDADE DA CARNE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação dietética de selênio orgânico sobre o desempenho produtivo, rendimento e qualidade da carne e estabilidade oxidativa de frangos de corte. Foram utilizados 1440 pintos de corte, machos, distribuídos aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e 12 repetições, compondo 36 unidades experimentais. As dietas experimentais foram compostas por uma dieta suplementada com 0,3 ppm de selênio de fonte inorgânica, e dois níveis de suplementação de selênio de fonte orgânica (0,3 e 0,6 ppm). A fonte inorgânica utilizada foi o selenito de sódio (45,6%) e a fonte orgânica foi o seleno-hidroxi-metionina (HMSeBA - ácido 2-hidroxi-4-metil-selenio-butanoico). A suplementação de fontes e níveis de Se não influenciou ($p>0,05$) o desempenho produtivo dos frangos de corte e manteve o balanço oxidativo e os atributos funcionais da carne. O nível de 0,6 ppm de HMSeBA resultou em maior rendimento de carcaça e peito ($p<0,05$). A suplementação de selenito de sódio ou HMSeBA nos níveis recomendados preservou a carne mantida sob refrigeração ou congelada da oxidação lipídica. As fontes orgânicas podem ser adicionadas às dietas em níveis mais elevados e podem ser uma estratégia interessante à indústria avícola para incorporar um nutriente essencial na carne de frangos de corte.

Palavras chave: Atividade antioxidante, Lipoperoxidação, Glutathione peroxidase, Rendimento de carcaça.

CHAPTER I - EFFECT OF SUPPLEMENT COMMERCIAL DIETS FOR BROILERS WITH ORGANIC SELENIUM ON PERFORMANCE, MEAT QUALITY AND OXIDATIVE STABILITY OF BROILERS

ABSTRACT

The aim of this study was to supplement commercial diets for broilers with organic selenium on performance, meat quality and oxidative stability of broilers. 1440 male chicks were distributed in a completely randomized design with three treatments and 12 replicates, totaling 36 experimental units. Experimental diets were composed of a diet supplemented with 0.3 ppm selenium from an inorganic source, and two levels of organic selenium supplementation (0.3 and 0.6 ppm). The inorganic source was sodium selenite (45.6%) and the organic source was selenohydroxy methionine (HMSeBA-2-hydroxy-4-methyl selen-butanoic acid). The supplementation of different sources and levels of Se did not influence ($p>0.05$) the productive performance of broilers and maintained the oxidative balance of broilers and the functional attributes of broiler meat. The 0.6ppm level of HMSeBA showed higher carcass and breast yield ($p<0.05$). Sodium selenite or HMSeBA supplementation at

the recommended levels preserved under refrigeration or frozen of lipid oxidation. Organic sources can be added to diets at higher levels and may be an interesting strategy to poultry industry to incorporate an essential nutrient into poultry meat.

Key-words: Antioxidant activity, Carcass yield, Glutathione peroxidase, Lipoperoxidation.

INTRODUÇÃO

O consumo de carne de frango aumentou nos últimos anos em todo o mundo, devido ao elevado valor nutricional, custo, benefícios para a saúde e atributos funcionais (GRASHORN, 2011). A palatabilidade e a qualidade da carne estão relacionadas com o sabor, aroma, suculência e maciez, sendo essas características de grande importância na decisão de compra pelo consumidor (MOELLER et al. 2010). O consumidor ainda tem buscado por alimentos funcionais, enriquecidos com nutrientes essenciais, que podem melhorar a saúde e o bem-estar e reduzir o risco de doenças (GRASHORN, 2011).

Os principais problemas da carne de frangos que ocorrem no *post-mortem* podem ser originados no período *ante mortem* e a dieta é um dos fatores que pode impactar diretamente sobre sua qualidade. No *post mortem*, o músculo sofre importantes alterações metabólicas como a queda de pH, aumento da glicólise, oxidação lipídica, que podem alterar a qualidade sensorial, organoléptica, nutricional e tecnológica da carne de frango e promover uma série de processos bioquímicos que irão interferir com o processamento e preservação da carne armazenada (DEL PUERTO et al. 2016).

A peroxidação lipídica é o fator mais prevalente na conservação e que afetará decisivamente a retenção de água e a cor (DEL PUERTO et al. 2016). A carne de frango, devido a sua composição rica em ácidos graxos, torna-se mais susceptível a sofrer processos oxidativos quando comparada a carnes suína e bovina. A peroxidação de ácidos graxos polinsaturados altera a composição, estrutura e propriedades das membranas (fluidez, permeabilidade) e a atividade das enzimas (MORRISEY et al. 1998), além de gerar danos a proteínas e ao DNA, provocando diversas alterações na função celular. Além disso, quando reagem com outras moléculas que não são radicais, novos radicais livres são gerados,

promovendo uma amplificação do efeito deletério (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 1990; SURAI, 2002).

A suplementação de antioxidantes pode contribuir com a modulação da estabilidade oxidativa da carne. O selênio (Se) é um micronutriente essencial para o crescimento e manutenção do organismo animal. Entretanto, a presença do Se no sítio ativo da enzima glutathiona peroxidase (GSH-Px) tem despertado o interesse, uma vez que esta enzima protege os lipídios das membranas e outros constituintes celulares contra a lesão oxidativa através do desdobramento do peróxido de hidrogênio e dos hidroperóxidos dos ácidos graxos (MAHAM & ESCOTT-STUMP, 1998; JOKIĆ et al. 2009). Além disso, importantes processos celulares que necessitam da presença de selenoproteínas incluem a regulação da sinalização redox e o metabolismo dos hormônios tireoidianos (PAPP et al. 2007).

O selenito de sódio, forma inorgânica de Se, é mais prontamente disponível para formar a selenocisteína e compor a GSH-Px do que a selenometionina. Entretanto, na forma orgânica como selenometionina, o Se pode ser armazenado e, portanto, pode ser utilizado para sintetizar selenoproteínas como a GSH-Px em períodos de maior necessidade prevenindo os distúrbios que seriam causados pelo excesso de radicais livres produzidos nestas situações (SURAI 2002). O intenso crescimento muscular das linhagens atuais de frangos de corte exige uma intensa demanda energética com concomitante aumento no consumo de oxigênio. Porém, o aumento do consumo de oxigênio, assim como a ativação de vias metabólicas específicas para o crescimento muscular, resulta na maior formação de radicais livres.

A maior biodisponibilidade das fontes orgânicas de minerais permite que elas sejam incluídas na dieta em concentrações mais baixas, sem efeitos negativos sobre o desempenho das aves e o meio ambiente. Por outro lado, a inclusão dessas fontes em níveis maiores pode permitir o melhor entendimento da complexa participação dos minerais em inúmeros sistemas enzimáticos e metabólicos (RICHARDS et al. 2010; ŚWIĄTKIEWICZ et al. 2014; ELKHAIREY et al. 2015).

O objetivo foi avaliar o efeito da suplementação dietética de selênio orgânico sobre o desempenho produtivo, rendimento e qualidade da carne e estabilidade oxidativa de frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no aviário experimental da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina. Todos os procedimentos com uso de animais neste trabalho foram submetidos à avaliação e aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFPR - Setor Palotina (Protocolo 24/2016)

Foram utilizados 1440 pintos de corte, machos de 1 dia de idade provenientes de matrizes da linhagem Cobb 500 Slow com 36 semanas de idade. As aves foram distribuídas aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e 12 repetições, compondo 36 unidades experimentais de 40 aves por box. As dietas consistiram de:

- Dieta comercial suplementada com 0,3 ppm de Selenito de Sódio
- Dieta comercial suplementada com 0,3 ppm de Seleno-hidroxi-Metionina
- Dieta comercial suplementada com 0,6 ppm de Seleno-hidroxi-Metionina

A fonte inorgânica utilizada foi o selenito de sódio (45,6%) e a fonte orgânica foi o Selisseo® 2% (Adisseo Feedsolutions). Selisseo® é uma molécula quimicamente pura Seleno-Hidroxi-Metionina (HMSeBA - ácido 2-hidroxi-4-metil-selenio-butanoico), uma fonte de Se 100% biologicamente ativa.

As aves foram alojadas em cama de maravalha nova, em boxes com 3,52 m² de área disponível (11,36 aves/m²). A temperatura ambiental foi controlada por sistema automatizado de placa eletrônica com controle sobre a ventilação mínima, campânulas elétricas, placas evaporativas e sistema de exaustão, de acordo com a idade das aves. Dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados diariamente, de um aparelho termo-higrômetro instalado no interior de um box. O experimento foi conduzido no verão e por causa das altas temperaturas registradas nessa época na região Oeste do Paraná, as médias de temperatura ambiental nas fases de crescimento e final se mantiveram um pouco acima da zona de conforto térmico, entre 26 a 30°C, com variação de cerca de $\pm 4^\circ$ (Cobb, 2012).

As aves receberam água e alimento *ad libitum* durante todo o período experimental. Nos primeiros 4 dias, a água foi oferecida em bebedouros infantis e a partir do 5º dia de idade, por meio de bebedouro *nipple*.

O Programa nutricional foi dividido em três fases: inicial (1 – 18 dias idade), crescimento (19 – 35 dias idade) e abate (35 – 46 dias de idade). As rações

experimentais, a base de milho farelo de soja e farinha de carne foram formuladas visando atender as exigências nutricionais das diferentes fases de acordo com as recomendações das agroindústrias locais (TABELA 1), com exceção às exigências de selênio. A dieta das matrizes das quais foram adquiridos os pintos, foi suplementada com selenito de sódio.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Ingredientes, Kg/T	Inicial	Crescimento	Abate
Milho	549,79	616,56	639,23
Farelo de Soja	390,00	329,00	300,00
Farinha de Carne	20,00	18,00	14,00
Óleo de Soja	16,00	15,00	26,00
Fosfato Bicálcico	5,000	5,000	5,000
Calcáreo	6,400	5,200	5,400
Sal Branco Comum	3,200	3,900	3,800
Bicarbonato de Sódio	2,000	-	-
DL-Metionina	2,850	2,150	1,950
L-Lisina	-	-	0,220
L-Treonina	0,380	0,550	0,300
PX Inicial ¹	3,000	-	-
PX Cresc. ²	-	3,000	3,000
Caulim ³	0,700	0,700	0,700
Cloreto de Colina 60%	0,180	0,440	0,400
Anticoccidiano	0,500	0,500	-
Composição calculada			
PB %	23,64	21,20	19,82
GB %	4,548	4,66	5,781
FB %	2,744	2,608	2,523
Cálcio %	0,943	0,847	0,793
P. Disp. %	0,448	0,429	0,401
EMet. KCAL/KG	2.960	3.051	3.147
Lis Dig. %	1,157	1,008	0,942
AASDig. %	0,919	0,796	0,746
Thr Dig. %	0,817	0,750	0,681
Trp Dig. %	0,255	0,224	0,209
Leuc Dig. %	1,777	1,633	1,551
Ile Dig. %	0,937	0,829	0,772
Val Dig. %	1,005	0,900	0,842
Arg Dig. %	1,464	1,291	1,198

¹Nível por kg de premix inicial: Vitamina A (KUI/KG 4.000.00); Vitamina D3(KUI/KG 1.167.000); Vitamina E (UI/KG 10.000.00) Vitamina K3 (mg/kg 1.000.00); Vitamina B1-Tiamina (mg/kg 1.000.00); Vitamina B2 – Riboflavina (mg/kg 2.666.666); Vitamina B6 – Piridoxina (mg/kg 1.667.00); Vitamina B12 – Cianocobalamina (mg/kg 6.666.00); Acido Pantatênico (mg/kg 6. 000.00) Niacina (mg/kg 13.000.00); Ácido Fólico (mg/kg 833.33); Biotina (mcg/kg 80.000.00); Manganês (ppm 40.000.00); Zinco (ppm 33.333.33); Ferro (ppm 23.333.00); Cobre (ppm 2.666.67); Iodo (ppm 333.33); Etoxiquin (mg/Kg 22.200.00); Fitase Phyzyme (g/kg 16.667).

²Nível por kg de premix crescimento: Vitamina A (KUI/KG 3.000.00); Vitamina D3(KUI/KG 1.000.000); Vitamina E (UI/KG 8.333.33) Vitamina K3 (mg/kg 1.000.00); Vitamina B1-Tiamina (mg/kg 800.00); Vitamina B2 – Riboflavina (mg/kg 2.166.667); Vitamina B6 – Piridoxina (mg/kg 1.400.00); Vitamina B12 – Cianocobalamina (mg/kg 5.000.00); Acido Pantatênico (mg/kg 5.000.00) Niacina (mg/kg 11.666.667); Ácido Fólico (mg/kg 500.00); Biotina (mcg/kg 70.000.00); Manganês (ppm 33.333.00); Zinco (ppm 26.666.00); Ferro (ppm 20.000.00); Cobre (ppm 2.666.67); Iodo (ppm 333.33); Etoxiquin (mg/Kg 22.200.00); Fitase Phyzyme (g/kg 16.667).

³ O produto inerte foi substituído parcialmente por Selenito de sódio diluído a 4,5% (0,007g/ton e Selisseo diluído a 0,1% (0,300 e 0,600g/ton) seguindo as recomendações dos fabricantes.

FONTE: A Autora (2017)

Para a avaliação do desempenho produtivo foi realizado o cálculo do desempenho produtivo as aves foram pesadas semanalmente (1 a 42 dias), assim como a sobra de ração fornecida, para a avaliação do peso médio, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. A conversão alimentar foi corrigida pela mortalidade semanal das aves conforme metodologia escrita por Sakomura e Rostagno (2007).

Já para a avaliação da atividade antioxidante, aos 42 dias de idade foi coletado sangue de duas aves/box (24 aves/tratamento) mantidas em jejum de 6-8 horas. Após a coleta, o sangue foi centrifugado por 15 minutos à 3500 rpm para a extração do soro e em seguida armazenado em microtubos em freezer – 80° C. Foram realizadas as análises de determinação da capacidade antioxidante total no soro pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), segundo a técnica adaptada de RUFINO et al. (2007) e Souza et al. (2007). Esse método consiste em avaliar a capacidade antioxidante via atividade sequestradora do radical livre DPPH.

As mesmas amostras foram utilizadas para a quantificação das substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) segundo a metodologia de Ohkawa et al. (1979). O malondialdeído (MDA) é o produto final da peroxidação lipídica e reage com o Ácido Tiobarbitúrico (TBA) para formar o aduto MDA-TBA sendo os resultados expressos em nmol/mg de proteína.

Aos 42 dias de idade, 180 aves foram abatidas, sendo cinco aves/unidade experimental (60 aves por tratamento), com peso vivo \pm 2% da média de peso do box, para o cálculo de rendimento de carcaça, de cortes comerciais e deposição de gordura abdominal. Previamente, as aves foram identificadas e submetidas ao jejum alimentar por seis horas e abatidas por atordoamento com eletricidade e posterior sangria de acordo com a Instrução Normativa nº 3 de janeiro de 2000 (Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue). Após o abate, com o auxílio de uma balança eletrônica foi determinado o peso absoluto da ave, da carcaça, dos cortes e da gordura abdominal.

Para o cálculo de rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada quente, sem os pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo que foi obtido individualmente antes do abate das aves. Para o rendimento dos cortes, foi considerado o rendimento do peito inteiro com pele e ossos, das pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), e asas com pele, que foi calculado em relação

ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal presente ao redor da cloaca, da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada, pesada e também calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Das 180 aves abatidas para o rendimento de carcaça e cortes, foram utilizadas 72 aves/ 24 por tratamento para avaliação das propriedades funcionais e qualidade de carne. Foram realizadas as análises de: pH, perdas de água por pressão, congelamento, gotejamento e cisalhamento, e análise de cor.

O pH foi aferido no músculo *Pectoralis major* direito 1 hora (pH inicial) e 24 horas após o abate sob refrigeração de 2 ± 4 °C (pH final), sendo uma leitura em cada tempo.

Após 24 horas do abate, foi realizada a perda de água por pressão. Foram pesados dois gramas da amostra do músculo *Pectoralis major* direito em balança semi-analítica. A amostra foi posicionada entre dois papéis filtro (Whatman n.1) e pressionada entre duas placas de acrílico com um peso de 10 kg, por cinco minutos. Após a prensagem a amostra foi pesada novamente para ser calculada a perda de água, seguindo a técnica descrita por BRIDI et al. (2012).

A cor foi analisada 24 horas após a coleta das amostras e após 30 minutos de exposição ao oxigênio, para reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico. Foram realizadas três leituras por amostra por meio do aparelho colorímetro portátil (Konica Minolta, Color reader CR10, Mahwah, EUA) na superfície ventral do músculo *Pectoralis Major* direito. Os componentes luminosidade (L^*), índice de vermelho (a^*) e índice de amarelo (b^*) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

Após 24 horas do abate, foram retirados os músculos *Pectoralis minor* direito e esquerdo (sossami) pesados, suspenso em ganchos de aço galvanizado, dentro de sacos de polietileno inflados para mensurar a perda de água por gotejamento. O músculo *Pectoralis minor* direito foi mantido sob refrigeração por 48 horas a 4°C, enquanto que as amostras do *Pectoralis minor* esquerdo permaneceram por 96hs. Posteriormente a cada período, as amostras foram pesadas novamente para ser calculada a perda de água por gotejamento. A análise foi executada segundo a técnica descrita por Boccard et al. (1981).

Foi retirada uma parte do músculo *Pectoralis major* esquerdo o qual foi pesado e congelado por 24hs e pesado novamente após o descongelamento. Para as perdas de água durante o congelamento.

Já para a análise de perda de água por cocção foi pega a outra parte restante da porção mediana do músculo *Pectoralis major* esquerdo. A qual foi submetida à cocção dentro de sacos de polietileno através de banho-maria por 60 minutos a 180°C. Após a cocção, as amostras foram refrigeradas por 24 horas para posterior pesagem e obtenção do percentual de perda de água por cocção. A técnica foi conduzida de acordo com a metodologia modificada de Silva Sobrinho (1999).

E para a força de cisalhamento da carne *in natura* descongelada e submetida à cocção foram retiradas três sub-amostras de 2,5 cm de comprimento e 2 cm de largura de cada amostra do músculo *Pectoralis major* esquerdo congelado por 24hs e descongelado e da porção que foi submetida ao teste de perda de água por cocção. A força de cisalhamento foi medida perpendicularmente à orientação das fibras musculares com a lâmina Warner-Bratzler adaptada ao texturômetro (Modelo TA-XT2i, Stable MycroSystems LTDA., Goldalming, UK) (WHIPPLE et al. 1990). As velocidades utilizadas foram de 5mm/s no pré e pós-teste e de 2mm/s no teste.

Para a análise da estabilidade oxidativa da carne de frango, foram coletadas amostras do peito das mesmas 24 aves/tratamento. As amostras foram refrigeradas à 4°C por 24 horas *post mortem* e em seguida submetidas à análise da estabilização lipídica. Dessas amostras, foram retiradas mais duas sub amostras para as mesmas análises, aos 7 dias sob refrigeração à 4°C e 30 dias sob congelamento -4°C para análise das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) resultantes da oxidação lipídica das amostras. As amostras foram processadas conforme adaptação da metodologia de Vyncke (1970) para mensuração do Malondialdeído. Após a refrigeração da amostra, foram retiradas sub-amostras de aproximadamente 2,5 g, as quais foram homogeneizadas com 10 ml de solução de ácido tricloroacético (TCA) 7,5% e 250 microlitros de hidroxitolueno butilado (BHT). O sobrenadante foi filtrado e alíquotas de 3 ml foram tratadas com 3 ml de solução de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) e colocadas em banho fervente, 80°C durante 1 hora, após esfriadas, e medidas em espectrofotômetro a 538 nm. O resultado foi expresso em miligramas de Malondialdeído (MDA) por kilograma de amostra.

Análise estatística

Os resultados obtidos no experimento foram tabulados e analisados utilizando-se análise de variância (ANOVA) do procedimento General Linear Model (GLM) com auxílio do programa estatístico SAS (2002, SAS Institute Inc., Cary, NC) e quando significativas, as médias entre os tratamentos foram comparadas por teste de média Duncan.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito para consumo de ração e conversão alimentar de 01 a 07 dias de idade (TABELA 2). Os tratamentos contendo selenito de sódio 0,3 ppm e HMSeBA 0,6 ppm resultaram em maior consumo de ração, enquanto que para conversão alimentar, o melhor resultado foi para as dietas contendo HMSeBA independentemente do nível de inclusão. Para os demais períodos de criação avaliados, não houve efeito ($P > 0,05$) para os parâmetros de desempenho avaliados.

Em condições experimentais, a suplementação de fontes inorgânicas ou orgânicas e com maiores níveis de Se pode ser suficiente para o crescimento e desempenho produtivo dos frangos de corte. Considerando a alta densidade de criação, as condições de ambiência e, portanto, os maiores desafios aos quais as aves criadas em condições comerciais são expostas continuamente, é possível que as exigências possam ser maiores de nutrientes chave a exemplo do Se para manutenção da homeostase orgânica.

Moreira et al. (2001) comparando vários níveis (0, 0,15; 0,45; 0,75; 1,05; 1,35 ppm) de selênio fonte inorgânica, não observaram efeito para os parâmetros de desempenho durante o período experimental em nenhuma idade. Briens et al. (2013) compararam o desempenho de frangos de corte suplementados com diferentes fontes de selênio, como o selenito de sódio, selênio-levedura e o 2-hidroxi-4-metilselenobutanóico (HMSeBA) e também não observaram diferenças no desempenho de 1 à 42 dias de idade. Entretanto, as respostas em termos de melhora no desempenho produtivo com a suplementação de Se é bastante controversa quando revisada a literatura a respeito do assunto.

