

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA D₃ (25-
HIDROXI-COLECALCIFEROL) NA FASE FINAL SOBRE O
CÁLCIO SANGUÍNEO E QUALIDADE DA CARNE EM
FRANGOS DE CORTE**

CRISTIANE SANFELICE

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para a obtenção do
título de Mestre.

BOTUCATU - SP
Janeiro - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA D₃ (25-
HIDROXI-COLECALCIFEROL) NA FASE FINAL SOBRE O
CÁLCIO SANGUÍNEO E QUALIDADE DA CARNE EM
FRANGOS DE CORTE**

CRISTIANE SANFELICE

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Ariel Antonio Mendes

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para a obtenção do
título de Mestre.

BOTUCATU - SP
Janeiro - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S224e Sanfelice, Cristiane, 1985-
Efeito da suplementação de vitamina D₃ (25-Hidroxico-
lecalciferol) na fase final sobre o cálcio sanguíneo e
qualidade da carne em frangos de corte / Cristiane
Sanfelice. - Botucatu : [s.n.], 2012
ix, 112 f. : gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu,
2012
Orientador: Ariel Antonio Mendes
Inclui bibliografia

1. Carne - Qualidade. 2. Frango de corte. 3. Cálcio
sanguíneo. 4. Vitamina D₃. 5. 25-Hidroxicolecalciferol. I.
Mendes, Ariel Antonio. II. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

Ofereço

À Deus por me guiar, me proteger e me levantar nos momentos de angústia....

Dedico

Aos meus pais,

João Luiz Sanfelice e Silvana Pastre Sanfelice, pelos ensinamentos, pelo exemplo de caráter, honestidade, pela força nos momentos mais difíceis e por nunca me deixar desistir

Aos meus irmãos Viviane e João Paulo Sanfelice, pelo amor, carinho e amizade

Ao meu namorado e companheiro Luiz Augusto Bovolenta, pelo amor, paciência e ajuda durante este trabalho

À minha avó Genélia Siva Sanfelice “in Memoriam” por me ensinar a ter fé e ser perseverante

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao professor Dr. Ariel Antonio Mendes pelos ensinamentos e por mesmo a distância saber me orientar e ajudar

A minha amiga e exemplo a ser seguido Claudia Marie Komiyama, por me ensinar pessoal e profissionalmente, por me conduzir até o fim de uma etapa que começou por ela...

As amigas Aurélia Pereira Araújo, Thamiriz Mazola do Nascimento e Barbara Cristina da Silva Fernandes pela fundamental ajuda durante esses anos, pela amizade, por me incentivar, me ensinar, me animar e suportar diante das dificuldades que foram surgindo.

Minha mais sincera gratidão

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão de bolsa e Auxílio Financeiro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu, pela oportunidade.

Aos amigos Guilherme Mendes Machado, Lígia Beatriz Donatoni Ribeiro, Gil Ignácio Canizães, Daniel Argentim, Isadora Arruda, Mauricio Furlan Martins, Bruna Boaro Martins, Eduardo Cuellar, Nátaly Vila Paulino, Guilherme Pilan, que formaram minha equipe, muito obrigada pela ajuda, pelos bons momentos, por me socorrer e por estarem sempre ao meu lado.

Ao Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça, por suas palavras de apoio, colaboração e amizade.

Ao Prof. Dr. José Roberto Sartori por me ceder as instalações e os equipamentos para a realização dos experimentos I e II, pelos ensinamentos durante todos esses anos.

A Prof.^a Dra. Márcia Regina Boaro Martins pelo aprendizado, pelas palavras de incentivo e por me ceder seus alunos.

A empresa DSM® Produtos Nutricionais do Brasil pelo fornecimento das vitaminas (D₃ e HyD) e análise das rações e ao Dr. Isaac Bittar pelos esclarecimentos com relação as suplementações.

Aos secretários da Pós-Graduação em Zootecnia, Seila Cristina Cassinelli Vieira e Carlos Pazini Junior, pelo apoio.

As empresas Mcassab® pela doação dos suplementos vitamínico e mineral, e Zanchetta® pela grande colaboração no fornecimento das aves.

Aos Professores Dr. Alcides Amorim Ramos, pelas palavras de apoio, Dr. Heraldo César Gonçalves pela ajuda nas análises estatísticas e Dr. Edivaldo Antonio Garcia pela colaboração.

Ao Prof. Dr. Pedro Magalhães Padilha por me disponibilizar seu laboratório para as análises cálcio, pela colaboração e amizade.

Ao Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo por me ceder seu laboratório para as análises de MFI, pela colaboração e apoio.

Aos amigos da pós-graduação Quézia Pereira, Natália Bortoleto Athayde, Julianna Zilocchi, Ana Beatriz Garcia Faitarone, Francine Vercese, Vitor Barbosa Fascina, Elisane Milbradt, Raquel Ornelas, Melissa Emerson, Javer Alves, Lucio Vilela Carneiro Girão, Ana Cristina Stradiotti, Bruna Cavecci, Renato Cássio Ferreira Neves e Janaína Conte Hadlich, pelos conselhos, amizade e ajuda.

