

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

MAYRA VISSOTTO RIBEIRO

**PROGRAMAS VITAMÍNICOS E DIFERENTES FONTES MINERAIS
NAS DIETAS DE FRANGOS DE CORTE**



PALOTINA-PR

2016

MAYRA VISSOTTO RIBEIRO

**PROGRAMAS VITAMÍNICOS E DIFERENTES FONTES MINERAIS
NAS DIETAS DE FRANGOS DE CORTE**

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.

Orientador: Prof^a. Dra. Jovanir Inês Müller
Fernandes

PALOTINA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R484 Ribeiro, Mayra Vissotto
Programas vitamínicos e diferentes fontes minerais nas dietas de frangos de corte. - Palotina, 2016
94f.: il.; tab., graf.

Orientador: Jovanir Inês Müller Fernandes
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, Programa de Pós-Graduação Ciência
Animal, 2016.

1. Ciência Animal. 2. Força de cisalhamento. 3. Rendimento de peito. I. Fernandes, Jovanir Inês Müller. II. Universidade Federal do Paraná.

CDU 636.5

Ficha catalográfica elaborada por Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor PALOTINA
Programa de Pós Graduação em CIÊNCIA ANIMAL
Código CAPES: 40001016077P6

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 **MAYRA VISSOTTO RIBEIRO**, intitulada: **"PROGRAMAS VITAMÍNICOS E FONTES DE MINERAIS NAS DIETAS DE FRANGOS DE CORTE"**, após terem inquirido a autora e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua

aprovação

Palotina, 26 de Fevereiro de 2016.

Jovanir Ines Muller Fernandes
Prof JOVANIR INES MULLER FERNANDES (UFPR)
(Presidente da Banca Examinadora)

Alice Eiko Murakami
Prof ALICE-EIKO MURAKAMI (UEM)

Paula Toshimi Matumoto Pinto
Prof PAULA TOSHIMI MATUMOTO-PINTRO (UEM)

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Mayra Vissotto Ribeiro, filha de Jonas Ribeiro e Sueli Vissotto (*in memoriam*), nascida em Nova Aurora-PR em 07/08/1985. Formada em medicina veterinária na Universidade Federal do Paraná – UFPR, setor Palotina, no ano 2010. Trabalhou no Laboratório Biovet, realizando trabalhos à campo em 2010, no ano seguinte atuou no frigorífico de aves da BRF, na cidade de Toledo-PR. Nos anos subsequentes fez parte da equipe técnica das empresas Noxon do Brasil e Basso Pancotte também realizando trabalhos à campo. Ingressou no mestrado em Ciência Animal, no programa de pós-graduação da Universidade Federal do Paraná – Palotina, em fevereiro de 2014.

“E voce aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não pode mais.”

William Shakespeare

As minhas duas famílias, a de sangue por todo o amor e dedicação que sempre tiveram por mim e a minha segunda família, a FAMÍLIA LEA por todo o apoio e ajuda nesses dois intensos anos de mestrado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

“A gratidão é uma maneira de expressarmos um sentimento por algo que recebemos, e não temos condição nenhuma, ou meios para dar em troca.” Ademir Almeida.

Se nesse momento tenho tantos a quem agradecer, é porque de fato, muito eu recebi nos últimos anos.

Agradeço à Deus pela essência da vida, por cada oportunidade a mim dada e por todas que certamente virão.

À Universidade Federal do Paraná – setor Palotina, que foi minha segunda casa por mais essa jornada de estudos, bem como ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina.

Ao corpo docente pertencente ao programa de pós graduação por todos os ensinamentos ofertados, certamente serão de grande valia. Sou realmente grata à todos, em especial aos prof. Dr. Alexandre Leseur e Américo Garcez por me permitirem aprender um pouco mais sobre estatística.

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

À empresa DSM por ter possibilitado a realização desta pesquisa dando todo o suporte necessário para a realização das análises, em especial ao Dimitri Freitas, Jeffersson Lecznieski, Leticia Cardoso e Rafael Hermes.

O meu agradecimento à cooperativa agroindustrial CVale pelo apoio e parceria, não apenas nesse experimento, mas pelo auxílio e apoio prestados durante todo o meu período de mestrado.

Aos membros do Laboratório de Experimentação Avícola (LEA). Acredito que esse seja o meu agradecimento mais emocionado por ter um tom de despedida. Certamente vou levar comigo um pedacinho de cada um que passou por esse

laboratório durante esses dois intensos anos de convivência. Um muito obrigado muito especial aos meus companheiros de mestrado Alvaro, Adrieli, Anete, Jamile, Jean, Joice Meri e Lidiane; aos estagiários Alessandro, Alexandra, Bruna, Cassiano, Daiane, Eliana, Elisangela, Fernanda, Heloísa, Jonas, Krishna, Luis Miguel, Mauricio e Thais. Não poderia esquecer dos queridos Geraldo e Nivair que nos auxiliaram nos trabalhos no aviário experimental e Fran e Vanda que colocam em ordem o nosso laboratório. Muito obrigado.

Falei sobre o agradecimento mais emocionado e sobre a nossa FAMÍLIA LEA mas ainda não agradei a matriarca desse grupo. Sim prof. Jovanir, você é merecedora de um agradecimento muito especial e carinhoso. Passamos por muitas coisas juntas durante a minha graduação, com muito afeto você esteve ao meu lado em bons momentos e em alguns não tão bons. Naquela época fechei um ciclo e fui encarar novos desafios sabendo que eu sempre poderia voltar e ter aquele abraço acolhedor me esperando. Então resolvi voltar e tive o seu apoio. Voltei porque queria me tornar uma profissional melhor e estou certa de que evolui um pouquinho e muito disso graças à você. Você sempre me fez sair da minha zona de conforto, me cutucou muito para que eu desse sempre mais e tenho certeza que em todas as broncas você tentava extrair mais de mim, talvez, em alguns momentos, acreditando mais no meu potencial do que eu mesma. Obrigada pela oportunidade de aprender ainda mais ao seu lado.

À minha família... Minha mãe, que esta sempre me acompanhando por onde quer que eu vá. Meu pai que sempre me incentivou a continuar minha jornada em busca dos meus sonhos. Minhas avós Lucia e Geralda, que mesmo sem ter muita idéia do que é exatamente o mestrado me motivam porque sabem o quanto ele representa para mim. Minha tia Lucelia, tio Cicero e primo Pedro que, apesar da distância, sempre me amparam e me cercaram de muito amor nos momentos difíceis e nos alegres também. Aos meus tios Roberto e Rosimairy e primos, Roberta, Eder e Renata pelo apoio e por ver o quanto vocês ficam felizes com cada novo obstáculo que eu ultrapasso.

Tenho muito o que agradecer a minha família Palotinese, minha irmã Carol que é sempre meu principal esteio, minha sobrinha Lívia que enche meu coração de amor e meu cunhado Charles que é como um irmão para mim. Arnildo, Darci e

Douglas, obrigada por me permitirem fazer parte dessa família tão linda. Jamais esquecerei tudo que vocês fizeram e continuam a fazer por mim e pela minha irmã.

Ao meu namorado Kleber, por me apoiar, mesmo que à distância, e sempre se fazer presente. Obrigada por entender a importância que esse momento representa.

Aos meus amigos de longa data e os recentes também, Camila e Northon, Alessa e Rafael, Claudinha e Leandro, Paulinha e Maiko, Bruna e Dudu, Mari e Caixa, Rafa e Junior, Aline e Kiko, meu afilhado Dudu, Bea, Luzia, Aladir, Cibeli, Alessandra, Arielle, Mallu, Isa, Mariza, Tom, Ricardo, Gefferson, Dayanna, Jessica, Polly, Jac, Pri ... Obrigada por entenderem a minha ausência em alguns momentos e ainda assim permanecerem ao meu lado.

RESUMO

As diferenças na velocidade de crescimento e composição de carcaça dos frangos podem exigir níveis mais altos de vitaminas e minerais com maior biodisponibilidade. O objetivo do trabalho foi suplementar dietas comerciais para frangos de corte com programas otimizados de vitaminas e diferentes fontes minerais e avaliar seus efeitos sobre o desempenho produtivo, rendimento de carne, qualidade óssea e qualidade de carne. Foram utilizados 1800 pintos de corte machos da linhagem Cobb Slow, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (programas vitamínicos – otimizado e comercial Vs fontes de minerais – inorgânicos e orgânicos). O metabólito da vitamina D₃, 25(OH)D₃, foi incluído apenas nos tratamentos com o programa vitamínico otimizado. A fonte mineral orgânica utilizada foi a Carbono-amino-fosfoquelato (CAF). A suplementação de dietas com associação de programa vitamínico otimizado e fonte mineral CAF resultou em melhor (P<0,05) conversão alimentar e maior peso de carcaça aos 42 dias de idade. Dietas elaboradas com programa vitamínico otimizado resultaram em maior peso absoluto e relativo do peito e menor (P<0,05) deposição de gordura abdominal. Enquanto a suplementação de dietas com fonte mineral CAF resultou em maior (P<0,05) peso do peito e menor (P<0,05) deposição de gordura abdominal. A avaliação das medidas ósseas da tíbia dos frangos de corte não apresentou diferença estatística (P>0,05) para a suplementação vitamínica ou fonte de minerais. A suplementação das dietas com fontes CAF resultou em carne mais clara adjacente ao osso da tíbia em carnes frescas. Pernas descongeladas e assadas apresentaram maiores índices de vermelho (b*) em decorrência da suplementação com fonte inorgânica de minerais, o que pode ser indicativo de menor porosidade óssea. Houve redução (P<0,05) na perda de água por gotejamento de peitos de frangos de corte que receberam dietas contendo o programa vitamínico otimizado e maior (P<0,05) elasticidade da carne de peito de aves suplementadas com a fonte CAF. A suplementação de dietas com associação de programas vitamínicos otimizados e fonte mineral CFA resultou em menores (P<0,05) índices de peroxidação lipídica na carne de coxas e sobrecoxas após 10 dias de congelamento e aos 40 dias de congelamento, em função da elaboração das dietas com programa vitamínico otimizado. Não foi encontrada diferença estatística (P>0,05) das associações de programas vitamínicos e fontes minerais para a ocorrência de white striping e miopatia dorsal. A suplementação das dietas com programa vitamínico otimizado associada a fonte mineral orgânica contribuiu positivamente com o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e de cortes comerciais, qualidade óssea e de carne de frangos de corte.

Palavras-chave: 25(OH)D₃, Rendimento de peito, *black bone*, força de cisalhamento, TBARS, *White striping*.

ABSTRACT

The differences in the speed of growth and carcass composition of broiler may require higher levels of vitamins and minerals with higher bioavailability. The aim of this work was to supplement commercial diets for broilers with optimized levels of vitamins and mineral sources and evaluate different effects on productive performance, meat yield, and bone and meat quality. 1800 male broiler chicks from Cobb Slow strain were assigned in a completely randomized design in factorial scheme 2 x 2 (vitamin program – optimized and commercial vs mineral source – inorganic and organic). The metabolite of vitamin D₃, 25 (OH)D₃, was included only in the optimized vitamin premix. The organic mineral source used was the carbon-amino-phospho chelate (CAF). Supplementing diets with association of optimized vitamin and mineral source CAF, resulted in better (P <0.05) feed conversion and increased carcass weight at 42 days of age. Diets designed with optimized vitamin program resulted in greater absolute and relative weight of the breast and lower (P <0.05) abdominal fat. While supplementation of diets with CAF mineral source resulted in higher (P <0.05) breast weight and lower (P <0.05) abdominal fat. The evaluation of bone measurements of the tibia of broilers showed no statistical difference (P>0.05) for vitamin supplementation or source of minerals. Supplementation with CAF sources resulted in clearer adjacent flesh to the bone of the tibia in fresh meat. Thawed and baked legs showed higher red indexes (b *) as a result of supplementation with inorganic mineral source, which may be indicative of lower bone porosity. There was a decrease (P <0.05) in the loss of water drip of broiler breast fed the optimized and vitamin program, and higher elasticity (P <0.05) of the breast meat of birds supplemented with the source CAF. Supplementation of diets with optimized combination of vitamin and mineral program source CAF resulted in lower (P <0.05) lipid peroxidation meat of thighs and drumsticks after 10 and 40 days freezing and freezing, depending on the preparation diets with optimized vitamin program. There was no statistical difference (P> 0.05) of vitamin programs associations and mineral sources for the occurrence of white striping and dorsal myopathy. Supplementing diets with optimized vitamin program associated with organic mineral source positively contributed to the growth performance, carcass yield and commercial cuts, bone quality and broiler meat.

Keywords: 25 (OH) D₃, breast yield, black bone, strength of shear, TBARS, White striping.

LISTA DE ABREVIÇÕES

1,25(OH)₂D – Dihidroxicolicalciferol

25(OH)D₃ – 25-hidroxicolicalciferol

ABPA – Associação brasileira de proteína animal.

Ca – Cálcio

Cu – Cobre

Fe – Ferro

GSH-Px – Glutathione peroxidase

MDA – Malondialdeído

Mn – Manganês

NRC – National research council.

P – Fósforo

PUFA – Ácidos graxos poliinsaturados

Se – Selênio

T3 – Triiodotironina

TBARS – Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

Zn – Zinco

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1	Página
Tabela 1. Composição nutricional das dietas fornecidas aos frangos de corte.....	47
Tabela 2. Programas vitamínicos e fontes minerais por tonelada de ração.....	48
Tabela 3. Peso vivo (gramas) semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais	50
Tabela 4. Ganho de peso (gramas) semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais	51
Tabela 5. Consumo de ração (gramas) semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais	51
Tabela 6. Conversão alimentar semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais	52
Tabela 7. Desdobramento da interação de programas vitamínicos e fonte de minerais sobre a conversão alimentar de frangos de corte aos 42 dias de idade	52
Tabela 8. Viabilidade (percentual) semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais	53
Tabela 9. Classificação de lesão em coxim plantar de frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais	54
Tabela 10. Pesos absolutos e rendimento de carcaça dos frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais	58
Tabela 11. Desdobramento da interação de programas vitamínicos e fonte de minerais sobre o peso da carcaça de frangos de corte aos 42 dias de idade	59
Tabela 12. Medidas ósseas da tíbia dos frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais.....	59

Tabela 13. Análise de cor após o abate em tecido muscular adjacente ao osso da tíbia dos frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais.....59

Tabela 14. Análise de cor em tecido muscular adjacente ao osso da tíbia descongelada e processada dos frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais.....60

Tabela 15. Desdobramento da interação entre fonte de minerais e processamento no índice de vermelho (a^*) das tíbias de frangos de corte.....61

Capítulo 2

Tabela 1. Composição nutricional das dietas fornecidas aos frangos de corte74

Tabela 2. Níveis vitamínicos e de minerais por tonelada de ração75

Tabela 3. Medidas de pH e temperatura do peito logo após o abate e 24 horas após o abate de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais79

Tabela 4. Avaliação de qualidade da carne de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais de frangos aos 42 dias de idade80

Tabela 5. Análise de cor em peito de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais avaliados em diferentes períodos pós-abate.....81

Tabela 6. Força de cisalhamento de peito e resistência de pele de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos aos 42 dias de idade.....82

Tabela 7. Valores médios de TBARS (MDA mg/kg) em coxa e sobrecoxa, fresca e congelada, de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais.....84

Tabela 8. Desdobramento da interação de programas vitamínicos e fonte de minerais sobre os valores médios de TBARS (MDA mg/kg) em coxa e sobrecoxa congelada e analisada aos 10 dias após o abate.....84

Tabela 9. Score de classificação das lesões macroscópicas da miopatia cranial dorsal e <i>White striping</i> em frangos de corte suplementados com diferentes programas vitamínicos associados a fontes minerais	85
Tabela 10. Avaliação do percentual de gordura, colágeno e proteína muscular (%) nos peitos de frangos de corte suplementados com diferentes programas vitamínicos associados a fontes minerais	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análise histopatológica de peitos acometidos com *White striping*. Imagem (A) apresenta o corte histológico do peito de frango. Imagem (B) indica a presença do contraste estabelecido entre as infiltrações de colágeno em meio as fibras musculares. Imagem (C) destaca o contraste entre a gordura e as demais estruturas do músculo.....77

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1 - PROGRAMAS VITAMÍNICOS OTIMIZADOS PARA FRANGOS DE CORTE... 24	
2.2 - FONTE DE MINERAIS ORGÂNICOS PARA FRANGOS DE CORTE.....	27
2.3 - VITAMINAS E MICROMINERAIS NA QUALIDADE DA CARNE E INTEGRIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE	29
REFERÊNCIAS.....	34
3. OBJETIVOS	40
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
CAPÍTULO 1 – SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE PROGRAMAS VITAMÍNICOS E FONTES MINERAIS SOBRE O DESEMPENHO, RENDIMENTO DE CARÇAÇA E QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE	41
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	45
RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
CAPÍTULO 2 - SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE PROGRAMAS VITAMÍNICOS E FONTES MINERAIS SOBRE A QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS DE CORTE	67
INTRODUÇÃO	69
MATERIAL E MÉTODOS	72
RESULTADOS E DISCUSSÕES	78
CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS.....	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94

INTRODUÇÃO

No último ano, o Brasil se consolidou como o segundo maior produtor de carne de frango do mundo, com produção de 13,146 milhões de toneladas (ABPA, 2016). Atualmente 30% do consumo de carne global é de carne de frango e com previsão de um crescimento mais rápido do que as demais carnes. De acordo com OECD-FAO (2015), as projeções apontam para um aumento em torno de 1,6% ao ano no período de 2013 a 2022. Comparada com a carne suína e bovina, a ingestão da carne de frango por habitante aumentará mais rapidamente, cerca de 9% entre 2013 e 2022.

Os ganhos de produtividade da avicultura brasileira estão associados, de acordo com Zilli (2003), à coordenação da cadeia avícola, tornando o Brasil um dos mais eficientes produtores. Este bom desempenho pode ser atribuído a quatro fatores principais: o baixo preço relativo diante das outras carnes, a imagem de produto saudável junto ao consumidor, a aceitação pela maioria das culturas e religiões e a gama mais variada de produtos à base de frango (IPARDES, 2002).

O aumento e a sofisticação das demandas dos consumidores, sobretudo em países desenvolvidos, são novos desafios apresentados ao comércio internacional de carnes. As restrições dos mercados consumidores sobre a dieta, ambiente, higiene e bem-estar, decorrentes de imposições dos próprios consumidores, aumentam os custos de produção e limitam ainda mais a rentabilidade da produção avícola, cabendo ao nutricionista estabelecer estratégias para uma produção mais eficiente a fim de diminuir os custos de produção.

Responsável por 60% do custo de um frango, a alimentação é um dos pontos mais críticos da cadeia produtiva. A composição nutricional das rações fornecidas às aves de corte contribuiu de forma vital ao desenvolvimento do setor, vez que avançou de forma correlata ao desenvolvimento genético. Se no início do século as rações eram compostas de farinhas de origem vegetal e animal, com cerca de 6 ingredientes, já no final da década de 50 eram compostas de cerca de 22 ingredientes, incluindo minerais e vitaminas. Atualmente, mais de 40 ingredientes podem compor a formulação de uma ração, desde milho e soja a aminoácidos e

promotores de crescimento, passando por vitaminas e microminerais (JESUS JUNIOR et al., 2007).

Há de se considerar ainda que os genótipos melhoraram em ganho de peso e conversão alimentar, a composição de carcaça evoluiu para aves mais magras e foram desenvolvidas linhagens selecionadas especialmente para rendimento de peito, o que alterou a exigência nutricional do frango de corte.

Aves com melhor conformação corporal e elevados índices de desenvolvimento do músculo peitoral podem apresentar oscilação corporal deficiente, ou seja, o corpo desse animal se encontra no limite compensatório do centro de gravidade, afetando também o equilíbrio. Uma das hipóteses levantadas seria que com o maior índice de deposição muscular na região peitoral do frango atual (CORR et al., 2003) acarreta em aves mais prostradas a fim de compensar o desequilíbrio proporcionando angulação comprometida. Recentemente a indústria avícola tem enfrentado diversas anomalias do músculo peitoral (miopatias) caracterizadas pelo *white striping* (faixas de deposição de gordura), necrose e *woody breast* no músculo *Pectoralis major*. Entretanto a precisa etiologia destas condições não estão completamente definidas, e lesões isquêmicas como estas tem sido atribuídas a hipertrofia excessiva da fibra muscular e consequente comprometimento do suplemento capilar (KUTTAPPAN et al., 2009).

O peito é um dos cortes mais valorizados, cujos músculos representam praticamente um quarto do peso vivo total de frangos de corte modernos. A criação de frangos de corte para pesos de mercado maiores e em um curto período de tempo, pode aumentar a probabilidade de ocorrência das miopatias que trazem grandes perdas econômicas devido à condenação de carcaças e a rejeição pelo consumidor (BAILEY et al., 2015).

Outro desafio que a avicultura moderna enfrenta está relacionado ao conceito de qualidade de carne, onde os fatores nutricionais, originados no período *ante mortem*, exercem efeito nos parâmetros físico-químicos e sensoriais dos produtos cárneos (DEL PUERTO 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

a carnes suína e bovina. Os principais substratos envolvidos na oxidação são os ácidos graxos poliinsaturados que compõe os fosfolipídios das membranas celulares triacilgliceróis. Assim, o controle de processos oxidativos torna-se essencial. 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).

As exigências por qualidade estão cada vez mais sofisticadas e nem sempre há um entendimento completo pelo consumidor sobre determinados aspectos, como a coloração mais escura na carne adjacente aos ossos das coxas e sobrecoxas, principalmente após o cozimento de carnes congeladas. Esta alteração na coloração se deve à hemoglobina presente na medula óssea, que durante o cozimento extravasa para a carne adjacente ao osso, principalmente quando este é relativamente poroso. A síndrome do osso negro, também conhecida como *Black Bone* ou *Bone Darkening* ocorre em frangos de corte que possuem rápido desenvolvimento muscular e que podem apresentar mineralização óssea deficiente (WHITEHEAD, 2010).

A síndrome do osso negro é um problema enfrentado pela indústria avícola, afetando cerca de 30% das coxas e sobrecoxas de frangos de corte. Apesar do caráter fisiológico, a Síndrome do Osso Negro pode evidenciar um aspecto ruim para o consumidor, cuja decisão de escolha é fortemente influenciada por preocupações em relação à saúde (LYON E LYON, 2002).

Finos ajustes promovidos através da nutrição são capazes de minimizar efeitos indesejáveis, tendo como resultado, melhores índices zootécnicos, maior rendimento de carcaça, melhor qualidade da carne e maior satisfação do consumidor (FURTADO et al, 2006). Neste contexto, novos estudos a respeito das exigências nutricionais de vitaminas e minerais têm despertado interesse particular de pesquisadores porque o conhecimento das exigências nutricionais desses

nutrientes é baseado em informações obtidas em pesquisas realizadas nas décadas de 50 e 60.

A suplementação convencional de aditivos vitamínicos e minerais é baseada essencialmente no papel destes nutrientes no metabolismo como cofatores em reações metabólicas e na participação dos processos de síntese e obtenção de energia no organismo animal (RUTZ et al., 2002).