TABELA 2 - DESEMPENHO PRODUTIVO DE 1 A 7 DIAS, 1 A 14 DIAS, 1 A 21 DIAS, 1 A 28 DIAS, 1 A 35 DIAS E 1 A 42 DIAS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO.

	01 a 07 dias			CV %	Valor de P
	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm		
Peso vivo, g	179,32	178,97	180,62	1,75	0,4409
Ganho de peso, g	138,33	136,83	139,72	2,74	0,2044
Consumo de ração, g	183,29 ^a	175,86 ^b	182,64 ^a	3,91	0,0413
Conversão alimentar	1,336 ^b	1,260 ^a	1,299 ^{ab}	5,43	0,0414
	01 a 14 dias				
Peso vivo, g	503,63	500,44	498,97	2,22	0,5846
Ganho de peso, g	461,94	457,16	457,90	2,52	0,5591
Consumo de ração, g	592,91	582,26	586,20	3,47	0,4425
Conversão alimentar	1,283	1,261	1,265	2,43	0,2038
	01 a 21 dias				
Peso vivo, g	977,19	964,45	965,49	2,64	0,4096
Ganho de peso, g	932,95	921,17	923,95	2,78	0,4918
Consumo de ração, g	1248,47	1225,73	1231,97	2,91	0,2928
Conversão alimentar	1,338	1,323	1,326	1,31	0,1022
	01 a 28 dias				
Peso vivo, g	1642,55	1627,55	1621,87	2,98	0,5674
Ganho de peso, g	1600,53	1587,71	1580,41	2,92	0,5673
Consumo de ração, g	2135,93	2097,98	2102,41	3,14	0,3229
Conversão alimentar	1,335	1,321	1,330	1,35	0,2119
	01 a 35 dias				
Peso vivo, g	2432,43	2373,36	2417,73	3,55	0,2282
Ganho de peso, g	2386,64	2329,76	2368,48	3,72	0,2843
Consumo de ração, g	3559,42	3473,74	3506,05	3,42	0,2278
Conversão alimentar	1,492	1,492	1,481	1,91	0,5458
	01 a 42 dias				
Peso vivo, g	2864,17	2841,44	2865,63	4,59	0,8803
Ganho de peso, g	2816,24	2796,20	2816,38	4,77	0,9141
Consumo de ração, g	4627,37	4569,81	4584,55	3,68	0,6908
Conversão alimentar	1,645	1,635	1,629	2,63	0,6589

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Duncan.

FONTE: A Autora (2017)

Estudos mais recentes mostram resultados semelhantes. Gomes et al. (2011) não observaram diferenças no desempenho suplementando as dietas com níveis entre 0,15 e 0,45 ppm. Da mesma forma, Rajashree et al. (2014) mostraram que a suplementação de Se, independente da fonte, e das inclusões avaliadas, de 0,25 a 0,50ppm, não influenciou o desempenho das aves. O que corrobora com estudos desenvolvidos por Silva et al. (2015) que também não observaram influência de níveis adicionais de Se de fonte orgânica sobre o desempenho de frangos de corte aos 42 dias de idade.

Por outro lado, Jianhua et al. (2000) suplementaram as rações com 0,3 ou 0,5 ppm de Se de fonte inorgânica, obtiveram maior ganho de peso das aves suplementadas com o maior nível. Esses autores atribuem o efeito a participação do Se na secreção de hormônios tireoidianos.

FUNARI JUNIOR et al. (2010) também observaram melhor desempenho para o nível de 0,45ppm em relação ao nível de 0,15ppm. Entretanto, foi observada a melhora da conversão alimentar para fonte orgânica independentemente do nível utilizado. Esses autores destacam que fonte e nível de Se são fatores que juntos podem exercer influência sobre o desempenho dos animais.

Para o peso absoluto de carcaça e de cortes comerciais (TABELA 3), houve diferença para o peso do peito e carcaça. Aves que receberam selenito de sódio na dieta e apresentaram maior ($p < 0,07$) peso absoluto de carcaça e maior peso ($p < 0,05$) para o peito quando comparado ao tratamento composto por HMSeBA 0,3 ppm, porém não diferiu da suplementação de HMSeBA 0,6 ppm. Na avaliação dos pesos relativos (TABELA 4) não foram observadas diferenças ($p > 0,05$), independentemente da fonte e nível de selênio utilizado.

Esses resultados podem ser explicados pela diferença no metabolismo de Se de origem inorgânica ou orgânica. Após a absorção intestinal, SeMet é incorporada às proteínas do tecido muscular, denominadas selenoproteínas não-funcionais (SCHRAUZER, 2001; SUZUKI, 2005). O Se é liberado somente após envolvimento dessas proteínas no *turnover* proteico, para então ser metabolizado a seleneto (HSe⁻), que é o metabólito comum para as formas orgânicas e inorgânicas no metabolismo intermediário de selênio. Devido a essas diferenças, a suplementação de Se inorgânica, como selenito de sódio é mais prontamente disponível para formar a SeCis e compor a GSH-Px entre outras selenoproteínas, do que a SeMet, que é vagorosamente transformada em SeCis pois a maior parte fica armazenada na forma em que é absorvida (HENRY e AMMERMAN, 1995).

Assim, pode ser necessário um nível mais alto de Se de fonte orgânica para o maior rendimento de carne. Uma vez que o Se de fonte orgânica pode ser armazenado no tecido muscular (SURAI 2002; SPEARS et al. 2003; YOON et al. 2007; GOMES et al. 2011), a inclusão de níveis mais altos de Se de fonte orgânica pode ser uma estratégia interessante da cadeia avícola para incorporar um nutriente essencial na carne de frangos. Segundo Pozzo (2012), a busca por um estilo de vida

mais saudável tem sido crescente e a alimentação tem um importante papel neste cenário. Os alimentos funcionais, nova categoria de alimentos, dotados de benefícios adicionais à saúde além da função básica de nutrir, buscam suprir essa demanda, constituindo uma grande tendência do setor alimentício.

TABELA 3 - PESO ABSOLUTO DA CARÇAÇA, CORTES COMERCIAIS E DEPOSIÇÃO DE GORDURA ABDOMINAL DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Carçaça, g	2233,14 ^a	2158,48 ^b	2215,07 ^{ab}	7,64	0,0476
Peito, g	878,53 ^a	843,02 ^b	869,93 ^{ab}	10,06	0,0750
Pernas, g	676,90	660,93	678,44	8,08	0,1619
Asas, g	224,89	217,12	223,64	9,32	0,0974
Gordura, g	32,53	35,10	32,06	27,13	0,1532

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Duncan.

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 4 - RENDIMENTO DE CARÇAÇA, CORTES COMERCIAIS E DEPOSIÇÃO DE GORDURA ABDOMINAL DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Carçaça, %	78,17	77,96	78,52	1,86	0,1222
Peito, %	39,23	39,02	39,23	4,96	0,7259
Coxa, %	30,32	30,63	30,64	4,19	0,3139
Asas, %	10,04	9,98	9,92	5,07	0,4460
Gordura, %	1,57	1,46	1,44	28,74	0,2272

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

A literatura consultada traz resultados divergentes. CHOCT et al. (2004) relataram além de melhora nos índices de conversão alimentar, maior rendimento de carçaça e peito quando níveis mais elevados da fonte de Se de fonte orgânica foi utilizado, a exemplo do observado no presente trabalho. Entretanto, Roa et al. (2013) avaliaram níveis crescentes de Se de fonte inorgânica não observaram diferença para rendimento de carçaça aos 42 dias de idade, assim como Chen et. al. (2013) comparando apenas fontes de Se. No entanto, observaram maior deposição de Se no tecido muscular para a fonte orgânica. Por outro lado, Oliveira et. al. (2014) submeteram as aves a uma dieta deficiente em Se com a suplementação na forma inorgânica no nível de 0,15ppm e observaram uma queda de 21,92% no rendimento de carne em comparação com o nível recomendado.

De Medeiros et al. (2012) encontraram efeito dos níveis crescentes de Se de fonte orgânica (0; 0,2; 0,4 e 0,6 mg Se/kg de ração) apenas sobre a redução da deposição da gordura abdominal de frangos de corte.

Não houve efeito ($p>0,05$) dos tratamentos sobre os valores séricos de MDA e DPPH, TABELA 5. Esse resultado demonstra que as aves provavelmente estavam em homeostasia orgânica e devido a essa estabilidade oxidativa, não foram observadas diferenças no desempenho das aves.

TABELA 5 - CONCENTRAÇÃO SÉRICA DE MDA (NMOL/MG DE PROTEÍNA) E DE DPPH (%) DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DE FRANGOS DE CORTE AOS 42 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
MDA (nmol/mg)	0,829	0,965	0,873	35,38	0,3463
DPPH (%)	4,580	2,996	3,727	93,60	0,3038

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

Os resultados encontrados neste estudo corroboram com os estudos de Celi et al. (2014). Esses autores avaliaram os efeitos da suplementação de duas fontes de selênio orgânico nas dietas para frangos de corte não observaram efeito das fontes de Se sobre as concentrações plasmáticas de metabólitos reativos ao oxigênio, potencial antioxidante biológico e produtos avançados de proteína oxidada.

Olivera, et al. (2011) ao suplementar frangos de corte com níveis de 0,05 e 0,30 ppm e diferentes fontes de selênio (orgânico e inorgânico) de 1 a 28 dias de idade, verificaram queda na concentração de MDA no plasma frangos de corte aos 28 dias de idade para os grupos tratados em relação ao controle, e demonstraram também, que a diminuição é proporcional ao nível de suplementação, ou seja, quando a suplementação de Se foi elevada de 0,05ppm para 0,30ppm. O que demonstra a necessidade de suplementação em níveis mais elevados.

Não houve diferença ($p>0,05$) para medidas de pH do peito no abate e 24 hs após o abate (TABELA 6), para a capacidade de retenção de água aos 42 dias de idade (TABELA 7) e para a avaliação da luminosidade (L^*) e índice de vermelho (a^*) e amarelo (b^*) (TABELA 8).

Esses resultados reforçam a hipótese que a suplementação de Se, independentemente da fonte, mas que atenda os níveis recomendados pelos nutricionistas para aves mantidas em condições adequadas de criação pode não

interferir na homeostase orgânica e, portanto, não influenciam os atributos de qualidade da carne.

Levando em conta o aspecto visual da carne, a cor e a retenção de líquidos exercem forte influência na venda do produto, sendo assim, o estudo de aditivos nutricionais que possam melhorar estes fatores ou amenizá-los ainda no animal vivo é de suma importância (DEL PUERTO et al. 2016).

O controle da queda do pH enquanto ocorre a conversão do músculo em carne é um fator importante e dependente da reserva de glicogênio, que por sua vez, está relacionada com o manejo pré-abate e as condições ambientais no carregamento e transporte das aves ao abatedouro (GRASHORN, 2011). A queda brusca de pH em condições de baixas reservas de glicogênio pode contribuir com a ocorrência de carnes classificadas como PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e devido a desnaturação das proteínas, a carne fica com o aspecto alterado assim como as propriedades funcionais, que interferem no processamento da carne (TAKAHASHI, 2004).

TABELA 6 - MEDIDAS DE PH LOGO APÓS O ABATE E 24 HORAS APÓS DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
pH inicial	6,15	6,25	6,21	2,96	0,1513
pH final (24h)	5,58	5,57	5,58	1,49	0,8503

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 7 - AVALIAÇÃO DA PERDA DE ÁGUA POR GOTEJAMENTO, PRESSÃO, CONGELAMENTO E COZÃO DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Gotejamento 48hs, %	1,88	2,01	1,91	21,87	0,5539
Gotejamento 96hs, %	1,81	2,07	2,08	25,59	0,1571
Pressão, %	8,63	9,11	8,73	15,78	0,4730
Congelamento, %	2,50	3,08	2,39	62,20	0,3175
Cocção, %	26,72	26,60	26,20	15,67	0,9056

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 8 - AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE (L*) ÍNDICE DE VERMELHO (A*) E AMARELO (B*), DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
L*	56,96	56,99	56,70	6,37	0,9531
a*	2,45	1,90	2,27	43,25	0,1362
b*	6,79	6,57	6,31	24,26	0,5696

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

CHOCT et al. (2004) não encontraram diferença entre fontes orgânicas ou inorgânicas de Se sobre as características de cor da carne, entretanto, observaram menor perda de água quando a fonte de Se suplementada foi a orgânica. Hooge (2007) e Perić et al. (2009) também encontraram menores perdas de água na carne de frangos pela suplementação de Se. Os autores justificaram a melhor integridade da membrana pelo efeito antioxidante da enzima GSP-Px que tem o Se como componente. O Se dietético pode ser rapidamente convertido a selenocisteína e incorporar a enzima, ou obtida da conversão da selenometionina armazenada nos músculos quando a fonte de suplementação é orgânica (AHMAD et al. (2012). JUNIPER et al.(2011) encontraram maior concentração da atividade da glutathione peroxidase na carne e sangue de perus quando a fonte suplementada foi a selenometionina.

A capacidade de reter água é uma propriedade da carne essencialmente primordial, principalmente sob o aspecto econômico e sensorial, pois tem um impacto econômico no processamento e no rendimento da carne pós-congelamento (FLETCHER, 2002).

Para força de cisalhamento de peito *in natura* ou pós cocção não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos (TABELA 9). Neste sentido, quanto maior a maciez da carne, maior é a quantidade de água retida no músculo (ANADÓN 2002; OFFER e KNIGHT 1988) e desta forma, a suculência da carne pode afetar diretamente a força de cisalhamento (BROSSI et al. 2009). No presente trabalho não foi observado diferença na perda de água ou na força de cisalhamento, tanto da carne *in natura* como na submetida à cocção, o que permite inferir que as fontes e níveis utilizados de Se atenderam a exigência das aves para esses atributos.

TABELA 9 - FORÇA DE CISALHAMENTO (RUPTURA E ELASTICIDADE) DE PEITO *IN NATURA* OU PÓS COCÇÃO DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Ruptura <i>in natura</i> , kg	1,43	1,55	1,23	39,80	0,1570
Elasticidade <i>in natura</i> , mm	8,90	9,72	9,49	28,03	0,5484
Ruptura pós cocção, Kg	3,87	3,52	3,74	39,04	0,7131
Elasticidade pós cocção, mm	12,58	12,61	13,64	18,66	0,2480

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

A indústria tem sido desafiada a melhorar o valor nutricional, a qualidade e a vida de prateleira da carne, por meio da incorporação de nutrientes antioxidantes às dietas (OLIVEIRA et al. 2014). A inclusão de fonte orgânica e o aumento do nível de inclusão não interferiram na estabilidade lipídica da carne, mensurada pela concentração de MDA na carne do peito resfriada por 24hs e 7 dias ou congelada por 60 dias (TABELA 10).

TABELA 10 - VALORES MÉDIOS DE MDA (MG/KG) EM CARNE DE PEITO RESFRIADA POR 24HS E 7 DIAS OU CONGELADA POR 60 DIAS DE FRANGOS DE CORTE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Refrigerada 24hs	0,180	0,185	0,186	9,33	0,4633
Refrigerada 7 dias	0,259	0,259	0,271	11,74	0,3174
Congelada 60 dias	0,153	0,156	0,154	31,56	0,9778

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

Os valores de MDA para carne resfriada por sete dias foram maiores daqueles observados após congelada por 60 dias de congelamento. Pode ser inferido, que a carne resfriada não sofreu os tratamentos de pré-resfriamento a exemplo do que ocorre em abatedouros comerciais para então ser embalada e comercializada. As amostras foram retiradas do peito, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas diretamente nas prateleiras da geladeira, o que pode ter acelerado o processo de oxidação, independentemente da fonte e nível de Se suplementado.

O fato da análise de MDA realizada na carne congelada por 60 dias resultar em valores baixos de MDA, pode ser explicada pela hipótese levantada por RAO et

al. (1996). Esses autores constataram redução nos valores de MDA em carne de búfalo entre 30 e 60 dias de congelamento e atribuíram essa queda às interações com as proteínas presentes no alimento. De acordo com Shamberger et al. (1977), o MDA pode combinar-se com outros componentes químicos dos alimentos, tais como as proteínas, assim, formando compostos estáveis, que conduzem a uma subestimação do valor final de MDA.

O objetivo do uso de antioxidantes nas dietas, é assegurar a qualidade da carne e evitar alterações devido a ação de radicais livres por meio de melhora na capacidade antioxidante que irão prolongar a vida de prateleira das carnes e dos produtos cárneos (MARIUTTI et al. 2009). Esses efeitos foram confirmados por WANG et al. (2011), Ahmad et al. (2012) e Chen et al. (2013) quando suplementaram as dietas com Se de fonte orgânica e observaram queda do MDA.

Neste estudo, embora, as fontes orgânicas utilizadas versus a fonte inorgânica sejam reconhecidas por sua ação antioxidante superior, sua inclusão na dieta não proporcionou benefício na proteção oxidativa da carne resfriada ou armazenada. Este fato pode ter ocorrido devido as boas condições de temperatura e sanidade de criação das aves em ambientes experimentais, que não induziram as aves ao estresse oxidativo (GRAU et al. 2000).

CONCLUSÃO

A suplementação de fontes e níveis de Se não influenciou o desempenho produtivo dos frangos de corte.

Para o maior rendimento de carcaça e peito é recomendado o nível de 0,6ppm de HMSeBA e 0,3ppm de selenito de sódio.

A suplementação de fonte inorgânica ou orgânica de Se nos níveis recomendados mantém o balanço oxidativo dos frangos de corte e os atributos funcionais da carne de frangos além de preservar a carne refrigerada ou congelada da oxidação lipídica.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, H., TIAN, J., WANG, J., KHAN, M. A., WANG, Y., ZHANG, L., & WANG, T. Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(29), 7111-7120, 2012.
- ANADÓN, H.L.S. Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) - Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 171f., 2002.
- BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E. et al. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. *Livestock Production Science*, v.8, p.385-397, 1981.
- BRIDI, A. M., FONSECA, N. A. N., DA SILVA, C. A., BALARIN, M. R. S., DA COSTA FLAIBAN, K. K. M., COSTANTINO, C., & CARDOSO, T. D. A. B. Indicadores de estresse e qualidade da carne em frangos abatidos pelo método "Halal" Indicators of stress and quality meat in broilers slaughtered by the "Halal". *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 33(6), 2451-2460, 2012.
- BRIENS M., MERCIER Y., ROUFFINEAU F., VACCHINA V., GERAERT P.-A. Comparative study of a new organic selenium source v. seleno-yeast and mineral selenium sources on muscle selenium enrichment and selenium digestibility in broiler chickens., *Br. J. Nutr.*, v.110 (p. 617-624) [PubMed], 2013.
- CELI, PIETRO; SELLE, PETER H.; COWIESON, AARON J. Effects of organic selenium supplementation on growth performance, nutrient utilisation, oxidative stress and selenium tissue concentrations in broiler chickens. *Animal Production Science*, v. 54, n. 7, p. 966-971, 2014.
- CHEN G.; WU, J. AND LI1, C. Effect of different selenium sources on production performance and biochemical parameters of broilers 1 College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou, China, and 2 Gansu Zhengsheng Biotech Co., Ltd, Baiyin, China. 2013.
- CHOCT, M.; NAYLOR, A. J.; REINKE, N. Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. *British Poultry Science*, London, v. 45, n. 5, p. 677-683, Oct. 2004.
- DE MEDEIROS, L. G., OBA, A., SHIMOKOMAKI, M., PINHEIRO, J. W., DA SILVA, C. A., SOARES, A. L., & DE ALMEIDA, M. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(2), 3361-3369, 2012.
- DEL PUERTO, M.; OLIVEIRO, R.; TEREVINTO, A.; SAADOUN, A.; CABRERA, M.C. Dietary Organic and Inorganic Selenium on Liver Glycogen and Lactate, pHu, Color and Drip Loss of Chicken Pectoralis and Gastrocnemius Muscles. *Open Journal of Animal Sciences*, v. 6, p. 59-67, 2016.

ELKHAIREY, M. A. E; YAO, J.; ISHAG, H. Z. A; ELHASHMI, Y. H. A. Effect of Dietary Zinc and Manganese on Performance, Skin Quality and Meat Quality of Broilers: A review. *Veterinária*, v. 3, n.2, p. 1-4, 2015.

FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal*, Ithaca, v. 58, n. 2, p.131-145, 2002.

FUNARI JÚNIOR, P.; ALBUQUERQUE, R.; ALVES, F.R.; MURAROLLI, V.D.A.; TRINDADE NETO, M.A.; SILVA, E.M. Diferentes fontes e níveis de selênio sobre o desempenho de frangos de corte. *Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science*, v.47, n.5, p.380-384, 2010.

GOMES, F. A., BERTECHINI, A. G., DARI, R. L., BRITO, J. A., FASSANI, E. J., RODRIGUES, P. B., & SILVA, L. A. Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. *Arq. bras. med. vet. zootec*, 63(3), 633-640, 2011.

GRASHORN, M.A. Functionality of Poultry Meat. *Journal of Applied Poultry Research*, 16, 99-106, 2011.