As amigas Édna de Fátima Aguiar, Carolina Bresne e Jéssica Malheiros que chegaram depois, mas me ajudaram muito, muito obrigada pela amizade e grande colaboração.

Aos funcionários da FMVZ-UNESP/Botucatu, Antonio Carlos Godoy, Celso Paulo Martins, Gilson Campos, Paulo Inácio Primo, Rodrigo Martin, Paulo Sérgio Luiz, José Luiz Barbosa, Luiz Carlos Fioravante, José Carlos dos Santos, Irene Francisca de Arruda, Danilo Teodoro Dias, Pedro Leite Isidoro, Odair Vieira, Ariovaldo Inácio Primo Junior, Marcos Rogério Martinionis, pela grande ajuda na resolução dos problemas, pela amizade e boas conversas.

Ao secretário do departamento de Produção Animal, Renato Agostinho Arruda pela constante ajuda, pela amizade e paciência.

Aos funcionários da Fábrica de Ração Paulo Sérgio dos Santos, Carlos Eduardo Godoy e André Michel de Castilhos pela ajuda e atenção durante a confecção das rações, pelos bons momentos e amizade.

A técnica do Laboratório de Bromatologia Gisele Setznagl pela ajuda nas análises e colaboração.

Aos alunos de graduação em zootecnia e medicina veterinária Filipi, Gil, Jonatas pela ajuda durante os abates e análises de qualidade de carne.

A toda minha família, Pastre e Sanfelice por me dar exemplos de honestidade, pelo incentivo, pela alegria que a suas presenças me proporcionaram.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!!

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
INTRODUÇÃO.....	2
REVISÃO DE LITERATURA	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	13
CAPÍTULO 2	21
EFEITO DA DOSE E TEMPO DE SUPLEMENTAÇÃO DA VITAMINA 25- HIDROXI-COLECALCIFEROL (25-OHD ₃) NA FASE FINAL SOBRE O NÍVEL DE CÁLCIO SANGUÍNEO EM FRANGOS DE CORTE	21
RESUMO	22
ABSTRACT	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	42
CAPÍTULO 3	44
EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA 25-HIDROXI- COLECALCIFEROL (25-OHD ₃) NA FASE FINAL E DO TEMPO DE DESOSSA SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA CARNE EM FRANGOS DE CORTE.....	44
RESUMO	45
ABSTRACT	46
INTRODUÇÃO.....	47
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
CAPÍTULO 4	81
EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA 25-HIDROXI- COLECALCIFEROL (25-OHD ₃) NA FASE FINAL E DO TEMPO DE	

MATURAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA CARNE EM FRANGOS DE CORTE.....	81
RESUMO	82
ABSTRACT	83
MATERIAL E MÉTODOS.....	84
RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
CONCLUSÃO.....	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
CAPÍTULO 5.....	111
IMPLICAÇÕES	112

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 2	Página
Tabela 1. Composição percentual das rações basais utilizadas em cada fase experimental.....	26
Tabela 2. Níveis de Vitamina D ₃ e fontes de suplementação na ração final de frangos de corte.....	29
Tabela 3. Esquema do fornecimento de ração final controle ou suplementada com vitamina 25-OHD ₃	31
Tabela 4. Teores de proteína bruta (PB), cálcio (Ca), vitamina D ₃ e 25-OHD ₃ na ração de frangos de corte na fase final de criação.....	33
Tabela 5. Teores de proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e vitamina D ₃ analisadas nas rações do experimento de frangos de corte na fase final de criação	33
Tabela 6. Valores estimados de cálcio plasmático (mg/100 ml) em frangos de corte em função dos níveis de vitamina D ₃ e idade de coleta nas aves.	37
Tabela 7. Cálcio plasmático (mg/100ml) de frangos de corte alimentados por três períodos de administração da ração com 5.000UI Vit D ₃ /kg.....	40
 CAPÍTULO 3	
Tabela 1. Composição percentual das rações basais utilizadas em cada fase experimental.....	50
Tabela 2. Teores de cálcio (Ca), proteína bruta (PB), vitamina D ₃ e 25-OHD ₃ analisadas nas rações experimentais na fase final de criação.....	56
Tabela 3. Valores de pH da carne de frango submetidos ou não a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e cinco tempos de desossa da carne.....	59
Tabela 4. Valores de Cor (L*, a* e b*) da carne de frangos submetidos a suplementação com 25-OHD ₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.....	63
Tabela 5. Valores de Perda de exsudato da carne de frango submetidos à suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e cinco	65

tempos desossa.....	
Tabela 6. Valores de Perda de Peso por Cozimento da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.....	66
Tabela 7. Valores de Força de cisalhamento da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.....	71
Tabela 8. Valores de Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.....	73
Tabela 9. Análise sensorial de aroma e aroma estranho da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.....	74
Tabela 10. Análise sensorial do sabor e presença de sabor estranho da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.....	75
Tabela 11. Análise sensorial da textura, suculência e mastigabilidade da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.....	77