Entretanto, estudos vem comprovando a participação de algumas vitaminas em importantes rotas metabólicas ligadas, principalmente, ao crescimento e desenvolvimento muscular de frangos de corte por meio da modulação da sinalização celular e da transcrição de genes (YARGER et al, 1995; LI et al., 2009; BRITO et al., 2010; HUTTON et al., 2014; VIGNALE et al., 2015).

A suplementação das dietas com minerais orgânicos em substituição aos convencionais inorgânicos já é uma ferramenta amplamente estudada visto que a ligação com uma molécula orgânica oferece maior estabilidade e maior biodisponibilidade. Devido à proteção bioquímica, o mineral metálico é quimicamente inerte e não interage com os íons metálicos livres, resultando em melhor desempenho, maior absorção e utilização e menor impacto ambiental devido à menor excreção de minerais (ARAUJO et al., 2008; RICHARDS et al., 2010; ŚWIĄTKIEWICZ et al., 2014; ELKHAIREY et al., 2015).

Por fim, existe um apelo muito forte por alimentos funcionais, que contenham nutrientes que exerçam algum efeito metabólico ou fisiológico sobre a saúde física ou mental, podendo auxiliar na prevenção e redução de doenças de seus consumidores. Essa inovação pode trazer benefícios à saúde do consumidor e um aumento na lucratividade das empresas produtoras de alimentos, uma vez que eleva o valor agregado dos produtos (BRÖRING, 2010). Portanto, produzir carne de frangos suplementados com vitaminas e minerais pode ser mais um atributo bastante atraente para a cadeia avícola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As exigências nutricionais de microminerais e vitaminas exibidas pelo NRC (1984) são criticadas por serem muito baixas para serem recomendadas para as linhagens de frangos de corte atuais. A maior parte destas exigências foram determinadas a algumas décadas ou simplesmente estimadas.

Atualmente, a velocidade de crescimento, a conversão alimentar e composição de carcaça dos frangos são muito diferentes daquelas do passado. Estas diferenças podem não estar sendo consideradas nas recomendações de exigências de minerais e vitaminas para os frangos. Os genótipos melhoraram em ganho de peso e conversão alimentar, a composição de carcaça evoluiu para aves mais magras e foram desenvolvidas linhagens selecionadas especialmente para rendimento de peito. Neste contexto, o conhecimento das exigências nutricionais de minerais e vitaminas tem um interesse particular por serem nutrientes essenciais para o desenvolvimento animal por participarem como cofatores em reações metabólicas e permitir a maior eficiência dos sistemas de síntese no organismo animal (RUTZ et al., 2002), o que pode impactar o crescimento muscular e a deposição de proteína corporal.

Em função desse descompasso, entre estudos e exigência, nutricionistas frequentemente utilizam níveis mais elevados de minerais, grande parte das vezes baseado em seu próprio conhecimento prático. Isto funciona, mas há o risco de uma interação adversa entre minerais e uma maior excreção dos níveis excessivos ao meio ambiente, o que gera aumento do custo de produção (LEESON, 2008; RUTZ e MURPHY, 2009).

Em rações para frangos de corte, os microminerais têm sido tradicionalmente adicionados em suas formas salinas devido ao menor custo em comparação aos minerais nas formas orgânicas. As fontes de minerais inorgânicos utilizadas são os cloretos, óxidos, sulfatos, carbonatos e fosfatos. A disponibilidade de minerais dessas fontes varia, mas em geral, sulfatos são conhecidos por terem maior biodisponibilidade que óxidos (NOLLET et al., 2007; VIEIRA, 2008).

Porém, na forma orgânica, os minerais são absorvidos pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não pelos transportadores intestinais clássicos de minerais nas bordas em escova, atravessam as barreiras e assim não sofrem competição por já possuem seu próprio aminoácido ao entrar no trato digestivo. Devido à sua forma de ligação, o mineral metálico é quimicamente inerte, assim também não interage com os íons metálicos livres. Desta forma é absorvido, passando diretamente para o plasma através das células da mucosa intestinal e sua ligação permanece inalterada. A separação do aminoácido quelante irá acontecer no local em que o mineral será usado (BORGES, 2010 e RUTZ e MURPHY, 2009). Independente da forma a qual o microelemento mineral se apresenta, as funções são mantidas, o que difere é a biodisponibilidade.

Na prática comercial, o fornecimento de minerais inorgânicos nas dietas de frangos de corte é entre duas e dez vezes a mais do que o recomendado pelos manuais de exigências nutricionais (NOLLET et al., 2007). O uso de fontes inorgânicas resulta em um elevado nível de minerais nas excretas que, além de dispendioso ao animal, prejudica o meio ambiente. (BAO et al., 2007).

A incorporação de minerais na dieta, como Cu, Fe, Mn e Zn, é essencial para o crescimento de frangos de corte em razão de seu envolvimento em muitos processos fisiológicos e de biossíntese, atuando principalmente como catalisadores enzimáticos intracelulares ou como constituintes de enzimas. Os microelementos citados constituem várias proteínas envolvidas no metabolismo intermediário, em vias de secreção hormonal e no sistema imunológico (DIECK et al., 2003).

Alguns estudos recentes comprovam o mecanismo molecular da participação de algumas vitaminas em importantes rotas ligadas, principalmente, ao crescimento e desenvolvimento muscular de frangos de corte (YARGER et al., 1995; LI et al., 2009; BRITO et al., 2010; HUTTON et al., 2014; VIGNALE et al., 2015). A vitamina E previne o dano oxidativo celular pela inativação de radicais livres e espécies reativas de oxigênio, protegendo as membranas celulares, receptores e outros componentes celulares envolvidos na modulação da resposta imunológica (TENGERDY e BROWN, 1977) e assegurando as propriedades funcionais da carne de frango (BUCKLEY et al, 1995). Atualmente, além da sua ação antioxidante, são discutidas as suas propriedades não-antioxidantes como modulação da sinalização celular e da transcrição de genes (MUNTEANU et al., 2004; LI et al., 2009).

Além das funções da vitamina D ligadas ao crescimento esquelético, mineralização e manutenção do tecido ósseo (ANDERSON e TOVERUD, 1994; CHAMPE et al., 2006). Hutton et al. (2014) mostraram que a suplementação de 25(OH)D₃ estimula a atividade de células satélites do músculo *pectoralis major* da ave, sendo assim, 25(OH)D₃ aumenta o rendimento muscular através da hiperplasia da fibra muscular. Vignale et al. (2015) apontaram outra via de atuação da vitamina sobre o crescimento muscular. A 25(OH)D₃ estimula a síntese protéica através de um aumento nas taxas de iniciação traducional, processo que envolve diversos fatores de iniciação, quinases e fosfatases, cujas atividades são reguladas por fosforilação. Esta ativação ocorre por vias de sinalização dependentes da proteína quinase mTOR (sensível à rapamicina). Trabalhos recentes também mostram que a suplementação com vitamina D altera a composição corporal e a deposição de gordura (BHAT et al., 2014).

O atendimento à exigência nutricional de vitaminas e minerais das aves, além de fundamental para ganho de peso e conversão alimentar ótimos, pode ser ainda mais importante para rendimento de carcaça e produção de cortes nobres, principalmente peito, e também pode influenciar a qualidade do produto final. Vale ressaltar que os critérios de qualidade da carne de frango devem ser mantidos até chegar aos frigoríficos exportadores do Brasil e à mesa do consumidor.

2.1 - PROGRAMAS VITAMÍNICOS OTIMIZADOS PARA FRANGOS DE CORTE

As vitaminas são micronutrientes que participam de inúmeros processos metabólicos do organismo, portanto, essenciais para ótima saúde e desempenho do animal (FÉLIX et al., 2009).

As vitaminas hidrossolúveis, como as vitaminas do complexo B, Tiamina – B₁, riboflavina – B₂, ácido pantotênico – B₅, piridoxina – B₆, cianocobamina – B₁₂, Biotina e Ácido fólico, participam concomitantemente no metabolismo de substratos comuns (proteínas, carboidratos, gorduras), atuando principalmente, como co-fatores nas reações. Os estudos a cerca das exigências das vitaminas do complexo B são bastante complexos. Uma das causas pode ser a co-participação no

metabolismo que faz com que a deficiência de uma pode afetar a atuação de outra (MCDOWELL, 2000).

Indicações dos níveis de vitaminas do complexo B praticados, em condições de campo, podem ser insuficientes, principalmente para as linhagens de frangos de corte atuais. Assim, a deposição de tecido magro só será eficiente se o aporte de energia e de vitaminas envolvidas no metabolismo proteico for o suficiente para permitir a expressão genética do animal. Além do conhecimento da relação entre o aporte de nutrientes e o aporte energético para linhagens de alta deposição muscular é necessário mais pesquisas a fim de assegurar um nível vitamínico correto e compatível com os demais nutrientes.

Os níveis das vitaminas lipossolúveis são os que mais variam entre os preconizados pelo NRC (1994) e os níveis comerciais. Isso ocorre em função de que estas vitaminas estão envolvidas principalmente com o desenvolvimento e a manutenção das estruturas dos tecidos, a imunidade e a melhoria na qualidade da carne e podem ser armazenadas no organismo (FÉLIX et al., 2009).

O retinol, ou vitamina A, está diretamente envolvido na formação, regeneração e proteção da ectoderme e mucosas, primordial para o crescimento, desenvolvimento do esqueleto e características reprodutivas das aves. Além disso, atua no processo da visão, melhora a formação de anticorpos e a resistência humoral, a regulação do metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas (TOLEDO et al., 2006).

Estudos de nutrigenômica indicam uma potencial ligação entre nutrientes da dieta e da expressão de enzimas e metabólitos específicos no músculo (HESKETH, 2008). Li, et al., 2009 relataram que a suplementação dietética com α -tocoferol melhorou a maciez e reduziu a peroxidação lipídica no peito de frango e carne da coxa. No entanto, a influência de antioxidantes na dieta sobre os mecanismos genéticos, reguladoras metabólicas e de alterações fisiológicas no tecido muscular ainda é complexa e pouco compreendida.

O α -tocoferol é o principal representante do grupo de compostos com atividade de vitamina E, devido a sua alta atividade biológica, maior índice de absorção intestinal, maior deposição nos tecidos e conseqüente menor excreção fecal (GREEN, 1972; MACHLIN, 1991).

A vitamina E têm destaque devido a sua ação antioxidante prevenindo a oxidação das gorduras insaturadas e de outras substâncias sensíveis ao oxigênio, como a vitamina A e o ácido ascórbico. Age também como elemento importante no transporte direto de elétrons, ou indiretamente como possível agente parcial de ligação do citocromo redutase na cadeia respiratória. Para aves em crescimento e desenvolvimento do sistema nervoso central, a vitamina E possui grande importância no desempenho produtivo (LESHCHINSKY E KLASING, 2001).

A vitamina D (colecalfiferol) é absorvido na porção final do duodeno, juntamente com lipídeos e outras vitaminas e compostos lipossolúveis, pela ação conjunta de ácidos e sais biliares e das lipases. Na ave, o colecalfiferol chega até para a corrente sanguínea na forma de portamícrons, e é transferida ao fígado (KLASING, 1998) para uma primeira hidroxilação no fígado, pela 25-hidroxilase, a 25-hidroxivitamina D (25(OH)D, forma parcialmente hidrossolúvel. A nível renal, ocorre a segunda hidroxilação, para formar a 1,25-dihidroxivitamina D (1,25[OH]₂D), a forma biologicamente ativa da vitamina D.

A suplementação com 25-OHD₃ disponibiliza vitamina D mais ativa, de modo que ocorra diminuição nos gastos energéticos com a metabolização desta e o aumento da eficiência no organismo (GARCIA et al. 2013), além da taxa de absorção que é de aproximadamente 20% maior que a D₃ (APPLEGATE e ANGEL, 2005).

À vitamina D é primariamente atribuído o papel de importante regulador da fisiologia osteomineral, em especial do metabolismo do cálcio. Entretanto, a 1,25(OH)₂D está envolvida na modulação da autoimunidade e síntese de interleucinas inflamatórias, participa da regulação dos processos de multiplicação e diferenciação celular (DELUCA, 1988) e mais recentemente, no desenvolvimento muscular (HUTTON et al, 2014; VIGNALE et al., 2015). A dimensão do espectro de ações da vitamina D na fisiologia sistêmica pode ser melhor entendida a partir de estudos moleculares de microarranjos (*microarrays*) que apontaram que a 1,25(OH)₂D tem mais de 900 genes-alvos potenciais, correspondendo a cerca de 3% do genoma humano (WANG et al, 2005). Em aves, os estudos moleculares ainda não são tão avançados, mas apontam perspectivas animadoras para aplicação no aumento do rendimento de carne (VIGNALE et al., 2015).

2.2 – FONTE DE MINERAIS ORGÂNICOS PARA FRANGOS DE CORTE

A biodisponibilidade de um nutriente foi definida por Ammerman et al (1995) como sendo a fração do nutriente ingerido que sofre um processo de absorção, tornando-se disponível para o metabolismo do animal. Nessa linha de raciocínio, fatores físico-químicos que reduzem a absorção de minerais do lúmen intestinal influenciam diretamente a sua biodisponibilidade (DREOSTI, 1993). É relevante destacar a ocorrência de antagonismos entre nutrientes e ingredientes que afetam adversamente a absorção. Por exemplo, altos níveis de zinco reduzem a disponibilidade do cobre e o fitato é capaz de formar quelatos muito estáveis e muito insolúveis (RICHARDS E DIBNER, 2005).

As fontes de microminerais, usualmente utilizadas em nutrição animal, costumam ser as inorgânicas. No intestino delgado, o transporte dos íons para o interior da célula ocorre por difusão passiva ou pelo transporte ativo, entre tanto, para que isso ocorra estes íons necessitam estar atrelados a um agente ligante ou molécula transportadora que permita a passagem através da parede intestinal. Caso não haja esse agente carreador disponível no intestino, esses íons acabam sendo excretados ou gerar desequilíbrios que podem acarretar em redução na absorção de outros minerais através de antagonismo (BORGES, 2010).

Na forma orgânica, os minerais são absorvidos pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não pelos transportadores intestinais clássicos de minerais nas bordas em escova, atravessam as barreiras e assim não sofrem competição por já possuem seu próprio aminoácido ao entrar no trato digestivo. Devido à sua forma de ligação, o mineral metálico é quimicamente inerte, assim também não interage com os íons metálicos livres. Desta forma é absorvido, passando diretamente para o plasma através das células da mucosa intestinal e sua ligação permanece inalterada. A separação do aminoácido quelante irá acontecer no local em que o mineral será usado (BORGES, 2010 e RUTZ, 2009). Um mineral que foi corretamente quelado seja naturalmente ou por processos industriais, tende a ser absorvido no intestino de forma semelhante a um dipeptídeo ou tripeptídeo que normalmente apresentam altos coeficientes de absorção (MALETTTO, 1997).

Rutz e Murphy (2009) relataram resultados de estudos conduzidos com cobre (Cu) na forma inorgânica e orgânica. A suplementação com Cu inorgânico propiciou

aumento de consumo, no desempenho, nos níveis hepáticos e na excreção deste mineral. Entretanto, quando o Cu foi oferecido na forma orgânica, reduziu a excreção de Cu, sem interferir no desempenho. Ao examinar o metabolismo do Cu em frangos jovens (1-21 dias de idade), a retenção foi 35% superior em aves recebendo Cu orgânico, comparativamente as aves recebendo sulfato de Cu. O aumento de Cu na forma inorgânica, mas não na forma orgânica, propiciou a redução de zinco (Zn). Esta observação confirma estudos prévios que constataram a interação entre minerais inorgânicos tanto na deposição tecidual como na sua absorção.

A forma inorgânica de selênio (Se), o selenito, tem características pro-oxidantes e, quando combinado com ferro e zinco poderia potencialmente estimular a peroxidação lipídica e causar danos ao enterócito e, como resultado, reduzir a eficiência de absorção de vários nutrientes, incluindo antioxidantes. Além disso, a forma natural de Se, a selenometionina, contribui para as reservas de selênio nos tecidos, portanto, permitindo uma melhor oportunidade para os animais responderem adequadamente a condições de estresse ao sintetizar selenoproteínas adicionais (SURAI, et al., 2000).

Uma vez que o Se é um importante componente da enzima Glutathione peroxidase (GSH-Px), pois compõe seu sítio catalítico, tem como função a ação antioxidante primária, além de proteger o organismo da ação de radicais livres. A carência desse elemento torna as células mais susceptíveis ao processo oxidativo e aumenta a demanda do organismo por vitamina E que também exerce função antioxidante (KOHRLER, et al., 2000). Entretanto, o papel do Se na nutrição e reprodução de aves carece de mais estudos para esclarecer os mecanismos moleculares da ação do selênio a nível celular (RUTZ e MURPHY, 2009).

Além do Se, o Cu, Zn, ferro (Fe) e manganês (Mn) são considerados nutrientes antioxidantes. O Fe como constituinte da catalase e Cu, Zn, e Mn da superóxido dismutase, com funções antioxidantes de proteção independentes (HADDAD et al., 2008; AKSU et al., 2012). Falhas no sistema antioxidante podem contribuir com a ocorrência das miopatias observadas nas atuais linhagens de frangos de corte, entretanto, nenhum resultado de trabalhos de pesquisa é conclusivo (BAILEY, et al., 2015).

Mn e Zn são co-fatores envolvidos na síntese de mucopolissacarídeos e carbonato, que são essenciais para a formação óssea (ŚWIĄTKIEWICZ & KORELESKI, 2008). Além dessa função, o Zn é um componente estrutural e catalítico da enzima antioxidante superóxido dismutase (SOD) e atua sobre os mediadores da imunidade tais como enzimas, peptídeos do timo e citocinas, o que justifica a sua importância sobre a regulação da proliferação das células linfóides e seu efeito antioxidante (DARDENNE, 2002; SILVA et al., 2015).

2.3 - VITAMINAS E MICROMINERAIS NA QUALIDADE DA CARNE E INTEGRIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE

Devido ao aumento das taxas de crescimento, a ocorrência de alterações anatômicas em frangos de corte, em especial óssea e muscular, vem adquirindo importância cada vez maior, o que contribui para o surgimento de perdas significativas na cadeia avícola.

A carne de frango, na percepção do consumidor é um alimento saudável por ser uma carne branca, com alta umidade e proteína, importante atributo a ser destacado na estratégia de estimular um consumo ainda maior do produto pelo consumidor. Entretanto, fatores, intrínsecos e extrínsecos podem alterar a composição desta carne, alterando as características sensoriais (textura, suculência, sabor, odor e aparência), químicas (porcentagem de proteína, gordura, fibras totais, cinzas, perfil de ácidos graxos e de aminoácidos e conteúdo de minerais e vitaminas) e características físicas (pH, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, cor, perda de peso por cocção).

Esses fatores são suma importância, uma vez que influenciam tanto a escolha inicial do produto pelo consumidor, como a aprovação no momento do consumo (FLETCHER, 2002). Características como a espécie, idade, sexo, alimentação, atividade física do animal devem ser consideradas, pois esses fatores influenciam diretamente características como cor e retenção de água, relacionada principalmente, dentre outros fatores, com a maciez da carne, que são critérios decisivos para a aceitação ou rejeição do produto final (PALEZI et al., 2014).

O componente que confere cor à carne é a mioglobina e pode ser encontrada na forma de desoximioglobina (mioglobina reduzida) de coloração vermelha púrpura, oximioglobina (mioglobina oxigenada) de coloração vermelha brilhante e a metamioglobina (mioglobina oxidada) de coloração marrom. Quanto maior o tamanho e atividade muscular do animal, maior o teor de mioglobina e mais escura é a carne. Assim como a mioglobina, a hemoglobina presente no sangue pode reagir com oxigênio e alterar a coloração da carne, devido a estas duas substâncias serem proteínas associadas ao ferro (FLETCHER, 1999; ODA et al., 2003).

Dentre as muitas preocupações ocasionadas por problemas que possam afetar as aves comerciais comprometendo a qualidade de carne, as miopatias modernas intrigam pesquisadores, uma vez que as mesmas possuem etiologia ainda desconhecidas. No que se refere a essas miopatias, três tem destaque na atualidade: a miopatia cranial dorsal, a *White striping* e o peito amadeirado.

De acordo com Sosnick (1994) o aumento da massa muscular, associado às condições sedentárias das aves leva a uma significativa diminuição do gradiente de pressão arteriovenosa e a conseqüente diminuição do fluxo sanguíneo capilar, comprometendo o fornecimento de nutrientes bem como a purificação dos metabólicos produzidos pelas fibras musculares. Esta deficiência induz a distúrbios iônicos, como a regulação do cálcio necessário à contração muscular, tendo como conseqüência o aparecimento de processos inflamatórios, necróticos e miopatias.

Na miopatia dorsal, a lesão se concentra do músculo *Latissimus dorsi*, que apresenta, na porção anterior, apenas fibras “lentas ou vermelhas” (tipo I), enquanto a porção posterior é composta, quase que inteiramente, por fibras “rápidas ou brancas” (tipo II) (HODGES, 1974). Essas diferenças vão além da capacidade fisiológica de um e de outro tipo de fibra muscular e conferem às mesmas, inclusive, maior ou menor suscetibilidade a certas injúrias. As fibras brancas, encontradas no músculo peitoral, são mais sensíveis à deficiência de vitamina E do que as fibras vermelhas e também mais predispostas à injurias decorrentes da atividade muscular (KLASING, 2008). Em contrapartida, as fibras vermelhas são mais sensíveis a alterações nos níveis de oxigênio, em especial a hipóxia seguida de reperfusão, quando comparadas as fibras brancas (JENNISCHE et al., 1979).

As lesões características dessa miopatia são o amarelamento e inchaço da pele que recobre o músculo lesado, visível nas carcaças após o processo de depenagem. Após abertura da pele, pode ser visualizado um edema subcutâneo, hemorragia muscular superficial, palidez, aderência, aumento da espessura e consistência, características que causam aspecto repugnante para o consumidor (ZIMERMANN, et al., 2012).

Uma miopatia denominada *White striping* vem sendo caracterizada pelo aparecimento de vários graus de estrias esbranquiçadas no músculo *Pectoralis major*, as quais seguem a direção da fibra muscular. Essas estrias são observada principalmente no músculo peitoral *in natura* e também podem ser visualizadas nos músculos *Pectoralis minor* e *iliotibialis* (BAUERMEISTER et al., 2009; KUTTAPPAN et al.; 2013a;).

Estudos anteriores mencionaram a presença de estrias esbranquiçadas no músculo peitoral de frangos de corte e, ocasionalmente, no músculo da perna, semelhante às descritas na ocorrência de *white striping*, entretanto, esta alteração foi associada à condição de distrofia muscular induzida pela deficiência nutricional de vitamina E na dieta das aves (BUNYAN et al., 1967 e NETKE et al., 1969).