GRAU, A., GUARDIOLA, F., BOATELLA, J., BARROETA, A., & CODONY, R. Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivative spectrophotometry: influence of various parameters. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(4), 1155-1159, 2000.

HALLIWELL B, GUTTERIDGE J. M. C. Role of free radicals and catalytic metal ions in humans disease: na overview. *Methods Enzymol.*186(1):1-85, 1990.

HENRY, P. R. and AMMERMAN, C. B. Selenium Bioavailability In: AMMERMAN, C. B.; BAKER, D. H.; LEWIS, A. J. Bioavailability of nutrients for animals: aminoacids, minerals and vitamins. Academic Press, San Diego, California. c.14. p.303-310, 1995.

HOOGE, D. M. Selenium yeast boosts. *Feedstuffs*, v.79, n.19, p.12, 2007. Available from: . Accessed: Fev. 07, 2013.

JIANHUA, H., A. OHTSUKA AND K. HAYASHI. Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. *Brit. J. Nutr.* 84:727- 732, 2000.

JOKIĆ, Z.; PAVLOVSKI, Z; MITROVIĆ, S.; ĐERMANOVIĆ, V. The effect of different levels of organic selenium on broiler slaughter traits. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25 (1- 2), p 23-34, 2009.

JUNIPER, D. T., PHIPPS, R. H., & BERTIN, G. Effect of dietary supplementation with selenium-enriched yeast or sodium selenite on selenium tissue distribution and meat quality in commercial-line turkeys. *animal*, 5(11), 1751-1760, 2011.

MAHAM, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. Krause: Alimentos, Nutrição & Dietoterapia. 9.ed. São Paulo: Editora Roca, 1998.

MARIUTTI, L.R.B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v.68, p.1-11, 2009.

MOELLER, S. J. et al. Consumer perceptions of pork eating quality as affected by pork quality attributes and end-point cooked temperature. *Meat Science*, v. 84, n. 1, p. 14-22, 2010.

MOREIRA, J.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; BERTECHINI, A. G.; OLIVEIRA, D. F.; CARDOSO, M. G. Efeito de fontes e níveis de selênio na atividade enzimática da glutathione peroxidase e no desempenho de frangos de corte. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 25, n. 3, p. 661-666, 2001.

MORRISSEY, P.A., SHEEHY, P.J.A., GAYNOR, P. Vitamin E. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.62, p.260-264, 1994.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water holding in meat. Part 2: drip losses. In: LAWRIE, R. *Developments in meat science-4*. London: Elsevier Applied Science, Chap.4, p.172-243, 1988.

OHKAWA, H.; OHISHI, N.; *Anais. Biochem.* 95, 351, 1979.

OLIVEIRA, T. F. B., RIVERA, D. F. R., MESQUITA, F. R., BRAGA, H., RAMOS, E. M., & BERTECHINI, A. G. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *The Journal of Applied Poultry Research*, 23(1), 15-22, 2014.

OLIVERA, V.; JOVANOVIĆ, I. B.; SVETLANA, M. Selenium, thiobarbituric acid reactive substances, and thyroid hormone activation in broilers supplemented with selenium as selenized yeast or sodium selenite. *Japanese Journal of Veterinary Research*, v. 59, n. 2&3, p. 69-77, 2011.

PAPP, L. V.; LU, J.; HOLMGREN, A.; KHANNA, K. H. From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. *Antioxid Redox Signal.*, v. 9, n. 7, p. 755-806, Jul, 2007.

PERIĆ, L.; MILOŠEVIĆ, N.; ŽIKIĆ, D.; KANAČKI, Z.; DŽINIĆ, N.; NOLLET, L.; SPRING, P. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *Journal Applied Poultry Research*, Champaign, v. 18, n. 3, p. 403-409, 2009.

POZZO, D. N. O sistema de inovação de alimentos funcionais: um estudo exploratório no Rio Grande do Sul, 2012.

RAJASHREE, K.; MUTHUKUMAR, T.; KARTHIKEYAN, N. Influence of inorganic selenium sources on broiler performance and meat quality. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, v. 4, n. 1, p. 151-157, 2014.

RAO, K.V.; KOWALE, B.N.; BABU, N.P.; BISHT, G.S. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. *Meat Science*, Oxford, v. 43, n. 2, p. 179-185, June 1996.

RICHARDS, J.D; ZHAO, J.; HARRELL, R.J.; ATWELL, C.A.; DIBNER, J.J. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v. 23, p.1527- 1534, 2010.

RUFINO MSM, ALVES RE, BRITO ES, MORAIS SM, SAMPAIO CG, JIMENEZ JP, CALIXTO FDS. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Comunicado Técnico Embrapa*, 127: 1-4, 2007.

SCHRAUZER, G. N. Commentary: nutrition selenium supplements: product types, quality, and safety. *Journal College of Nutrition*, New York, v. 20, n. 3, p. 1-4, June 2001.

SHAMBERGER, R.J.; SHAMBERGER, B.A.; WILLIS, C.E. Malonaldehyde content of food. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 107, n. 8, p. 1404-1409, 1977.

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.

SILVA, G.C.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; SILVA, N.P.; FERNANDES, E.A.; VILELA, D.R.; SOUTO, M.M. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n.4, p. 372-378, jul-ago, 2015.

SOUZA C. R. F., GEORGETTI S. R., SALVADOR M. J., FONSECA M. J. V. F, OLIVEIRA W. P. O. Antioxidant activity and physical-chemical properties of spray and spouted bed dried extracts of *Bauhinia forficata*. *Braz. J. Pharm. Sci.*, 45(2), 2009.

SPEARS, J. W. et al. Efficacy of a novel organic selenium compound (zinc-1-selenomethionine, available Se) in broiler chicks. *Latin American Congresso Animal Nutrition*, 1., Cancun. *Proceedings Cancun: Lacan*, p.197-198, 2003.

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

SUZUKI, K. T. Metabolomics of selenium: Se metabolites based on speciation studies. *Journal of Health Science*, v.51,p.107-114, 2005.

ŚWIĄTKIEWICZ, S., ARCZEWSKA-WŁOSEK, A., & JOZEFIAK, D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 70(03), 475-486, 2014.

TAKAHASHI, H., KIMURA, B., YOSHIKAWA, M., GOTOU, S., WATANABE, I., & FUJII, T. Direct detection and identification of lactic acid bacteria in a food processing plant and in meat products using denaturing gradient gel electrophoresis. *Journal of Food Protection®*, 67(11), 2515-2520, 2004.

VYNCKE, W.; Fett, Seifen, Anstrichmittel. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity, 1970.

WANG, Y., ZHAN, X., ZHANG, X. et al. Biol Trace Elem Res. 143: 261 doi: 10.1007 / s12011-010-8839-2, 2011.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E.; CROUSE, J. D.; HUNT, M. C.; KLEMM, R. D. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. Journal of Animal Science, Champaign, v. 68, n. 9, p. 2716-2728, 1990.

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, Champaign, v. 86, n. 4, p. 727-730, Apr. 2007.

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DAS MIOPATIAS *WHITE STRIPING* E *WOODEN BREAST* EM PEITOS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM SELÊNIO ORGÂNICO

RESUMO

O objetivo do estudo foi caracterizar por meio da histopatologia as lesões decorrentes das miopatias *white striping* e *wooden breast* em peitos de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. Foram utilizados 1440 pintos de corte, machos, distribuídos aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e 12 repetições, compondo 36 unidades experimentais. As dietas experimentais foram compostas por uma dieta suplementada com 0,3 ppm de selênio de fonte inorgânica, e dois níveis de suplementação de selênio de fonte orgânica (0,3 e 0,6 ppm). A fonte inorgânica utilizada foi o selenito de sódio (45,6%) e a fonte orgânica foi o seleno-hidroxi-metionina (HMSeBA - ácido 2-hidroxi-4-metil-selenio-butanoico). A suplementação de fontes e níveis de Se não influenciou ($p>0,05$) a ocorrência e severidade das lesões macroscópicas decorrentes das miopatias *white striping* e *wooden breast* em peitos de frangos de corte. Houve uma maior substituição por colágeno no tecido muscular dos peitos de frangos de corte suplementados com selenito de sódio. A suplementação de HMSeBA reduziu a gravidade e frequência das lesões histopatológicas observadas nas amostras de peito. Fontes orgânicas podem ser adicionadas às dietas em níveis mais elevados e podem ser uma estratégia interessante para diminuir a ocorrência das miopatias e para a cadeia avícola incorporar um nutriente essencial na carne de frangos.

Palavras chave: Atividade antioxidante, Colágeno, Lipoperoxidação, Glutathione Peroxidase, Regeneração Tecidual.

CHAPTER II - DESCRIPTION OF WHITE STRIPING AND WOODEN BREAST MYOPATHIES OF BROILERS SUPPLEMENTED WITH ORGANIC SELENIUM

ABSTRACT

The aim of this study was to describe through histopathology myopathic lesions (*white striping* and *wooden breast*) in broilers supplemented with organic selenium. 1440 male chicks were distributed in a completely randomized design with three treatments and 12 replicates, totaling 36 experimental units. Experimental diets were composed of a diet supplemented with 0.3 ppm selenium from an inorganic source, and two levels of organic selenium supplementation (0.3 and 0.6 ppm). The inorganic source was sodium selenite (45.6%) and the organic source was selenohydroxy methionine (HMSeBA-2-hydroxy-4-methyl selen-butanoic acid). The supplementation of sources and levels of Se did not influence ($p<0.05$) the

occurrence and severity of macroscopic lesions from white striping and wooden breast myopathies in breasts of broilers. There was a higher replacement of collagen in breast muscle tissue of broilers supplemented with sodium selenite. The supplementation with HMSeBA decreased the severity of histopathologic lesions seen in breast samples. Organic sources can be added to diets at higher levels and may be an interesting strategy to reduce occurrence of myopathies and to poultry industry to incorporate an essential nutrient into poultry meat.

Key-words: antioxidant activity, Collagen, Lipoperoxidation, Glutathione peroxidase, Tissue regeneration.

INTRODUÇÃO

O uso da inovação e da tecnologia são os principais fatores responsáveis pela evolução dos genótipos que melhoraram em ganho de peso e conversão alimentar, a composição de carcaça evoluiu para aves com maior rendimento de peito. Neste contexto, vários estudos têm demonstrado que as fibras musculares do peito de linhagens de crescimento rápido, têm altas taxas de metabolismo glicolítico e são caracterizadas por um maior diâmetro, mas encontra partida, apresentam uma diminuição concomitante na densidade capilar, pois como as fibras aumentam de comprimento e de diâmetro, os capilares que cercam as fibras são deslocados, limitando o fornecimento de oxigênio e a difusão na fibra muscular, induzindo a uma esquemia (PETRACCI et al. 2012; JOINER, 2014). Todas essas alterações têm contribuído com o surgimento de diferentes estruturas e anormalidades metabólicas no músculo e são usualmente acompanhadas por miodegeneração e subsequente regeneração (PETRACCI e CAVANI, 2012; MUDALAL et al. 2015).

Em lotes de frangos de corte nos Estados Unidos a taxa de incidência de miopatias foi de 50% (MUTRYN, 2015). Por isso, as miopatias trazem grandes perdas econômicas devido à condenação de carcaças e a rejeição pelo consumidor (BAILEY et al. 2015). O aparecimento de estrias brancas no peito, alteração referida como *white striping* (WS), é caracterizada por linhas brancas visíveis, paralelas à direção das fibras musculares do peito, com variáveis proporções e espessura, de etiologia ainda desconhecida (KUTTAPPAN et al. 2012). Recentemente, tem sido observado que a WS pode estar acompanhada por outro tipo de anormalidade

chamada *wooden breast* (WB), que é caracterizada por áreas endurecidas e pálidas localizadas principalmente na porção caudal dos filés de peito macroscopicamente visíveis além de, frequentemente, estarem cobertas por fluido viscoso transparente ou levemente turvo com petéquias multifocais distribuídas (SIHVO et al. 2014; MUDALAL et al. 2015). Essas duas miopatias, WS e WB, exibem alterações histológicas semelhantes que consistem de moderada a severa miodegeneração com regeneração e necrose do tecido muscular (SIHVO et al. 2014, MUDALAL et al. 2015), além da substituição de tecido muscular por tecido conjuntivo fibroso e a ocorrência irregular de tecido adiposo ao longo dessa musculatura (BILGILI, 2013).

As miopatias prejudicam tanto a aparência do produto como a maior ocorrência de problemas relacionados com a capacidade reduzida da carne de manter água durante o processamento e armazenamento, podendo contribuir com a ocorrência de de carnes PSE (*pale, soft, exudative*) (BARBUT et al. 2008; PETRACCI et al. 2009; ZHU et al. 2012), além de outras alterações como fraqueza (tendência para a separação de feixes de fibras musculares), que ocorre devido à imaturidade do tecido conjuntivo intramuscular (VELLEMAN et al. 2003; PUOLANNE E VOUTILA 2009; PETRACCI et al. 2012). Entretanto, o consumo da carne de frango com estas miopatias não traz nenhum risco ao consumidor, mas são aspectos que causam repúdio ao consumo da carne.

Atualmente, as miopatias são o foco de estudo de muitos grupos de pesquisa, visto a importância e o impacto sobre a comercialização e processamento (PETRACCI et al. 2012, KUTTAPPAN et al. 2012; BAILEY et al. 2015; FERREIRA et al. 2014; MUDALAL et al. 2015). Assim, detectar os principais fatores envolvidos e buscar as soluções pertinentes é relevante para assegurar melhores resultados em relação a manutenção da qualidade da carne e aceitação dos produtos pelo mercado consumidor.

Além do componente genético, fatores nutricionais de manejo podem estar envolvidos na ocorrência das diferentes miopatias. BAILEY et al. (2015) destacam que estes fatores podem contribuir com mais de 65% da variância da incidência de miopatias do músculo do peito.

Uma vez que a ocorrência das miopatias está atrelada ao rápido crescimento das linhagens atuais e portanto, ao aumento da demanda por oxigênio a nível muscular, o status oxidativo das aves pode estar comprometido. Há indícios

de maior expressão gênica à hipóxia e ao estresse oxidativo em aves acometidas, porém não está claro se é primária ou secundária a doença (MUTRYN et al. 2015).

A associação das miopatias ao estresse oxidativo tem despertado o interesse na suplementação de nutrientes antioxidantes. Se compõe a enzima GSH-Px que protege os lipídios das membranas e outros constituintes celulares contra a lesão oxidativa. E conseqüentemente, a melhora na capacidade antioxidante do organismo pode prevenir a incidência dessas miopatias.

Kuttappan et al. (2012) inicialmente acreditavam que a deficiência de Se e vitamina E poderia estar envolvida com a gravidade da WS, entretanto, esses autores suplementaram as dietas de frangos de corte com vitamina E e não observaram diminuição na incidência de eficiência de WS. Guetchom e colaboradores (2012) observaram redução da ocorrência dessa miopatia apenas aos 28 dias de idade, entretanto, à idade de abate, a suplementação adicional com vitamina E não manteve esse resultado.

O objetivo do estudo foi caracterizar por meio da histopatologia as lesões decorrentes das miopatias *white striping* e *wooden breast* em peitos de frangos de corte suplementados com selênio orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no aviário experimental da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina. Todos os procedimentos com uso de animais neste trabalho foram submetidos à avaliação e aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFPR - Setor Palotina (Protocolo 24/2016)

Foram utilizados 1440 pintos de corte, machos de 1 dia de idade provenientes de matrizes da linhagem Cobb 500 Slow com 36 semanas de idade. As aves foram distribuídas aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e 12 repetições, compondo 36 unidades experimentais de 40 aves por box. As dietas consistiram de:

- Dieta comercial suplementada com 0,3 ppm de Selenito de Sódio
- Dieta comercial suplementada com 0,3 ppm de Seleno-hidroxi-Metionina
- Dieta comercial suplementada com 0,6 ppm de Seleno-hidroxi-Metionina

A fonte inorgânica utilizada foi o selenito de sódio (45,6%) e a fonte orgânica foi o Selisseo® 2% (Adisseo Feedsolutions). Selisseo® é uma molécula quimicamente pura Seleno-Hidroxi-Metionina (HMSeBA - ácido 2-hidroxi-4-metil-selenio-butanoico), uma fonte de Se 100% biologicamente ativa.

As aves foram alojadas em cama de maravalha nova, em boxes com 3,52 m² de área disponível (11,36 aves/m²). A temperatura ambiental foi controlada por sistema automatizado de placa eletrônica com controle sobre a ventilação mínima, campânulas elétricas, placas evaporativas e sistema de exaustão, de acordo com a idade das aves. Dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados diariamente, de um aparelho termo-higrômetro instalado no interior de um box. O experimento foi conduzido no verão e por causa das altas temperaturas registradas nessa época na região Oeste do Paraná, as médias de temperatura ambiental nas fases de crescimento e final se mantiveram um pouco acima da zona de conforto térmico, entre 26 a 30°C, com variação de cerca de $\pm 4^\circ$ (Cobb, 2012).

As aves receberam água e alimento *ad libitum* durante todo o período experimental. Nos primeiros 4 dias, a água foi oferecida em bebedouros infantis e a partir do 5º dia de idade, por meio de bebedouro *nipple*.

O Programa nutricional foi dividido em três fases: inicial (1 – 18 dias idade), crescimento (19 – 35 dias idade) e abate (35 – 46 dias de idade). As rações experimentais, a base de milho farelo de soja e farinha de carne foram formuladas visando atender as exigências nutricionais das diferentes fases de acordo com as recomendações das agroindústrias locais (TABELA 1), com exceção às exigências de selênio. A dieta das matrizes das quais foram adquiridos os pintos, foi suplementada com selenito de sódio.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Ingredientes, Kg/T	Inicial	Crescimento	Abate
Milho	549,79	616,56	639,23
Farelo de Soja	390,00	329,00	300,00
Farinha de Carne	20,00	18,00	14,00
Óleo de Soja	16,00	15,00	26,00
Fosfato Bicálcico	5,000	5,000	5,000
Calcáreo	6,400	5,200	5,400
Sal Branco Comum	3,200	3,900	3,800
Bicarbonato de Sódio	2,000	-	-
DL-Metionina	2,850	2,150	1,950
L-Lisina	-	-	0,220
L-Treonina	0,380	0,550	0,300
PX Inicial ¹	3,000	-	-
PX Cresc. ²	-	3,000	3,000
Caulim ³	0,700	0,700	0,700
Cloreto de Colina 60%	0,180	0,440	0,400
Anticoccidiano	0,500	0,500	-
Composição calculada			
PB %	23,64	21,20	19,82
GB %	4,548	4,66	5,781
FB %	2,744	2,608	2,523
Cálcio %	0,943	0,847	0,793
P. Disp. %	0,448	0,429	0,401
EMet. KCAL/KG	2.960	3.051	3.147
Lis Dig. %	1,157	1,008	0,942
AASDig. %	0,919	0,796	0,746
Thr Dig. %	0,817	0,750	0,681
Trp Dig. %	0,255	0,224	0,209
Leuc Dig. %	1,777	1,633	1,551
Ile Dig. %	0,937	0,829	0,772
Val Dig. %	1,005	0,900	0,842
Arg Dig. %	1,464	1,291	1,198

¹Nível por kg de premix inicial: Vitamina A (KUI/KG 4.000.00); Vitamina D3(KUI/KG 1.167.000); Vitamina E (UI/KG 10.000.00) Vitamina K3 (mg/kg 1.000.00); Vitamina B1-Tiamina (mg/kg 1.000.00); Vitamina B2 – Riboflavina (mg/kg 2.666.666); Vitamina B6 – Piridoxina (mg/kg 1.667.00); Vitamina B12 – Cianocobalamina (mg/kg 6.666.00); Acido Pantatênico (mg/kg 6. 000.00) Niacina (mg/kg 13.000.00); Ácido Fólico (mg/kg 833.33); Biotina (mcg/kg 80.000.00); Manganês (ppm 40.000.00); Zinco (ppm 33.333.33); Ferro (ppm 23.333.00); Cobre (ppm 2.666.67); Iodo (ppm 333.33); Etoxiquin (mg/Kg 22.200.00); Fitase Phyzyme (g/kg 16.667).

²Nível por kg de premix crescimento: Vitamina A (KUI/KG 3.000.00); Vitamina D3(KUI/KG 1.000.000); Vitamina E (UI/KG 8.333.33) Vitamina K3 (mg/kg 1.000.00); Vitamina B1-Tiamina (mg/kg 800.00); Vitamina B2 – Riboflavina (mg/kg 2.166.667); Vitamina B6 – Piridoxina (mg/kg 1.400.00); Vitamina B12 – Cianocobalamina (mg/kg 5.000.00); Acido Pantatênico (mg/kg 5.000.00) Niacina (mg/kg 11.666.667); Ácido Fólico (mg/kg 500.00); Biotina (mcg/kg 70.000.00); Manganês (ppm 33.333.00); Zinco (ppm 26.666.00); Ferro (ppm 20.000.00); Cobre (ppm 2.666.67); Iodo (ppm 333.33); Etoxiquin (mg/Kg 22.200.00); Fitase Phyzyme (g/kg 16.667).

³ O produto inerte foi substituído parcialmente por Selenito de sódio diluído a 4,5% (0,007g/ton e Selisseo diluído a 0,1% (0,300 e 0,600g/ton) seguindo as recomendações dos fabricantes.

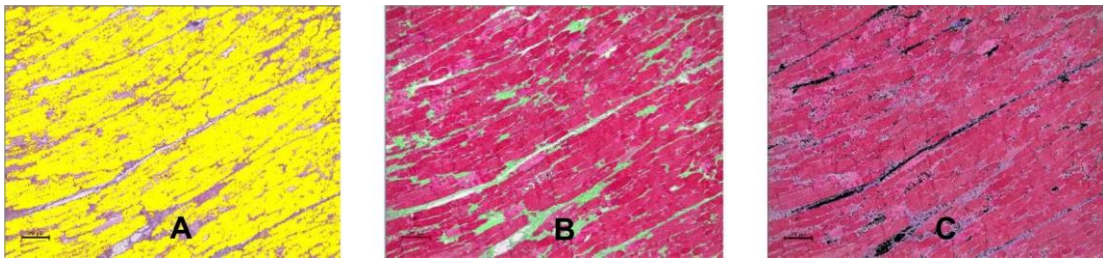
FONTE: A Autora (2017)

Aos 42 dias de idade, 72 aves foram abatidas, sendo 24 aves/tratamento, com peso vivo \pm 2% da média de peso do box. Previamente, as aves foram identificadas e submetidas ao jejum alimentar por seis horas e abatidas por atordoamento com eletricidade e posterior sangria de acordo com a Instrução Normativa nº 3 de janeiro de 2000 (Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue).

Logo após a pesagem do peito, foi realizada a classificação de severidade da ocorrência de WS. A ocorrência de estrias no peito foi classificada em normal (peitos que não apresentavam estrias brancas visíveis), leve (estrias pouco visíveis), moderada (peitos com estrias com espessura $<1\text{mm}$ porém visíveis na superfície muscular) e severa (estrias esbranquiçadas, paralelas à fibra muscular, com espessura $> 1\text{mm}$ e facilmente visíveis na superfície muscular), segundo a metodologia aplicada por KUTTAPPAN et al. (2012).

Os mesmos peitos foram avaliados em relação a ocorrência ou ausência da miopatia WB. Foram coletadas amostras do peito de 24 aves/tratamento (2 aves de cada repetição), as quais foram fixadas em formol tamponado a 10%. Os cortes realizados dos peitos armazenados em formol, foram orientados longitudinalmente, com oito micras de espessura e submetidos à coloração de Tricrômico de Masson (Código EP-11-20013, Easypath®, Erviagas) foram feitas 72 lâminas. As imagens foram capturas por meio de câmera digital de alta resolução PRO SERIES da Mídia Cibertecnics, acoplada ao microscópio Olympus Bx 40, em aumento de 4 vezes (FIGURA 1). Para a leitura das imagens, foi utilizado um analisador de imagem computadorizado IMAGE PROPLUS 5.2 (Mídia Cibertecnics) com o objetivo de mensurar a proliferação de tecido conjuntivo e gordura entremeando os feixes musculares em relação a área total do corte capturado. Para tal, atribuiu-se uma cor para a estrutura mensurada afim de estabelecer o contraste entre as demais estruturas e o cálculo do percentual de gordura, tecido conjuntivo e proteína muscular em relação a área total capturada.

FIGURA 1 - PREPARO DAS IMAGENS DE LÂMINAS CONTENDO AMOSTRAS DO MÚSCULO *PECTORALIS MAJOR* CORADAS POR TRICÔMIO DE MASSON PARA QUANTIFICAÇÃO DE TECIDO MUSCULAR, CONJUNTIVO E GORDURA IMAGEM (A) APRESENTA O CONTRASTE EM AMARELO QUE REPRESENTA A FRAÇÃO DE MUSCULO. IMAGEM (B) INDICA A PRESENÇA DO CONTRASTE ESTABELECIDO ENTRE A INFILTRAÇÃO DE FIBRAS COLÁGENAS EM MEIO AS FIBRAS MUSCULARES. IMAGEM (C) DESTACA O CONTRASTE ENTRE A GORDURA E AS DEMAIS ESTRUTURAS DO MÚSCULO.



FONTE: A autora (2017).

Os mesmos segmentos de tecido muscular coletados para a avaliação da estrutura histológica das amostras foram novamente cortados longitudinalmente e submetidos à coloração de Hematoxilina-eosina para caracterização histopatológica, foram feitas 72 lâminas. Na análise histopatológica, de acordo com a intensidade do infiltrado de células inflamatórias, as lâminas foram classificadas em normal e na presença de lesões essas foram caracterizadas como score leve, moderado e severo.

Para os resultados obtidos nas análises macroscópicas do score de ocorrência para WS foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Já para os resultados obtidos nas análises de presença ou ausência da ocorrência de WB foi utilizado o GENMODE assumindo distribuição binomial com função de ligação Logit (2002, SAS INSTITUTE INC., CARY, NC).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito ($p > 0,05$) para a análise macroscópica da severidade de WS (TABELA 2) e para a ocorrência ou ausência de WB (TABELA 3) e graus de severidade de WB (TABELA 4). Apesar de não significativo, é importante considerar que a presença de lesões consideradas mais severas e que caracterizam as miopatias foram mais acentuadas em frangos que consumiram a dieta suplementada com Se inorgânico em relação a fonte HMSeBA. Discute-se a necessidade do uso

de ferramentas estatísticas que possam balizar e demonstrar de forma mais específica os efeitos sobre a ocorrência de lesões dessa natureza.

Não houve diferenças ($p < 0,05$) para a deposição de proteína ou gordura nas fibras musculares, TABELA 5. Entretanto, a suplementação de 0,6 ppm de HMSeBA resultou em redução na deposição de colágeno ($p = 0,084$). A proliferação de colágeno é uma característica inerente à condição de WS (SIHVO et al. 2013) e uso de fontes orgânicas de selênio demonstram uma melhora, com a menor deposição de colágeno.

Kuttapan et al. (2012) observaram que, à medida que a gravidade de WS aumenta, o percentual de gordura também é maior, porém, esse resultado não foi confirmado no presente estudo. Entretanto, foi encontrado um percentual de 25% de WS classificada como severa para as aves suplementadas com selenito de sódio e apenas 12% para a ração suplementada com 0,6 ppm de HMSeBA, sem, no entanto, resultar em variação no teor de gordura entremeada às fibras musculares.

Por outro lado, Mazzoni et al. (2015) observaram que os peitos com maiores graus de miodegeneração das fibras apresentam maior teor de lipídio em comparação com os mais leves e moderados, sendo que o conteúdo de colágeno não foi modificado pelos níveis de lesão histológica.

TABELA 2 – OCORRÊNCIA DE LESÕES MACROSCÓPICAS DE WHITE STRIPING EM FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor P
Normal	12,50	25,00	12,50	37,07	0,4117
Leve	29,17	41,67	58,33	48,41	0,1266
Moderado	33,33	25,00	16,67	43,08	0,4162
Severo	25,00	4,17	12,50	33,75	0,1135

CV: Coeficiente de variação. Score 0: normal, score 1: leve, score 2: moderado e score 3: severo.

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 3 - AVALIAÇÃO DA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE LESÕES MACROSCÓPICAS DE WOODEN BREAST EM FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

Ocorrência	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor P
Presente, %	62,5	45,8	66,7	58,33	0,1090

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 4 - SCORE DE CLASSIFICAÇÃO DAS LESÕES HISTOPATOLÓGICAS (GRAU DE INFILTRADO DE CÉLULAS INFLAMATÓRIAS) DE WOODEN BREAST EM FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor P
Normal	33,33	50,00	37,50	48,89	0,4770
Leve	33,33	16,6	37,50	44,88	0,2485
Moderado	12,50	25,00	12,50	37,07	0,4117
Severo	20,83	8,33	12,50	34,44	0,4486

CV: Coeficiente de variação. Score 0: normal, score 1: leve, score 2: moderado e score 3: severo.

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 5 - QUANTIFICAÇÃO DO PERCENTUAL DE GORDURA, COLÁGENO E PROTEÍNA MUSCULAR (%) NOS PEITOS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor P
Proteína muscular, %	89,36	92,35	93,88	8,08	0,1126
Colágeno, %	7,26 ^a	4,01 ^{ab}	3,10 ^b	136,05	0,0840
Gordura, %	3,37	3,63	3,00	82,93	0,7501

CV: Coeficiente de variação. Letras minúsculas diferem estatisticamente na coluna ($P < 0,10$) pelo teste de Duncan.

FONTE: A Autora (2017)

O aumento dos níveis lipídicos pode favorecer a peroxidação lipídica (KRANEN et al. 2000; BAILEY et al. 2015) e a deposição de colágeno, impactar diretamente com as características de maciez e suculência da carne

White striping é uma condição caracterizada pela ocorrência de estrias brancas paralelas às fibras musculares nos peitos, coxas e músculos moles dos frangos de corte, enquanto o wooden breast confere consistência mais dura as fibras de peito cru (KUTTAPPAN et al. 2016). Histologicamente, ambas as condições têm sido caracterizadas com miodegeneração e necrose, fibrose, lipidose e alterações regenerativas (KUTTAPPAN et al. 2016). Porém, a profundidade da lesão pode variar, e ainda acometer não somente a porção superficial como também a porção mais profunda.

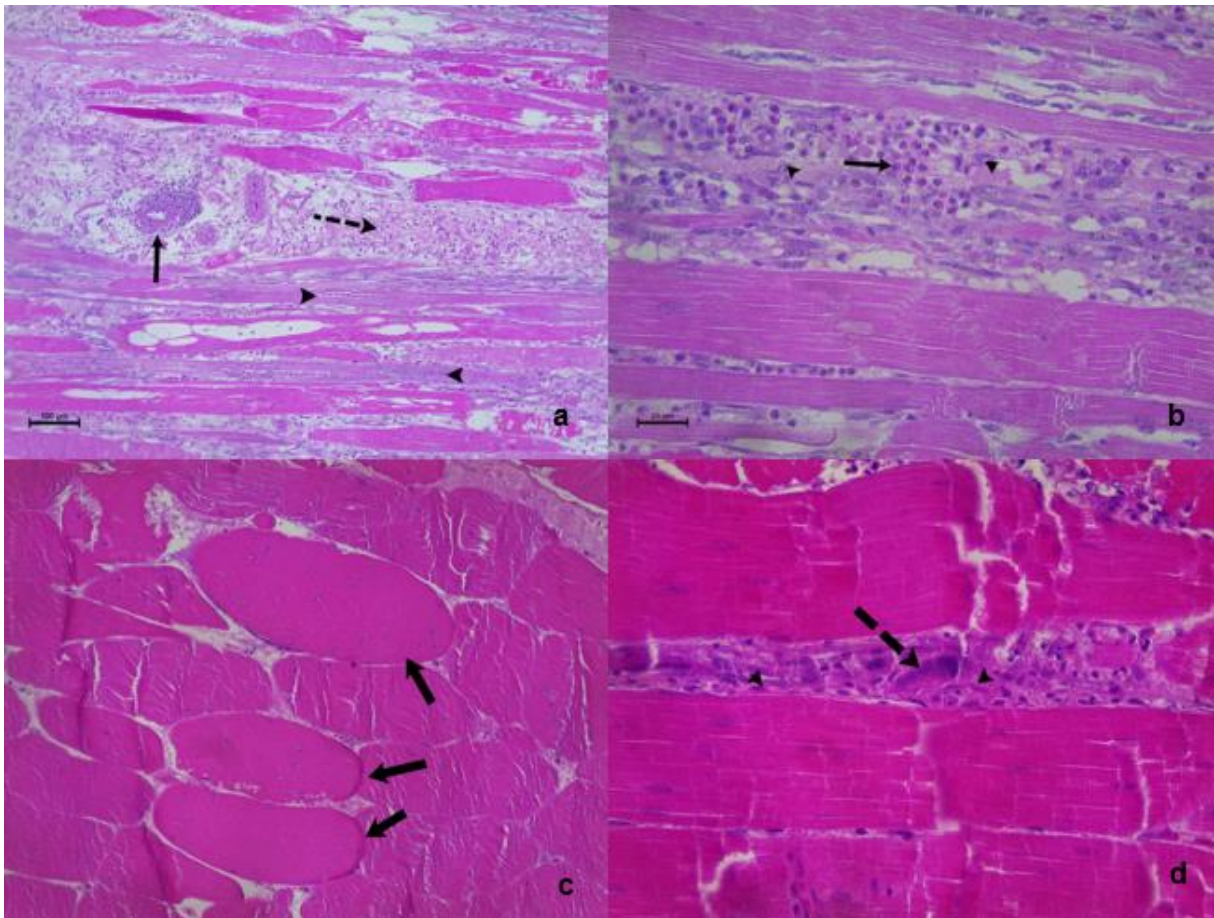
Além disso, em frangos de corte após os 35 dias de idade as principais lesões histológicas do músculo do peito observadas geralmente consistem em miodegeneração crônica com regeneração e edema intersticial, acúmulo de tecido conjuntivo ou fibrose (SIHVO et al, 2016). Estas lesões estão associadas ao tamanho do peito, quanto mais pesado, maior a ocorrência das miopatias .

Peitos acometidos por essas miopatias têm maior deposição de tecido conjuntivo intersticial (resultando em fibrose) e possuem como as principais consequências a redução da microcirculação da fibra muscular, interferindo no metabolismo e suprimento de oxigênio levando à isquemia (SOSNICKI E WILSON, 1991; KUTTAPPAN et al, 2013.; PETRACCI et al, 2015) e hipóxia (HOVING BOLINK et al, 2000;. JOINER et al, 2014) do tecido muscular.

Desta forma a ocorrência e o grau de miopatias no peito de frangos de corte, pode impactar a aceitação do consumidor da carne (KUTTAPPAN et al., 2012) bem como a manutenção das propriedades tecnológicas da carne (MUDALAL et al., 2015). Os peitos com WS graus moderado e leve são usualmente comercializados enquanto que os peitos com WS e WB grau severo são utilizados na fabricação de produtos processados.

A análise histopatológica das amostras de peito está demonstrada nas FIGURAS 2 e 3 e descritas na TABELA 6, como percentual de ocorrência. Pode ser observado a ocorrência de lesões associadas à áreas de necrose histologicamente caracterizadas pela presença de fibras degeneradas e infiltrado de células inflamatórias conforme já descrito por SIHVO et al. 2013. Podem ser observadas também lesões referentes ao processo de regeneração, fibrose e mineralização.

FIGURA 2 - ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA DE MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO (*PECTORALIS MAJOR*) ACOMETIDOS COM WOODEN BREAST. A) OBSERVA-SE ESTÁGIOS VARIADOS DE LESÃO MUSCULAR. NOTA-SE ÁREAS DE FORMAÇÃO DE TECIDO DE GRANULAÇÃO (SETA PONTILHADA). INFILTRADO INFLAMATÓRIO LINFOCÍTICO PERIARTERIOLAR (SETA) E ÁREAS DE REGENERAÇÃO DE MIOFIBRAS COMO FORMAÇÃO DE MIOTUBOS PREENCHIDOS POR MIOBLASTOS ORGANIZADOS EM FILEIRA (CABEÇA DE FIBROBIASTOS) (CABEÇA DE SETA) B) ÁREA DE INFILTRADO INFLAMATÓRIO CONSTITUÍDO POR GRANULÓCITOS (SETA) E MACRÓFAGOS (CABEÇA DE SETA) C) MIOFIBRAS MULTIFOCAIS APRESENTANDO DEGENERAÇÃO HIALINA (SETAS) D) ÁREA DE REGENERAÇÃO INEFICIENTE. NOTA-SE FIBROBLASTOS (CABEÇA DE SETA) E CÉLULAS MULTINUCLEADAS (SETA PONTILHADA)



FONTE: A autora (2017).

Uma vez que uma alta proporção de fibras musculares necróticas existe na miopatia WB, a ativação de mecanismos para reparar as fibras musculares danificadas estimula tanto a proliferação quanto a diferenciação de células satélites. Apesar da ativação de mecanismos de reparação celular mediada pelas células satélites, a regeneração da fibra muscular resulta em fibras musculares que são

significativamente menores em diâmetro do que as fibras musculares não afetadas (VELLEMAN, 2015).

Essas alterações têm ganhado maior interesse atualmente devido a sua taxa de ocorrência. LORENZI et al. (2014) avaliaram a ocorrência de WS e constataram que a prevalência em condições comerciais chega em média é de cerca de 43,1%. A ocorrência, ainda segundo esses autores foi maior, cerca de 60,3%, em machos e mais pesados.

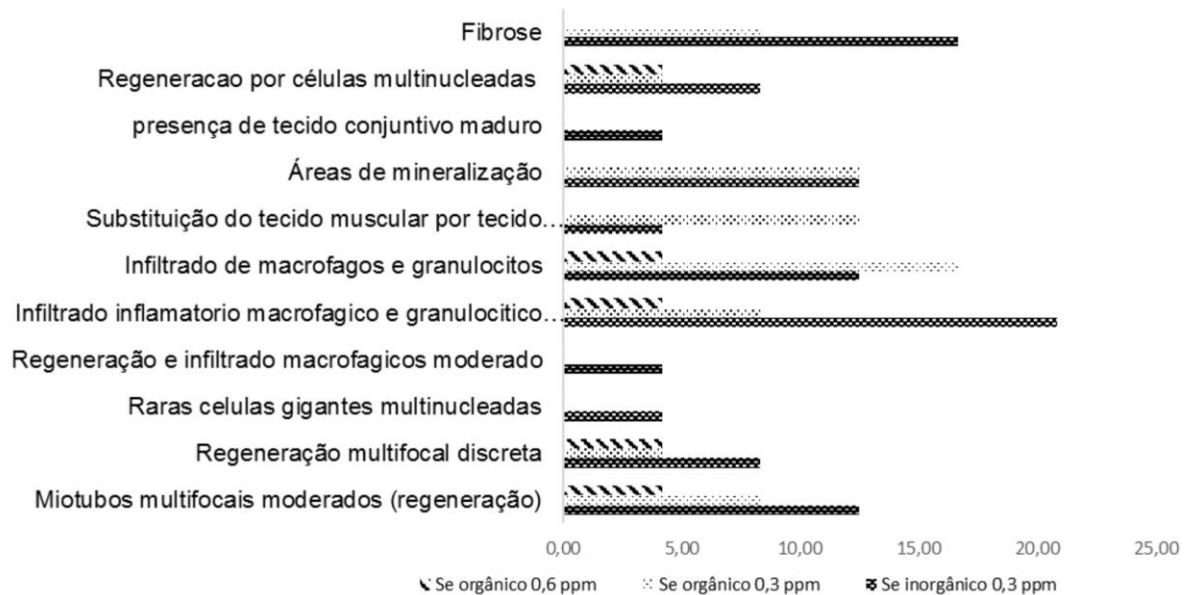
Em relação à suplementação de fontes e níveis de Se, pode ser observado de forma qualitativa, que a maior frequência de lesão está associada à suplementação de selenito de sódio. O fato da suplementação ter sido feito com níveis acima da exigência de Se para as diversas funções relacionadas, pode contribuir com a menor ocorrência de lesões associadas às miopatias. O aumento do consumo de oxigênio, assim como a ativação de vias metabólicas específicas para o crescimento muscular, resulta na maior formação de radicais livres. Miopatias em frangos de corte podem estar relatadas ao rápido crescimento, aumento da demanda por oxigênio a nível muscular e estresse oxidativo. A associação das miopatias ao estresse oxidativo tem despertado o interesse na suplementação de nutrientes antioxidantes. O micromineral Se compõe a enzima GSH-Px que protege os lipídios das membranas e outros constituintes celulares contra a lesão oxidativa.

TABELA 6 - PERCENTUAL (%) DE LESÕES HISTOPATOLÓGICAS NOS PEITOS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm
Fibrose	16,67	8,33	0,00
Regeneração por células multinucleadas	8,33	4,17	4,17
Presença de tecido conjuntivo maduro	4,17	0,00	0,00
Áreas de mineralização	12,50	12,50	0,00
Substituição do tecido muscular por adiposo e conjuntivo	4,17	12,50	0,00
Infiltrado de macrófagos e granulócitos	12,50	16,67	4,17
Infiltrado inflam. macrófagico e granulocítico moderado	20,83	8,33	4,17
Regeneração e infiltrado macrófagico moderado	4,17	0,00	0,00
Raras células gigantes multinucleadas	4,17	0,00	0,00
Regeneração multifocal discreta	8,33	4,17	4,17
Miotubos multifocais moderados (regeneração)	12,50	8,33	4,17

FONTE: A Autora (2017)

FIGURA 3 - PERCENTUAL (%) DE LESÕES HISTOPATOLÓGICAS NOS PEITOS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO AOS 42 DIAS DE IDADE.



FONTE: A Autora (2017)

CONCLUSÃO

A suplementação de fontes e níveis de Se não influenciou a ocorrência e severidade das lesões macroscópicas decorrentes das miopatias *white striping* e *wooden breast* em peitos de frangos de corte suplementados com selênio orgânico.

Houve uma maior substituição por colágeno no tecido muscular dos peitos de frangos de corte suplementados com selenito de sódio.

A suplementação de HMSeBA reduziu a gravidade e frequência das lesões histopatológicas observadas nas amostras de peito.

REFERÊNCIAS

BAILEY, R.A.; WATSON, K.A.; BILGILI, S.F.; AVENDANO, S. The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*. v. 94, n. 12, p. 2870-2879, 2015.