A procura por carne de peito de frango por parte de pessoas buscando dietas alimentares mais saudáveis se mantém crescente. Uma vez que o aspecto do *white striping* lembra muito um marmoreio (gordura entremeando as fibras musculares), Van Vleet et al. (1976), citam que a deficiência de vitamina E pode causar distrofia muscular de origem nutricional, similar as lesões de *White striping*, porém tentativas em minimizar os efeitos dessa miopatia não foram bem sucedidos (Kuttappan et al., 2012a).

Em 1973, foi relatado que o Selênio tem parte fundamental na composição da enzimas Glutathione Peroxidase (GSH-Px) (SURAI, 2000), a qual, em associação com a vitamina E é capaz de minimizar efeitos destrutivos causados pelas reações peroxidativas nas células (PEHRSON, 1993). A ação desses dois elementos em conjunto, modulando a ação da GSH-Px, interferem de forma positiva quanto aos efeitos causados pela peroxidação lipídica. Em casos onde existe a participação de selênio na forma orgânica, devido a uma maior incorporação no músculo, pode aumentar o período de prateleira dessas carnes, com redução significativa do *drip*

durante sua cocção, preservando a textura e a qualidade do produto mesmo após processos de armazenamento como o congelamento (MAHAN, 1999).

Elevadas concentrações teciduais de selênio não só pode minimizar o estresse oxidativo, incluindo a proteção de ácidos graxos insaturados dos danos causados pela peroxidacão, mas também pode reduzir a perda por gotejamento da carne de peito e da incidência de carne pálida, mole e exudativa em frangos de corte, melhorando a estabilidade oxidativa e qualidade de carne (OLIVEIRA et al., 2014)

Existem outros problemas que apresentam bastante relevância, no que diz respeito a aceitação por parte de consumidor, envolvendo qualidade óssea das aves como é o caso de animais acometidos por discontroplasia tibial, o ratiquitismo e a condrodistrofia, que possuem além do componente genético e de fatores ainda não totalmente esclarecidos, aspectos nutricionais associados as anomalias. Edwards (2000) relata que a literatura científica aponta evidências de que pode haver o envolvimento de, pelo menos, 8 vitaminas, 13 minerais e 6 aminoácidos com estes problemas.

Dentre as funções do tecido ósseo está sustentação do corpo, locomoção, proteção de órgãos internos, reserva metabólica (lipídeos e minerais) e órgão hematopoiético (SOUZA, 2012). A formação do tecido ósseo ocorre por ossificação endocondral ou intramembranosa. Na ossificação endocondral a cartilagem serve como molde para a formação do tecido ósseo e é responsável pela formação e crescimento de ossos curtos e longos (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004). Já na ossificação intramembranosa os ossos se desenvolvem dentro de uma folha fibrosa de tecido conectivo, semelhante à derme da pele e produz ossos planos (CARIA, 2014).

Níveis vitamina D e de alguns microminerais, principalmente zinco e manganês, apresenta papel primordial no metabolismo de cálcio e fósforo e, conseqüentemente, na formação e no desenvolvimento do esqueleto. Esses microelementos podem influenciar, de acordo com os níveis e as formas (metabólitos) de suplementação utilizadas, a incidência e a severidade de problemas ósseos (BRITO et al., 2010).

Uma anomalia pouco vista nos frigoríficos porém comumente observada pelo consumidor, é o escurecimento ósseo, ou *Black bone*, que ocorre com ruptura da epífise femoral e o conseqüente extravasamento de sangue para o tecido muscular, tornando a carne escura e com baixa aceitação pelo mercado consumidor. Nesse sentido, Korver (2005) verificou que a adição de 25-OHD₃ na ração, diminuiu a incidência de *Black bone*, além de resultar em melhor desempenho, rendimento de peito e a densidade cortical da tíbia.

Baldo, et al. (2014) descrevem que a síndrome do osso negro ocorre quando o osso está frágil ou poroso e é agravada pelo processo de congelamento. O escurecimento decorrente do sangue extravasado na carne tem implicações na qualidade da mesma e pode resultar em problemas na aceitação de carne de coxa e sobrecoxa, tornando necessário medidas a longo prazo, com seleção genética focada na estrutura óssea e a curto prazo, com adição de nutrientes que podem melhorar a qualidade óssea.

Também deve ser levada em consideração, em qualquer parâmetro avaliado, a correlação entre vitaminas e minerais como por exemplo, a ausência de selênio, que é um importante antioxidante, e a Vitamina E, onde a deficiência de selênio torna a exigência de vitamina E maior (ALMEIDA, et al., 2012). Esses ajustes se tornam cruciais dentro de uma cadeia como a avícola, onde gramas de produto final exercem um impacto econômico significativo no setor financeiro a nível mundial.

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.

Aksu, D.S.; Aksu, T.; Önel, S.E. 2012. Does inclusion at low levels of organically complexed minerals versus inorganic forms create a weakness in performance or antioxidant defense system in broiler diets? *International Journal of Poultry Science*, v.11 p. 666-672.

Almeida, C.B.; Santos, G.R.; Beteto, F.M.; Medeiros, L.G.; Oba, A.; Shimokomami, M.; Soares, A.L. 2012. Suplementação de selênio quelatado na ração e qualidade da carne de frango. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 33, suplemento 2, p. 3117-3122.

Ammerman, C.B.; Baker, D.H.; Lewis, A.J. (Eds.). 1995. *Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins*. San Diego: ACADEMIC PRESS, p.303-336.

Anderson, J.J.B.; Toverud, S.U. 1994. Diet and vitamin D: a review an emphasis on human function. *J. Nutr. Biochem.*, v. 5, n. 2, p. 58-65.

Applegate, T.J. and Angel, R. (2005) Los metabolitos de la vitamina D son prometedores para uso en dietas avícolas. In: *Vademécum Avícola*. Santiago: Centrovet

Araujo, J.A; Silva, J.H.V; Amâncio, A.L.L; Lima, C.B; Oliveira, E.R.A. 2008. Fontes de Minerais para Poedeiras, *Acta Veterinária Brasilica*, v.2, n.3, p.53-60.

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

Baldo, G.A.A.; Almeida Paz, I.C.L.; Garcia, E.A.; Amadori, M.S.; Alves, M.C.F.; Molino, A.B.; Vieira Filho, J.A.; Santos, L.S. 2014. Revisão: síndrome do osso negro em frangos de corte. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 8(2): 97-103.

Bao, Y.M; Choct, M.; Iji, P.A. 2007. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *J. Appl. Poult. Res.* 16:448–455.

Bauermeister, L.J., Morey, A.U.; Moran, E.T.; Singh, M.; Owens, C.M., and McKee, S.R. 2009. Occurrence of white striping in chicken breast fillets in relation to broiler size. *Poult. Sci.* 88(Suppl. 1):33. (Abstr.)

Bhat, M.; Noolu, B.; Qadri, S.S.; Ismail, A. 2014. Vitamin D deficiency decreases adiposity in rats and causes altered expression of uncoupling proteins and steroid receptor coactivator3. *J Steroid Biochem Mol Biol*; v.144, p.304–12.

Borges, C.A.Q. Uso de Minerais Orgânicos na Avicultura – artigos técnicos Publicado: 02/08/2010. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/nutricao/artigos/uso-minerais-organicos-avicultura-t298/141-p0.htm>>. Acesso em 11 de janeiro de 2015.

Brito, J.A.G; Bertechini, A.B.; Fassani, E.J.; Rodrigues, P.B.; Lima, E.M.C.; Meneghetti, C. 2010. Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte1. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 39, n.12, p. 2656- 2663.

Bröring, S. 2010. Innovation strategies for functional foods and supplements. Challenges of the positioning between foods and drugs. *Food Science and Technology (IFST)*, Sheffield, v. 7, n. 8, p. 111-123.

Buckley, D.J.; Morrissey, P.A.; Gray, J.I. 1995. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J Anim Sci.*, v. 73, n.10, p. 3122-3130.

Bunyan, J.; Green, J.; Diplock, A.T. 1967. Lysosomal enzymes and vitamin E deficiency. *British Journal of Nutrition*, London, v. 21, p. 137-145.

Caria, P.H.F. 2014 Sistema esquelético. Anatomia geral e odontológica. São Paulo: Artes Médicas, p. 20.

Champe, P.C.; Harvey, R.A.; Ferrier, D.R. 2006. Bioquímica ilustrada. Porto Alegre: Artmed, p. 533 .

Chen Y.; Liu W.; Sun T.; Huang Y.; Wang Y.; Deb D.K.; Yoon D.; Kong J., Thad-hani R.; Li Y.C.; Boos A.; Hässig M.; Liesegang, A. 2013. 1,25-dihydroxyvitamin D promotes negative feedback regulation of Toll-Like Receptor Signaling via Targeting MicroRNA-155-SOCS1 in macrophages. *J. Immunol*, v. 190, p.3687-3695.

Corcoran K.; Bernués A.; Baines R. 2000. Marketing Scottish beef and the problem of the changing consumer. Trabalho apresentado no 10º Annual World Food and Agribusiness Congress of the International Food and Agribusiness Management Association, Chicago.

Corr, S.A.; Maxwell, M.; Gentle, M.J.; Bennett, D. 2003. Preliminary study of joint disease in poultry by the analysis of synovial fluid. *The Veterinary Record*, v. 152, p. 549-554.

Dardenne, M. 2002. Zinc and immune function. *European Journal of Clinical Nutrition* v.56, Suppl 3, Nature Publishing Group All rights reserved 0954–3007/02.

Del puerto, M.; Oliveiro, R.; Terevinto, A.; Saadoun, A.; Cabrera, M.C. 2016. 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.

Dieck, H.T.; Doring, F.; Roth, H.P.; Daniel, H. 2003. Changes in rat hepatic gene expression in response to zinc deficiency as assessed by DNA arrays. *J. Nutr.*, v. 133, p.1004–1010.

Dreosti, I.E. 1993. Recommended dietary intakes of iron, zinc and other inorganic nutrients and their chemical form and identity. *Nutrition.*, v. 9, p. 542-545.

Edwards Junior, H.M. 2000. Nutrition and skeletal problems in poultry. *Poultry Science*, Champaign, v. 79, n.7, p. 1018–1023.

Elkhairey, M.A.E; Yao, J.; Ishag, H.Z.A; Elhashmi, Y.H.A. 2015. 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.

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

Félix, A.P.; Maiorka, A.; Sorbara, J.O.B. 2009. Níveis vitamínicos para frangos de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.2, p.619-626.

Fletcher, D.L. 1999 Broiler breast meat color variation, pH and texture. *Poultry Science*, Savoy, v. 78, p. 1323-1327.

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

Furtado, D.A.; Dantas, R.T.; Nascimento, W.B.; Santos, J.T.; Costa, F.G.P. 2006. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. *Rev. Bras. Eng. Agr.*, v. 10, n. 2, p. 484-489.

Garcia, A.F.Q.M.; Murakami, A.E.; Duarte, C.R.A.; Rojas, I.C.O.; Picoli, K.P.; Puzotti, M.M. 2013. Use of vitamin D₃ and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v. 26, p. 408-415.

Haddad, R., Annino, D., Tishler, R.B. 2008. Multidisciplinary Approach to Cancer Treatment: Focus on Head and Neck Cancer. *The Dental Clinics of North America*, V. 52, p. 1-17.

Hesketh, J. 2008. Nutrigenomics and selenium: Gene expression patterns, physiological targets, and genetics. *Annu. Rev. Nutr.*, v. 28, p.157–177.

Hodges, R.D.1974. The muscular and skeletal systems. In: HODGES, R.D. *The Histology of The Fowl*. New York: Academic Press Inc, v. 5, p. 243-299.

Hutton, K.C.; Vaughn, M.A.; Litta, G.; Turner, B.J. and Starkey, J.D. 2014. Effect of vitamin D status improvement with 25-hydroxycholecalciferol on skeletal muscle growth characteristics and satellite cell activity in broiler chickens. *Journal of Animal Science*, v. 92, n. 8, p. 3291-3299.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Análise da competitividade da cadeia agroindustrial da carne de frango no estado do Paraná. Curitiba, 2002.

Jennische, E., Amundson, B., Haljamae, H. 1979. Metabolic responses in feline 'red' and 'white' skeletal muscle to shock and ischemia. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 106, n. 1, p. 39-45.

- Jesus Junior, C.; De Paula, S.R.L.; Ormond, J.G.P.; Braga, N.M. 2007. A Cadeia da Carne de Frango: Tensões, Desafios e Oportunidades. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 26, p. 191-232.
- Junqueira, L.C.; Carneiro, J. 2004. Histologia básica. 10a Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 488.
- Klasing, K.C. 1998. Comparative avian nutrition. Wallingford: CAB International, p. 350.
- Klasing, K.C. 2008. Nutritional diseases. In: Saif et al. (Ed.) Diseases of Poultry. 12th, Ames, IA, p. 1027-1052.
- Kohrle, J.; Brigelius-flohé, R.; Böck, A.; Gärtner, R.; Meyer, O.; Flohé, L. 2000. Selenium in biology: facts and medical perspectives. *Biological Chemistry*, Salt Lake, v. 381, n. 9-10, p. 849-864.
- Korver, D. 2005. Research, analytical techniques and practical experiences using HyDTM. In: ARKANSAS NUTRITION CONFERENCE, 2005. Proceedings. Arkansas: [s.n.] p. 12.
- Kuttappan, V.A.; Brewer, V.B.; Clark, F.D.; McKee, S. R.; Meullenet, J.F.; Emmert, J. L.; Owens, C. M. 2009. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. *Poult Sci.*, v. 88, (Suppl.1) p. 447 (Abstr.).
- Kuttappan, V.A.; Lee, Y.S.; Erf, G.F.; Meullenet, J.F.C.; McKee, S.R.; Owens C.M. 2012a. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poult. Sci.*, v. 91, p. 1240-1247.
- Kuttappan, V.A.; Brewer, V.B.; Mauromoustakos, A.; McKee, S.R.; Emmert, J.L.; Owens, C.M. 2013a. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, v. 92, n. 3, p. 811-819.
- Leeson, S. 2008. Trace minerals in poultry nutrition-2. Copper and zinc – the next pollution frontier. *World Poultry*, v. 3, p. 14-16.
- Leshchinsky, T.V., Klasing, K.C. 2001. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. *Poultry Science*, v.80, n.11, p. 1590-1599.
- Li, W.J.; Zhao, G.P.; Chen, J.L.; Zheng, M.Q.; Wen J. 2009. Influence of dietary vitamin E supplementation on meat quality traits and gene expression related to lipid metabolism in the Beijing-you chicken. *Br. Poult. Sci.*, v. 50, p. 188–198.
- Lyon B.G.; Lyon C.E. 2002. Color of uncooked and cooked broiler leg quarters associated with chilling temperature and holding time. *Poultry science*, V.81, n.12, p.1916-1920
- Machlin, L.J. 1991. Vitamin E. Handbook of vitamins. 2.ed. New York: Marcel Dekker, p. 99-143.
- Mahan, D.C. 1999. Usando o modelo da natureza para redefinir a suplementação de selênio para suínos, aves e seres humanos: sob o microscópio: uma visão para o novo milênio. In: RONDA LATINO-AMERICANA DA ALLTECH, Nevada. Anais... Nevada: Alltech, v.1, p. 43-59.

Maletto S. 1997. Alla Riscoperta dei Minerali Informatore Zootécnico. Anno XLIV, n. 3, p. 51-84..

Mcdowell, L.R. 2000. Vitamins in animal and human nutrition. 2ª ed. Iowa State University Press. Ames.

Munteanu A, Zingg JM, Azzi A. 2004. Anti-atherosclerotic effects of vitamin E: myth or reality. *J Cell Mol Med.*, v. 8, n. 1, p. 59-76.

National Research Council - NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9.ed. Washington, DC. p.155.

Netke, S.P.; Velu, J.G.; Norton, H.W.; Scott, H.M. 1969. Muscular dystrophy in chicks fed crystalline amino acid diets. *British Journal of Nutrition*, London, v. 99, p. 315-319.

Nollet, L.; Van Der Klis, J.D.; Lensing, M.; Spring, P. 2007. The Effect of Replacing Inorganic With Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive Performance and Mineral Excretion. *Journal Applied of Poultury Research*, v. 1, p. 592– 597.

Oda, S.H.I.; Schneider, J.; Soares, A.L.; Barbosa, D.M.L.; Ida, E.I.; Olivo, R.; Shimokomaki, M. 2003. Detecção de cor em filés de peito de frango. *Revista Nacional da Carne*, São Paulo, v.321, p. 30-34.

OECD-FAO. 2015. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015, OECD Publishing, Paris. doi: 10.1787/agr outlook-2015-en.

Oliveira, T.F.B.; Rivera, D.F.R.; Mesquita, F.R.; Braga, H.; Ramos, E.M. 2014. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, v. 23, p.15–22.

Palezi, S.C.; De Carli, E.; Silva, G.P.R.; Zeni, M.P. 2014. Utilização de diferentes hidrocoloides para melhorar a qualidade sensorial de produtos cárneos. *Unoesc & Ciência - ACET*, Joaçaba, p. 129-134.

Pehrson, B.G. 1993. Selenium in nutrition with special reference to the biopotency of organic and inorganic selenium compounds. In: *BIOTECHNOLOGY IN FEED INDUSTRY*, 1., 1993, Nevada. Proceedings... Nevada: Alltech,. p.71-89.

Richards, J. & Dibnerj.J. 2005. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mod of action. *Poultry Science*, v. 84, p. 634-643.

Richards, J.D; Zhao, J.; Harrell, R.J.; Atwell, C.A.; Dibner, J.J. 2010. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v. 23, p.1527– 1534.

Rutz F. Impacto da nutrição vitamínica sobre a resposta imunológica das aves. In: *Simpósio Brasil Sul de Avicultura*, 3; 2002; Chapecó. Resumos... p.1-15.

Rutz, F. e Murphy, R. 2009. Minerais orgânicos para aves e suínos. I Congresso

Internacional sobre Uso da Levedura na Alimentação Animal CBNA. Campinas, SP, p. 21-36.

Silva R.A.M.; Pacheco G.D.; Vinokurovas S.L.; Oliveira E.R.; Gavioli D.F.; Lorazo A.P.; Agostini P.S.; Bridi A.M.; Silva C.A. 2015. Associação de ractopamina e vitaminas antioxidantes para suínos em terminação. *Ciência Rural*, v.45, n.2, p. 311-316.

Sosnicki, A.A. 1994. Focal myonecrosis effects in turkey muscle tissue. *In: 46th Annual Reciprocal Meat Conference*, Chicago, v. 46, p. 97-102.

Souza, A.F.G.O. 2012. Tecido ósseo em frangos de corte. *Revista eletrônica nutritime*, artigo 152, v.9, n.1, p.1663- 1679.

Surai, P.F. 2000. Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. *British Poultry Science*, London, v.41, n.2, p. 235-243.

Tengerdy, R.P.; Brown, J.C. 1977. Effect of vitamin E and A on humoral immunity and phagocytosis in *E. coli* infected chicken. *Poultry Science*, v.56, p.957-963.

Toledo, G.S.; Kloeckner, P.; Lopes, J.; Costa, T. 2006. Níveis das vitaminas a e e em dietas de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. *Ciênc. Rural*, n. 2, v. 36, p. 624-629.

Van Vleet, J.F., Ruth, G.; Ferrans, V.J. 1976. Ultrastructural alterations in skeletal muscle of pigs with selenium-vitamin E deficiency. *Am. J. Vet. Res.*, v. 37, p. 911–22.

Vieira, S.L; Berres, J.; Reis, R.N.; Oyarzabal, O.A.; Coneglian, J.L.B.; Freitas, D.M.; Peña, J.E.M.; Torres, C.A. 2008. Studies with sanguinarine like alkaloids as feed additive in broiler diets. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* vol.10 no.1.

Vignale, K.; Greene, E.S.; Caldas, J.V.; England, J.A.; Boonsinchai, N.; Sodsee, P.; Pollock, E.D.; Dridi, S.; Coon, C.N. 2015. 25-Hydroxycholecalciferol Enhances Male Broiler Breast Meat Yield through the mTOR Pathway *J. Nutr.*, v. 145, p. 855–63.

Yarger JG1, Quarles CL, Hollis BW, Gray RW. Safety of 25-hydroxycholecalciferol as a source of cholecalciferol in poultry rations. *Poult Sci.* 1995b Sep;74(9):1437-46.

Wang, X.; Zhuang, J.; Peng, Q.; Li, Y. 2005. A general strategy for nanocrystal synthesis. *Nature*, v. 437, p.121-124.

Zilli, J.B. 2003. Os fatores determinantes para a eficiência econômica dos produtores de frango de corte: uma análise estocástica, Piracicaba, p. 139. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq/USP)

ZIMERMANN, F.C., FALLAVENA, L.C.B., SALLE, C.T.P., MORAES, H.L.S., SONCINI, R. A. BARRETA, M.H., NASCIMENTO, V.P. Downgrading of Heavy Broiler Chicken Carcasses Due to Myodegeneration of the Anterior Latissimus Dorsi: Pathologic and Epidemiologic Studies. *Avian diseases*, 56:418–421, 2012.

3. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar a suplementação de dietas comerciais para frangos de corte com programa otimizado de vitaminas e diferentes fontes minerais sobre o desempenho produtivo, rendimento de cortes comerciais, qualidade óssea e qualidade de carne.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPÍTULO 1- Avaliar a suplementação de programa otimizado de vitaminas e diferentes fontes minerais em dietas comerciais para frangos de corte sobre o desempenho produtivo através da mensuração de peso médio, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, rendimento de carcaça, coxas, peito, asas e gordura abdominal, qualidade óssea através da avaliação da Síndrome do osso negro (*black bone*), índice de *Seedor* e resistência a quebra.

CAPITULO 2 - Avaliar a suplementação de programa otimizado de vitaminas e diferentes fontes minerais em dietas comerciais para frangos de corte sobre qualidade de carne através da avaliação de perda de água por gotejamento, perda de água por pressão, perda de água por cocção, *pH*, mensuração da força de cisalhamento, resistência e elasticidade de pele, oxidação lipídica por meio de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e ocorrência de miopatia dorsal e *white striping*.

CAPÍTULO 1 – SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE PROGRAMAS VITAMÍNICOS E FONTES MINERAIS SOBRE O DESEMPENHO, RENDIMENTO DE CARÇAÇA E QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO - As diferenças na velocidade de crescimento e composição de carcaça dos frangos podem exigir níveis mais altos de vitaminas e minerais com maior biodisponibilidade. O objetivo do trabalho foi suplementar dietas comerciais para frangos de corte com programa otimizado de vitaminas e com fontes minerais e avaliar o efeito sobre o desempenho produtivo, rendimento de carne e qualidade óssea. Foram utilizados 1800 pintos de corte machos da linhagem Cobb Slow, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (programas vitamínicos – otimizado e comercial Vs fontes de minerais – inorgânicos e orgânicos). O metabólito da vitamina D₃, 25(OH)D₃, foi incluído apenas nos tratamentos com o programa vitamínico otimizado. A fonte mineral orgânica utilizada foi a Carbono-amino-fosfoquelato (CAF). A suplementação de dietas com associação de programa vitamínico otimizado e fonte mineral CAF resultou em melhor (P<0,05) conversão alimentar e maior peso de carcaça aos 42 dias de idade. Dietas elaboradas com programa vitamínico otimizado resultaram em maior peso absoluto e relativo do peito e menor (P<0,05) deposição de gordura abdominal. Enquanto a suplementação de dietas com fonte mineral CAF resultou em maior (P<0,05) peso do peito e menor (P<0,05) deposição de gordura abdominal. A avaliação das medidas ósseas da tíbia dos frangos de corte não apresentou diferença estatística (P>0,05) para a suplementação vitamínica ou fonte de minerais. A suplementação das dietas com fontes CAF resultou em carne mais clara adjacente ao osso da tíbia em carnes frescas. Pernas descongeladas e assadas apresentaram maiores índices de vermelho (b*) em decorrência da suplementação com fonte inorgânica de minerais, o que pode ser indicativo de menor porosidade óssea. A suplementação das dietas com programa vitamínico otimizado associada a fonte mineral orgânica contribuiu positivamente com o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e de cortes comerciais e qualidade óssea de frangos de corte.

Palavras-chave: 25(OH)D₃, conversão alimentar, rendimento de peito, deposição de gordura, *black bone*.

CHAPTER 1 - – DIETARY SUPPLEMENTATION OF VITAMIN PROGRAMS AND MINERAL SOURCES ON PERFORMANCE, CARCASS YIELD AND BONE QUALITY OF BROILERS

ABSTRACT - The differences in the speed of growth and carcass composition of broiler may require higher levels of vitamins and minerals with higher bioavailability. The aim of this work was to supplement commercial diets for broilers with optimized levels of vitamins and mineral sources and evaluate different effects on productive performance, meat yield, and bone and meat quality. 1800 male broiler chicks from Cobb Slow strain were assigned in a completely randomized design in factorial scheme 2 x 2 (vitamin program – optimized and commercial vs mineral source – inorganic and organic). The metabolite of vitamin D₃, 25 (OH)D₃, was included only in the optimized vitamin premix. The organic mineral source used was the carbon-amino-phospho chelate (CAF). Supplementing diets with association of optimized vitamin and mineral source CAF, resulted in better (P <0.05) feed conversion and increased carcass weight at 42 days of age. Diets designed with optimized vitamin program resulted in greater absolute and relative weight of the breast and lower (P <0.05) abdominal fat. While supplementation of diets with CAF mineral source resulted in higher (P <0.05) breast weight and lower (P <0.05) abdominal fat. The evaluation of bone measurements of the tibia of broilers showed no statistical difference (P>0.05) for vitamin supplementation or source of minerals. Supplementation with CAF sources resulted in clearer adjacent flesh to the bone of the tibia in fresh meat. Thawed and baked legs showed higher red indexes (b *) as a result of supplementation with inorganic mineral source, which may be indicative of lower bone porosity. Supplementation of diets with vitamin optimized program associated with organic mineral source contributed positively to the productive performance, carcass yield and commercial cuts and bone quality of broilers..

Keywords: 25 (OH) D₃, feed conversion ratio, breast yield, fat deposition, black bone.

INTRODUÇÃO

O desafio constante na indústria avícola é uma produção mais eficiente a fim de diminuir os custos de produção. 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 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).

Além disso, a produção de aves passou por mudanças durante os últimos anos. Os genótipos melhoraram em ganho de peso e conversão alimentar, a composição de carcaça evoluiu para aves mais magras e foram desenvolvidas linhagens selecionadas especialmente para rendimento de peito. Neste contexto, novos estudos a respeito das exigências nutricionais de vitaminas e minerais têm despertado interesse particular de pesquisadores porque o conhecimento das exigências nutricionais desses nutrientes é baseado em informações obtidas em pesquisas realizadas nas décadas de 50 e 60 (NRC, 1994).

Estas diferenças na velocidade de crescimento e composição de carcaça dos frangos podem exigir níveis mais altos de vitaminas e minerais com maior biodisponibilidade.

As vitaminas, apesar de representarem uma porção pequena na formulação de uma dieta, são nutrientes essenciais que atuam em mais de 30 reações metabólicas celulares e estão associadas a maior eficiência dos sistemas de síntese no organismo animal (MARKS, 1979; JENSEN, 1974).

Alguns estudos recentes comprovam o mecanismo molecular da participação de algumas vitaminas em importantes rotas ligadas, principalmente, ao crescimento e desenvolvimento muscular de frangos de corte (YARGER et al., 1995; LI et al., 2009; BRITO et al, 2010; HUTTON et al., 2014; VIGNALE et al., 2015). A vitamina E

previne o dano oxidativo celular pela inativação de radicais livres e espécies reativas de oxigênio, protegendo as membranas celulares, receptores e outros componentes celulares envolvidos na modulação da resposta imunológica (TENGERDY e BROWN, 1977) e assegurando as propriedades funcionais da carne de frango (BUCLEY et al, 1995). Atualmente, além da sua ação antioxidante, são discutidas as suas propriedades não-antioxidantes como modulação da sinalização celular e da transcrição de genes (MUNTEANU et al., 2004; LI et al., 2009).

Além das funções da vitamina D ligadas ao crescimento esquelético, mineralização e manutenção do tecido ósseo (ANDERSON e TOVERUD, 1994; CHAMPE et al., 2006). Hutton et al. (2014) mostraram que a suplementação de 25(OH)D₃ estimula a atividade de células satélites do músculo *Pectoralis major* da ave, sendo assim, 25(OH)D₃ aumenta o rendimento muscular através da hiperplasia da fibra muscular. Vignale et al (2015) apontaram outra via de atuação da vitamina sobre o crescimento muscular. A 25(OH)D₃ estimula a síntese protéica através de um aumento nas taxas de iniciação transcrição, processo que envolve diversos fatores de iniciação, quinases e fosfatases, cujas atividades são reguladas por fosforilação. Esta ativação ocorre por vias de sinalização dependentes da proteína quinase mTOR (sensível à rapamicina). Trabalhos recentes também mostram que a suplementação com vitamina D altera a composição corporal e a deposição de gordura (BHAT et al., 2014).

A suplementação com 25-OHD₃ disponibiliza vitamina D mais ativa, de modo que ocorra diminuição nos gastos energéticos com a metabolização desta e o aumento da eficiência no organismo (GARCIA et al., 2013), além da taxa de absorção que é de aproximadamente 20% maior que a D₃ (APPLEGATE e ANGEL, 2005).

A presença de minerais na dieta, como Cu, Fe, Mn e Zn, são essenciais para o crescimento de frangos de corte em razão de seu envolvimento em muitos processos fisiológicos e de biossíntese, funcionando principalmente como catalisadores enzimáticos intracelulares ou como partes constituintes de enzimas. Os microelementos citados constituem várias proteínas envolvidas no metabolismo intermediário, em vias de secreção hormonal e no sistema imunológico (DIECK et al., 2003).

Tradicionalmente, esses microminerais são suplementados às dietas sob a forma de sais inorgânicos, tais como sulfatos, óxidos e carbonatos, afim de suprir deficiências clínicas que impeçam a ave de atingir seu potencial genético de crescimento (BAO et al., 2007).

Devido à baixa biodisponibilidade e até mesmo à falta de conhecimento relacionada à absorção e utilização desses minerais, os níveis fornecidos nas dietas são frequentemente superiores aos exigidos, resultando em excesso de fornecimento e conseqüentemente maior excreção ao meio ambiente (GARCIA et al., 2015). Outra forma de suplementação mineral é através do fornecimento de minerais inorgânicos ligados a uma molécula, o ligante. A ligação pode ser de um mineral com um aminoácido, formando o complexo metal-aminoácido, ligado a duas ou três moléculas de aminoácidos, formando o quelato ou ainda à polissacarídeos (RUTZ e MURPHY, 2009).

Os minerais suplementados na forma orgânica além de oferecerem maior estabilidade beneficiam-se de uma proteção bioquímica contra as distintas reações químicas que podem ocorrer quando agregados na própria dieta, esperando-se um melhor desempenho das aves, uma maior absorção e utilização desses minerais, quando suplementados (BRITO et al., 2006), além do menor impacto ambiental (ARAUJO et al., 2008). Entretanto, independente da forma em que o microelemento mineral se apresenta, as funções dos mesmos se mantêm, portanto a forma de apresentação interfere apenas na biodisponibilidade.

O objetivo do trabalho foi suplementar dietas comerciais para frangos de corte com programa otimizado de vitaminas e com fontes minerais e avaliar o efeito sobre o desempenho produtivo, rendimento de carne qualidade óssea.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no aviário experimental da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina onde todos os procedimentos com uso de animais neste trabalho foram submetidos à avaliação e aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal do Setor Palotina da UFPR sob o protocolo no 51/2014.

Foram utilizados 1800 pintos de corte machos da linhagem Cobb Slow, divididos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (programas vitamínicos – otimizado e comercial Vs fontes de minerais – inorgânicos e orgânicos) totalizando quatro tratamentos, nove repetições e 36 unidades experimentais com 50 aves cada.

Os programas vitamínicos utilizados foram: comercial e otimizado, seguindo as recomendações do programa *Optimum Vitamim Nutrition* (OVN™, DSM). Quanto as fontes minerais, foram utilizadas: fonte inorgânica mineral, composta por minerais na forma de sulfato e fonte orgânica a base de Carbono-Amino-Fosfoquelato (CAF) (Minerais Tortuga®). Os tratamentos foram compostos por:

- 1- Programa vitamínico comercial + fonte inorgânica de minerais
- 2- Programa vitamínico otimizados + fonte inorgânica de minerais
- 3- Programa vitamínico comerciais + fonte CAF de minerais
- 4- Programa vitamínico otimizados + Fonte CAF de minerais

As dietas, à base de milho e farelo de soja, foram formuladas de acordo com os valores de composição química dos alimentos e as recomendações nutricionais adotadas pelas integrações avícolas da região (Tabela 1). O premix vitamínico comercial e otimizado e o premix mineral na forma orgânica e inorgânica foram incluídos de acordo com os tratamentos na dose de 5kg/ton (Tabela 2). O metabólito da vitamina D₃, 25(OH)D₃, foi incluído apenas no premix vitamínico otimizado. O programa de alimentação foi dividido em 3 fases: inicial (1 a 18 dias), crescimento (19 a 35 dias) e abate (36 a 42 dias) e as rações foram fornecidas *ad libitum* e na forma farelada.

As aves foram alojadas em galpão climatizado (exaustores, placas evaporativas e aquecimento através de campânulas elétricas), dividido em 36 boxes de 3,52m², cobertos com maravalha reutilizada (6º lote) sobre o piso. A temperatura de conforto térmico foi mantida de acordo com a idade. As aves receberam 24 horas de luz até os 14 dias, em função do sistema de aquecimento (lâmpada halógena de 300W), após esse período 16 horas de luz e 8 de escuro.

As aves foram pesadas semanalmente, assim como a sobra de ração fornecida, para a avaliação do peso médio, ganho de peso, ganho médio diário, consumo de ração e conversão alimentar. A conversão alimentar foi corrigida pela

mortalidade semanal das aves conforme metodologia de Sakomura e Rostagno (2007). O registro da mortalidade diária foi utilizado também para o cálculo da viabilidade.

Tabela 1. Composição nutricional das dietas fornecidas aos frangos de corte

Ingredientes, %	Inicial	Crescimento	Abate
Milho	53,07	55,12	56,98
Farelo Soja	34,00	29,90	28,20
Farinha Carne	5,20	4,50	4,00
Óleo Soja	4,10	5,50	5,90
Farinha Vísceras	1,50	3,00	3,00
Calcáreo	0,340	0,420	0,420
Sal comum	0,310	0,310	0,290
Bicarbonato de sódio	0,103	-	-
Premix vitamínico e mineral ¹	0,500	0,500	0,500
Colina 60%	0,086	0,052	0,042
L-Lisina 70%	0,316	0,284	0,280
L-Treonina 98%	0,092	0,084	0,089
L-Valina	0,021	0,012	-
Composição nutricional			
PB, %	23,30	22,12	21,25
EM, Kcal/kg	3.100	3.230	3.278
GB, %	7,16	8,69	9,08
FB, %	3,08	2,89	2,82
Cálcio, %	1,03	1,02	0,95
P. Disp. , %	0,46	0,45	0,42
Lis Dig., %	1,250	1,160	1,111
AAS Dig., %	0,761	0,779	0,789
Thr Dig., %	0,813	0,766	0,745
Trp Dig., %	0,225	0,209	0,200
Leuc Dig., %	1,670	1,599	1,552
Ile Dig., %	0,692	0,698	0,699
Val Dig., %	0,963	0,905	0,860
Arg Dig., %	1,411	1,325	1,266
Colina, mg/kg	1850,87	1651,35	1553,94
Na, %	0,212	0,176	0,161
Cl, %	0,273	0,260	0,238
K, %	0,900	0,826	0,793
Na+K+Cl, Meq/100g	246	215	206

¹Níveis descritos na Tabela 2

Para a classificação das lesões em calos de pés, foi realizada uma amostragem de 10 aves por unidade experimental (90 aves/tratamento) aos 42 dias de idade. Foi avaliado o score macroscópico da área do coxim plantar de cada ave caracterizando-os da seguinte forma: ausência de lesão (score A), lesão leve apenas no coxim plantar (score B), lesões graves e múltiplas (C), segundo a metodologia descrita por Oliveira et al., (2002).

O rendimento de carcaça e de cortes comerciais foi determinado aos 42 dias de idade das aves. Previamente, as aves foram identificadas e submetidas ao jejum

alimentar por seis horas e abatidas por atordoamento com eletricidade e posterior sangria. Foram abatidas 60 aves por tratamento, totalizando 240 aves para o cálculo do rendimento de carcaça, coxas, peito, asas e gordura abdominal. Para o rendimento de filé sem pele e sem osso, sassami, corte parcial de asa, medalhão e cartilagem, foram abatidas mais 300 aves (75 aves/tratamento) aos 44 dias de idade.

Tabela 2. Programas vitamínicos e fontes minerais por tonelada de ração

		Inicial	Crescimento	Abate	Inicial	Crescimento	Abate
Vitaminas		Programa vitamínico otimizados			Programa vitamínico comerciais		
Vitamina A	UI	12.500	11.000	10.000	12.000	9.000	7.000
Vitamina D ₃	UI	3.000	3.000	3.000	3.500	3000	2.500
25(OH)D ₃	Mg	2.760	2.760	-	-	-	-
Vitamina E	Mg	150	100	100	30	25	20
Vitamina K	Mg	4	4	4	3	3	3
Vitamina B1	Mg	4	3	2	3	2,4	1,8
Vitamina B2	Mg	8	7	6	8	6,5	5
Vitamina B6	Mg	5	5	4	5	4,2	3,5
Vitamina B12	Mg	0,03	0,02	0,02	0,02	0,015	0,012
Niacina	Mg	60	60	50	40	35	30
Ácido Pantotênico	Mg	20	17	14	18	15	12
Ácido Fólico	Mg	2,5	2	2	2,5	1,5	1,0
Biotina	Mg	0,3	0,25	0,2	0,24	0,21	0,20
Microminerais		Microminerais CAF*			Microminerais Inorgânicos**		
Manganês	Mg	56	56	56	120	100	100
Zinco	Mg	44	44	44	100	80	80
Ferro	Mg	44	44	44	70	60	60
Cobre	Mg	8,6	8,6	8,6	8	8	8
Selênio	Mg	0,340	0,340	0,340	0,240	0,240	0,240
Iodo	Mg	1	1	1	1	1	1

*Microminerais CAF: carbono-amino-fosfoquelato de cobre, carbono-amino-fosfoquelato de ferro, carbono-amino-fosfoquelato de manganês, carbono-amino-fosfoquelato de selênio, carbono-amino-fosfoquelato de zinco e iodato de cálcio.

**Microminerais inorgânicos: sulfato de ferro, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, selenito de sódio e iodato de cálcio.

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 nobres, foi considerado o rendimento do peito inteiro com pele e ossos, das pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), dorso e asas com pele que foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. O peito inteiro de cada ave foi desossado para a determinação do rendimento de carne de peito total, filé sem pele e sem osso e sassami. O corte parcial de asa, medalhão e cartilagem foram

determinados por pesagem e posteriormente obtidos seus respectivos percentuais em relação ao peso da carcaça. A gordura abdominal presente ao redor da cloaca, da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada conforme descrito por Smith (1993). Em seguida, foi pesada e também calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Após remoção de todo tecido aderente da perna esquerda, a tíbia de 30 aves/tratamento foi pesada, e medido o comprimento e diâmetro, com auxílio de um paquímetro digital (mm). O índice de Seedor (Seedor et al., 1991) foi obtido pela divisão do peso dos ossos (mg) pelo seu comprimento (mm). Em seguida, foram submetidas ao ensaio de flexão à taxa de deformação constante para material visco-elástico, com equipamento de ensaio universal da Marca Texture Analyser, com célula de carga de 500 kgf, velocidade e do cabeçote de 10 mm/seg. Após realizado o teste de resistência à quebra, a espessura da parede cortical dos ossos foi medida na porção medial da diáfise, com auxílio de paquímetro digital (mm) na fase lateral adjacente à fíbula óssea e na região oposta, fase medial, obtendo-se duas medidas das quais foi calculado o valor médio de espessura do osso cortical.

Para avaliar a ocorrência da Síndrome do osso negro (*black bone*), as tíbias direita das 30 aves/tratamento foram resfriadas logo após o abate e abertas longitudinalmente para exposição do tecido muscular adjacente ao osso da tíbia por 30 minutos. As leituras foram realizadas tomando três pontos diferentes por amostra. Os valores de luminosidade (L^*), espectro vermelho/verde ($+a^*$ indica vermelho e $-a^*$ indica verde) (a^*) e espectro amarelo/azul ($+b^*$ indica amarelo e $-b^*$ indica azul) (b^*) foram expressos no sistema de cor CIELAB através da utilização de um colorímetro Minolta® 410R. Duas pernas íntegras de mais 30 aves/tratamento foram coletadas e congeladas por 60 dias. Após o descongelamento e exposição do tecido adjacente ao osso do fêmur e tíbia, foi procedido a avaliação da cor (valor L^* e espectros a^* e b^*) e em seguida levadas ao forno em assadeira única e assadas por ± 2 horas a 200°C . Após assadas, as pernas foram mantidas em superfície fria até atingirem a temperatura ambiente e em seguida, procedeu-se novamente a leitura da cor, conforme preconizado por Whitehead e Fleming (2004). Deste modo, o processamento das pernas consistiu em um fator no modelo estudado, o qual foi composto, ao final por um fatorial $2 \times 2 \times 2$ (programas vitamínicos – otimizado e

comercial Vs fontes de minerais – inorgânicos e orgânicos Vs processamento – descongelada e assada)

Para a análise estatística, os dados foram verificados quanto à presença de valores discrepantes (“outliers”) e testaram-se as pressuposições de normalidade dos erros studentizados (teste de Cramer Von Mises) e de homogeneidade de variância (teste de Brown-Forsythe). Após constatada a não violação dessas pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM do programa SAS (SAS Institute, 2002). Os dados referentes à viabilidade não apresentaram distribuição normal, para a análise, foi utilizada a metodologia de modelos lineares generalizados (Nelder & Wedderburn, 1972) admitindo-se distribuição gama.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 7 dias de idade as aves que receberam dietas com fonte mineral inorgânica foram mais pesadas ($P < 0,05$) do que as aves que receberam as dietas com fonte mineral CAF (Tabela 3). O mesmo efeito foi encontrado para ganho de peso (Tabela 4) onde as aves que receberam dietas com fonte mineral inorgânica apresentaram maior ganho de peso ($P < 0,05$) quando comparadas as aves que receberam dietas com fonte mineral CAF, efeito que não se manteve nas semanas subsequentes. Não houve diferença estatística ($P < 0,05$) no peso vivo e ganho de peso das aves nas demais idades avaliadas.

Tabela 3. Peso vivo (gramas) semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	1-7 dias	1-14 dias	1-21 dias	1-28 dias	1-35 dias	1-42 dias
Programas Vitamínicos						
Comercial	157,57	462,67	991,41	1651,90	2384,19	2926,31
Otimizado	158,96	467,44	1004,10	1664,64	2386,78	2937,82
Fonte de Minerais						
Inorgânica	160,49 ^a	466,82	996,72	1648,76	2391,25	2918,85
CAF	156,05 ^b	463,30	998,79	1667,78	2379,31	2945,28
CV, %	3,76	2,61	3,01	2,52	2,64	4,33
Análise de variância						
Vitaminas (V)	0,4894	0,2479	0,2154	0,3685	0,9307	0,5374
Minerais (M)	0,0326	0,3921	0,8379	0,1828	0,5700	0,7875
V x M	0,2801	0,2714	0,2397	0,5774	0,5683	0,9400

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente. CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Para o consumo de ração, observou-se que no intervalo de 1 - 7 dias de idade as aves que receberam dieta com programa vitamínico comercial apresentaram menor consumo de ração ($P < 0,05$) que as aves que receberam dieta adicionada de programa vitamínico otimizado (Tabela 5). Para as demais idades não houve diferença estatística ($P > 0,05$).

Tabela 4. Ganho de peso (gramas) semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	1-7 dias	1-14 dias	1-21 dias	1-28 dias	1-35 dias	1-42 dias
Programas Vitamínicos						
Comercial	111,957	418,617	944,53	1602,61	2324,06	2850,11
Otimizado	113,859	420,261	949,68	1605,48	2343,27	2885,68
Fonte de Minerais						
Inorgânica	115,668 ^a	416,863	945,70	1601,83	2319,50	2857,53
CAF	110,148 ^b	422,015	948,51	1606,27	2347,84	2857,26
CV, %	5,30	2,26	3,24	2,84	2,74	4,25
Análise de variância						
Vitaminas	0,3483	0,6078	0,3997	0,8514	0,3743	0,6141
Minerais	0,0094	0,1141	0,3165	0,7723	0,1933	0,3888
V x M	0,3845	0,5291	0,6595	0,2909	0,5618	0,9141

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Para as demais idades não houve diferença significativa ($P < 0,05$) dos tratamentos para a conversão alimentar (Tabela 6). Entretanto, aos 42 dias de idade, houve interação significativa entre programas vitamínicos e fontes minerais. No desdobramento da interação é possível observar que as aves que receberam dietas elaboradas com programa vitamínico otimizado e fonte mineral CAF apresentaram melhor conversão alimentar ($P < 0,05$), assim como quando são associados programa comercial e fonte mineral inorgânica.