BARBUT, S., SOSNICKI, A. A., LONERGAN, S. M., KNAPP, T., CIOBANU, D. C., GATCLIFFE, L. J., & WILSON, E. W. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, 79(1), 46-63, 2008.

BILGILI, S. F. Broiler chicken myopathies: II. Woody breast. *Worthw Oper Guidel Suggest*, 2013.

FERREIRA, T. Z. et al. Histopatologia do músculo Pectoralis major de frangos de corte com white striping. *Faculdade de Veterinária Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias*, p. 35, 2014.

FRASER, D. The “new perception” of animal agriculture: legless cows, featherless chickens and a need for genuine analysis. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.79, n.3, p.634-641, 2001.

GUETCHOM, B., VENNE, D., CHENIER, S., & CHORFI, Y. Effect of extra dietary vitamin E on preventing nutritional myopathy in broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 21(3), 548-555, 2012.

HOVING-BOLINK, A. H., R. W. KRANEN, R. E. KLONT, C. L. GERRITSEN, AND K. H. DE GREEF. Fibre area and capillary supply in broiler breast muscle in relation to productivity and ascites. *Meat Sci.* 56:397–402. 2000.

JOINER, K. S., HAMLIN, G. A., LIEN, R. J., & BILGILI, S. F. Evaluation of capillary and myofiber density in the pectoralis major muscles of rapidly growing, high-yield broiler chickens during increased heat stress. *Avian diseases*, 58(3), 377-382, 2014.

KRANEN, R. W., LAMBOOY, E., VEERKAMP, C. H., VAN KUPPEVELT, T. H., & VEERKAMP, J. H. Histological characterization of hemorrhages in muscles of broiler chickens. *Poultry science*, 79(1), 110-116, 2000.

KUTTAPPAN, V. A.; HARGIS, B. M.; OWENS, C. M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science*, v.95, n.11, p.2724-2733, 2016.

KUTTAPPAN, V. A.; LEE, Y. S.; ERF, G. F.; MEULLENET, J. F. C.; MCKEE, S. R.; OWENS C. M. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poult. Sci.*, v. 91, p. 1240-1247, 2012.

LORENZI M. MUDALAL S. CAVANI C. PETRACCI M. Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy *J. Appl. Poult. Res.* V. 23 p.754, 2014.

LILBURN, M.S. Skeletal growth of commercial poultry species. *Poult. Sci.*, 73(6):897-903, 1994.

MAZZONI, M. et al. Relationship between Pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. *Poultry Science*, Champaign, v. 94, p. 123-130, 2015.

- MUDALAL, S., LORENZI, M., SOGLIA, F., CAVANI, C., & PETRACCI, M. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, 9(04), 728-734, 2015.
- MUTRYN, M. F. et al. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC Genomics*, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2015.
- OWENS, C., MCKEE, S., MATTHEWS, N. & SAMS, A. The development of pale, exudative meat in two genetic lines of turkeys subjected to heat stress and its prediction by halothane screening. *Poultry Science*, 79, 430-435, 2000.
- PETRACCI, M., LAGHI, L., ROCCULI, P., RIMINI, S., PANARESE, V., CREMONINI, M. A., & CAVANI, C. The use of sodium bicarbonate for marination of broiler breast meat. *Poultry science*, 91(2), 526-534, 2012.
- PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; CAVANI, C. The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poultry Science*, v. 88, n. 7, p. 1518-1523, 2009.
- PETRACCI, M., S. MUDALAL, F. SOGLIA, AND C. CAVANI. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World. Poult. Sci. J.* 71:363– 374. 2015.
- SIHVO HK, IMMONEN K and PUOLANNE E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology* 51, 619–623, 2014.
- SIHVO, H.K., IMMONEN, K., PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the Pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology Online*, Disponível em <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0300985813497488>, 2013.
- SIHVO, H. K., LINDÉN, J., AIRAS, N., IMMONEN, K., VALAJA, J., & PUOLANNE, E. Wooden breast myodegeneration of pectoralis major muscle over the growth period in broilers. *Veterinary pathology*, 54(1), 119-128. 2016.
- SOSNICKI, A. A., AND B. W. WILSON. Pathology of turkey skeletal muscle: implications for the poultry science. *Food Struct.* 10:317–326. 1991.
- VELLEMAN, S. G., ANDERSON, J. W., COY, C. S., & NESTOR, K. E. Effect of selection for growth rate on muscle damage during turkey breast muscle development. *Poultry science*, 82(7), 1069-1074, 2003.
- VELLEMAN, SANDRA G.; CLARK, DANIEL L. Histopathologic and myogenic gene expression changes associated with wooden breast in broiler breast muscles. *Avian diseases*, v. 59, n. 3, p. 410-418, 2015.
- ZHU X.-S. XU X.-L. MIN H.-H. ZHOU G.-H. Occurrence and characterization of pale, soft, exudative-like broiler muscle commercially produced in China. *J. Integrative Agric.* 11:1384-1390, 2012.

CAPÍTULO III: SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO ORGÂNICO SOBRE A INDUÇÃO DAS PROTEÍNAS DE CHOQUE TÉRMICO (HSP) E O EFEITO SOBRE A QUALIDADE DA CARNE E ESTABILIDADE OXIDATIVA DE FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS AO ESTRESSE TÉRMICO PRÉ-ABATE

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a suplementação de selênio orgânico sobre a indução das proteínas de choque térmico (HSP) e o efeito sobre a qualidade da carne e estabilidade oxidativa de frangos de corte submetidos ao estresse térmico pré-abate. Foram utilizados 1440 pintos de corte, machos, distribuídos aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e 12 repetições, compondo 36 unidades experimentais. As dietas experimentais foram compostas por uma dieta suplementada com 0,3 ppm de selênio de fonte inorgânica, e dois níveis de suplementação de selênio de fonte orgânica (0,3 e 0,6 ppm). A fonte inorgânica utilizada foi o selenito de sódio (45,6%) e a fonte orgânica foi o seleno-hidroxi-metionina (HMSeBA - ácido 2-hidroxi-4-metil-selenio-butanoico). As aves foram mantidas em conforto térmico de 1 a 42 dias de idade e foram submetidas ao estresse térmico no período pré-abate (42 a 49 dias de idade). A suplementação de HMSeBA não influenciou ($p>0,05$) os níveis de HSP70, a estabilidade oxidativa e o rendimento de carcaça e de cortes comerciais. A suplementação HMSeBA 0,6 ppm na dieta de frangos de corte submetidos ao estresse térmico pré-abate preveniu a queda do pH e resultou na menor ($p<0,05$) perda de água na carne do peito e reduziu ($p<0,05$) a formação de malondialdeído na carne congelada por 60 dias. Níveis mais elevados de Se podem ser necessários para garantir a permeabilidade da membrana de frangos mantidos em ambientes adversos no período *ante mortem*. Fontes orgânicas podem ser adicionadas às dietas em níveis mais elevados e podem ser uma estratégia interessante para a cadeia avícola incorporar um nutriente essencial na carne de frangos.

Palavras chave: Atividade antioxidante, Estresse térmico, Lipoperoxidação, Glutathione Peroxidase, HSP70, MDA.

CHAPTER III: SUPPLEMENTATION OF ORGANIC SELENIUM ON THE INDUCTION OF THERMAL SHOCK PROTEINS (HSP) AND THE EFFECT ON THE QUALITY OF MEAT AND OXIDATIVE STABILITY OF BROILERS BIRDS UNDERWENT THERMAL STRESS IN THE PRE-SLAUGHTER PERIOD

ABSTRACT

The aim of this study was evaluate the supplementation of organic selenium on the induction of thermal shock proteins (HSP) and the effect on the quality of meat and oxidative stability of broilers birds underwent thermal stress in the pre-slaughter period. 1440 male chicks were distributed in a completely randomized design with three treatments and 12 replicates, totaling 36 experimental units. Experimental diets

were composed of a diet supplemented with 0.3 ppm selenium from an inorganic source, and two levels of organic selenium supplementation (0.3 and 0.6 ppm). The inorganic source was sodium selenite (45.6%) and the organic source was selenohydroxy methionine (HMSeBA-2-hydroxy-4-methyl selen-butanoic acid). The broilers were maintained in thermal comfort (1 to 42 days of age) and the birds underwent thermal stress in the pre-slaughter period (42 to 49 days of age). The HMSeBA supplementation did not influence ($p>0.05$) HSP70 levels, oxidative stability, carcass yield and commercial cut-up. The supplementation of HMSeBA 0.6 ppm in the diet of broilers submitted to pre-slaughter heat stress avoided pH drop and resulted in lower ($p<0.05$) water loss in the breast meat and reduced ($p<0.05$) the amount of malondialdehyde in frozen meat for 60 days. Higher levels of Se may be required to ensure membrane permeability of broilers kept in adverse environments in the *ante-mortem* period. Organic sources can be added to diets at higher levels and may be an interesting strategy to poultry industry to incorporate an essential nutrient into poultry meat.

Key-words: Antioxidant activity, Lipoperoxidation, Glutathione peroxidase, HSP70, MDA, Thermal stress.

INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais, a alta intensidade de radiação solar incidente, associada aos altos valores de temperatura e umidade relativa do ar, ocasionam condições de desconforto térmico no interior das instalações zootécnicas. Especificamente na produção de frangos de corte, muitas perdas têm ocorrido em consequência de condições térmicas desfavoráveis, agravadas, sob o ponto de vista econômico, pela maior incidência de mortalidade na fase final da criação (PONCIANO et al. 2011, SILVA et al. 2015)

É importante considerar ainda, que as linhagens comercializadas e criadas atualmente são geneticamente melhoradas para rápido crescimento e máximo desempenho, constituindo o objetivo principal da indústria avícola. O constante melhoramento genético resultou em mudanças no crescimento e na deposição de tecido muscular, alterando a conformação da carcaça, no metabolismo que se tornou mais acelerado, o que contribuiu com a maior susceptibilidade a certas enfermidades e menor resistência aos fatores estressantes (CLASSEN, 2000).

A elevada temperatura corporal pode induzir alterações metabólicas que envolvem o estresse oxidativo. A produção de níveis excessivos de espécies reativas ao oxigênio (ROS), enquanto o animal ainda está vivo, resulta em distúrbios no balanço entre a oxidação e os sistemas antioxidantes de defesa, causando

peroxidação lipídica e injúrias oxidativas às proteínas e ao DNA (LIN et al. 2006; YANG et al. 2010). Altas temperaturas afetam, ainda, de forma adversa, a estrutura e a fisiologia das células, causando prejuízos na transcrição do RNA e, conseqüentemente, das estruturas e funções das membranas e do metabolismo oxidativo (MAHMOUD & EDENS, 2003).

A oxidação lipídica é uma das maiores causas de deterioração da qualidade em carnes, contribuindo para degradação do flavor e redução da vida útil dos produtos durante o armazenamento e congelamento devido à iniciação da peroxidação (VERCELLOTTI et al. 1992). A carne de frango, devido a sua composição rica em ácidos graxos poliinsaturados, torna-se mais susceptível a sofrer processos oxidativos quando comparados a carnes suína e bovina (MARIUTTI e BRAGAGNOLO, 2009; DELLES et al. 2014).

Aves submetidas ao estresse por calor usam rapidamente suas reservas de glicogênio, o que pode resultar em seu esgotamento *in vivo*, impossibilitando a queda do pH *post mortem*, ou ainda, sofrem uma aceleração da glicólise logo após o abate, gerando acúmulo de ácido láctico no músculo, com conseqüente diminuição acelerada do pH (DEL PUERTO et al. 2016). O que leva a alteração da composição celular e extracelular das miofibrilas, reduzindo a capacidade de reter água nas proteínas musculares, agravada pela menor permeabilidade das membranas devido a lipoperoxidação. De acordo com DRANSFIELD & SOSNICKI (1999), essa condição gera carnes pálidas que possuem também menor potencial proteolítico *post mortem*, o que contribui para a diminuição da maciez da carne. Segundo esses autores, o rápido declínio de pH e as altas temperaturas da carcaça inativam o sistema calpaína e reduzem o amaciamento *post mortem*. Com isso, observa-se reduzida suculência (FLETCHER, 2002), além de menor tempo de validade do produto (BARBUT, 2002).

Ao mesmo tempo que o estresse por calor pode alterar a permeabilidade das membranas e causar mudanças no metabolismo do músculo dos frangos, pela geração dos ROS, em resposta, ocorre a expressão de genes, até então quiescentes, os quais fazem com que as células estressadas secretem grandes quantidades de uma determinada classe de proteínas, as chamadas de Heat Shock Proteins (HSP), ou proteínas do choque térmico (LINDQUIST e GRAIG, 1988; MEYER e SILVA, 1999, DIONELLO et al. 2002). As proteínas HSP atuam

protegendo e reparando os danos teciduais causados pelos ROS. Apesar da função protetiva, a instabilidade oxidativa, pela falta de agentes antioxidantes pode induzir ao acúmulo de proteínas HSP nas células e danificar a estrutura e conformação das proteínas e com isso prejudicar a funcionalidade (LIU et al. 2015). Além disso, as HSP podem influenciar negativamente a maciez da carne pois retardam o processo de conversão do músculo em carne (CASSAR- e PICARD, 2016).

A indução do estresse oxidativo pelo estresse por calor tem despertado o interesse na suplementação de nutrientes antioxidantes pelos nutricionistas. A suplementação de aditivos antioxidantes pode equilibrar a geração de ROS nas condições adversas de temperatura e amenizar o efeito deletério sobre a produção e qualidade de carne assim como sobre às respostas metabólicas dos frangos de corte. O selênio (Se) compõe a enzima GSH-Px que protege os lipídios das membranas e outros constituintes celulares contra a lesão oxidativa (SURAI, 2016). A GSH-Px é uma das enzimas antioxidantes que removem o peróxido de hidrogênio (HOOH) e peróxidos orgânicos (ROOH), promove a manutenção da vida de grupos sulfídricos na forma reduzida, a síntese de hormônios derivados do ácido araquidônico e participa do metabolismo de um grande número de compostos (BRODY, 1999; WANG e XU 2007).

A inclusão de fontes orgânicas de Se, portanto mais biodisponíveis, em níveis superiores a exigência podem permitir o melhor entendimento da complexa participação do Se na atenuação dos efeitos oxidativos gerados pelo estresse por calor (RICHARDS et al. 2010; LIU et al. 2015; DEL PUERTO et al. 2016).

O objetivo do estudo foi avaliar a suplementação de selênio orgânico sobre a indução das proteínas de choque térmico (HSP) e o efeito sobre a qualidade da carne e estabilidade oxidativa de frangos de corte submetidos ao estresse térmico pré-abate.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado no aviário experimental da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina. Todos os procedimentos com uso de animais neste trabalho foram submetidos à avaliação e aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFPR - Setor Palotina (Protocolo 24/2016)

Foram utilizados 1440 pintos de corte, machos de 1 dia de idade provenientes de matrizes da linhagem Cobb 500 Slow com 36 semanas de idade. As aves foram distribuídas aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e 12 repetições, compondo 36 unidades experimentais de 40 aves por box. As dietas consistiram de:

- Dieta comercial suplementada com 0,3 ppm de Selenito de Sódio
- Dieta comercial suplementada com 0,3 ppm de Seleno-hidroxi-Metionina
- Dieta comercial suplementada com 0,6 ppm de Seleno-hidroxi-Metionina

A fonte inorgânica utilizada foi o selenito de sódio (45,6%) e a fonte orgânica foi o Selisseo® 2% (Adisseo Feedsolutions). Selisseo® é uma molécula quimicamente pura Seleno-Hidroxi-Metionina (HMSeBA - ácido 2-hidroxi-4-metil-selenio-butanoico), uma fonte de Se 100% biologicamente ativa.

As aves foram alojadas em cama de maravalha nova, em boxes com 3,52 m² de área disponível (11,36 aves/m²). A temperatura ambiental foi controlada por sistema automatizado de placa eletrônica com controle sobre a ventilação mínima, campânulas elétricas, placas evaporativas e sistema de exaustão, de acordo com a idade das aves. Dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados diariamente, de um aparelho termo-higrômetro instalado no interior de um box. O experimento foi conduzido no verão e por causa das altas temperaturas registradas nessa época na região Oeste do Paraná, as médias de temperatura ambiental nas fases de crescimento e final se mantiveram um pouco acima da zona de conforto térmico, entre 26 a 30°C, com variação de cerca de $\pm 4^\circ$ (Cobb, 2012).

As aves receberam água e alimento *ad libitum* durante todo o período experimental. Nos primeiros 4 dias, a água foi oferecida em bebedouros infantis e a partir do 5º dia de idade, por meio de bebedouro *nipple*.

O Programa nutricional foi dividido em três fases: inicial (1 – 18 dias idade), crescimento (19 – 35 dias idade) e abate (35 – 46 dias de idade). As rações experimentais, a base de milho farelo de soja e farinha de carne foram formuladas visando atender as exigências nutricionais das diferentes fases de acordo com as recomendações das agroindústrias locais (TABELA 1), com exceção às exigências de selênio. A dieta das matrizes das quais foram adquiridos os pintos, foi suplementada com selenito de sódio.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Ingredientes, Kg/T	Inicial	Crescimento	Abate
Milho	549,79	616,56	639,23
Farelo de Soja	390,00	329,00	300,00
Farinha de Carne	20,00	18,00	14,00
Óleo de Soja	16,00	15,00	26,00
Fosfato Bicálcico	5,000	5,000	5,000
Calcáreo	6,400	5,200	5,400
Sal Branco Comum	3,200	3,900	3,800
Bicarbonato de Sódio	2,000	-	-
DL-Metionina	2,850	2,150	1,950
L-Lisina	-	-	0,220
L-Treonina	0,380	0,550	0,300
PX Inicial ¹	3,000	-	-
PX Cresc. ²	-	3,000	3,000
Caulim ³	0,700	0,700	0,700
Cloreto de Colina 60%	0,180	0,440	0,400
Anticoccidiano	0,500	0,500	-
Composição calculada			
PB %	23,64	21,20	19,82
GB %	4,548	4,66	5,781
FB %	2,744	2,608	2,523
Cálcio %	0,943	0,847	0,793
P. Disp. %	0,448	0,429	0,401
EMet. KCAL/KG	2.960	3.051	3.147
Lis Dig. %	1,157	1,008	0,942
AASDig. %	0,919	0,796	0,746
Thr Dig. %	0,817	0,750	0,681
Trp Dig. %	0,255	0,224	0,209
Leuc Dig. %	1,777	1,633	1,551
Ile Dig. %	0,937	0,829	0,772
Val Dig. %	1,005	0,900	0,842
Arg Dig. %	1,464	1,291	1,198

¹Nível por kg de premix inicial: Vitamina A (KUI/KG 4.000.00); Vitamina D3(KUI/KG 1.167.000); Vitamina E (UI/KG 10.000.00) Vitamina K3 (mg/kg 1.000.00); Vitamina B1-Tiamina (mg/kg 1.000.00); Vitamina B2 – Riboflavina (mg/kg 2.666.666); Vitamina B6 – Piridoxina (mg/kg 1.667.00); Vitamina B12 – Cianocobalamina (mg/kg 6.666.00); Acido Pantatênico (mg/kg 6. 000.00) Niacina (mg/kg 13.000.00); Ácido Fólico (mg/kg 833.33); Biotina (mcg/kg 80.000.00); Manganês (ppm 40.000.00); Zinco (ppm 33.333.33); Ferro (ppm 23.333.00); Cobre (ppm 2.666.67); Iodo (ppm 333.33); Etoxiquin (mg/Kg 22.200.00); Fitase Phyzyme (g/kg 16.667).

²Nível por kg de premix crescimento: Vitamina A (KUI/KG 3.000.00); Vitamina D3(KUI/KG 1.000.000); Vitamina E (UI/KG 8.333.33) Vitamina K3 (mg/kg 1.000.00); Vitamina B1-Tiamina (mg/kg 800.00); Vitamina B2 – Riboflavina (mg/kg 2.166.667); Vitamina B6 – Piridoxina (mg/kg 1.400.00); Vitamina B12 – Cianocobalamina (mg/kg 5.000.00); Acido Pantatênico (mg/kg 5.000.00) Niacina (mg/kg 11.666.667); Ácido Fólico (mg/kg 500.00); Biotina (mcg/kg 70.000.00); Manganês (ppm 33.333.00); Zinco (ppm 26.666.00); Ferro (ppm 20.000.00); Cobre (ppm 2.666.67); Iodo (ppm 333.33); Etoxiquin (mg/Kg 22.200.00); Fitase Phyzyme (g/kg 16.667).

³ O produto inerte foi substituído parcialmente por Selenito de sódio diluído a 4,5% (0,007g/ton e Selisseo diluído a 0,1% (0,300 e 0,600g/ton) seguindo as recomendações dos fabricantes.

FONTE: A Autora (2017)

Dos 42 dias até os 49 dias de idade, as aves foram submetidas ao estresse térmico e constante (32°C de temperatura ambiente e ventilação reduzida).

Aos 49 dias de idade foi coletado sangue de 2 aves/box (24 aves/tratamento) mantidas em jejum de 6 a 8 horas para a avaliação das proteínas de choque HSP 70. Após a coleta, o sangue foi centrifugado por 15 minutos à 3500 rpm para a extração do soro e em seguida armazenado em microtubos em freezer – 80° C. A determinação da proteína HSP70 foi feita por Elisa por meio do kit Heat Shock Proteína 70 ELISA Kit (Sandwich ELISA) - LS-F22843 LSBio, LifeSpan BioSciences, Inc.