Tabela 5. Consumo de ração (gramas) semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	1-7 dias	1-14 dias	1-21 dias	1-28 dias	1-35 dias	1-42 dias
Programas Vitamínicos						
Comercial	146,02 ^b	550,90	1234,00	2184,17	3099,91	4262,03
Otimizado	151,47 ^a	557,86	1248,16	2200,97	3160,46	4356,86
Fonte de Minerais						
Inorgânica	150,28	558,33	1248,64	2186,04	3092,31	4255,29
CAF	147,21	550,37	1235,83	2198,99	3168,51	4364,00
CV, %	4,36	3,44	2,95	2,25	3,78	3,77
Análise de variância						
Vitaminas	0,0169	0,2824	0,3997	0,3186	0,1368	0,0551
Minerais	0,1648	0,2165	0,3165	0,4361	0,0658	0,0904
V x M	0,6802	0,2699	0,6595	0,5923	0,1871	0,2705

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente. CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Tabela 6. Conversão alimentar semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	1-7 dias	1-14 dias	1-21 dias	1-28 dias	1-35 dias	1-42 dias
Programas Vitamínicos						
Comercial	1,306	1,306	1,310	1,363	1,333	1,501
Otimizado	1,332	1,328	1,309	1,363	1,344	1,500
Fonte de Minerais						
Inorgânica	1,301	1,330	1,320	1,364	1,332	1,494
CAF	1,337	1,305	1,299	1,362	1,345	1,507
CV, %	4,66	3,59	2,98	2,10	2,38	1,70
Análise de variância						
Vitaminas (V)	0,2059	0,1981	0,9282	0,9660	0,3092	0,1561
Minerais (M)	0,0839	0,1194	0,1134	0,7656	0,2437	0,9832
V x M	0,1713	0,3740	0,5560	0,9569	0,0668	0,0026

CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Tabela 7. Desdobramento da interação de programas vitamínicos e fonte de minerais sobre a conversão alimentar de frangos de corte aos 42 dias de idade

	Fonte mineral Inorgânica	Fonte mineral CAF	Valor de P
Programa vitamínico Comercial	1,480 ^{Ab}	1,521 ^{Aa}	0,0108
Programa vitamínico Otimizado	1,508 ^{Aa}	1,492 ^{Ba}	0,1372
Valor de P	0,0916	0,0015	

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente

Não houve diferença estatística ($P > 0,05$) para a viabilidade durante todo o período experimental (Tabela 8).

A suplementação extra de vitaminas e minerais tem sido uma técnica adotada nas formulações de rações para aves submetidas às diferentes situações de estresse: térmico, imunológico ou alta densidade de criação. Modificações nas instalações de criações e sistemas de refrigeração são alternativas muitas vezes caras, assim como a manutenção de um status de alta biossegurança. Trabalhos de Laganá & Ribeiro (2008); Vaz et al. (2014); Habibian et al. (2016) demonstraram melhor desempenho produtivo de aves suplementadas com níveis mais elevados de vitaminas, apenas em situação de estresse térmico.

Os estudos a cerca da suplementação mineral em dietas para frangos de corte nem sempre apresentam resultados consistentes, especialmente em relação aos índices de desempenho (FUNARI JUNIOR, 2010; CARVALHO et al., 2015). No entanto, a maioria dos resultados obtidos indicam que os minerais quando fornecidos na forma orgânica são mais biodisponíveis e podem substituir, com vantagens, formas inorgânicas de minerais. Um dos principais benefícios é a

inclusão em níveis mais baixos na forma orgânica, o que pode reduzir o teor de minerais nas excretas das aves (ŚWIĄTKIEWICZ et al., 2014).

Por outro lado, Gai et al. (1997) atribuíram ao aumento dos níveis de suplementação de vitamina A e E uma melhor conversão alimentar de frangos de corte. A suplementação da dieta com o programa vitamínico otimizado também resultou em melhor conversão alimentar.

Tabela 8. Viabilidade (percentual) semanal de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	1-7 dias	1-14 dias	1-21 dias	1-28 dias	1-35 dias	1-42 dias
Programas Vitamínicos						
Comercial	99,44	99,33	98,67	98,33	97,67	97,22
Otimizados	99,78	99,67	98,67	98,33	98,22	96,22
Fonte de minerais						
Inorgânica	99,89	99,89	99,00	98,56	98,22	97,33
CAF	99,33	99,11	98,33	98,11	97,67	96,11
CV, %	0,70	1,10	1,66	1,69	1,70	2,49
Análise de variância						
Vitaminas (V)	0,1915	0,1902	0,7244	0,2713	0,4724	0,7891
Minerais (M)	0,1931	0,9900	0,3022	0,5896	0,9878	0,2367
V x M	0,6426	0,3589	0,2158	0,1213	0,6192	0,5415

CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Para a classificação das lesões no coxim plantar ou “calos de pés”, não foi observada diferença estatística ($P > 0,05$), como demonstrado na Tabela 9. Independente dos tratamentos a incidência do score A, ou seja ausência de lesões, foi superior a 65%, o que demonstra ausência de fatores comprometedores da integridade do tecido cutâneo dos pés dos frangos de corte. Muniz et al, (2006) relatam que também há uma relação direta entre densidade por metro quadrado e a percentagem de lesões de pés devido ao volume de excrementos eliminado interferindo negativamente na saúde e bem-estar das aves. Por outro lado, em condições experimentais, o reduzido número de aves e as boas condições sanitárias e ambientais contribuem positivamente com a qualidade da cama e a melhor integridade dos coxins plantares das aves.

Os dados referentes ao rendimento absoluto e relativo de cortes comerciais estão demonstrados na Tabela 10. Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre programas vitamínicos e fontes de minerais para o peso da carcaça. Aves que receberam dietas suplementadas com vitaminas em programas comerciais

associadas a fonte mineral CAF ou dietas suplementadas com vitaminas com programas otimizados associadas a fonte mineral CAF ou inorgânica apresentaram maior ($P < 0,05$) peso de carcaça (Tabela 11).

Tabela 9. Classificação de lesão em coxim plantar de frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	Score A	Score B	Score C
Programa vitamínico comercial + mineral inorgânico	72,34	26,66	0,00
Programa vitamínico otimizado + mineral inorgânico	73,34	24,44	2,22
Programa vitamínico comercial + mineral CAF	65,56	33,33	1,11
Programa vitamínico otimizado + mineral CAF	66,56	30,11	3,33
CV, %	46,30	45,59	12,78
Valor de P	0,5815	0,6023	0,3376

Score A: ausência de lesão, Score B: lesão leve apenas no coxim plantar e score C: lesões graves e múltiplas

Estes resultados evidenciam o papel da suplementação vitamínica sobre o peso da carcaça, uma vez que independente da forma de suplementação mineral, os programas otimizados de vitaminas contribuíram positivamente com a deposição de carne na carcaça dos frangos de corte. As vitaminas são nutrientes essenciais para o desenvolvimento animal por participarem como cofatores em reações metabólicas e permitir a maior eficiência dos sistemas de síntese no organismo animal (RUTZ et al., 2002).

É importante também considerar que a vitamina B6, ou piridoxina, é componente de enzimas que regulam o metabolismo protéico do organismo. Atua nas reações de degradação não oxidativa de aminoácidos e sua necessidade é proporcional ao nível de proteína da dieta (MCDOWELL. 2000). A deposição de tecido magro só será eficiente se o aporte de energia e de vitaminas envolvidas no metabolismo proteico for o suficiente para permitir a expressão genética do animal. Desta forma, além do conhecimento da relação entre o aporte de nutrientes e o aporte energético para linhagens de alta deposição muscular é necessário mais pesquisas a fim de assegurar um nível vitamínico correto e compatível com os demais nutrientes.

Uma vez que a suplementação vitamínica do complexo B em níveis elevados em relação à necessidade corporal não traz prejuízos ao metabolismo ou à saúde

das aves, por não serem depositadas nos tecidos e serem facilmente excretadas pelos rins, a suplementação de vitaminas do complexo B em níveis otimizados pode ser uma alternativa viável na elaboração das rações.

Para o peso do peito, houve efeito positivo ($P < 0,05$) da inclusão de minerais na forma orgânica em relação à inorgânica. O mesmo efeito foi observado para as aves que consumiram dieta com níveis vitamínico otimizados ($P < 0,05$) em comparação com as dietas suplementadas com programa vitamínico comerciais. Esse efeito também foi observado para o rendimento do peito, o que mais uma vez, mostra o papel de destaque das vitaminas como co-fatores em inúmeras reações metabólicas que contribuem para o maior desenvolvimento muscular dos frangos de corte e conseqüentemente, maior rendimento de carne.

A literatura sobre suplementação dietética vitamínica e mineral para frangos de corte é escassa e, muitas vezes, baseada em informações obtidas em pesquisas realizadas nas décadas de 50 e 60. Atualmente, a velocidade de crescimento, a conversão alimentar e composição de carcaça dos frangos são muito diferentes daquelas do passado. Estas diferenças podem não estar sendo consideradas nas recomendações de exigências de vitaminas e minerais para os frangos, principalmente em relação às funções recentemente conhecidas.

Uma explicação para uma maior exigência de vitaminas para rendimento do músculo do peito, que representa aproximadamente 30% da carne na carcaça, é a participação das vitaminas nos processos de miogênese (HARTHAN et al., 2013). Hutton et al., (2014) mostrou que a suplementação de $25(\text{OH})\text{D}_3$ estimula a atividade de células satélites do músculo *Pectoralis major* da ave, sendo assim, $25(\text{OH})\text{D}_3$ aumenta o rendimento muscular através da hiperplasia da fibra muscular. O aumento de miofibrilas pós-eclosão é decorrente da atividade das células satélite, precursores miogênicos, presentes na musculatura esquelética que iniciam seu desenvolvimento durante a última fase embrionária, sendo capazes de proliferar, diferenciar e juntar-se às fibras já existentes, ou fundirem-se com outras, para formar novas fibras (Moss, 1968). As células satélite são responsáveis por todos núcleos de geração secundária nas miofibras (BISCHOFF, 1975). Este processo é responsável por cerca de 98% do conteúdo final de DNA da miofibra, o que permite a manutenção do volume citoplasmático e o número de mionúcleos e, portanto, o

aumento da capacidade de síntese protéica (HALEVY et al., 2003; DUCLOS et al., 2007).

Vignale et al., (2015) também evidenciam a participação da vitamina D nos processos de síntese proteica. Esses autores propõe que o mecanismo é por vias de sinalização dependentes da proteína quinase mTOR (sensível à rapamicina). Entretanto, ainda não há esclarecimentos suficientes para determinar se a hiperplasia muscular medida por células satélite é controlada pela via da mTOR em resposta à suplementação de 25(OH)D₃.

Recentemente Vietes et al. (2014), também relataram aumento do peso de peito de aves suplementadas 25-OHD₃. Já Boiago et al. (2013) observaram que tanto a utilização da fonte orgânica quanto a da inorgânica levaram a rendimentos de carcaça e cortes semelhantes

A inclusão de fonte mineral orgânica na dieta resultou em maior peso de asa ($P < 0,05$) quando comparado às dietas com fonte mineral inorgânica, porém, sem efeito positivo sobre o rendimento de asa ($P > 0,05$). Em relação a suplementação vitamínica, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para o peso absoluto ou relativo.

As aves que receberam dieta acrescida de programa otimizados de vitaminas ou de fonte mineral orgânica apresentaram menor percentual de gordura abdominal ($P < 0,05$). Estudos recentes a nível molecular têm demonstrado que a vitamina E não tem apenas função antioxidante, mas também é um fator regulador da expressão gênica. Azzi et al., (2004) relataram que a transcrição de um gene para a fosfolipase citosólica, uma enzima chave envolvida na oxidação fosfolipídica, foi regulada pela vitamina E. Níveis mais elevados de vitamina E poderiam potencialmente alterar o perfil e a composição de ácidos graxos e a deposição de gordura corporal (Li et al., 2009).

Ainda, Bhat et al. (2014) relatam que a suplementação com vitamina D (25(OH)D₃) pode alterar a composição corporal e a deposição de gordura em frangos de corte. Por outro lado, Jianhua et al., (2000), afirmam que o aumento dos níveis de Se na dieta tem relação direta com o aumento dos níveis sanguíneos do hormônio T3 e da enzima iodotironina desiodase. Os hormônios tireoidianos regulam a atividade metabólica no animal e podem estimular a mobilização das reservas de gordura e reduzir a deposição na carcaça (OLKOWSKI e CLASSEN, 1995).

. Para o peso absoluto e rendimento de cortes comerciais do filé do peito, sassami, corte parcial e medalhão da asa e cartilagem do peito não foi observada diferença estatística ($P>0,05$) entre os programas vitamínicos ou forma de suplementação mineral.

A avaliação das medidas ósseas da tibia dos frangos de corte não apresentou diferença estatística ($P>0,05$) para a suplementação vitamínica ou fonte de minerais (Tabela 12). Por outro lado, houve efeito significativo ($p<0,05$) da suplementação de fontes minerais sobre o a luminosidade (L^*) e espectro de amarelo/azul (b^*). A suplementação das dietas com fontes CAF resultou em maiores valores para L^* e b^* quando comparadas as dietas com fonte mineral inorgânica, ou seja, apresentaram uma coloração mais clara do tecido muscular que a observada para as aves suplementadas com dietas contendo fontes de minerais inorgânicos (Tabela 13). O que demonstra que a suplementação das dietas com minerais orgânicos como o CAF resulta em um osso mais compacto, com conseqüente menor extravasamento de sangue para o tecido muscular adjacente.

Uma vez que os frangos de corte possuem crescimento rápido, os ossos dessas aves apresentam baixos níveis de mineralização e alta porosidade. Essas características fazem com que as aves estejam mais propensas à lesões e distúrbios tais como o *black bone* (WHITEHEAD, 2010). Elevados graus de porosidade comprometem a estrutura óssea, permitindo o extravasamento do conteúdo medular sobre a superfície do osso, alterando a cor da carne adjacente. Esse efeito é visível após o cozimento e devido ao aspecto bastante escuro do osso foi atribuído a esse distúrbio o termo *black bone*.

Tabela 10. Pesos absolutos e rendimento de carcaça dos frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	Carcaça (g)	Peito (g)	Coxas (g)	Asas (g)	Gordura (g)	Filé (g)	Sassami (g)	Asa (g)	Medalhão (g)	Cartilagem (g)
Programas vitamínicos										
Comercial	2334,61	933,58 ^b	719,41	223,81	45,19	698,08	134,44	245,44	51,89	7,493
Otimizado	2354,11	964,87 ^a	721,16	226,65	43,74	708,13	134,51	244,17	51,20	7,386
Fonte de Minerais										
Inorgânica	2332,00	937,26 ^b	717,09	222,56 ^b	45,41	702,65	134,55	245,34	52,41	7,482
CAF	2357,05	961,42 ^a	723,57	227,93 ^a	43,52	703,68	134,39	244,24	50,69	7,393
CV, %	7,52	9,79	8,67	7,56	27,45	11,92	10,56	8,11	17,64	25,81
Análise de variância										
Vitaminas (V)	0,216	0,011	0,773	0,2038	0,3569	0,3122	0,6336	0,4283	0,6442	0,6757
Minerais (M)	0,102	0,050	0,230	0,0158	0,2319	0,9359	0,7410	0,6802	0,1589	0,5020
V x M	0,026	0,382	0,075	0,6751	0,0752	0,6433	0,7960	0,2054	0,3332	0,2654
	Carcaça (%)	Peito (%)	Coxa (%)	Asas (%)	Gordura (%)	Filé (%)	Sassami (%)	Asa (%)	Medalhão (%)	Cartilagem (%)
Programas vitamínicos										
Comercial	74,85	40,22 ^b	30,84	9,663	1,972 ^b	29,70	5,733	10,47	2,197	0,319
Otimizado	75,49	40,81 ^a	30,66	9,591	1,859 ^a	30,14	5,734	10,42	2,170	0,313
Fonte de Minerais										
Inorgânica	75,22	40,65	30,79	9,61	1,971 ^b	29,93	5,744	10,49	2,223	0,317
CAF	75,12	40,40	30,72	9,63	1,859 ^a	29,91	5,724	10,39	2,145	0,315
CV, %	5,43	5,46	5,86	5,27	28,07	6,79	7,41	5,80	15,90	24,35
Análise de variância										
Vitaminas (V)	0,0685	0,0437	0,2618	0,2359	0,0332	0,0705	0,9740	0,4784	0,5877	0,5842
Minerais (M)	0,4915	0,3959	0,6605	0,9514	0,0174	0,9369	0,6865	0,1571	0,0749	0,5908
V x M	0,0873	0,9127	0,6989	0,1685	0,0896	0,4866	0,2856	0,9558	0,6158	0,6543

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente. CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Tabela 11. Desdobramento da interação de programas vitamínicos e fonte de minerais sobre o peso da carcaça de frangos de corte aos 42 dias de idade

	Fonte mineral inorgânica	Fonte mineral CAF	Valor de P
Programas vitamínicos			
Comercial	2305,38 ^{Bb}	2364,75 ^{Aa}	0,0084
Otimizado	2358,62 ^{Aa}	2349,59 ^{Aa}	0,6685
Valor de P	0,0143	0,4886	

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente

Tabela 12. Medidas ósseas da tíbia dos frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	Peso (g)	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Resistência óssea (kg)	Índice Seedor	Espessura (mm)
Programas vitamínicos						
Comercial	37,04	113,64	8,24	40,62	326,0	1,50
Otimizado	37,17	113,09	8,19	41,83	328,4	1,53
Fonte mineral						
Inorgânica	36,66	112,98	8,28	41,15	324,5	1,54
CAF	37,52	113,75	8,16	41,26	329,7	1,50
CV, %	10,55	2,83	8,54	25,58	10,05	16,89
Análise de variância						
Vitaminas (V)	0,8884	0,3865	0,7280	0,5378	0,7279	0,5734
Minerais (M)	0,2570	0,2230	0,4198	0,9525	0,4013	0,5167
V x M	0,5478	0,4082	0,2630	0,7591	0,3858	0,1129

CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Tabela 13. Análise de cor após o abate em tecido muscular adjacente ao osso da tíbia dos frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	Valor L*	Índice a*	Índice b*
Programas vitamínicos			
Comercial	47,32	4,918	10,77
Otimizado	48,01	4,797	11,03
Fonte mineral			
Inorgânica	46,16 ^b	4,638	10,21 ^b
CAF	49,14 ^a	5,072	11,59 ^a
CV, %	12,78	58,38	33,63
Análise de variância			
Vitaminas (V)	0,5317	0,8160	0,6986
Minerais (M)	0,0088	0,4127	0,0414
V x M	0,3709	0,4538	0,8481

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente. CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação. Luminosidade (L*), espectro vermelho/verde (+a* indica vermelho e -a* indica verde) (a*) e espectro amarelo/azul (+b* indica amarelo e -b* indica azul).

Sessenta dias após o abate, a avaliação dos índices de cor das pernas (tíbia e fêmur) descongeladas e cruas não foi alterada pelos tratamentos (Tabela 14). A comparação do processamento, apenas congeladas ou congeladas e assadas,

mostrou diferenças estatística ($P < 0,05$) para os espectros de cor, vermelho/verde (a^*) e amarelo/azul (b^*), demonstrando que após o processamento por calor, houve extravasamento de sangue. Estes resultados são melhor compreendidos quando desdobrada a interação ($P < 0,05$) entre o processamento e a suplementação de minerais nas dietas (Tabela 15). A suplementação com minerais inorgânicos resultou em maior espectro de vermelho/verde (a^*) quando as coxas foram descongeladas e assadas quando comparadas com as coxas das aves suplementadas com fonte de minerais orgânicos. Pode ser inferido, que a suplementação com minerais CAF atuou favoravelmente na mineralização dos ossos, o que limitou o extravasamento de sangue no tecido muscular adjacente ao osso da tíbia.

Tabela 14. Análise de cor em tecido muscular adjacente ao osso da tíbia descongelada e processada dos frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	Fêmur			Tíbia		
	Valor L*	a*	b*	L*	a*	b*
Programas vitamínicos						
Comercial	48,74	2,697	12,84	50,12 ^a	1,758	12,14
Otimizados	47,86	2,746	12,85	47,72 ^b	1,537	11,77
Fonte mineral						
Inorgânica	48,23	2,823	12,94	48,39	1,705	11,61
CAF	48,35	2,616	12,74	49,41	1,581	12,31
Processamento						
Descongelada	49,47	2,109 ^b	9,900 ^b	49,75	1,177	8,311 ^a
Assada	47,11	3,334 ^a	15,78 ^a	48,02	2,120	15,66 ^b
CV, %	19,72	81,12	25,03	18,93	108,70	28,87
Análise de variância						
Vitaminas (V)	0,4751	0,8373	0,9691	0,0403	0,3771	0,3098
Minerais (M)	0,9066	0,4555	0,6209	0,3419	0,5783	0,0849
Processamento (P)	0,5770	<0,0001	<0,0001	0,1941	0,0001	<0,0001
V x M	0,7623	0,1918	0,5932	0,1414	0,1212	0,8107
V x P	0,8828	0,8743	0,4304	0,1496	0,5650	0,4456
M x P	0,2914	0,4926	0,6516	0,5435	0,0030	0,7369
V x M x P	0,7680	0,3349	0,7264	0,2090	0,3154	0,2929

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente. CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação. Luminosidade (L*), espectro vermelho/verde (+ a^* indica vermelho e - a^* indica verde) (a^*) e espectro amarelo/azul (+ b^* indica amarelo e - b^* indica azul)

A síndrome do osso negro (*black bone*) ocorre em cerca de 30% das coxas e sobrecoxas de frangos de corte. O escurecimento ósseo e a difusão da coloração na carne adjacente, principalmente após o cozimento, pode ser intensificada pelo congelamento e descongelamento da carne. Após estes processos os ossos apresentam aspecto escuro antes do cozimento e após, a cor vermelha muda para

marrom ou cinza e em casos graves, para a cor negra (LYON e LYON, 2002). Esta alteração na coloração se deve à hemoglobina presente na medula óssea, que durante o cozimento extravasa para a carne adjacente ao osso, principalmente quando este é relativamente poroso (WHITEHEAD, 2010). A aparência da carne é uma das primeiras características observadas pelos consumidores, sendo a cor um atributo que influencia a aceitação do consumidor na compra de carne de frango.

Tabela 15. Desdobramento da interação entre fonte de minerais e processamento no índice de vermelho (a^*) das tíbias de frangos de corte

Processamento	Minerais		Valor de P
	Fonte Inorgânica	Fonte CAF	
Descongelada	0,8980 ^{Ba}	1,4667 ^{Aa}	0,0713
Assada	2,5137 ^{Aa}	1,6995 ^{Ab}	0,0216
Valor de P	<0,001	0,5010	

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna e minúsculas nas linhas, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

A longo prazo a solução pode estar na seleção genética dos reprodutores, com ênfase na estrutura óssea das aves. Soluções rápidas estão relacionadas à nutrição e os nutrientes mais óbvios a se considerar para melhora da síndrome do osso negro são Ca, P e vitamina D, sendo o foco das pesquisas para os níveis e formas da vitamina D (WHITEHEAD, 2009; KORVER, 2010). Whitehead (2009) já demonstraram que a suplementação com vitamina D (25-OHD₃) reduziu a incidência desta síndrome.

Encontrar estratégias nutricionais, genética e/ou de manejo é uma necessidade para que haja melhoras na produção dos produtos de origem animal, como carne, ovos e leite tanto a nível quantitativo bem como qualitativo (VIGNALE et al., 2015).

Considerando estratégias nutricionais como a suplementação otimizada de vitaminas e uma forma mais biodisponível de minerais no acréscimo de massa muscular na carcaça de frangos, os ganhos são relativamente pequenos, em média de 0,16 a 0,83% (YARGER et al., 1995b). Ainda assim, moderado aumento no rendimento de carne de peito pode gerar uma notável receita para a indústria de

frangos de corte. Hutton et al., (2014) simularam o impacto desse ganho na indústria avícola americana. O aumento de 0,4% (8,4g por ave) no rendimento de carne de peito de 8,4 bilhões de frangos produzidos nos Estados Unidos em 2012, significaria um extra de 70,9 milhões de kg adicionais de carne de peito. Se essa carne de peito equivale \$4,50 por kg, o adicional de 0,4% em seu rendimento geraria um excedente de \$319 milhões na receita da indústria avícola.

CONCLUSÃO

A suplementação de dietas com associação de programa vitamínico otimizado e fonte mineral CAF resultou em melhor conversão alimentar e maior peso de carcaça aos 42 dias de idade.

A suplementação de dietas com programa vitamínicos otimizados resultou em maior peso absoluto e relativo do peito e menor deposição de gordura abdominal. Enquanto a suplementação de dietas com minerais na forma orgânica resultou em maior peso do peito menor deposição de gordura abdominal.

A suplementação com fonte mineral CAF resultou em menor índice de vermelho (*a) na musculatura adjacente aos ossos das coxas e sobrecoxas dos frangos de corte quando descongeladas e assadas, indicando menor porosidade óssea.

REFERÊNCIAS

- Anderson, J. J. B.; Toverud, S. U. 1994. Diet and vitamin d: a review an emphasis on human function. *J. Nutr. Biochem.*, v. 5, n. 2, p. 58-65.
- Applegate T. J., Angel R. 2005. Los metabolitos de la vitamina d son prometedores para uso en dietas avícolas. In: *vademécum avícola*. Santiago: centrovet.
- Araujo, J.A; Silva, J.H.V; Amâncio, A.L.L; Lima, C.B; oliveira, E.R.A. 2008. Fontes de minerais para poedeiras, *acta veterinária brasílica*. As assessed by dna arrays. *J. Nutr.* v. 2, n. 3, p.53-60.
- Azzi, A., Gysin, R., Kempna, P., Munteanu, M., Villacorta, I., Visarius, T. & Zingg, J.M. 2004 regulation of gene expression by alpha-tocopherol. *Biological chemistry*, n. 385, p. 585–591.
- Bao, Y. M; Choct, M.; I.J.I, P. 2007. A.effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and ac- cumulation in tissues. *J. Appl. Poult. Res.* n.16, p. 448–455.
- Bhat M, Noolu B, Qadri S.S, Ismail A. 2014. Vitamin d deficiency decreases adiposity in rats and causes altered expression of uncoupling proteins and steroid receptor coactivator. *J steroid biochem mol biol*; v. 144, p.304–12
- Bischoff, R. 1975. Regeneration of single skeletal muscle fibers in vitro. *Anatomic record*, n.182, p.215-236.
- Boiago, M.M.; Borba, H.; Souza, P.A.; Scatolini, A.M.; Ferrari, F.B.; Giampietro-Ganeco, A. 2013. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico . *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.65, n.1, p.241-247.
- Brito, J. A. G.; Bertechini A. G.; Fassani E.J.; Rodrigues P.B.; Lima E.M.C.; Meneghetti C.; 2010. Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. *Revista brasileira de zootecnia*, viçosa, MG, v. 39, n.12, p. 2656- 266.
- Brito, J.A.G., Bertechini, A.G., Fassani, E.J.; Rodrigues, P. B.; Freitas, R. T. F. 2006. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. *Revista brasileira de zootecnia*, v.35, n.4, p.1342-1348.
- Carvalho, G.B.; Lopes, J.B.; Silva, S.R.G.; Dourado, I.R.B.; Miranda, D.F.H.; Costa, F.A.L. 2015. Desempenho, morfometria duodenal e histopatologia do fígado de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de selênio orgânico em condições de estresse calórico. *Rev. Bras. Saúde prod. Anim.*, salvador, v.16, n.2, p.365-376.
- Champe, P.C.; Harvey, R.A.; Ferrier, D.R. 2006. Changes in rat hepatic gene expression in response to zinc deficiency. *Bioquímica ilustrada*. Porto alegre: artmed, p.533.

- Dieck, . T., f. Doring, h. P. Roth, and h. Daniel. 2003.
- Duclos, M.J., Berri, C.; Bihan L.D.; E. 2007. Muscle growth and meat quality. *Journal applied poultry re- search*, v. 16, p.107-112.
- Funari Júnior. P.; Albuquerque, R.; Alves, F. R.; Murarolli, M. D. A.; Trindade Neto, M. A.; Silva, E. M. 2010. Diferentes fontes e níveis de selênio sobre o desempenho de frangos de corte. *Brazilian journal veterinary research animal science*, são paulo, v. 47, n. 5, p. 380-384.
- Gai, Z.T.; Toledo, G.S.P.; Costa, P.C.; Lopes, J.M.; Visentini, P.; Kloeckner, P.E. 1997. Efeito dos níveis alto, médio e baixo das vitaminas A, E, B₆, ácido fólico e biotina no desempenho de frangos de corte de 1-42 dias. *R. Bras. Zootec.*, v. 26, n.2, p. 304-309.
- Garcia, A.F.Q.M.; Murakami, A. E.; Duarte, C.R.A.; Rojas, I.C.O.; Picoli, K.P.; Puzotti, M. M. 2013. Use of vitamin D₃ and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. *Asian-aust. J. Anim. Sci.*, v. 26, p. 408-415.
- Garcia, E.R.M.; Cruz, F.K.; Kiefer, C.; Avila, L.R.; Souza, R.P.P. 2015. Minerais orgânicos e licopeno na alimentação de poedeiras: desempenho zootécnico e qualidade dos ovos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.67, n.6, p.1703-1710.
- Habibian M.; Ghazi S.; Mohammad M.M. 2016. 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. *Biol trace elem res*, v.169, p.142–152.
- Halevy, O.; Nadel Y.; Barak M.; Sklan D. 2003. Early posthatch feeding stimulates satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in turkey poults. *J. Nutr.*, v.133, p.1376–1382.
- Harthan, L. B., D. C. McFarland, and S. G. Velleman. 2013. The effect of nutritional status and myogenic satellite cell age on turkey satellite cell proliferation, differentiation, and expression of myogenic transcriptional regulatory factors and heparan sulfate proteoglycans syndecan-4 and glypican-1. *Poult. Sci.* 93:174–86.
- Jensen, I.S. 1974. Fat soluble vitamin problems in bichemical diagnosis. Athens, university of georgia. *Georgia nutr conf*, p.14.
- Jianhua, H.; Ohtsuka, A.; Hayashi, K. 2000. Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. *British poultry science*, London, v. 84, n. 5, p. 727-732.
- Hutton K.C.; Vaughn M.A.; Litta G.; Turner J.; Starkey J.D. 2014. Effect of vitamin D status improvement with 25-hydroxycholecalciferol on skeletal muscle growth characteristics and satellite cell activity in broiler chickens. *Journal of animal science*, v.92 n. 8, p.3291-3299.
- Korver, D. 2010. Reducing the incidence of black bone. *World poult.*, v. 26, p. 36-38.

Li S, Lin I, Shoufeng H.; Yanping W.; Liyang Z.; Songbai L.; Bin I.; Kui L.; Luo X. 2009. Dietary manganese modulates expression of the manganese-containing superoxide dismutase gene in chickens. *J nutr.*, v.141, p.189–194.

Lyon B.G.; Lyon C.E. 2002. Color of uncooked and cooked broiler leg quarters associated with chilling temperature and holding time. *Poultry science*, V.81, n.12, p.1916-1920

Marks, H.L. 1979. Growth rate and feed intake of selected and nonselected broilers. *Growth*. v.43, p.80-90.

Mcdowell, L.R. 2000. *Vitamins in animal and human nutrition*. 2ª ed. Iowa State University Press. Ames.

Moss F.P. 1968. The relationship between the dimensions of the fibres and the number of nuclei during normal growth of skeletal muscle in the domestic fowl. *American journal of anatomy*, v.122, p.555-564.

Muniz E.C.; Fascina V.B.; Pires P.P.; Carrijo A.S.; Guimarães E.B. 2006. Histomorphology of bursa of fabricius: effects of stock densities on commercial broilers. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* V.8, n.4, p 217 – 220.

Munteanu A, Zingg J.M., Azzi A. 2004. Anti-atherosclerotic effects of vitamin e: myth or reality. *J cell mol med.*; v.8, n.1, p.59-76.

Nelder, J.; Wedderman R. 1972. Generalized linear models. *J. R. Stat. Soc.* v.135, p.370–384.

Oliveira, M. C.; Carvalho, I. D. 2002. Rendimento e lesões em carcaça de frangos de corte criados em diferentes camas e densidades populacionais. *Revista ciência e agrotecnologia*, v. 26, n. 5, p. 1076-1081.

Olkowski, A. A.; classen, H.L. 1995. Sudden death syndrome in broiler chickens: a review. *Poultry avian biological review*, ithaca, v.6, n.2, p.95-105.

Ribeiro, A.M.I.; Vogt, I.k.; Canal, C.W.; Laganá, C.; Streck, A.F. 2008. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.4, p.636-644.

Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Donzele, J.L.; Gomes, P.C.; Oliveira, R.T.; Lopes, D.C.; Ferreira, A.S.; Barreto S.L.T. 2005. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2.ed. Viçosa, MG: universidade federal de viçosa, p.186.

Rutz F. 2002. Impacto da nutrição vitamínica sobre a resposta imunológica das aves. In: simpósio brasil sul de avicultura, Chapecó. Resumos, p.1-15.

Rutz F.; Bermudez V. L.; Pan E. A.; Fischer G. 2002. Impacto da nutrição vitamínica sobre a resposta imunológica das aves. *Anais III Simpósio brasil sul de avicultura*.

Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, p.283.

Seedor, J.G.; Quarraccio, H.H; Thompson, D.D. 1991. The biophosphonate alendronate (mk-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. Bone and mineral research, v.6, p.339-346.

Smith, M.O. 1993. Nutrient content of carcass parts from broilers reared under cycling high temperatures. Poultry scienc, v.72, p.2166-2171.

Tengerdy, R.P.; Brown, J.C. 1977. Effect of vitamin e and a on humoral immunity and phagocytosis in e. Coli infected chicken. Poultry science, v.56, p.957-963.

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

Vaz, R.G.M.V.; Oliveira R.F.; Donzele J.L.; Albino L.F.T.; Sirqueira J.C.; oliveira W.P.; Sousa,J.P.L.; Silva M.C.; Fonseca, F.L.R. 2014. Níveis de vitamina em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura no período de 1 a 42 dias de idade. Biosci. J., Uberlandia, v.30, n.5, p.1522-1528.

Vignale K.; Greene E.S.; Caldas J.V.; England J.A.; Boonsinchai N.; Sodsee P.; Pollock E.D.; Dridi S.; Coon C.N. 2015. 25-hydroxycholecalciferol enhances male broiler breast meat yield through the mtor pathway j. Nutr. v.145, p.855–863.

Whitehead, C.C. 2010. Update on current european broiler bone problems. Aust. Poult. Sci. Symp., v. 21, p.22-25.

Whitehead, C.C., McCormack, H.A.; Mctair, I.; R. H. Fleming. 2004. The maximum legal limit for vitamin D₃ in broiler diets may need to be increased. Brit. Poult. Sci. v.45, p.24-26.

Whitehead, C. 2009. The black bone syndrome in broilers. Int. Hatch. Pract., v.23, n.8, p.7-9.

Yarger J.P.; Quarles C.L.; Hollis B.W, Gray R. W. 1995. Safety of 25-hydroxycholecalciferol as a source of cholecalciferol in poultry rations. Poult sci. v.74, n.9, p.1437-46.

CAPÍTULO 2 - SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE PROGRAMAS VITAMÍNICOS E FONTES MINERAIS SOBRE A QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO - À medida que ocorrem alterações de hábitos, gostos e preferências os consumidores aumentam suas exigências e o conceito de qualidade ganha mais importância e define os critérios de decisão. Por esta razão, o objetivo do trabalho foi suplementar dietas comerciais para frangos de corte com programa otimizado de vitaminas e com fontes minerais e avaliar o efeito sobre a qualidade da carne e a vida útil após o descongelamento. Foram utilizados 1800 pintos de corte machos da linhagem Cobb Slow, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (programas vitamínicos – otimizado e comercial Vs fontes de minerais – inorgânicos e orgânicos). O metabólito da vitamina D₃, 25(OH)D₃, foi incluído apenas nos tratamentos com o programa vitamínico otimizado. A fonte mineral orgânica utilizada foi a Carbono-amino-fosfoquelato (CAF). Houve redução (P<0,05) na perda de água por gotejamento de peitos de frangos de corte que receberam dietas contendo o programa vitamínico otimizado e maior (P<0,05) elasticidade da carne de peito de aves suplementadas com a fonte CAF. A suplementação de dietas com associação de programa vitamínicos otimizados e fonte mineral CFA resultou em menores (P<0,05) índices de peroxidação lipídica na carne de coxas e sobrecoxas após 10 dias de congelamento e aos 40 dias de congelamento, em função da elaboração das dietas com programa vitamínico otimizado. Não foi encontrada diferença estatística (P>0,05) das associações de programas vitamínicos e fontes minerais para a ocorrência de *white striping* e miopatia dorsal. A suplementação das dietas com programa vitamínico otimizado associada a fonte mineral orgânica contribuiu positivamente com a melhora da qualidade da carne de frangos de corte.

Palavras-chaves: gotejamento, força de cisalhamento, TBARS, *White striping*.

CHAPTER 2 - DIETARY SUPPLEMENTATION OF VITAMIN PROGRAMS AND MINERAL SOURCES ON MEAT QUALITY OF BROILERS

ABSTRACT - As changes occur in habits, palate and preferences consumers increase their demands and the concept of quality gains more importance and defines the criteria for a decision. The aim of this work was to supplement commercial diets for broilers with optimized program of vitamins and mineral sources and assess the effect on meat quality and meat shelf life after thawing. 1800 male broiler chicks from Cobb Slow strain were assigned in a completely randomized design in factorial scheme 2 x 2 (vitamin program – optimized and commercial vs mineral source – inorganic and organic). The metabolite of vitamin D₃, 25 (OH)D₃, was included only in the optimized vitamin premix. The organic mineral source used was the carbon-amino-phospho chelate (CAF). The loss of water by dripping in the broiler breasts was lower in birds fed diets supplemented with optimized vitamin program (P<0.05). Mineral CAF source supplementation resulted in a lower elasticity of breast meat (P<0.05). Supplementation of diets associating optimized vitamin program and CAF mineral source resulted in lower rates of lipid peroxidation (P<0.05) in the flesh of thighs and drumsticks after 10 days of freezing. Samples stored under freezing for 40 days, showed lower indices of lipid peroxidation (P<0.05) when the diet was supplemented with optimal program of vitamins.

Key words: strength of shear, drip, TBARS, White striping.

INTRODUÇÃO

No último ano, o Brasil se consolidou como o segundo maior produtor de carne de frango do mundo, com produção de 13,146 milhões de toneladas (ABPA, 2016). Atualmente 30% do consumo de carne global é de carne de frango e com previsão de um crescimento mais rápido do que as demais carnes. De acordo com OECD-FAO (2015), as projeções apontam para um aumento em torno de 1,6% ao ano no período de 2013 a 2022. Comparada com a carne suína e bovina, a ingestão da carne de frango por habitante aumentará mais rapidamente, cerca de 9% entre 2013 e 2022. Além do preço acessível e alto valor nutricional que contribuem para esse cenário, a carne de frango não é alvo de restrições religiosas ou culturais e por isso é considerada uma “unanimidade” entre as proteínas de origem animal consumidas mundialmente.

À medida que ocorrem alterações de hábitos, gostos e preferências os consumidores aumentam suas exigências e o conceito de qualidade ganha mais importância e define os critérios de decisão. O prazo de validade e o aspecto do produto, ambos com 38%, são mencionados por consumidores na hora da compra, no caso dos cortes de frango, contra 35% do preço. No caso do frango inteiro se destacam, como critérios, o aspecto do produto, com 37%, e o preço, com 36% (ABPA, 2012).

Segundo Steenkamp e Van Trijp (1996), no momento da compra o consumidor forma expectativas quanto à qualidade de um produto baseando-se em sua percepção dos indicadores 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).

O peito é um dos cortes mais valorizados, cujos músculos representam praticamente um terço do peso vivo total de frangos de corte modernos. A criação de frangos de corte para pesos de mercado maiores e em um curto período de tempo,

pode aumentar a probabilidade de ocorrência das miopatias que 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*, 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., 2012a). Achados histológico apontam um aumento de células de gordura e tecido conjuntivo infiltrados em áreas que sofreram degeneração das fibras musculares (KUTTAPPAN, et al., 2009; KUTTAPPAN, et al., 2013a; FERREIRA, et al., 2014). Além da alteração visual, essa miopatia prejudica a maciez e a suculência da carne. Já a miopatia dorsal, degeneração localizados no músculo *Longísimus dorsi*, causa grandes perdas econômicas devido à condenação de carcaças. Machos de linhagens pesadas, com as maiores médias de peso e idade de abate apresentam as maiores frequências de condenação.

Outra preocupação é limitar o fenômeno de oxidação da carne de frango durante as fases de processamento e armazenamento dos produtos. Devido à elevada proporção de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), existe uma maior suscetibilidade da carne de frango sofrer processos oxidativos, especialmente a oxidação lipídica, do que carne suína e bovina (Delles, et al., 2014).

A peroxidação lipídica constitui a principal causa de deterioração dos ácidos graxos que tem como principal consequência a modificação do *flavor* original e o aparecimento de odores e gostos característicos do ranço, além de limitar a vida de prateleira (*shelf-life*). Para o consumidor, ou para o transformador industrial, uma importante causa de depreciação ou rejeição (PEDRERO e MADRID, 2009; HABIBIAN, et al., 2016).

O interesse por antioxidantes naturais vem crescendo, especialmente por serem considerados mais seguros do que os antioxidantes sintéticos, devido a sua aceitação por parte dos consumidores e por terem efeito sobre a estabilidade e vida de prateleira dos produtos cárneos (JUNG et al., 2010). A incorporação de antioxidantes na dieta das aves, tais como a vitamina E e selênio (Se), tem sido implementada para obter o melhor desempenho de crescimento, reprodução e qualidade da carne.

Uma vez que o Se é um importante componente da enzima Glutathione peroxidase (GSH-Px), pois compõe seu sítio catalítico, tem como função a ação antioxidante primária, além de proteger o organismo da ação de radicais livres. A carência desse elemento torna as células mais susceptíveis ao processo oxidativo e aumenta a demanda do organismo por vitamina E que também exerce função antioxidante (KOHRLER, et al., 2000).

Além do selênio, cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) são considerados nutrientes antioxidantes. O Fe como constituinte da catalase e Cu, Zn, and Mn da superóxido dismutase, com funções antioxidantes de proteção independentes (HADDAD et al., 2008; AKSU et al., 2012). Falhas no sistema antioxidante podem contribuir com a ocorrência das miopatias observadas nas atuais linhagens de frangos de corte, entretanto, nenhum resultado de trabalhos de pesquisa é conclusivo (BAILEY et al., 2015).

O conhecimento das exigências nutricionais de vitaminas e minerais com esse propósito é ainda recente, principalmente se considerar que as exigências para desempenho produtivo ainda são baseadas em estudos realizados nas décadas de 50 e 60. Recentemente, estudos em nutrigenômica, associados à investigações proteômicas indicaram uma potencial ligação entre nutrientes da dieta e a expressão de enzimas e metabólitos específicos no músculo. Li et al., (2009) relataram que a suplementação dietética com α -tocoferol melhorou a maciez da carne e reduziu a oxidação lipídica no peito e coxa de frangos de corte. No entanto, a influência de antioxidantes na dieta sobre os mecanismos genéticos e reguladores, capazes de realizar alterações metabólicas e fisiológicas no tecido do músculo, é complexo e pouco compreendido (DELLES et al., 2014)

Na prática comercial, o fornecimento de minerais inorgânicos nas dietas de frangos de corte é entre duas e dez vezes a mais do que o recomendado pelos manuais de exigências nutricionais (NOLLET et al., 2007), o que resulta em um elevado nível de minerais nas excretas que, além de dispendioso ao animal, é prejudicial ao meio ambiente (BAO et al., 2007). Nesse aspecto, é de conhecimento que a utilização de complexos minerais orgânicos podem ser empregado às dietas devido a sua melhor absorção e biodisponibilidade.

Por fim, existe um apelo muito forte por alimentos funcionais, que contenham

nutrientes que exerçam algum efeito metabólico ou fisiológico sobre a saúde física ou mental, podendo auxiliar na prevenção e redução de doenças de seus consumidores. Essa inovação pode trazer benefícios à saúde do consumidor e um aumento na lucratividade das empresas produtoras de alimentos, uma vez que eleva o valor agregado dos produtos (BRÖRING, 2010). Portanto, produzir carne de frangos suplementados com vitaminas e minerais pode ser mais um atributo bastante atraente para a cadeia avícola.

O objetivo do trabalho foi suplementar dietas comerciais para frangos de corte com programas otimizados de vitaminas e com fontes minerais e avaliar o efeito sobre a qualidade da carne e *shelf life* após o descongelamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado no aviário experimental da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina onde todos os procedimentos com uso de animais neste trabalho foram submetidos à avaliação e aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal do Setor Palotina da UFPR sob o protocolo nº 51/2014.

Foram utilizados 1800 pintos de corte machos da linhagem Cobb Slow, divididos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (programas vitamínicos – otimizado e comercial Vs fontes de minerais – inorgânicos e orgânicos) totalizando quatro tratamentos, nove repetições e 36 unidades experimentais com 50 aves cada.

Os programas vitamínicos utilizados foram: Programa vitamínico comerciais e Programa vitamínicos otimizado, seguindo as recomendações do programa *Optimum Vitamim Nutrition* (OVN™, DSM). Quanto as fontes minerais, foram utilizadas: fonte inorgânica mineral, composta por minerais na forma de sulfato e fonte orgânica a base de Carbono-Amino-Fosfoquelato (CAF) (Minerais Tortuga®). Os tratamentos foram compostos por:

- 1- Programa vitamínico comercial + fonte inorgânica de minerais
- 2- Programa vitamínico otimizados + fonte inorgânica de minerais
- 3- Programa vitamínico comerciais + fonte CAF de minerais

4- Programa vitamínico otimizados + Fonte CAF de minerais

As dietas, à base de milho e farelo de soja, foram formuladas de acordo com os valores de composição química dos alimentos e as recomendações nutricionais adotadas pelas integrações avícolas da região (Tabela 1). O premix vitamínico comercial e otimizado e o premix mineral na forma orgânica (CAF) e inorgânica foram incluídos de acordo com os tratamentos na dose de 5kg/ton (Tabela 2). O metabólito da vitamina D₃, 25(OH)D₃, foi incluído apenas no premix vitamínico otimizado. O programa de alimentação foi dividido em 3 fases: inicial (1 a 18 dias), crescimento (19 a 35 dias) e abate (36 a 42 dias) e as rações foram fornecidas *ad libitum* e na forma farelada.