Foram realizadas as análises de determinação da capacidade antioxidante total no soro obtido para análise das HSP pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), segundo a técnica adaptada de Rufino et al. (2007) e Sousa et al. (2009). Esse método consiste em avaliar a capacidade antioxidante via atividade sequestradora do radical livre DPPH.

As mesmas amostras foram utilizadas para a quantificação das substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) segundo a metodologia de Ohkawa et al. (1979). O malondialdeído (MDA) é o produto final da peroxidação lipídica e reage com o Ácido Tiobarbitúrico (TBA) para formar o aduto MDA-TBA sendo os resultados expressos em nmol/mg de proteína.

As mesmas amostras de soro foram utilizadas para avaliar a extensão da oxidação das proteínas, pela determinação do grupo carbonil, conforme metodologia descrita por Levine et al. (1990) com adaptações. A concentração do grupo carbonil foi calculada medindo DNPH (2,4 dinitrofenilhidrazina) quantificado através da leitura da absorbância 370 nm (espectrofotômetro UV-visível, Agilent 8453E). A concentração de proteína foi calculada pelo método de Lowry (Lowry, 1951), por espectrofotometria (UV- visível, Agilent 8453E) a 280 nm, usando uma curva padrão com albumina bovina (0,260 mg/mL a 2,360 mg/mL) em guanidina 6 M. Os resultados foram expressos em nmol de carbonil por mg de proteína.

Aos 49 dias de idade, 180 aves foram abatidas, sendo cinco aves/unidade experimental (60 aves por tratamento), com peso vivo \pm 2% da média de peso do box, para o cálculo de rendimento de carcaça, de cortes comerciais e deposição de gordura abdominal. Previamente, as aves foram identificadas e submetidas ao jejum alimentar por seis horas e abatidas por atordoamento com eletricidade e posterior

sangria de acordo com a Instrução Normativa nº 3 de janeiro de 2000 (Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue). Após o abate, com o auxílio de uma balança eletrônica foi determinado o peso absoluto da ave, da carcaça, dos cortes e da gordura abdominal.

Para o cálculo de rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada quente, sem os pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo que foi obtido individualmente antes do abate das aves. Para o rendimento dos cortes, foi considerado o rendimento do peito inteiro com pele e ossos, das pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), e asas com pele, que foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal presente ao redor da cloaca, da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada, pesada e também calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Das 180 aves abatidas para o rendimento de carcaça e cortes, foram utilizadas 72 aves/ 24 por tratamento para análises de qualidade da carne. Foram realizadas as análises de: pH, perdas de água por pressão, congelamento, gotejamento e cisalhamento, e análise de cor.

O pH foi aferido no músculo *Pectoralis major* direito 1 hora (pH inicial) e 24 horas após o abate sob refrigeração de 4 ± 2 °C (pH final), sendo uma leitura em cada tempo.

Após 24 horas do abate, foram pesados dois gramas da amostra do músculo *Pectoralis major* direito em balança semi-analítica para realizar a mensuração da perda de água por pressão. A amostra foi posicionada entre dois papéis filtro (Whatman n.1) e pressionada entre duas placas de acrílico com um peso de 10 kg, por cinco minutos. Após a prensagem a amostra foi pesada novamente para ser calculada a perda de água, seguindo a técnica descrita por Bridi et al. (2012).

A cor foi analisada 24 horas após a coleta das amostras e após 30 minutos de exposição ao oxigênio, para reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico. Foram realizadas três leituras por amostra por meio do aparelho colorímetro portátil (Konica Minolta, Color reader CR10, Mahwah, EUA) na superfície ventral do músculo *Pectoralis Major* direito. Os componentes luminosidade (L^*), índice de vermelho (a^*) e índice de amarelo (b^*) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

Após 24 horas do abate, para a avaliação da perda de água por gotejamento, foram retirados os músculos *Pectoralis minor* direito e esquerdo

(sossami) pesados, suspenso em ganchos de aço galvanizado, dentro de sacos de polietileno inflados. O músculo *Pectoralis minor* direito foi mantido sob refrigeração por 48 horas a 4°C, enquanto que as amostras do *Pectoralis minor* esquerdo permaneceram por 96hs. Posteriormente a cada período, as amostras foram pesadas novamente para ser calculada a perda de água por gotejamento. A análise foi executada segundo a técnica descrita por Boccard et al. (1981).

Foi retirada uma parte do músculo *Pectoralis major* esquerdo para realizar a mensuração das perdas de água durante o congelamento qual foi pesado e congelado por 24hs e pesado novamente após o descongelamento.

Análise de perda de água por cocção foi realizada com a outra parte restante da porção mediana do músculo *Pectoralis major* esquerdo, foi submetida à cocção dentro de sacos de polietileno através de banho-maria por 60 minutos a 180°C. Após a cocção, as amostras foram refrigeradas por 24 horas para posterior pesagem e obtenção do percentual de perda de água por cocção. A técnica foi conduzida de acordo com a metodologia modificada de SILVA SOBRINHO (1999).

A força de cisalhamento da carne in natura descongelada e submetida à cocção foi realizada após retiradas três sub-amostras de 2,5 cm de comprimento e 2 cm de largura de cada amostra do músculo *Pectoralis major* esquerdo congelado por 24hs e descongelado e da porção que foi submetida ao teste de perda de água por cocção. A força de cisalhamento foi medida perpendicularmente à orientação das fibras musculares com a lâmina Warner-Bratzler adaptada ao texturômetro (Modelo TA-XT2i, Stable MycroSystems LTDA., Goldalming, UK) (WHIPPLE et al. 1990). As velocidades utilizadas foram de 5mm/s no pré e pós-teste e de 2mm/s no teste.

Para a análise da estabilidade oxidativa da carne de frango, foram coletadas amostras do peito das mesmas 24 aves/tratamento. As amostras foram refrigeradas à 4°C por 24 horas *post mortem* e em seguida submetidas à análise da estabilização lipídica. Dessas amostras, foram retiradas mais duas sub amostras para as mesmas análises, aos 7 dias sob refrigeração à 4°C e 30 dias sob congelamento -4°C para análise das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) resultantes da oxidação lipídica das amostras. As amostras foram processadas conforme adaptação da metodologia de Vyncke (1970) para mensuração do Malondialdeído. Após a refrigeração da amostra, foram retiradas sub-amostras de aproximadamente 2,5 g, as quais foram homogeneizadas com 10 ml de solução de ácido tricloroacético

(TCA) 7,5% e 250 microlitros de hidroxitolueno butilado (BHT). O sobrenadante foi filtrado e alíquotas de 3 ml foram tratadas com 3 ml de solução de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) e colocadas em banho fervente, 80°C durante 1 hora, após esfriadas, e medidas em espectrofotômetro a 538 nm. O resultado foi expresso em miligramas de Malondialdeído (MDA) por quilograma de amostra.

Análise estatística

Para a avaliação dos dados de desempenho produtivo, pelo fato de haver perda de peso, os boxes de cada tratamento foram classificados em três grupos de desempenho com base no ganho de peso (GP) das aves: baixo ($GP < GP_{MÉDIO} - 0,5*DP_{GP}$), médio ($GP_{MÉDIO} - 0,5*DP_{GP} \leq GP \leq GP_{MÉDIO} + 0,5*DP_{GP}$) e alto ($GP > GP_{MÉDIO} + 0,5*DP_{GP}$).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (PROC UNIVARIATE). A variável conversão alimentar não apresentou distribuição normal e por isso foi transformada e normalizada (PROC RANK). As demais variáveis foram submetidas a análise de variância em esquema fatorial 3 x 3 (PROC GLM), na qual foram considerados os efeitos isolados de tratamento, grupo de desempenho e suas interações. Quando esses efeitos foram significativos ($P < 0,05$), as médias foram ajustadas ao modelo estatístico e comparadas pelo teste de Tukey (PROC LSMEANS). Os dados de mortalidade não se ajustaram a distribuição normal e após a transformação foram submetidas à análise não paramétrica de Kruskal-Wallis (PROC NPAR1WAY) em relação aos tratamentos, aos grupos de desempenho e a combinação entre ambos os fatores

As demais variáveis foram analisadas por (ANOVA) do procedimento General Linear Model (GLM) com auxílio do programa estatístico SAS (2002, SAS Institute Inc., Cary, NC) e quando significativas, as médias entre os tratamentos foram comparadas por teste de Tukey.

As análises foram realizadas no programa *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação sérica da proteína de choque HSP70 indicou não haver diferenças ($p>0,05$) em relação às fontes ou níveis de Se avaliadas em frangos de corte submetidos ao estresse térmico dos 42 aos 49 dias de idade (Tabela 2). Nesse período, a temperatura do aviário foi mantida em 32°C e a ventilação reduzida, o que resultou em mudança no comportamento das aves. Nessa semana foi observado que as aves alteraram seu comportamento para dissipação da temperatura corporal, maximizando a área de superfície corporal, como o manter as asas afastadas do corpo, agachar, o comportamento de eriçar as penas e abrir o pico. Além disso, o ganho de peso nessa semana foi abaixo do que o manual da linhagem recomenda (COBB, 2012).

Os resultados para o desempenho das aves observados nessa semana estão apresentados na Tabela 3.

As aves que foram suplementadas com selenito de sódio apresentaram um menor ($p<0,05$) ganho médio de peso e pior ($p<0,05$) conversão alimentar em comparação com as aves que foram suplementadas com HMSeBA no nível de 0,3ppm. A suplementação com o nível mais elevado de HMSeBA não diferiu ($p>0,05$) em relação aos demais tratamentos. Esses resultados demonstram que o consumo das dietas suplementadas com HMSeBA resultaram em melhor desempenho. Pode ser observado que o consumo de ração foi similar entre as dietas suplementadas com selenito de sódio ou HMSeBA, entretanto, o ganho de peso foi maior para o consumo da fonte orgânica, o que resultou em melhor conversão alimentar.

Apesar da diferença no desempenho produtivo, a mortalidade foi semelhante ($p>0,05$) para os tratamentos avaliados (Tabela 4).

Desta forma, é conclusivo que o estresse térmico afetou os parâmetros produtivos dos frangos de corte, entretanto não alterou o nível de HSP70 sérica avaliada. Uma hipótese que pode ser levantada, é que a HSP70, não somente protege as células dos efeitos dos ROS mas está envolvida nos processos de termotolerância (MEYER e SILVA, 1999; DIONELLO et al. 2002, FIGUEIREDO, 2006).

Como o experimento foi desenvolvido entre os meses de novembro e dezembro, período com temperaturas elevadas, as aves podem ter desenvolvido mecanismos de tolerância anteriormente ao período de estresse térmico induzido e desta forma, os níveis de HSP70 poderiam já se encontravam elevados e por isso não foram influenciados pela fonte ou níveis de Se. Por outro lado, os níveis de Se utilizados, independentemente da fonte, podem ser suficientes para a modulação da expressão das HSPs.

Liu et al. (2015) confirmaram que as HSPs podem agir como importantes marcadores e como proteínas protetivas em resposta à adversidades ambientais. Entretanto, esses autores mostraram que a deficiência de Se desencadeou dano oxidativo às células pelo aumento dos níveis das HSPs.

Outro fator importante que deve ser questionado é a metodologia utilizada para a quantificação da HSP70. No presente estudo, a determinação foi feita por kits utilizando o ELISA para a detecção, a avaliação da expressão de HSP70 por *Western blotting* pode ser uma técnica mais acurada o que poderia mostrar diferenças não observadas nesse estudo (LIU et al., 2015).

TABELA 2 - QUANTIFICAÇÃO DA PROTEÍNA HSP70 (NG/ML) EM SORO DE FRANGOS DE CORTE AOS 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR CALOR NO PERÍODO PRÉ-ABATE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
HSP70 ng/ml	0,4866	0,4893	0,4837	9,88	0,9245

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

Os valores séricos de malondialdeído (nmol/mg de proteína), do DPPH e do agrupamento carbonil analisados no soro das aves estão descritos na Tabela 05. Não houve efeito ($p>0,05$) dos tratamentos sobre os valores de nenhum dos marcadores oxidativos avaliados, o que confirma a avaliação da HPS70, onde não foi encontrada diferença na quantificação dessa proteína em relação a fonte ou níveis de Se utilizados. Os níveis de suplementação de Se utilizados nesse experimento estão dentro do indicado pelos nutricionistas e por isso podem ter sido suficientes para garantir a proteção antioxidantes das aves mesmo em condições adversas de temperatura. Isso pode explicar resultados controversos na literatura.

BOIAGO et al. (2013) e SILVA et al. (2015) suplementaram as dietas com zinco e selênio de diferentes fontes e mantiveram as aves sob estresse cíclico de calor durante a criação de 1 a 42 dias de idade, mas não encontraram efeito do ambiente ou da suplementação de minerais sobre a concentração plasmática de TBARS. Já Huang et al. (2015) submeteram frangos de corte ao estresse por calor (32°C) dos 35 aos 42 dias de idade e observaram elevação nas concentrações de TBARS.

Para o peso absoluto de carcaça e de cortes comerciais (TABELA 6) e avaliação do rendimento da carcaça e dos cortes comerciais (TABELA 7) não foram observadas diferenças ($p>0,05$), independentemente da fonte e do nível de Se utilizados.

TABELA 3 - DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE DE 42 A 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR CALOR NO PERÍODO PRÉ-ABATE.

Variável	Desempenho	Dietas			Média	EPM	Valor P		
		Selenito 0,3 ppm	HMSeHA 0,3 ppm	HMSeHA 0,6 ppm			Dietas	Desempenho	Di x De
PM (g)	Baixo	2899,18	2918,80	3095,63	2971,20 ^C	37,08	0,7568	0,0001	0,5197
	Médio	3158,43	3168,48	3111,80	3146,24 ^B				
	Alto	3372,02	3366,10	3364,97	3367,70 ^A				
	Média	3143,21	3151,13	3190,80	3161,71				
GP (g)	Baixo	10,53	101,26	84,30	65,36 ^C	26,93	0,0078	0,0001	0,6773
	Médio	217,52	272,91	246,99	245,81 ^B				
	Alto	368,28	501,95	405,06	425,10 ^A				
	Média	198,78 ^b	292,04 ^a	245,45 ^{ab}	245,42				
CR (g)	Baixo	969,89	913,64	998,28	960,60 ^C	25,20	0,8615	0,0001	0,7699
	Médio	1095,77	1095,04	1063,54	1084,78 ^B				
	Alto	1270,42	1259,61	1231,11	1253,72 ^A				
	Média	1112,03	1089,43	1097,64	1099,70				
CA	Baixo	32,64	9,82	15,02	19,16 ^A	1,71	0,0219	< 0,0001	0,9323
	Médio	5,38	4,16	4,46	4,67 ^B				
	Alto	3,51	2,57	3,08	3,05 ^C				
	Média	13,84 ^a	5,52 ^b	7,52 ^{ab}	8,96				

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem significativamente ($p < 0,05$)

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 4 – MORTALIDADE (%) DE FRANGOS DE CORTE DE 42 A 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR CALOR NO PERÍODO PRÉ-ABATE.

Variável	Desempenho	Dietas			Média	Valor P ^A		
		Selenito 0,3 ppm	HMS _e HA 0,3 ppm	HMS _e HA 0,6 ppm		Dietas	Desemp.	Di x De
Mortalidade, %	Média	2,5	5,8	3,6	4,0	0,7228	0,0632	0,3150
	Baixo	Mínimo	0,0	3,0	1,0	0,0		
		Máximo	6,0	9,0	7,0	9,0		
		Média	3,0	2,2	2,0	2,4		
	Médio	Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0		
		Máximo	7,0	5,0	5,0	7,0		
		Média	1,0	1,0	2,0	1,3		
	Alto	Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0		
		Máximo	2,0	3,0	5,0	5,0		
		Média	2,2	3,0	2,5	2,6		
	Média	Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0		
		Máximo	7,0	9,0	7,0	9,0		

^A Valor P para análise não-paramétrica de Kruskal-Wallis

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 5 - AVALIAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE MDA (NMOL/MG DE PROTEÍNA), VALORES MÉDIOS DE DPPH E CARBONIL (NG/MG DE PROTEÍNA) EM SORO DE FRANGOS DE CORTE AOS 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR CALOR.

	Selenito 0,3 ppm	HMS _e BA 0,3 ppm	HMS _e BA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
TBARS (nmol/mg)	0,482	0,471	0,472	64,45	0,9899
DPPH (%)	8,167	5,928	6,519	72,01	0,2932
Carbonil (ng/mg)	304,42	334,73	287,09	43,81	0,5350

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

Estes resultados corroboram com estudos realizados por Boiago et al. (2013). Esses autores não observaram diferenças no rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês e criados sob condições de estresse térmico. Silva e colaboradores (2015) suplementaram as dietas com zinco e selênio e submeteram os frangos ao estresse por calor durante toda sua criação de 1 a 42 dias de idade, entretanto, o rendimento de cortes comerciais foi similar, independentemente do ambiente ou da suplementação.

Figueiredo et al. (2016) também não observaram efeitos positivos de fontes de Se sobre o rendimento de carcaças e cortes comerciais.

TABELA 6 - PESO ABSOLUTO DA CARÇAÇA, CORTES COMERCIAIS E DEPOSIÇÃO DE GORDURA ABDOMINAL DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Carçaça, g	2599,97	2622,58	2637,60	7,76	0,5952
Peito, g	1022,23	1036,17	1052,40	10,80	0,3388
Pernas, g	812,54	809,97	807,45	8,38	0,9197
Asas, g	250,27	251,31	249,73	7,49	0,8956
Gordura, g	38,97	38,65	40,19	34,30	0,8036

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 7 - RENDIMENTO DE CARÇAÇA, CORTES COMERCIAIS E DEPOSIÇÃO DE GORDURA ABDOMINAL DE FRANGOS DE CORTE DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Carçaça, %	80,39	80,66	80,54	1,85	0,6106
Peito, %	39,24	39,46	39,83	5,02	0,2571
Coxa, %	31,15	30,89	30,79	4,38	0,3286
Asas, %	9,67	9,59	9,47	5,40	0,1207
Gordura, %	1,49	1,48	1,52	33,16	0,9049

CV: Coeficiente de variação

FONTE: A Autora (2017)

Houve diferença ($p < 0,05$) para medidas de pH do peito logo após o abate (TABELA 8). A suplementação dos frangos com HMSeBA 0,6 ppm resultou em pH mais alto quando comparado com a suplementação da fonte inorgânica de selênio. Esse resultado indica, que o processo de conversão de músculo em carne no período *post mortem* ocorre de forma mais lenta, o que tem efeito positivo sobre a manutenção da estrutura das proteínas que recobrem as células e que assegura a permeabilidade da membrana (GRASHORN, 2011; DEL PUERTO et al. 2016).

Níveis mais elevados de Se podem ser necessários para garantir a permeabilidade da membrana de frangos mantidos em ambientes adversos no período *ante mortem*. Altas temperaturas afetam, ainda, de forma adversa, a estrutura e a fisiologia das células, causando prejuízos na transcrição do RNA e, conseqüentemente, das estruturas e funções das membranas e do metabolismo oxidativo (MAHMOUD & EDENS, 2003).

Em condições de estresse, ocorre o desequilíbrio fisiológico e alterações em diversos processos metabólicos nas aves, ocorrendo assim, muitas vezes o esgotamento das reservas de glicogênio muscular no momento do abate,

responsável pelo desenvolvimento das reações *post mortem* (PETRACCI et al. 2001), influenciando diretamente na qualidade da carne.

TABELA 8 - MEDIDAS DE PH LOGO APÓS O ABATE E 24 HORAS APÓS DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMS _e BA 0,3 ppm	HMS _e BA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
pH inicial	6,40 ^b	6,47 ^{ab}	6,53 ^a	2,73	0,0510
pH final (24h)	5,07	5,09	5,08	2,46	0,8511

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

Houve diferença ($p < 0,05$) para a perda de água por gotejamento por 48hs e para perda de água por pressão. Houve menor perda por gotejamento quando as dietas foram suplementadas com selenito de sódio ou HMS_eBA 0,6ppm. Já a perda de água por pressão foi menor com a utilização de HMS_eBA 0,6 ppm em comparação com o nível de 0,3ppm e com a inclusão de selenito de sódio na dieta (TABELA 9).

Esse resultado é decorrente de uma membrana íntegra e da lenta queda do pH observada quando a fonte de Se de fonte orgânica foi suplementada num nível mais alto. As fontes orgânicas permitem suplementações mais robustas sem o risco de intoxicação como ocorre com o uso da fonte inorgânica e assim permitem o melhor entendimento da complexa participação do Se na atenuação dos efeitos oxidativos gerados pelo estresse por calor (RICHARDS et al. 2010; LIU et al. 2015; DEL PUERTO et al. 2016). O Se é um elemento que tem uma margem muito estreita entre os níveis de exigência e toxidez (PAN et al. 2007),

A avaliação da luminosidade (L^*) e índice de vermelho (a^*) e amarelo (b^*) não mostrou diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos (TABELA 10).