As aves foram alojadas em galpão climatizado (exaustores, placas evaporativas e aquecimento através de campânulas elétricas), dividido em 36 boxes de 3,52m², cobertos com maravalha reutilizada (6º lote) sobre o piso. A temperatura de conforto térmico foi mantida de acordo com a idade. As aves receberam 24 horas de luz até os 14 dias, em função do sistema de aquecimento (lâmpada halógena de 300W), após esse período 16 horas de luz e 8 de escuro. Foi realizado manejo de cama dos 14 aos 28 dias revolvendo a mesma em dias intercalados.

O abate das aves foi realizado aos 42 dias de idade. Previamente, as aves foram identificadas e submetidas ao jejum alimentar por seis horas e abatidas por atordoamento com eletricidade e posterior sangria. Foram abatidas 60 aves por tratamento, totalizando 240 aves.

Para as análises de qualidade e propriedades funcionais da carne foram utilizados 30 peitos/tratamento. Para avaliação da perda de água por gotejamento foi seguida a metodologia de Boccard et al., (1981). O músculo *Pectoralis minor* direito (sassami) foi pesado, suspenso em ganchos de aço galvanizado, dentro de sacos de polietileno, mantidos sob refrigeração por 48 horas e posteriormente pesados para a obtenção do percentual de perda de água por gotejamento.

A perda de água por pressão foi realizada utilizando uma amostra, de cerca de dois gramas, da porção cranial do músculo *Pectoralis major* esquerdo (filé do peito) As amostras foram posicionadas entre dois papéis filtro e pressionadas por duas placas de acrílico com um peso de 10 kg por cinco minutos. Após a prensagem

as amostras foram novamente pesadas para obtenção do percentual de perda de água por pressão (BRIDI e SILVA, 2009).

Tabela 1. Composição nutricional das dietas fornecidas aos frangos de corte

Ingredientes, %	Inicial	Crescimento	Abate
Milho	53,07	55,12	56,98
Farelo Soja	34,00	29,90	28,20
Farinha Carne	5,20	4,50	4,00
Óleo Soja	4,10	5,50	5,90
Farinha Vísceras	1,50	3,00	3,00
Calcáreo	0,340	0,420	0,420
Sal comum	0,310	0,310	0,290
Bicarbonato de sódio	0,103	-	-
Premix vitamínico e mineral ¹	0,500	0,500	0,500
Colina 60%	0,086	0,052	0,042
L-Lisina 70%	0,316	0,284	0,280
L-Treonina 98%	0,092	0,084	0,089
L-Valina	0,021	0,012	-
Composição nutricional			
PB, %	23,30	22,12	21,25
EM, Kcal/kg	3.100	3.230	3.278
GB, %	7,16	8,69	9,08
FB, %	3,08	2,89	2,82
Cálcio, %	1,03	1,02	0,95
P. Disp. , %	0,46	0,45	0,42
Lis Dig., %	1,250	1,160	1,111
AAS Dig., %	0,761	0,779	0,789
Thr Dig., %	0,813	0,766	0,745
Trp Dig., %	0,225	0,209	0,200
Leuc Dig., %	1,670	1,599	1,552
Ile Dig., %	0,692	0,698	0,699
Val Dig., %	0,963	0,905	0,860
Arg Dig., %	1,411	1,325	1,266
Colina, mg/kg	1850,87	1651,35	1553,94
Na, %	0,212	0,176	0,161
Cl, %	0,273	0,260	0,238
K, %	0,900	0,826	0,793
Na+K+Cl, Meq/100g	246	215	206

¹Níveis descritos na Tabela 2

A porção caudal do músculo *Pectoralis major* esquerdo foi utilizada para a realização do teste de perda de água por congelamento. As amostras foram pesadas, congeladas por 24 horas, descongeladas e pesadas (BRIDI e SILVA, 2009).

Para a análise de perda de água por cocção, as porções medianas do *Pectoralis major* esquerdo foram submetidas a 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. Ambas as técnicas foram conduzidas de acordo com a metodologia modificada de Silva Sobrinho (1999).

Tabela 2. Programas vitamínicos e de minerais por tonelada de ração

		Inicial	Crescimento	Abate	Inicial	Crescimento	Abate
Vitaminas		Programas vitamínicos otimizados			Programas vitamínicos comerciais		
Vitamina A	UI	12.500	11.000	10.000	12.000	9.000	7.000
Vitamina D ₃	UI	3.000	3.000	3.000	3.500	3000	2.500
25(OH)D ₃	Mg	2.760	2.760	-	-	-	-
Vitamina E	Mg	150	100	100	30	25	20
Vitamina K	Mg	4	4	4	3	3	3
Vitamina B1	Mg	4	3	2	3	2,4	1,8
Vitamina B2	Mg	8	7	6	8	6,5	5
Vitamina B6	Mg	5	5	4	5	4,2	3,5
Vitamina B12	Mg	0,03	0,02	0,02	0,02	0,015	0,012
Niacina	Mg	60	60	50	40	35	30
Ácido Pantotênico	Mg	20	17	14	18	15	12
Ácido Fólico	Mg	2,5	2	2	2,5	1,5	1,0
Biotina	Mg	0,3	0,25	0,2	0,24	0,21	0,20
Microminerais		Microminerais CAF*			Microminerais Inorgânicos**		
Manganês	Mg	56	56	56	120	100	100
Zinco	Mg	44	44	44	100	80	80
Ferro	Mg	44	44	44	70	60	60
Cobre	Mg	8,6	8,6	8,6	8	8	8
Selênio	Mg	0,340	0,340	0,340	0,240	0,240	0,240
Iodo	Mg	1	1	1	1	1	1

*Microminerais CAF: carbono-amino-fosfoquelato de cobre, carbono-amino-fosfoquelato de ferro, carbono-amino-fosfoquelato de manganês, carbono-amino-fosfoquelato de selênio, carbono-amino-fosfoquelato de zinco e iodato de cálcio.

**Microminerais inorgânicos: sulfato de ferro, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, selenito de sódio e iodato de cálcio.

Temperatura e *pH* foram mensurados na porção cranial do músculo *Pectoralis major* direito/tratamento, 1 hora (*pH* inicial) e 24 horas (*pH* final) após o abate sob refrigeração de 0 ± 2 °C, sendo uma leitura em cada respectivo tempo (OLIVO, 2006).

Para análise de cor, o peito foi refrigerado por 24 horas e o músculo *Pectoralis major* direito foi rebatido e permaneceu exposto por 30 minutos para que houvesse reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico. Após essa etapa, 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 valores de luminosidade (L^*), espectro vermelho/verde ($+a^*$ indica vermelho e $-a^*$ indica verde) (a^*) e espectro amarelo/azul ($+b^*$ indica

amarelo e $-b^*$ indica azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB. Esse procedimento foi repetido 48, 72 e 96 horas após o abate.

A medida da força de cisalhamento foi conduzida de acordo com os procedimentos descritos por Whipple et al., (1990). Utilizou-se as amostras de peito submetidas ao teste de perda por cocção, que ficaram armazenadas refrigeradas por 24 horas após a cocção. As amostras foram divididas em três sub-amostras de 1cm de altura x 1cm de largura x 2cm de comprimento. 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). Os parâmetros utilizados foram: velocidade de 2,5 mm/s, força do disparo de 10 g e tensão de 20 mm.

A resistência e elasticidade de pele foram mensuradas a partir de amostras da pele da sobrecoxa de 30 aves/tratamento medindo em torno de 3cm (altura, largura e comprimento). As amostras foram submetidas ao ensaio de flexão à taxa de deformação constante para material visco-elástico com auxílio de um dispositivo de fixação para teste de perfuração adaptada ao texturômetro (Modelo TA-XT2i, Stable Mycro Systems LTDA., Goldalming, UK). Foi obtida a força de ruptura (kg) da pele e a elasticidade da pele (mm) que corresponde à distância que a ponta de prova percorreu antes de atingir o pico. Os parâmetros utilizados foram: velocidade de 1 mm/s, força do disparo de 10 g e tensão de 15 mm.

As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) resultantes da oxidação lipídica das amostras de carne de coxas e sobrecoxas. As análises foram realizadas logo após o abate e após o congelamento (10, 20, 40 e 50 dias após abate). As amostras coletadas da perna direita foram armazenadas em tubo falcon e acondicionadas em freezer; conforme adaptação da metodologia de Vyncke (1970). Após o descongelamento alíquotas de cada amostra, foram retiradas sub-amostras de 10 g, as quais foram homogeneizadas com 50 ml de solução de ácido tricloroacético (TCA) 7,5%. O sobrenadante foi filtrado e alíquotas de 4 ml foram tratadas com 5 ml de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) e colocadas em banho fervente, esfriadas e medidas em espectrofotômetro a 538 nm. O resultado foi expresso em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra. Em todas as sub-amostras foi utilizado o Hidroxitolueno butilado (BHT) como antioxidante.

Para avaliação de miopatia dorsal foi adotado o score de lesão no músculo anterior *Latissimus dorsi*, logo após o abate, segundo a proposta de Zimmermann (2008). Para ocorrência de *White Striping* (fibras brancas) foi realizada primeiramente a classificação de severidade da lesão, segundo a metodologia de Kuttappan et al., (2012a) São considerados sem alteração, os peitos que não apresentem estrias brancas visíveis, ocorrência moderada para peitos com estrias com espessura < 1mm porém visíveis na superfície muscular e severa quando estrias se apresentarem esbranquiçadas, paralelas à fibra muscular, com espessura > 1mm e facilmente visíveis na superfície muscular.

Após a classificação descrita, foram coletadas amostras do músculo *Pectoralis major*, os quais foram fixados em formol tamponado a 10%. Os segmentos foram orientados para a obtenção de cortes longitudinais das fibras, com oito micras de espessura e submetidos à coloração de Tricrômico de Mallory. A captura de imagens foi realizada por meio de câmera digital de alta resolução PRO SERIES da Mídia Cibertecnicos, acoplada ao microscópio Olympus Bx 40, em aumento de 4 vezes. Para a leitura das imagens, foi utilizado um analisador de imagem computadorizado IMAGE PROPLUS 5.2 (Mídia Cibertecnicos) 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, atribuíam-se uma cor para a estrutura mensurada afim de estabelecer o contraste entre as demais estruturas. Através do contraste o analisador de imagens contabilizava o percentual da cor que foi atribuída a estrutura. O procedimento foi realizado individualmente para gordura, tecido conjuntivo e proteína muscular.

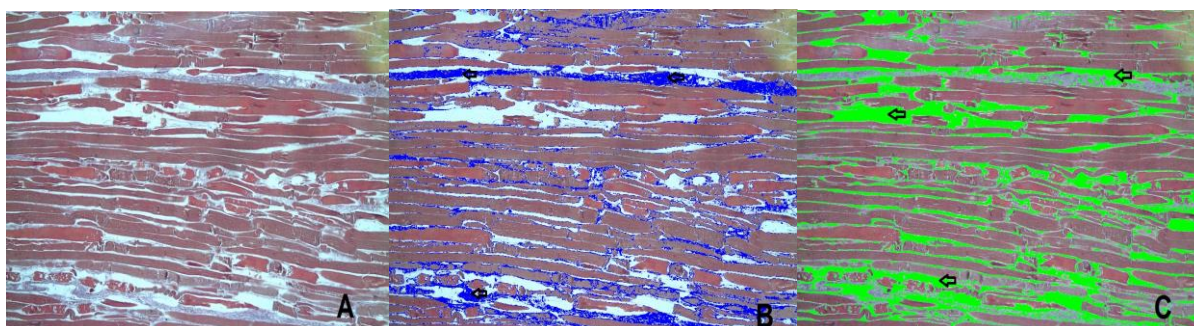


Figura 1. Análise histopatológica de peitos acometidos com *White striping*. Imagem (A) apresenta o corte histológico do peito de frango. Imagem (B) indica a presença do contraste estabelecido entre as infiltrações de colágeno em meio as fibras musculares. Imagem (C) destaca o contraste entre a gordura e as demais estruturas do músculo.

Para a análise estatística, os dados foram verificados quanto à presença de valores discrepantes (“outliers”) e testaram-se as pressuposições de normalidade dos erros studentizados (teste de Cramer Von Mises) e de homogeneidade de variância (teste de Brown-Forsythe). Após constatada a não violação dessas pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM do programa SAS (SAS Institute, 2002). Para os resultados obtidos nas análises do score de ocorrência para *white striping* (macroscópica) e miopatia dosal foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas de pH e temperatura aferidas no peito dos frangos de corte logo após o abate (inicial) e após 24 horas (final), não foram influenciadas ($P < 0,05$) pelos tratamentos (Tabela 3). Da mesma forma, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) para a perda de água por pressão, congelamento e cocção (Tabela 4). Entretanto, a perda por gotejamento da carne de peito das aves que receberam dieta com programas vitamínicos otimizados foi menor ($P < 0,05$) quando comparada à perda observada para as aves que receberam dieta com programas vitamínicos comerciais.

A menor perda de água por gotejamento observada na carne de frangos suplementados com programa otimizado de vitaminas pode ser atribuída ao envolvimento da vitamina E na manutenção da integridade celular. A Vitamina E age sobre a camada fosfolipídica das moléculas mantendo a integridade das mesmas, evitando o extravazamento de exsudato (Jensen et al., 1998).

Lu et al., (2014) avaliaram dietas com fatores oxidantes associados a dois diferentes níveis de vitamina E e obtiveram resultados similares onde a suplementação com o maior nível de vitamina E resultou em menor perda por gotejamento.

A avaliação do pH é de extrema relevância por constituir um dos fatores mais importantes na transformação de músculo em carne. Uma vez que se trata de um

indicador da mobilização das reservas de glicogênio e, conseqüente da formação do ácido láctico na carne, ele influencia no ponto isoelétrico das principais proteínas musculares, interferindo na capacidade das mesmas em reter ou liberar água (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999; ORDOÑEZ, 2005) .

Tabela 3. Medidas de pH e temperatura do peito logo após o abate e 24 horas após o abate de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	pH inicial	Temperatura, °C	pH final	Temperatura, °C
Programas vitamínicos				
Comercial	6,45	28,14	4,74	11,32
otimizado	6,44	27,99	4,77	11,58
Fonte de minerais				
Inorgânica	6,44	28,26	4,77	11,55
CAF	6,45	27,88	4,74	11,35
CV, %	3,01	7,11	5,51	14,61
Análise de variância				
Vitaminas (V)	0,8330	0,7482	0,5412	0,3552
Minerais (F)	0,7465	0,3842	0,5691	0,4947
V x M	0,7822	0,5667	0,9889	0,4089

CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos para o valor L^* (luminosidade), a^* (índice de vermelho) e b^* (índice de amarelo), na carne dos peitos das aves durante os intervalos de tempo avaliados (24, 48, 72 e 96 horas após o abate). Dados são apresentados na Tabela 05.

Um forte elemento relacionado ao aspecto da carne é a cor. Essa característica é um forte atributo pelo qual os consumidores se baseiam para selecionar produtos de origem animal considerando a qualidade final do produto (QIAO et al., 2002). A cor da carne está diretamente relacionada com as fibras musculares e o pigmento de mioglobina e hemoglobina presente no sangue. Essas substâncias são proteínas associadas ao ferro e possuem a capacidade de reagir com o oxigênio, podendo alterar a coloração final do produto cárneo. Carnes pálidas têm baixa capacidade de retenção de água e isso faz com que pigmentos, como a mioglobina, sejam carregados junto com a água para fora das células. Também, o acúmulo de água nos espaços extracelulares resulta em menor absorção e maior refração da luz (LAWRIE, 2005).

Van Laack et al., (2000) atribuem a coloração dos filés de frangos de corte às diferenças em pH e associados interferem na capacidade de retenção de água. Entretanto, no presente trabalho, os valores de pH e cor dos filés não foram alterados pelos níveis vitamínicos ou pela fonte de minerais. Ao contrário, houve menor perda de água quando a dieta foi suplementada com níveis otimizados de vitaminas sem que houvesse diferença nos valores de pH ou cor. Esses resultados contraditórios podem estar relacionadas a sazonalidade da ocorrência de carnes PSE. Petracci et al., (2004) relataram que a incidência de carnes pálidas e com propriedades funcionais prejudicadas é maior no verão

Tabela 4. Avaliação da perda por gotejamento, pressão, por congelamento e por cocção da carne de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais de frangos aos 42 dias de idade

	Perda por Gotejamento, %	Perda por Pressão, %	Perda por Congelamento, %	Perda por Cocção, %
Programas vitamínicos				
Comercial	2,084 ^a	7,686	6,261	27,06
otimizado	1,861 ^b	7,700	6,283	26,12
Fonte de minerais				
Inorgânica	2,020	7,470	6,479	26,05
CAF	1,925	7,919	6,062	27,14
CV, %	27,53	41,84	34,39	15,98
Análise de variância				
Vitaminas (M)	0,0262	0,9762	0,9549	0,2292
Minerais (V)	0,3138	0,4665	0,2955	0,1628
V x M	0,3473	0,9331	0,7935	0,2438

Na tabela 06, estão demonstrados os resultados da avaliação da força de cisalhamento que compreende dois parâmetros: a força necessária para ruptura, a elasticidade do tecido muscular, ou a distância que a sonda percorreu para ocasionar a ruptura e a avaliação da resistência da pele que obedeceu dois princípios: força necessária para ruptura da pele e elasticidade. Para a força de ruptura de cisalhamento, não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$), entretanto, para a medida de elasticidade houve efeito significativo ($P < 0,05$) da fonte de minerais utilizada. A suplementação das dietas com fontes CFA de minerais resultou em tecido muscular menos elástico, ou seja, com maior maciez permitindo uma ruptura com menor resistência das fibras musculares.

Tabela 5. Análise de cor em peito de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais avaliados em diferentes períodos pós-abate

	24 horas			48 horas			72 horas			96 horas		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Programas vitamínicos												
Comercial	42,75	-0,712	4,824	42,44	-0,833	4,614	41,58	-0,103	6,300	42,58	-0,189	7,043
Otimizado	43,20	-0,705	4,573	42,75	-0,905	4,340	41,75	-0,298	5,709	43,38	-0,211	6,944
Fontes minerais												
Inorgânica	43,11	-0,703	4,757	44,60	-0,849	4,387	41,93	-0,322	5,713	43,13	-0,235	7,024
CAF	42,43	-0,715	4,639	42,57	-0,890	4,567	41,66	-0,079	6,297	42,85	-0,165	6,963
CV, %	5,79	-87,21	29,33	5,77	-59,10	26,97	6,56	-671,11	40,61	6,36	-351,18	20,16
Análise de variância												
Vitaminas (V)	0,3168	0,9562	0,3220	0,4957	0,4509	0,2172	0,7349	0,4292	0,1865	0,1128	0,8657	0,7003
Minerais (M)	0,4312	0,9175	0,6386	0,4086	0,6625	0,4145	0,2930	0,3241	0,1925	0,5435	0,5836	0,8116
V x M	0,8472	0,7002	0,6134	0,3221	0,3665	0,3665	0,1450	0,2246	0,4269	0,7733	0,5907	0,9223

CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação. Luminosidade (L*), espectro vermelho/verde (+a* indica vermelho e -a* indica verde) (a*) e espectro amarelo/azul (+b* indica amarelo e -b* indica azul)

Sendo assim, o valor de $p=0,0905$ pode ser considerado como significativo ($P<0,10$) e desta forma pode ser observado um efeito favorável da suplementação dos minerais CAF sobre a ruptura da pele. A pele de aves suplementadas com minerais CAF é mais resistente à ruptura que a pele das aves suplementadas com fontes inorgânicas.

Perić et al., (2009) enfatizam que a suplementação de selênio orgânico leva a uma menor perda de água, e como consequência, maior grau de suculência e maciez. Boiago (2006) observou menor força de cisalhamento e conseqüentemente maior maciez da carne quando utilizou fontes orgânicas comparadas às fontes inorgânicas. Medeiros et al., (2012) suplementaram as dietas com níveis crescentes de selênio na forma orgânica e também observaram um efeito linear positivo sobre a força de cisalhamento, ou seja, a adição de selênio resultou em maior maciez da carne.

Tabela 6. Força de cisalhamento de peito e resistência de pele de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos aos 42 dias de idade

	Força de cisalhamento do peito		Resistência da pele	
	Força para ruptura, kg	Elasticidade, mm	Força para ruptura, kg	Elasticidade, mm
Programas vitamínicos				
Comercial	2,33	13,54	6,488	9,562
Otimizado	2,22	13,18	6,385	9,469
Fontes Minererais				
Inorgânica	2,29	13,87 ^a	6,159	9,623
CAF	2,27	12,86 ^b	6,722	9,405
CV, %	31,13	15,71	27,82	14,71
Análise de variância				
Vitaminas (V)	0,4207	0,3426	0,7646	0,4156
Minerais (M)	0,8746	0,0095	0,0905	0,3047
V x M	0,4233	0,1517	0,4779	0,9804

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente. CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Esses resultados discordam dos encontrados por Gomes et al., (2012) e por Oliveira et al., (2014), que não observaram da suplementação com minerais orgânicos ou inorgânicos sobre a maciez da carne do peito de frangos abatidos aos 42 dias de idade.

É importante considerar, que quando a exigência em microminerais é suprida, a suplementação na forma inorgânica ou orgânica pode não resultar em diferenças

significativas no desempenho, rendimento ou qualidade de carne, porém, há menor excreção da porção do suplemento não utilizada (NOLLET et al., 2007).

Rossi et al. (2007) observaram aumento do número de camadas de células epiteliais, maior teor de colágeno, inflamação reduzida de pele e aumento da resistência da pele de frangos de corte alimentados com dietas suplementados com zinco na forma orgânica

Minerais suplementados na forma orgânica apresentam maior biodisponibilidade, o que pode resultar a uma maior concentração de minerais circulantes e assim potencializar suas funções fisiológicas (SCOTTÁ et al., 2014). O cobre é componente da enzima lisil oxidase que catalisa a formação do colágeno e elastina e favorece a formação das ligações cruzadas entre fibras colágenas, responsáveis pela rigidez estrutural e elasticidade. O zinco desempenha importante papel na secreção de hormônios, produção de queratina e síntese de colágeno e ácidos nucléicos na pele. Manganês é exigido para glicolização de colágeno e elastina (UNDERWOOD E SUTTLE, 1999).

As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) resultantes da oxidação lipídica das amostras de carne fresca de coxas e sobrecoxas, expressos como MDA (mg/kg), não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 07). Houve interação significativa entre níveis vitamínicos e fonte de minerais para a carne congelada e analisada 10 dias após o abate. No desdobramento da interação, é possível observar que a utilização de programas vitamínicos otimizados associados a fonte mineral CAF resultaram em um menor índice de MDA (Tabela 08).

As análises realizadas com as amostras congeladas por um período de 40 dias após o abate indicaram menores índices de MDA em amostras oriundas de aves que receberam dieta com programas vitamínicos otimizados ($P<0,05$), independente da fonte mineral suplementada. Para os demais períodos avaliados não houve diferença estatística entre os tratamentos ($P>0,05$).

Delles, et al., (2014) utilizaram diferentes qualidades de óleos (oxidados) associados a selênio na forma orgânica e observaram que, independente da qualidade do óleo fornecido às aves, as dietas contendo fonte de selênio orgânica apresentaram menores índices de TBARS em carne de peito de frango

Tabela 7. Valores médios de TBARS (MDA mg/kg) em coxa e sobrecoxa, fresca e congelada, de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com diferentes programas vitamínicos e fontes minerais

	MDA, mg/kg				
	Carne Fresca	10 dias	20 dias	40 dias	50 dias
Programas vitamínicos					
Comercial	0,310	0,54	0,69	0,44 ^b	0,48
Otimizado	0,283	0,57	0,59	0,31 ^a	0,47
Fontes Minerais					
Inorgânica	0,275	0,59	0,62	0,32	0,49
CAF	0,316	0,52	0,66	0,42	0,45
CV, %	71,42	46,11	42,74	62,98	45,42
Análise de variância					
Vitaminas (V)	0,6741	0,5542	0,1532	0,0244	0,7939
Minerais (M)	0,2098	0,2068	0,5901	0,0779	0,4349
V x M	0,2441	0,0110	0,5642	0,1418	0,6724

Médias seguidas por letras distintas na linhas diferem estatisticamente. CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Tabela 8. Desdobramento da interação de programas vitamínicos e fonte de minerais sobre os valores médios de TBARS (MDA mg/kg) em coxa e sobrecoxa congelada e analisada aos 10 dias após o abate

	Fonte mineral inorgânica	Fonte mineral CAF	Valor de P
Programas vitamínicos			
Comercial	0,050	0,058	0,2823
Otimizado	0,070 ^b	0,045 ^a	0,0208
Valor de P	0,0548	0,1054	

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem estatisticamente

Estudos mostram que, devido a uma maior biodisponibilidade, absorção e retenção mais eficientes, fontes minerais orgânicas são depositadas em maiores concentrações nos músculos das aves quando comparadas as fontes inorgânicas (MCDOWELL, 1992; DOWNS et al., 2000).

A suplementação da dieta de frangos de corte com elevados níveis de α -tocoferol e Se retardam o início da ação oxidativa durante o armazenamento da carne (RYU et al., 2005). A vitamina E atua inibindo a fosfolipase A₂ e estabilizando membranas mitocondriais, conseqüentemente, reduz a perdas exsudativa das células, os quais contribuem para prolongar vida de prateleira dos produtos cárneos (BLOCK et al., 1995; AL KHADER et al., 1996).

Souza et al., (2006) e Li et al., (2009), suplementaram vitamina E em níveis crescentes e observaram que a quantidade de MDA foi menor no peito e coxas de aves suplementadas com níveis elevados de vitamina E após 5 e 7 dias de armazenamento, respectivamente.

O aumento dos níveis de vitamina E na dieta podem contribuir na manutenção do *flavor* original do produto e aumentam o *shelf-life* de carne de frango, reduzindo a extensão da oxidação de lípidos (YOUNG et al., 2004).

A análise macroscópica das lesões de miopatia cranial dorsal, não demonstrou diferença estatística ($P < 0,05$) entre as associações vitamínicas e minerais testadas como mostram os dados expostos na Tabela 9. Para a classificação da ocorrência das estrias brancas ou *white striping* não foi encontrada diferença estatística ($P > 0,05$) das associações de programas vitamínicos e fontes minerais (Tabela 9).

Tabela 9. Score de classificação das lesões macroscópicas da miopatia cranial dorsal e *White striping* em frangos de corte suplementados com diferentes programas vitamínicos associados a fontes minerais.

Tratamentos	Classificação Miopatia dorsal			Classificação <i>White striping</i>		
	Normal	Moderada	Severa	Normal	Moderada	Severa
Programas comerciais + fonte inorgânica	58,93	39,29	1,79	2,74	79,45	17,81
Programas otimizados + fonte inorgânica	55,93	37,50	7,14	5,41	78,38	16,22
Programas comerciais + fonte CAF	64,58	27,08	8,33	2,74	80,82	16,44
Programas otimizados + fonte CAF	60,00	40,00	0	2,70	81,08	16,22
CV, %	49,21	48,05	19,82	40,17	50,43	25,11
Valor de P	0,8221	0,5097	0,9050	0,7537	0,9749	0,9928

CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

A miopatia dorsal vem causando grandes perdas econômicas devido à condenação de carcaças. Machos de linhagens pesadas, com as maiores médias de peso e idade de abate apresentam as maiores frequências de condenação. As lesões são caracterizadas por amarelamento e inchaço da pele que recobre o músculo lesado. Após abertura da pele, pode-se notar edema subcutâneo, hemorragia muscular superficial, palidez, aderência, aumento da espessura e consistência. De acordo com a ocorrência e gravidade destas características, a miopatia dorsal é classificada em normal, moderada e severa (ZIMERMAN et al., 2012). A etiologia dessa miopatia é desconhecida e não foram encontradas publicações detalhadas a respeito desse assunto.

As lesões de *White striping* são caracterizadas com linhas brancas paralelas ao sentido das fibras musculares, onde a quantidade e espessura variável entre as aves. Em análise histológica do músculo do peito acometido observou-se que essas linhas são compostas por tecido adiposo (BAILEY et al., 2015).

Outros autores relatam que, peitos com lesões graves de *White striping* podem apresentar aumento do tecido conjuntivo, em diferentes graus de degeneração e regeneração miofibrilar ao nível microscópico (PETRACCI et al., 2013). Kuttapan et al., (2012a) observaram que, à medida que a gravidade de *White striping* aumentava, o percentual de gordura, bem como uma proporção de matéria seca do músculo, também sofria acréscimo, apresentando característica histológica de adipogênese nos tecidos musculares acometidos.

A análise da composição do tecido muscular (gordura, colágeno e proteína muscular) de amostras dos peitos avaliados macroscopicamente confirma esses relatos (Tabela 10). Entretanto, não foi observado efeito significativo dos tratamentos ($P>0,05$) sobre o percentual de gordura, colágeno e proteína.

Tabela 10. Avaliação do percentual de gordura, colágeno e proteína muscular (%) nos peitos de frangos de corte suplementados com diferentes programas vitamínicos associados a fontes minerais.

	Gordura, %	Colágeno, %	Proteína Muscular, %
Programas vitamínicos			
Comercial	12,83	8,30	77,60
Otimizado	11,71	7,72	80,57
Fontes Minerais			
Inorgânica	12,76	7,99	78,56
CAF	11,74	7,96	79,75
CV, %	40,22	57,58	10,64
Análise de variância			
Vitaminas (V)	0,2819	0,6215	0,1118
Minerais (M)	0,3238	0,9923	0,4592
V x M	0,8115	0,4993	0,7182

CAF: Carbono-Amino-Fosfoquelato. CV: Coeficiente de variação.

Os músculos da região do peito das aves apresentam grande valor. Entretanto, a intensa seleção genética das linhagens, pela necessidade econômica de abater aves em menor tempo de vida com rápido ganho de peso, tem causado comportamentos fisiológicos anormais, com danos ao tecido muscular (PETRACCI et al., 2015). Além do componente genético, fatores nutricionais, de manejo e até sanitários podem estar envolvidos na ocorrência das diferentes miopatias: miopatia peitoral profunda, miopatia dorsal, *white striping*, peito amadeirado. Neste sentido, Bailey et al., (2015) também salientam a importância do entendimento tanto dos fatores ambientais quanto de manejo, que contribuem com mais de 65% da variância da incidência de *white striping* do músculo do peito, e mais de 90% da

variância da incidência de peito amadeirado e miopatia peitoral profunda em frangos de corte.

A deficiência de vitamina E pode causar distrofia muscular de origem nutricional, similar as lesões de *white striping*, em várias espécies (VAN VLEET et al., 1976), no entanto as tentativas para reduzir a miopatia com a suplementação de vitamina E, não foram bem sucedidas (KUTTAPPAN et al., 2012a). O que sugere, que a *white striping* não esteja associada com distrofia muscular nutricional como resultado de deficiência de vitamina E.

Bauermeister et al., (2009) não obtiveram resultados favoráveis da utilização de níveis otimizados de vitaminas e minerais orgânicos sobre a preservação da integridade das fibras musculares de frangos de corte acometidos por essa miopatia.

Uma vez que as causas ainda são desconhecidas, e há indicativos de que se trata de uma lesão por hipóxia isquêmica, incrementos que promovam ação antioxidante são alternativas que devem ser levadas em consideração, uma vez que o músculo em questão é dependente de fosforilação oxidativa (CARMO-ARAÚJO et al., 2007).

Uma vez que é sabido que *white striping* é o resultado de um processo degenerativo das fibras musculares com subsequente reparação com tecido adiposo e conjuntivo de suporte devido (PETRACCI et al., 2013), essas alterações comprometem diretamente a qualidade da carne. O aumento dos níveis lipídicos pode favorecer a peroxidação lipídica, e pode ocorrer alteração quanto à maciez do produto devido a deposição de colágeno (KRANEN et al., 2000; BAILEY et al., 2015).

A definição da qualidade da carne depende muito do mercado consumidor. Novos conceitos de qualidade foram incorporados recentemente como a segurança alimentar e do respeito dos sistemas de produção ao bem-estar do homem, dos animais e pelo ambiente. Os minerais fornecidos na forma orgânica por apresentarem uma maior disponibilidade são mais prontamente absorvidos pelos animais, o que diminui a excreção destes, diminuindo a poluição ambiental. Eles também podem trazer benefícios extras na melhoria da integridade da pele e na qualidade da carne.

CONCLUSÃO

A perda de água por gotejamento de peitos de frangos de corte suplementados com níveis vitamínicos otimizados foi menor. A suplementação de fonte mineral orgânica resultou em menor elasticidade da carne do peito de frangos de corte.

A suplementação de dietas com associação de programa vitamínico otimizado e fonte mineral CAF resultou em menores índices de peroxidação lipídica na carne de coxas e sobrecoxas após 10 dias de congelamento. Amostras estocadas sob congelamento por 40 dias, apresentaram menores índices de peroxidação lipídica quando a dieta foi suplementada com níveis otimizados de vitaminas.

REFERÊNCIAS

A Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) (<http://abpa-br.com.br/noticia/producao-de-carne-de-frango-totaliza-13146-milhoes-de-toneladas-em-2015-1545>), janeiro 2016.

ABPA: Associação Brasileira de Proteína Animal. Avicultura em 2010: Exportações e produção, 2011. Acesso em: www.abpa.com.br acesso em 24/01/2016.

Aksu D.S.; Aksu T.; Önel S.E. 2012. Does inclusion at low levels of organically complexed minerals versus inorganic forms create a weakness in performance or antioxidant defense system in broiler diets?. *International Journal of Poultry Science*, v. 11, p. 666-672.

Al Khader, A., Sulaiman, M. Al, Kishore, P.N.; Morais, C.; Tariq, M. 1996. Quinacrine attenuates cyclosporine- induced nephrotoxicity in rats. *Transplantation*, v.62, p. 427-435.

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

Bauermeister, L.J.; Morey, A.U.; Moran, E.T.; Singh, M.; Owens C.M.; McKee, S. R. 2009. Occurrence of White Striping in chicken breast fillets in relation to broiler size. *Poul. Sci.*, v. 88 (Suppl. 1), p.33. (Abstr.).

Block, F.; Kunkel, M.; Sontag, K.H. 1995. Posttreatment with EPC-K1, an inhibitor of lipid peroxidation and of phospholipase A2 activity, reduces functional deficits after global ischemia in rats. *Brain Research Bulletin*, v. 36, p. 257-260.

Boccard, R.; Buchter, L.; Casteels, E.; Cosentino, E.; Dransfield, E.; Hood D.E.; Joseph, R.I.; MacDougall, D.B.; Rhodes, D.N.; Scho,I.N. 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the commission of the European communi- ties' (CEC) beef production research programme. *Livest. Prod. Sci.*, v. 8, p. 385-397

BOIAGO, M.M. 2006. Características produtivas e qualitativas da carne de frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, 2006.

Bridi, A. M.; Silva, C. A. 2009. Avaliação da carne suína. 2. ed. Londrina: Midiograf, 120 p.

Bröring, S. 2010. Innovation strategies for functional foods and supplements. Challenges of the positioning between foods and drugs. *Food Science and Technology (IFST)*, Sheffield, v. 7, n. 8, p. 111-123.

Bruinsma, J.(2015) World agriculture: towards 2015/2030—an FAO perspective. Earthscan, London.

Carmo-Araújo, E.M.; Dal-Pai-Silva, M.; Dal-Pai, V.; Cecchini, R.; Anjos Ferreira, A.L. 2007. Ischaemia and reperfusion effects on skeletal muscle tissue: morphological and histochemical studies. *International Journal of Experimental Pathology*, v. 88, n. 3, p.147–154.

Corcoran K.; Bernués A.; Baines, R.2000. Marketing Scottish beef and the problem of the changing consumer. Trabalho apresentado no 10º Annual World Food and Agribusiness Congress of the International Food and Agribusiness Management Association, Chicago.

Delles, R.M.; Xiong, Y.M.; True, A.D.; AO, T.; Dawson, K.A. 2014. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. *Poultry Science* 93 :1561–1570.

Dransfield, E.; Sosnicki, A.A. 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Science*, Champaign, v. 78, n. 5, p.7 43-746.

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

Ferreira, T.Z.; Casagrande, R.A.; Vieira, S.L.; Driemeier, D.; Kindlein, L. 2014. An investigation of a reported case of white striping in broilers. *J. App. Poult. Res.*, v. 23, n. 1–6.

Gomes, F.A; Bertechini, A.G; Dari, R.L; Brito, J.A.G; Fassani, E.J; Rodrigues, P.B; Silva, L.A.2012. Desempenho e características físico-químicas da carne de peito de frango recebendo diferentes fontes e níveis de selênio. *Encid. Biosf.*, v. 8, p. 315-336.

Habibian, M.; Shahab, G.; Mohammad, M.M.2016. 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. *Biol Trace Elem Res*, v. 169, p.142–152.

Haddad, R.; ANNINO, D.; TISHLER, R.B. 2008. Multidisciplinary Approach to Cancer Treatment: Focus on Head and Neck Cancer. *The Dental Clinics of North America*. V. 52, p. 1-17.

Jensen C.; Lauridsen, C.; Bertelsen, G. 1998. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. *Trends Food Sci. Technol.*, v. 9, p. 62- 72.

Kohrle, J.; Brigelius-Flohé, R.; Böck, A.; Gärtner, R.; Meyer, O.; Flohé, L. 2000. Selenium in biology: facts and medical perspectives. *Biological Chemistry*, Salt Lake, v. 381, n. 9-10, p. 849-864.

Kranen, R.W.; Lambooj, E.; Veerkamp, C.H.; Van Kuppevelt, T.H.; Veerkamp, J.H. 2000. Haemorrhages in muscles of broiler chickens. *Worlds Poultry Science Journal*, v. 56, n. 2, p. 93-126.

Kuttappan, V.A.; Brewer, V.B.; Clark, F.D.; McKee, S. R.; Meullenet, J.F.; Emmert, J. L.; Owens, C. M. 2009. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. *Poult Sci.*, v. 88, (Suppl.1) p. 447 (Abstr.).

- Kuttappan, V.A.; Lee, Y.S.; Erf, G.F.; Meullenet, J.F.C.; Mckee, S.R.; Owens C.M. 2012a. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poult. Sci.*, v. 91, p. 1240-1247.
- Kuttappan, V.A.; Brewer, V.B.; Mauromoustakos, A.; McKee, S.R.; Emmert, J.L.; Owens, C.M. 2013a. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, v. 92, n. 3, p. 811-819.
- Lawrie, R.A. 2005. *Ciência da carne*. Porto Alegre: Artmed editora, 6ª ed., 384p.
- Li, W.J.; Zhao, G.P.; Chen, J.L.; Zheng, M.Q.; Wen, J. March 2009. Influence of dietary vitamin E supplementation on meat quality traits and gene expression related to lipid metabolism in the Beijing-you chicken. *British Poultry Science*, v. 50, n. 2, p. 188-198.
- Lu, T.; Harper, A.F.; Zhao, J.; Dalloul, R.A. 2014. Effects of a dietary antioxidant blend and vitamin E on growth performance, oxidative status, and meat quality in broiler chickens fed a diet high in oxidants. *Poultry Science*, v. 93, p.1649–1657.
- Mcdowell, L.R. 1992. Selenium. In: *Minerals in animal and human nutrition*. Academic Press, p. 294 -311
- Medeiros, L.G.; Oba, A.; Shimokomakim, M.; Pinheiro, J.W.; Silva, C.A.; Soares, A.L.; Pissinati, A.; Almeida, M. 2012. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frango se corte suplementados com selênio orgânico. *Semina: Ciências agrárias, Londrina*, v. 3, suplemento 2, p.3361-3370.
- Nollet, L.; Van Der Klis, J.D.; Lensing, M.; Spring, P. 2007. The Effect of Replacing Inorganic With Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive Performance and Mineral Excretion. *Journal Applied of Poult Research*. V. 1, p. 592– 597.
- OECD-FAO. 2015. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015*, OECD Publishing, Paris. doi: 10.1787/agr outlook-2015-en.
- Oliveira, A.T.F.B. ; Rivera, D.F.R.; Mesquita, F.R.; Braga, H.; Ramos, E.M.; Bertechini, A.G. 2014. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, v. 23, p. 15–22.
- Olivo, R. 2006. *O mundo do frango*. Criciúma, p. 239-272.
- Ordoñez, J.A.; Rodriguez, M.I.C.; Alvarez, L. F.; SANZ, M. L. G.; Minguillón, G. D. G. F. 2005. *Tecnología de alimentos –Alimentos de origem animal* , Porto Alegre: Artmed, 2v., v. 2 , p. 279.
- Pedrero, Z.; Madrid, Y. 2009. Novel Approaches for Selenium Speciation in Foodstuffs and Biological Specimens: A Review. *Analytical Chimica Acta*, v. 634, p. 135-152.

- Perić, L.; Milošević, N.; Žikić, D.; Kanački, Z.; Džinić, N.; Nollet, L.; Spring, P. 2009. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *Journal Applied Poultry Research*, Champaign, v. 18, n. 3, p. 403-409.
- Petracci, M.; Bianchi, M.; Betti, M.; Cavani, C. 2004. Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. *Poult. Sci.*, v. 83, p. 2086–2092.
- Petracci, M.; Mudalal, S.; Bonfiglio, A.; Cavani, C. 2013. Occurrence of white striping under commercial condition and its impact of breast meat quality in broiler chickens. *Poult. Sci.*, v. 92, p.1670– 1675.
- Petracci, M.; Mudalal, S.; Soglia, F.; Cavani, C. 2015. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *Worlds. Poult. Sci. J.*, v. 71, p. 363–374.
- Pilecco, M.; Paz, I.C.L.A.; Tabaldi, L.A.; Naas, I. A. ; Garcia, R. G. ; Caldara, F. R. ; Cavichiolo, F. Influência de fatores genéticos, ambientais e de manejo sobre a incidência de arranhões dorsais em frangos de corte. *Revista Agrarian*, v.4, n.14, p.352-358, 2011
- Qiao, M.; Fletcher, D.L.; Northcutt, J.K.; Smith, D.P. 2002. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poult. Sci.*, v. 81, p. 422-427.
- Rossi, P.; Rutz, F.; Ancuti, M.A.; Rech, J.L.; Zauk, N.H.F. 2007. Influence of graded levels of organic zinc on growth performance and carcass traits of broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, v.16, p. 219-225.
- Ryu, Y.C.; Rhee, M.S.; Lee, K.M.; Kim, B.C. 2005. Effects of different levels of dietary selenium on performance, lipid oxidation, and color stability of broiler chicks. *Poult. Sci.*, v. 84, p. 809–815.
- Scottá, B.A.; Vieira, R.A.; Gomide, A.P.C.; Campos, P..F.; Barroca, C.C.; Formigoni, A.S. 2014. Influência dos minerais quelatados e inorgânicos no metabolismo, desempenho, qualidade da carcaça e da carne de frangos de corte. *PUBVET, Londrina*, v. 8, n. 9, Ed. 258, Art. 1710,.
- Silva Sobrinho, A.G. 1999. Body composition and characteristics of carcass from lambs of different genotypes and ages at slaughter. 54f. Thesis (PostDoctorate in Sheep Meat Production) – Massey University, Palmerston North.
- Souza, P.A.; Souza, H.B.A.; Pelicano, E.R.L.; Gardini, C.H.C.; Oba, A.; Lima, T.M.A. 2006. Efeito da suplementação de vitamina E no desempenho e na qualidade da carne de frangos de corte. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v. 101, p. 87-94.
- Steenkamp, J.B.E.M.; Van Trijp, H.C.M. 1996. Quality guidance: a consumer-based approach to food quality improvement using partial least squares. *European Review of Agricultural Economics*, v. 23, n. 2, p. 195-215.
- Underwood, E.J.; Suttle, N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd Edition. CABI Publishing, New York.

Van Laack, R.L.; Liu, C.H.; Smith, M.O.; Loveday, H.D. 2000. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science*, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1057-1061.

Van Vleet, J.F., Ruth, G.; Ferrans, V.J. 1976. Ultrastructural alterations in skeletal muscle of pigs with selenium-vitamin E deficiency. *Am. J. Vet. Res.*, v. 37, p. 911–22.

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

Whipple, G.; Koohmaraie, M.; Dikeman, M.E.; Crouse, J.D.; Hunt, M.C.; Klemm, R.D. 1990 Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, v. 68, p. 2716 – 2728.

Young, O.A; West, J.; Hart, A.L.; Van Otterdijk, F.F.H. 2004. A method for early determination of meat ultimate pH. *Meat Sci*, 66:493-498.

Zimmermann, F.C. 2008. Miopatia dorsal cranial em frangos de corte: caracterização anatomopatológica colheita e análise de dados. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 83 p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação de dietas com associação de níveis vitamínicos otimizados e fonte mineral orgânica resultou em melhor conversão alimentar e maior peso de carcaça aos 42 dias de idade.

A suplementação de dietas com níveis vitamínicos otimizados resultou em maior peso absoluto e relativo do peito e menor deposição de gordura abdominal. Enquanto a suplementação de dietas com minerais na forma orgânica resultou em maior peso do peito menor deposição de gordura abdominal.

A suplementação com minerais orgânicos resultou em menor índice de vermelho (*a) na musculatura adjacente aos ossos das coxas e sobrecoxas dos frangos de corte quando descongeladas e assadas, indicando menor porosidade óssea.

A perda de água por gotejamento de peitos de frangos de corte suplementados com níveis vitamínicos otimizados foi menor. A suplementação de fonte mineral orgânica resultou em menor elasticidade da carne do peito de frangos de corte.

A suplementação de dietas com associação de níveis vitamínicos otimizados e fonte mineral orgânica resultou em menores índices de peroxidação lipídica na carne de coxas e sobrecoxas após 10 dias de congelamento. Amostras estocadas sob congelamento por 40 dias, apresentaram menores índices de peroxidação lipídica quando a dieta foi suplementada com níveis otimizados de vitaminas.