A água se encontra no músculo, influenciando a suculência e a luminosidade. Entretanto, a dispersão de luz é diretamente proporcional ao grau de desnaturação protéica (ANADÓN, 2002). Quando ocorre uma grande desnaturação de proteínas musculares, menos luz consegue passar entre as fibras musculares se tornando dispersa (DEL PUERTO et al. 2016). A luz dispersa não é capaz de irradiar as mioglobinas presentes no interior do citoplasma das células musculares, conferindo assim uma tonalidade pálida à carne (GRASHORN, 2011). Provavelmente a falta de efeito sobre a luminosidade e índice de cor da carne é

explicada de forma indireta pelas análises da proteína HSP e da estabilidade oxidativa, que indicaram não haver degradação ou lesão em proteínas celulares.

TABELA 9 - AVALIAÇÃO DA PERDA DE ÁGUA POR GOTEJAMENTO, PRESSÃO, CONGELAMENTO E COCÇÃO DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Gotejamento 48hs, %	1,89 ^b	2,38 ^a	1,96 ^b	32,18	0,0387
Gotejamento 96hs, %	3,80	4,00	3,88	20,28	0,7024
Pressão, %	9,25 ^a	9,33 ^a	8,11 ^b	21,39	0,0545
Congelamento, %	3,59	4,50	4,40	38,45	0,1069
Cocção, %	25,83	26,14	26,06	14,19	0,9566

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

TABELA 10 - AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE (L*) ÍNDICE DE VERMELHO (A*) E AMARELO (B*), DO PEITO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
L*	58,70	58,92	60,10	5,33	0,2657
a*	2,77	3,02	2,55	29,76	0,1598
b*	5,57	5,89	6,45	24,35	0,1110

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

Importante também considerar que a fonte de Se pode interferir na função, uma vez que o armazenamento de Se de fontes inorgânica e orgânicas difere. O selenito de sódio, forma inorgânica de Se, é mais prontamente disponível para formar a selenocisteína e compor a GSH-Px do que a selenometionina. Entretanto, na forma orgânica como selenometionina, o Se pode ser armazenado e, portanto, pode ser utilizado para sintetizar selenoproteínas como a GSH-Px em períodos de maior necessidade prevenindo os distúrbios que seriam causados pelo excesso de radicais livres produzidos nestas situações (SURAI 2002).

Downs e colaboradores (2000) a exemplo do presente estudo, encontraram menor perda de água no gotejamento em files de peito de frangos suplementados com Se de fonte orgânica em relação à fonte inorgânica. Entretanto, os resultados encontrados por outros pesquisadores como BOIAGO et al. (2013) diferem, não indicando efeito de fontes ou níveis de selênio sobre a qualidade da carne do peito de frangos de corte.

Para força de cisalhamento e elasticidade das fibras musculares do peito submetido à cocção, não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos (TABELA 11). Esse resultado pode ser correlacionado ao observado na quantificação da HSP70, cuja expressão excessivamente alta ou contínua que pode interferir na maciez da carne. Segundo Cassar-Malek e Picard (2016), as HSP influenciam negativamente os aspectos de qualidade da carne como a maciez, pois retardam o processo de morte celular. A falta de efeito da fonte ou níveis de Se podem ser atribuídos a uma exigência próxima à requerida para essa característica.

TABELA 11 - FORÇA DE CISALHAMENTO (RUPTURA E ELASTICIDADE) DE PEITO IN NATURA OU PÓS COCÇÃO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO E SUBMETIDOS AO ESTRESSE PRÉ-ABATE DOS 42 AOS 49 DIAS DE IDADE.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Ruptura, Kg	4,99	4,34	4,82	26,47	0,1884
Elasticidade, mm	12,21	11,92	12,28	9,79	0,5433

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

A inclusão de HMSeBA, independentemente do nível, não interferiu com a estabilidade lipídica avaliada da carne pela concentração de MDA na carne do peito resfriada por 24hs e sete dias. Entretanto, quando a carne foi congelada por 60 dias foram observadas diferenças (TABELA 12). A inclusão de HMSeBA no nível de 0,6ppm reduziu a degradação de lipídios na carne congelada, medida pela concentração de MDA. Esse resultado pode ser correlacionado com a menor queda de pH (TABELA 8) com a carcaça quente e menor perda de água (TABELA 9) observada com essa suplementação na dieta de aves submetidas ao estresse por calor no período pré-abate.

TABELA 12 - VALORES MÉDIOS DE TBARS (MDA MG/KG) EM CARNE DE PEITO RESFRIADA POR 24HS, 7 DIAS E CONGELADA POR 60 DIAS DE FRANGOS DE CORTE AOS 49 DIAS DE IDADE RECEBENDO DIETAS SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES FONTES DE SELÊNIO, SUBMETIDOS AO ESTRESSE POR CALOR.

	Selenito 0,3 ppm	HMSeBA 0,3 ppm	HMSeBA 0,6 ppm	CV %	Valor de P
Refrigerada 24hs	0,011	0,011	0,012	71,43	0,9715
Refrigerada 7 dias	0,099	0,105	0,100	17,39	0,5273
Congelada 60 dias	0,126 ^a	0,120 ^b	0,122 ^{ab}	6,31	0,0482

CV: Coeficiente de variação.

FONTE: A Autora (2017)

Um dos maiores desafios para a indústria de carnes é oferecer produtos padronizados, com aparência, textura e sabor agradáveis e estáveis durante toda a vida útil desses produtos, com inocuidade e o menor custo possível. Segundo Pozzo (2012), a busca por um estilo de vida mais saudável tem sido crescente e a alimentação tem um importante papel neste cenário. Os alimentos funcionais, nova categoria de alimentos, dotados de benefícios adicionais à saúde além da função básica de nutrir, buscam suprir essa demanda, constituindo uma grande tendência do setor alimentício.

Dentro desse aspecto, segundo Brossi et al. (2009), o estudo e o conhecimento das propriedades funcionais dos aditivos utilizados na suplementação das dietas são imprescindíveis para garantir resultados positivos para toda a cadeia produtiva de carne de frango. A pesquisa sobre o estresse animal relacionando-o com a qualidade de carne favorece a indústria avícola que passa a ter um direcionamento para se adequar às exigências da indústria processadora, a qual passa a obter melhores resultados, maior rendimento, propriedades funcionais asseguradas e melhor aceitação dos produtos pelo mercado consumidor.

Outra questão importante é o bem-estar animal, que pode ser considerado uma demanda para que um sistema de produção seja defensável eticamente e aceitável socialmente, pois segundo Fraser (2001), os consumidores desejam comer carne com atributos diferenciados, isto é, carne oriunda de animais que foram criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam o seu bem-estar, e que sejam ambientalmente corretos.

É preciso compreender como a extensão ou a intensidade do estresse pode originar respostas tão variáveis, efeitos e consequências tão distintos e, com isso, prevenir ou contornar os possíveis problemas e prejuízos na qualidade de carne por meio do estudo de aditivos que possam amenizar esses efeitos deletérios.

CONCLUSÕES

A suplementação de HMSeBA na dieta de frangos de corte submetidos ao estresse térmico pré-abate não influenciou os níveis de HSP70, a estabilidade oxidativa, não alterou o rendimento de carcaça e de cortes comerciais.

A suplementação de HMSeBA no nível de 0,6 ppm na dieta de frangos de corte submetidos ao estresse térmico pré-abate preveniu a queda do pH e resultou na menor perda de água na carne do peito e reduziu a formação de MDA na carne congelada por 60 dias.

REFERÊNCIAS

- ANADÓN, H.L.S. Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) - Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. 171f., 2002.
- BARBUT, S. Meat color and flavor. In: BARBUT, S. Poultry products processing: an industry guide. New York: CRC, Chap.13, p.429-463, 2002.
- BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E. et al. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. *Livestock Production Science*, v.8, p.385-397, 1981.
- BOIAGO, M. M.; BORBA, H.; SOUZA, P. A.; SCATOLINI, A. M.; FERRARI, F. B.; GIAMPIETRO-GANECO, A. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.65, n.1, p.241-247, 2013.
- BRIDI, A. M., FONSECA, N. A. N., DA SILVA, C. A., BALARIN, M. R. S., DA COSTA FLAIBAN, K. K. M., COSTANTINO, C. & CARDOSO, T. D. A. B. Indicadores de estresse e qualidade da carne em frangos abatidos pelo método “Halal” Indicators of stress and quality meat in broilers slaughtered by the “Halal”. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 33(6), 2451-2460, 2012.
- BRODY, T. *Nutritional Biochemistry*. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1999.
- BROSSI, C., CONTRERAS-CASTILLO, C. J., DE ALMEIDA AMAZONAS, E., & MENTEN, J. F. M. Heat stress during the pre-slaughter on broiler chicken/Estresse termico durante o pre-abate em frangos de corte. *Ciência Rural*, 39(4), 1296-1306, 2009.
- CASSAR I.M AND PICARD. Expression Marker-Based Strategy to Improve Beef Quality. *The Scientific World Journal*. v.1-11pg, 2016.
- CLASSEN, H. L. Managing metabolic disease in rapidly growing strains of poultry. *BSAS occasional publication*, p.63-64, 2000.
- COBB VANTRESS. *Cobb Broiler Management Guide*. CobbVantress, Siloam Springs, AR, USA, 2012.

DEL PUERTO, M.; OLIVEIRO, R.; TEREVINTO, A.; SAADOUN, A.; CABRERA, M.C. Dietary Organic and Inorganic Selenium on Liver Glycogen and Lactate, pHu, Color and Drip Loss of Chicken *Pectoralis* and *Gastrocnemius* Muscles. Open Journal of Animal Sciences, v. 6, p. 59-67, 2016.

DELLES, R. M., XIONG, Y. L., TRUE, A. D., AO, T., & DAWSON, K. A. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. Poultry Science, 93(6), 1561-1570, 2014.

DIONELLO, NELSON JOSÉ LAURINO, MACARI, MARCOS, FERRO, JESUS APARECIDO, RUTZ, FERNANDO, FERRO, MARIA INÊS TIRABOSCHI, & FURLAN, LUIZ ROBERTO. Respostas Fisiológicas Associadas à Termotolerância em Pintos de Corte de Duas Linhagens por Exposição a Altas Temperaturas. Revista Brasileira de Zootecnia, 31(1), 79-85, 2002.

DOWNS, K. M., HESS, J. B., & BILGILI, S. F. Selenium source effect on broiler carcass characteristics, meat quality and drip loss. Journal of Applied Animal Research, 18(1), 61-71, 2000.

DRANSFIELD, E and SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. Poultry Science, n. 78, p. 740-746, 1999.

FIGUEIREDO, D. F., GIVISIEZ, P. E. N., FILHO, D. F., LUQUETTI, B. C., FURLAN, R., & MACARI, M. hsp70 expression on bursa of Fabricius of embryos submitted to intermittent and mild heat or cold stress and immune response post-hatching in broiler chickens. In EPC 2006-12th European Poultry Conference, Verona, Italy, World's Poultry Science Association (WPSA), 10-14 September, 2006.

FIGUEIREDO, É. M. D. Selênio levedura em rações para frangos de corte em diferentes ambientes térmicos, 2016.

FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. World's Poultry Science Journal, Ithaca, v. 58, n.2, p.131-145, 2002.

FRASER, D. The "new perception" of animal agriculture: legless cows, featherless chickens and a need for genuine analysis. Journal of Animal Science, Champaign, v.79, n.3, p.634-641, 2001.

GRASHORN, M. A. Functionality of Poultry Meat. Journal of Applied Poultry Research, 16, 99-106 2011.

HUANG, C.; JIAO, H.; SONG, Z.; ZHAO, J.; WANG, X.; LIN, H. Heat stress impairs mitochondria functions and induces oxidative injury in broiler chickens. Journal of Animal Science, v. 93, n. 5, p. 2144-2153, 2015.

LEVINE, R. L., GARLAND, D., OLIVER, C. N., AMICI, A., CLIMENT, I., LENZ, A. G., AHN, B., SHALTIEL, S., STADTMAN, E. R. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. Methods Enzymol. 186, 464, 1990.

LIN, H.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 144, n. 1, p. 11-17, 2006.

LINDQUIST S & CRAIG EA. The heat shock proteins. *Annual Reviews of Genetics*, v.22, p. 631-377, 1988.

LIU, C. P., FU, J., XU, F. P., WANG, X. S., LI, S. The role of heat shock proteins in oxidative stress damage induced by Se deficiency in chicken livers. *Biometals*, Feb;28(1):163-73, 2015.

LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L., & RANDALL, R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem*, 193(1), 265-275, 1951.

MAHMOUD, K. Z. and EDENS, F. W. Influence of selenium sources on age related and mild heat stress-related changes of blood and liver glutathione redox cycle in broiler chickens (*Gallus domesticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology*, Vancouver, v.136, n.4, p.921-934, 2003.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v.68, p.1 -11, 2009.

MEYER, T. N. e SILVA, A. L. da. Resposta celular ao estresse. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, v.45, n.2, p.181-188, 1999.

OHKAWA, H.; OHISHI, N.; *Anal. Biochem.* 1979, 95, 351.

PAN, C; HUANG, K.; ZHAO, Y.; QIN, S.; CHEN, F.; HU, Q. Effect of Selenium Source and Level in Hen's Diet on Tissue Selenium Deposition and Egg Selenium Concentrations. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry*. n.55, v.3, p.1027-1032, 2007.

PETRACCI, M.; FLETCHER, D.L.; NORTH CUTT, J.K. et al. The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. *Poult. Sci.*, Ithaca, v.80, p.670-675, 2001.

PONCIANO, P. F., LOPES, M. A., YANAGI JÚNIOR, T., & FERRAZ, G. A. S. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. *Archivos de Zootecnia, Córdoba*, 60(1), 1-13, 2011.

POZZO, D. N. O sistema de inovação de alimentos funcionais: um estudo exploratório no Rio Grande do Sul, 2012.

RICHARDS, J. D; ZHAO, J.; HARRELL, R. J.; ATWELL, C. A.; DIBNER, J. J. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v. 23, p.1527– 1534, 2010.

RUFINO M. S. M, ALVES R. E., BRITO E. S., MORAIS S. M., SAMPAIO C. G., JIMENEZ JP, CALIXTO FDS. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Comunicado Técnico Embrapa*, 127: 1-4, 2007.

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.

SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; SILVA, N.P.; FERNANDES, E. A.; VILELA, D. R.; SOUTO, M. M. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n.4, p. 372-378, jul-ago, 2015.

SOUZA C. R. F., GEORGETTI S. R, SALVADOR M. J., FONSECA M. J. V. F., OLIVEIRA WPO. Antioxidant activity and physical-chemical properties of spray and spouted bed dried extracts of *Bauhinia forficata*. *Braz. J. Pharm. Sci.*, 45(2), 2009.

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

SURAI, P. F., & FISININ, V. I. Selenium in sow nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 211, 18-30 2016.

VERCELLOTTI, J. R. et al. Lipid oxidation in foods: Na overview. In: St. ANGELO. *Lipid oxidation in food*. Washington: American Chemical Society, p.1-11, 1992.

VYNCKE, W.; Fett, Seifen, Anstrichmittel. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. 12, 1084, 1970,

WANG, Y. B., and B. H. XU. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.* 144: 306-314, 2007.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E.; CROUSE, J. D.; HUNT, M. C.; KLEMM, R. D. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 68, n. 9, p. 2716-2728, 1990.

YANG, L.; TAN, G. Y.; FU, Y. Q.; FENG, J. H.; ZHANG, M. H. Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, Ros production and lipid peroxidation in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, v. 151, n. 2, p. 204-208, 2010.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O selênio exerce suas funções por meio das selenoproteínas, muitas das quais apresentam ação antioxidante. A necessidade de ingestão de selênio é muito próxima da quantidade relativa ao limite máximo tolerado e, por este motivo, dependendo da quantidade ingerida do mineral, podem ocorrer sintomas de deficiência bem como de toxicidade. As fontes orgânicas de minerais podem ser melhor aproveitadas pelo animal, devido as menores perdas decorrentes de interações e antagonismo entre minerais, formação de complexos indisponíveis e consequente redução da absorção, além da menor excreção no meio ambiente e menores riscos de contaminação por metais pesados. Contudo, o uso de fontes orgânicas ainda é limitado devido ao seu custo elevado, o que onera o custo da fração mineral das dietas. Entretanto, são produtos de alto valor agregado e inseridos em um contexto de sustentabilidade.

A inclusão de HMSeBA em níveis mais elevados permitiu mostrar a maior exigência do selênio para prevenir a queda do pH e na menor perda de água na carne do peito, além de reduzir a oxidação lipídica durante o armazenamento da carne, quando os frangos são submetidos ao estresse por calor no período pré-abate.

O melhor entendimento da complexa participação do selênio em inúmeros sistemas enzimáticos e vias metabólicas pode contribuir no melhor entendimento da ocorrência de lesões associadas aos processos de necrose, regeneração e substituição por fibrose que caracterizam as miopatias *white striping* e *wooden breast*. A frequência dessas lesões em peitos de frangos suplementados com a fonte orgânica e no nível mais elevado mostrou ser menor, o que abre possibilidades de estudos de biomarcadores e o envolvimento dos sistema de defesa oxidativa.

O delicado equilíbrio fisiológico é influenciado de forma significativa pela função das substâncias antioxidantes no controle da produção de radicais livres. A produção de radicais livres é uma consequência natural dos processos celulares, mas pode estar elevada devido as condições das criações em alta densidade e em consequência, do crescimento acelerado das atuais linhagens de frangos de corte.

O estudo e o conhecimento das propriedades funcionais dos aditivos utilizados na suplementação das dietas são imprescindíveis para garantir resultados

positivos para toda a cadeia produtiva de carne de frango. A pesquisa sobre o estresse animal relacionando-o com a qualidade de carne favorece a indústria avícola que passa a ter um direcionamento para se adequar às exigências da indústria processadora, a qual passa a obter melhores resultados, maior rendimento, propriedades funcionais asseguradas e melhor aceitação dos produtos pelo mercado consumidor.

O bem-estar animal pode ser considerado uma demanda para que um sistema de produção seja defensável eticamente e aceitável socialmente, pois os consumidores desejam comer carne com atributos diferenciados, isto é, carne oriunda de animais que foram criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam o seu bem-estar, e que sejam ambientalmente corretos.

A dieta é, sem dúvida, um fator de grande importância na modulação do estresse oxidativo. Os efeitos da suplementação de antioxidantes sobre o estresse oxidativo não são ainda conclusivos, sobretudo em condições ambientais desfavoráveis, o que requer mais estudo

REFERÊNCIAS

- ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (<http://abpa-br.com.br/noticia/producao-de-carne-de-frango-totaliza-13146-milhoes-de-toneladas-em-2015-1545>), janeiro 2016.
- AHMAD, H., TIAN, J., WANG, J., KHAN, M. A., WANG, Y., ZHANG, L., & WANG, T. Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(29) 7111-7120. 2012.
- AKBARIAN A, MICHIELS J, DEGROOTE J, MAJDEDDIN M, GOLIAN A, DE SMET S. Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 7:37, 2016.
- ALBERTS B. et al. *Biologia molecular da célula*. 3.ed. Porto Alegre, RS: Art Med. 1997.
- ALTAN, Ö.; PABUÇCUOĞLU, A.; ALTAN, A.; KONYALIOĞLU, S.; BAYRAKTAR, H. Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. *British Poultry Science*, v. 44, n. 4, p. 545- 550, 2003:
- ARNAUD, C.; JOYEUX, M.; GARREL, C. et al. Free-radical production triggered by hyperthermia contributes to heat stress-induced cardioprotection in isolated rat hearts. *British Journal of Pharmacology*, v.135, p.1776-1782, 2002.
- ASGHAR, A. et al. Effects of Supranutritional Dietary Vitamin E Levels on Subcellular Deposition of α -Tocoferol in the muscle and pork quality. *J. Sci. Food Agric.*, v.57, p.31-41, 1991.
- BACILA, M. *Bioquímica veterinária*. São Paulo: Varela, 534p.,1980.
- BAILEY, R.A.; WATSON, K.A.; BILGILI, S.F.; AVENDANO, S. The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*. v. 94, n. 12, p. 2870-2879, 2015.
- BARBUT, S., SOSNICKI, A. A., LONERGAN, S. M., KNAPP, T., CIOBANU, D. C., GATCLIFFE, L. J., & WILSON, E. W. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, 79(1), 46-63, 2008.
- BENZIE, I. F. & STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76, 1996.
- BERMANO, G. et al. Tissue-specific regulation of selenoenzyme gene expression during selenium deficiency in rats. *Biochemistry Journal*, New York, v. 311, n. 2, p. 425-430, Oct. 1995.

BILGILI, S. F. Broiler chicken myopathies: II. Woody breast. *Worthw Oper Guidel Suggest*, 2013.

BOIAGO, M. M.; BORBA, H.; SOUZA, P. A.; SCATOLINI, A. M.; FERRARI, F. B.; GIAMPIETRO-GANECO, A. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.65, n.1, p.241-247, 2013.

BRODY, T. *Nutricional Biochemistry*. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1999.

BROSSI, C. et al. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. *Ciência Rural*, v. 39, n. 4, p. 1296-1305, 2009.

BROWN, K. M., & ARTHUR, J. R. Selenium, selenoproteins and human health: a review. *Public health nutrition*, 4(2b), 593-599, 2001.

BUKAU, B., & HORWICH, A. L. The Hsp70 and Hsp60 chaperone machines. *Cell*, 92(3), 351-366, 1998.

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.

CECCANTINI, M. Selenohidroximetionina: inovador antioxidante. *Agroindustria*, dezembro, no 133, pg 20-24, 2014.

CHOCT, M.; NAYLOR, A. J.; REINKE, N. Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. *British Poultry Science*, London, v. 45, n. 5, p. 677-683, Oct. 2004.

CHOU PANI, M.; MOGHADAM, P. Z.; KELIDARI, H. R.; GHAZI, S. 2014: Influence of dietary selenium sources on thyroid hormone activation, tissue selenium distribution and antioxidant enzymes status in broiler chickens. *Trends in Life Sciences*, v. 3, n. 4, p. 281-291, 2014.

COLNAGO, G.L.; JENSEN, L.S.; LONG, P.L. Effect of selenium and vitamin E on the development of immunity to coccidiosis in chickens. *Poult. Sci.*, v.63, p.1136-1143, 1984.

COMINETTI, C.; BORTOLI, M. C.; ABDALLA, D. S. P.; COZZOLINO, S. M. F. Considerations about oxidative stress, selenium and nutrigenetics. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr. = J. Brazilian Soc. Food Nutr.*, São Paulo, SP, v. 36, n. 3, p. 131-153, dez. 2011.

CRUZAT, V. F.; ROGERO, M. M.; BORGES, M. C. A. et al. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v.13, p.336-342, 2007.

DA COSTA BAÊTA, F., & DE FÁTIMA SOUZA, C. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. Ed. UFV, 2010.

DAHLKE, F., GONZALES, E., FURLAN, R. L., GADELHA, A. C., MAIORKA, A., & ALMEIDA, J. G. Avaliação de diferentes fontes e níveis de selênio para frangos de corte em diferentes temperaturas. *Archives of Veterinary Science*, 10(1), 21-26, 2005.

DE MEDEIROS, L. G., OBA, A., SHIMOKOMAKI, M., PINHEIRO, J. W., DA SILVA, C. A., SOARES, A. L., & DE ALMEIDA, M. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. *Seminário: Ciências Agrárias*, 33(2), 3361-3369, 2012.

DELLES, R. M., XIONG, Y. L., TRUE, A. D., AO, T., & DAWSON, K. A. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. *Poultry Science*, 93(6), 1561-1570, 2014.

DRANSFIELD, E and SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Science*, n. 78, p. 740-746, 1999.

EDENS, F. W. AND SEFTON. *Journal of Applied Animal Nutrition*, v. 4; e 9; page 1 of 14 doi:10.1017/jan.2016.5: Cambridge University Press and Journal of Applied Animal Nutrition Ltd, 2016.

EKHOLM, P. et al. Transport of feed selenium to different tissues of bulls. *British Journal of Nutrition*, v.66, p.49-55, 1991.

ELKHAIREY, M. A. E; YAO, J.; ISHAG, H. Z. A; ELHASHMI, Y. H. A. Effect of Dietary Zinc and Manganese on Performance, Skin Quality and Meat Quality of Broilers: A review. *Veterinaria*, v. 3, n.2, p. 1-4, 2015.

FEIJÓ, G .L .D. Qualidade da carne bovina. Curso: Conhecendo a carne que você consome. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 25p., 1999.

FERRARI CKB. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. *Revista de Nutrição*;11(1):3-14,1998.

FLANAGAN, S. W., MOSELEY, P. L., BUETTNER, G. R. Increased flux of free radicals in cells subjected to hyperthermia: detection by electron paramagnetic resonances spin trapping. *FEBS Letters*, 431, 285–286, 1998.

FUNARI JÚNIOR, P.; ALBUQUERQUE, R.; ALVES, F. R.; MURAROLLI, V. D. A.; TRINDADE NETO, M. A.; SILVA, E. M. Diferentes fontes e níveis de selênio sobre o desempenho de frangos de corte. *Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science*, v.47, n.5, p.380-384, 2010.

GANTER, H. E. Selenium metabolism, selenoproteins and mechanisms of cancer prevention: complexities with thioredoxin reductase. *Carcinogenesis*, v. 20, n. 9, p. 1657-66, Sept 1999.

GOLDFEDER R. T. Tireoide e nutrição. In: SILVA S. M. C, MURA J. D. P. *Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia*. 2ª ed. São Paulo: Roca; p.1003-1012, 2010.

- GOMES, F. A., BERTECHINI, A. G., DARI, R. L., BRITO, J. A., FASSANI, E. J., RODRIGUES, P. B., & SILVA, L. A. Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. *Arq. bras. med. vet. zootec*, 63(3), 633-640, 2011.
- GONZAGA, I. B., MARTENS, A., AND COZZOLINO, S. M. F. Selênio. In *Biodisponibilidade de nutrientes*, S.M.F. Cozzolino (Ed.), Manole. Barueri, pp. 575-613, 2007.
- GRAY, J. I., GOMAA, E. A., & BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat science*, 43, 111-123, 1996.
- GUETCHOM, B., VENNE, D., CHENIER, S., & CHORFI, Y. Effect of extra dietary vitamin e on preventing nutritional myopathy in broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 21(3), 548-555, 2012.
- HABIBIAN, M., GHAZI, S., & MOEINI, M. M. Effects of dietary selenium and vitamin E on growth performance, meat yield, and selenium content and lipid oxidation of breast meat of broilers reared under heat stress. *Biological trace element research*, 169(1), 142-152, 2016.
- HADA, F. H. Envolvimento da proteína, carboidrato, lipídio e selênio sobre as alterações metabólicas e bioquímicas em frangos submetidos ao calor, 2008.
- HALLIWELL B, GUTTERIDGE JMC. Role of free radicals and catalytic metal ions in humans disease: na overview. *Methods Enzymol.*186(1):1-85, 1990.
- HALLIWELL B, WHITEMAN M. Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? *Br J Pharmacol.* 142(2): 231-55, 2004.
- HAVENSTEIN, G. B., FERKET, P. R., & QURESHI, M. A. Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science*, 82(10), 1509-1518, 2003.
- HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Selenium Bioavailability In: AMMERMAN, C. B.; BAKER, D. H.; LEWIS, A. J. *Bioavailability of nutrients for animals: aminoacids, minerals and vitamins*. Academic Press, San Diego, California: cap. 14. p.303-310, 1995.
- HILLMAN, P. E., SCOTT, N. V., & VAN TIENHOVEN, A. *Physiological responses and adaptations to hot and cold environments*, 1985.
- HOLMGREN, A. Antioxidant function of thioredoxin and glutaredoxin systems. *Antioxid Redox Signal.*, v. 2, n. 4, p. 811-820, 2000.
- HOOGE, D.M. Selenium yeast boosts. *Feedstuffs*, v.79, n.19, p.12, 2007. Available from: Acesso em: Fev. 12, 2017.
- HOVING-BOLINK, A. H. et al. Fibre area and capillary supply in broiler breast muscle in relation to productivity and ascites. *Meat Science*, n. 56, p. 397-402, 2000.

JIANHUA, H., A. OHTSUKA AND K. HAYASHI. Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. *Brit. J. Nutr.* 84:727- 732, 2000.

JOINER, K. S., HAMLIN, G. A., LIEN, R. J., & BILGILI, S. F. Evaluation of capillary and myofiber density in the pectoralis major muscles of rapidly growing, high-yield broiler chickens during increased heat stress. *Avian diseases*, 58(3), 377-382, 2014.

JOKIĆ, Z.; PAVLOVSKI, Z; MITROVIĆ, S.; DERMANOVIĆ, V. The effect of different levels of organic selenium on broiler slaughter traits. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25 (1- 2), p 23-34, 2009.

JUNIPER, D. T., PHIPPS, R. H., & BERTIN, G. Effect of dietary supplementation with selenium-enriched yeast or sodium selenite on selenium tissue distribution and meat quality in commercial-line turkeys. *animal*, 5(11), 1751-1760, 2011.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, v. 92, n. 3, p. 811-819, Mar, 2013.

KUTTAPPAN, V. A.; BREWER, V. B.; CLARK, F. D.; MCKEE, S. R.; MEULLENET, J. F.; EMMERT, J. L.; OWENS, C. M. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. *Poult Sci.*, v. 88, (Suppl.1) p. 447 (Abstr.), 2009.

KUTTAPPAN, V. A.; LEE, Y. S.; ERF, G. F.; MEULLENET, J. F. C.; MCKEE, S. R.; OWENS C. M. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poult. Sci.*, v. 91, p. 1240-1247, 2012.

LAGANÁ, C., RIBEIRO, A. M. L., GONZALEZ, F. H. D., DE ALMEIDA LACERDA, L., TERRA, S. R., & BARBOSA, P. R. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos nos parâmetros bioquímicos e hematológicos de frangos de corte em estresse por calor. *Boletim de Indústria Animal*, 62(2), 157-165, 2005.

LETERRIER, C.; COLINA, Y.; COLLIN, A.; BASTIANELLI, D.; CONSTANTIN, P.; DE BASILIO, V. Effets d'élévations tardives de la température ambiante sur la température corporelle et l'hyperventilation chez le poulet. 8èmes Journ. Rech. Avicole, St-Malo, France, v. 31, p. 90-94, 2009.

LILBURN, M. S. Skeletal growth of commercial poultry species. *Poultry science*, 73(6), 897-903, 1994.

LIN, H.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 144, n. 1, p. 11-17, 2006.

LINDQUIST S & CRAIG E. A. The heat shock proteins. *Annual Reviews of Genetics*, v.22, p. 631-377, 1988.

MACRAE, V. E. et al. A comparison of breast muscle characteristics in three broiler greatgrandparent lines. *Poultry Science*, Champaign, v.86, n. 2, p. 382-385, Feb, 2007.

MAHAM, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. KRAUSE: Alimentos, Nutrição & Dietoterapia. 9 ed. São Paulo: Editora Roca, 1998.

MAHAN, D. Organic selenium: using nature's model to redefine selenium supplementation for animals In: LYONS, T. P.; JACQUES, K. A. Biotechnology in the feed industry, Proceedings of Alltech's 15th Annual Symposium, Nottingham, UK, p. 523-535, 1999.

MAHMOUDM, 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.

MALAYOĞLU, H. B., ÖZKAN, S., KOÇTÜRK, S., OKTAY, G., & ERGÜL, M. Dietary vitamin E (α -tocopheryl acetate) and organic selenium supplementation: performance and antioxidant status of broilers fed n-3 PUFA-enriched feeds. South African Journal of Animal Science, 39(4), 2009.

MARIUTTI, L.R.B. e BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. Revista Instituto Adolfo Lutz, v.68, p.1-11, 2009.

MARSH, J. A., DIETERT, R. R., & COMBS, G. F. Influence of dietary selenium and vitamin E on the humoral immune response of the chick. Experimental Biology and Medicine, 166(2), 228-236, 1981.

MEHDI, Y., HORNICK, J. L., ISTASSE, L., & DUFRASNE, I. Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions. Molecules, 18(3), 3292-3311, 2013.

MOREIRA, J.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; BERTECHINI, A. G.; OLIVEIRA, D. F.; CARDOSO, M. G. Efeito de fonte e níveis de selênio na atividade enzimática da glutathione peroxidase e no desempenho de frangos de corte. Ciência Agrotecnica, v. 25, n. 3, p. 664-666, 2001.

MORRISEY, P.A. et al. Lipid Stability in Meat and Meat Products. Meat Sci., v.49, n.1, p.S73-S86, 1998.

MOSSER D. D., CARON A. W., BOURGET L., DENISLAROSE C., MASSIE B. Role of the human heat shock protein HSP70 in protection against stressinduces apoptosis. Molecular and Celular Biology.17: 5317-5327, 1997.

MUDALAL, S. et al. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. Animal, Bologna, v. 9, n. 4, p. 728-34, Octob, 2014.

MUDALAL, S., LORENZI, M., SOGLIA, F., CAVANI, C., & PETRACCI, M. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. Animal, 9 (04), 728-734, 2015.

MUJAHID, A.; AKIBA, Y.; TOYOMIZU, M. Olive oil-supplemented diet alleviates acute heat stress-induced mitochondrial ROS production in chicken skeletal muscle.

American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, v. 297, n. 3, p. R690-R698, 2009.

MUJAHID, A.; YOSHIKI, Y.; AKIBA, Y.; TOYOMIZU, M. Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. Poultry Science, Champaign, v.84, n.2, p.307-314, 2005.

MUTH, O.H.; OLDFIELD, J.E.; REMMERT, L.E. et al. Effects of selenium and vitamin E on white muscle disease. Science, Washington, v.128, p. 1090, 1958.

MUTRYN, M. F. et al. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. BMC Genomics, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2015.

NASCIMENTO, S. T. Modelagem do equilíbrio térmico de frangos de corte: um estudo da geração e transferência de calor, 2015.

OZAWA, M., OHASHI, K., & ONUMA, M. Identification and characterization of peptides binding to newcastle disease virus by phage display. Journal of veterinary medical science, 67(12), 1237-1241, 2005.

PAN, C; HUANG, K.; ZHAO, Y.; QIN, S.; CHEN, F.; HU, Q. Effect of Selenium Source and Level in Hen's Diet on Tissue Selenium Deposition and Egg Selenium Concentrations. The Journal of Agricultural and Food Chemistry. n.55, v.3, p.1027-1032, 2007.

PAPP, L. V.; LU, J.; HOLMGREN, A.; KHANNA, K. H. From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. Antioxid Redox Signal., v. 9, n. 7, p. 755-806, Jul, 2007.

PAPPAS, A.C.; ZOIDIS, E.; SURAI, P.F.; ZERVAS, G. Selenoproteins and maternal nutrition. Comparative Biochemistry and Physiology, v.151, p.361-372, 2008.

PETRACCI, M., LAGHI, L., ROCCULI, P., RIMINI, S., PANARESE, V., CREMONINI, M. A., & CAVANI, C. The use of sodium bicarbonate for marination of broiler breast meat. Poultry science, 91(2), 526-534, 2012.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; CAVANI, C. The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. Poultry Science, v. 88, n. 7, p. 1518-1523, 2009.

PETRACCI, M.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K. et al. 2001. The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. Poult. Sci., Ithaca, v.80, p.670-675, 2001.

PIANTONI, C., NAVAS, C. A., & IBARGÜENGOYTÍA, N. R. Vulnerability to climate warming of four genera of New World iguanians based on their thermal ecology. Animal Conservation, 2016.

PISSINATI, A; SHIMOKOMAKI, M; GONÇALVES DE MEDEIROS, L; LOURENÇO SOARES, A; DE ALMEIDA, M; ABÉRCIO DA SILVA, C; WAINE PINHEIRO, J; OBA, A;. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de

corte suplementados com selênio orgânico. *Semina: Ciências Agrárias*, 33() 3361-3369, 2012.

PONCIANO, P. F., LOPES, M. A., YANAGI JÚNIOR, T., & FERRAZ, G. A. S. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. *Archivos de Zootecnia, Córdoba*, 60(1), 1-13, 2011.

PUOLANNE, E., & VOUTILA, L. The role of connective tissue in poultry meat quality. In *Proceedings of XVIII European Symposium on the Quality of Poultry Meat and XIII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products* (p. 26). June, 2009.

RAJASHREE, K.; MUTHUKUMAR, T.; KARTHIKEYAN, N. Influence of inorganic selenium sources on broiler performance and meat quality. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, v. 4, n. 1, p. 151-157, 2014.

RENAUDEAU, D., COLLIN, A., YAHAV, S., DE BASILIO, V., GOURDINE, J. L., & COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6(05), 707-728, 2012.

REMINGTON, S. G. Chicken filensin: a lens fiber cell protein that exhibits sequence similarity to intermediate filament proteins. *Journal of cell science*, 105(4), 1057-1068, 1993.

RICHARDS, J.D; ZHAO, J.; HARRELL, R.J.; ATWELL, C.A.; DIBNER, J.J. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v. 23, p.1527– 1534, 2010.

ROSS D, MOLDEUS P. Antioxidant defense systems and oxidative stress. In *Vigo-Pelfrey C (ed): Membrane lipid oxidation*. 1th ed. Boca Raton, CRC Press;151-70, 1991.

ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., ... & EUCLIDES, P. F. *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3rd ed. UFV, Viçosa, MG, Brazil. 2011.

ROTRUCK, J. T.; POPE, A. L.; GANTHER, H. E.; SWANSON, A. B.; HAFEMAN, D. G.; HOEKSTRA, W. G.; *Science*, 179, 588, 1973.

SAAD, M. B., GERTNER, L. R., BONA, T. D., & SANTIN, E. Selenium influence in the poultry immune response-Review. *Recent patents on food, nutrition & agriculture*, 1(3), 243-247, 2009.

SCHRAUZER, G. N. Commentary: nutrition selenium supplements: product types, quality, and safety. *Journal College of Nutrition, New York*, v. 20, n. 3, p. 1-4, June 2001.

SCHWARZ, K.; FOLTZ, C. M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. *Journal American Chemistry Society, Chicago*, v. 79, p. 3292-3293, 1957.

- SEVANI, A. & HOCHSTEIN, P. Mechanisms and consequences of lipid peroxidation in biological systems. *Annual Reviews of Nutrition*, Palo Alto, v.5, p.365-390, 1985.
- SIHVO HK, IMMONEN K and PUOLANNE E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology* 51, 619-623, 2014.
- 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.
- SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; SILVA, N. P.; FERNANDES, E. A.; VILELA, D. R.; SOUTO, M. M. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n.4, p. 372-378, jul-ago, 2015.
- SLATER, T. F., CHEESEMAN, K .H., DAVIES, M. J., PROUDFOOT, K., XIU, W. Free radical mechanisms in relation to tissue injury. *Proceedings of the Nutrition Society*, London, v.46, n.1, p.1-12, 1987.
- SPEARS, J. W. et al. Efficacy of a novel organic selenium compound (zinc-1.selenomethionine, available Se) in broiler chicks. *LATIN AMERICAN CONGRESSO ANIMAL NUTRITION*, 1. Cancun. *Proceedings...* Cancun: LACAN, 2003. p. 197-198, 2003.
- SUCHÝ, P., STRAKOVA, E., & HERZIG, I. Selenium in poultry nutrition: a review. *Czech J. Anim. Sci*, 59, 495-503, 2014.
- SURAI, P. F. *Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction*. Nottingham University Press 790p., 2002.
- SURAI, P. F. Selenium in poultry nutrition 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. *World's Poultry Science Journal*, v. 58, n. 3, p. 333, 2002.
- SURAI, P. F. *Selenium in nutrition and health*. Nottingham University Press, Nottingham, 2006.
- SURAI, P. F., & Fisinin, V. I. Selenium in sow nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 211, 18-30, 2016.
- SURAI, P. F.; BLESBOIS, E.; GRASSEAU, I.; CHALAH, T.; BRILLARD, J. P.; WISHART, G. J.; CEROLINI, S.; SPARKS, N. H. C.; Fatty acid composition, glutathione peroxidase and superoxide dismutase activity and total antioxidant activity of avian semen *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* v.120, p. 527–533, 1998.
- SUZUKI, K. T. Metabolomics of selenium: Se metabolites based on speciation studies. *Journal of Health Science*, v.51,p.107-114, 2005.

ŚWIĄTKIEWICZ, S., ARCZEWSKA-WŁOSEK, A., & JOZEFIAK, D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 70(03), 475-486, 2014.

TAPIERO, H., TOWNSEND, D. M., & TEW, K. D. The antioxidant role of selenium and seleno-compounds. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 57(3), 134-144, 2003.

UBABEF - união brasileira de avicultura. Carne de frango, uma unanimidade que vai do norte ao sul do brasil. *Revista Avicultura Brasil* n.1, p.8-14, 2012.

UDEN, P.C. et al. Selective detection and identification of Se containing compounds - review and recent developments. *Journal of Chromatography A*, v.1050, p.85-93, 2004.

UNNO, N.; WANG, H.; MENCONI, M. J. et al. Inhibition of inducible nitric oxide synthase ameliorates endotoxin- induced gut mucosal barrier dysfunction in rats. *Gastroenterology*, v.113, p.1246–1257, 1997.

VELLEMAN, S. G., ANDERSON, J. W., COY, C. S., & NESTOR, K. E. Effect of selection for growth rate on muscle damage during turkey breast muscle development. *Poultry science*, 82(7), 1069-1074, 2003.

VENDELAND, S.C. et al. Uptake of selenite, selenomethionine and selenate by brush border membrane vesicles isolated from rat small intestine. *Biometals*, v.7, p.305-312, 1994.

WANG, Y. B., and B. H. XU. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.* 144: 306-314, 2007

WORLD'S POULTRY SCIENCE JOURNAL v. 58, p. 333-347, 2002.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D.; SHINDER, D.; TANNY, J.; COHEN, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. *Poultry Science*, Champaign, v.83, p.253-258, 2004.

YANG, L.; TAN, G. Y.; FU, Y. Q.; FENG, J. H.; ZHANG, M. H. Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, v. 151, n. 2, p. 204-208, 2010.

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*, Champaign, v. 86, n. 4, p. 727-730, Apr. 2007.

ZHANG, Q., LI, X., SHI, H., & YUAN, Z. Determination of trace selenium by differential pulse adsorptive stripping voltammetry at a bismuth film electrode. *Electrochimica Acta*, 55(16), 4717-4721, 2010.

ZHOU, J.; HUANG, K.; LEI, X. G. Selenium and diabetes-evidence from animal studies. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 65, p. 1548-1556, 2013.

ZOIDIS, E.; PAPPAS, A. C.; GEORGIU, C. A.; KOMAITIS, E.; FEGEROS, K.
Selenium affects the expression of GPx4 and catalase in the liver of
chicken. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v.155, p.294-300, 2010.