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Composição percentual das rações basais utilizadas em cada fase experimental.....	87
Tabela 2. Teores de proteína bruta (PB), cálcio (Ca), vitamina D ₃ e 25-OHD ₃ analisadas nas rações experimentais na fase final de criação.....	94
Tabela 3. Valores de pH da carne de frango submetidos ou não a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação da carne.....	96
Tabela 4. Valores de Cor (L*, a* e b*) da carne de frangos submetidos a suplementação com 25-OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.....	99
Tabela 5. Valores de Perda de exsudato da carne de frango submetidos à	100

suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.....	
Tabela 6. Valores de Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.....	101
Tabela 7. Valores de Perda de Peso por Cozimento da carne de frangos submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.....	103
Tabela 8. Valores de Força de cisalhamento da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.....	105
Tabela 9. Análise sensorial de aroma e aroma estranho da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.....	107
Tabela 10. Análise sensorial do sabor e presença de sabor estranho da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.....	108
Tabela 11. Análise sensorial da textura, suculência e mastigabilidade da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25- OHD ₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.....	109

INDÍCE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2	Página
Figura 1. Controle da temperatura do ar registrado no interior da câmara bioclimática durante o experimento 1.....	27
Figura 2. Controle da umidade do ar registrado no interior da câmara bioclimática durante o experimento 1.....	27
Figura 3. Controle da temperatura do ar registrado diariamente durante o experimento 2.....	28
Figura 4. Controle da umidade do ar registrado diariamente durante o	28

experimento 2.....	
Figura 5. Curvas de cálcio sanguíneo de frangos de corte alimentados com dieta final controle e com diferentes dosagens de vitamina 25-OHD ₃	36
CAPÍTULO 3	Página
Figura 1. Controle da temperatura do ar durante o período experimental.	51
Figura 2. Comportamento da umidade do ar durante o período experimental.	51
CAPÍTULO 4	
Figura 1. Controle da temperatura do ar durante o período experimental.	88
Figura 2. Comportamento da umidade do ar durante o período experimental.	88

LISTA DE ABREVIATURAS

Valor L* - Luminosidade
Valor a* - Teor de vermelho
Valor b* - Teor de amarelo
FC - Força de cisalhamento
PPC - Perda de peso por cozimento
PE - Perda de exsudato
DL – Drip loss
MFI – Índice de fragmentação miofibrilar
TEMP. - Temperatura
UR- Umidade Relativa
MIN- Mínimo
MAX – Maximo
25-OHD ₃ – 25-Hidroxi-colecalciferol

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de carne de frango com 13.058 milhões de toneladas produzidas em 2011, sendo exportadas para mais de 150 países, e ainda é o maior exportador mundial de carne de frango respondendo por cerca de 40,2% do comércio mundial. Levantamentos feitos pela União Brasileira de Avicultura indicam que as exportações brasileiras de frangos atingiram 3.943 mil toneladas em 2011, registrando alta de 3,2% em relação a 2010, com 3.820 mil toneladas (UBABEF, 2011).

Isto é importante, pois, está relacionado a abertura de novos mercados, como a China, Malásia e Indonésia, e ainda, manutenção de antigos destinos como União Européia, Oriente Médio e África. Assim, torna-se necessário atender as exigências do mercado internacional que tem se tornado cada vez mais exigente com relação a qualidade do produto cárneo.

A produtividade e a qualidade da avicultura brasileira são reconhecidas mundialmente pelos excelentes índices zootécnicos obtidos. Um dos fatores que contribuíram para melhoria dos índices mencionados acima e para que o Brasil se tornasse o maior exportador mundial em termos de receita cambial, foi o aumento da comercialização da carne de frango em cortes e produtos processados, com maior valor agregado. Com relação a sua qualidade, a carne é um dos alimentos onde a textura é a característica de qualidade predominante, sendo considerada o fator mais importante na percepção do consumidor, geralmente avaliada após o seu preparo. A textura inclui propriedades do alimento relacionadas com as suas estruturas e composição, que são detectadas pela mastigação. Entretanto, a maioria dos fatores que afetam a qualidade da carne, antes de ocasionarem mudanças na cor ou na textura, agem primeiramente sobre o processo de *rigor-mortis* (SCATOLINI et al., 2006).

Com o aumento nos mercados de processamento e cortes, os períodos de espera *post-mortem* das carcaças têm diminuído para melhorar a eficiência de processamento. Assim nos últimos anos, a desossa antes das 2 horas *post-mortem* tem sido comercialmente praticada, e essa tendência na diminuição do período de espera provavelmente continuará no futuro (MEHAFFEY et al., 2006). Porém, uma das etapas do processo de abate que conduz ao endurecimento da carne é o corte e a desossa antes

da resolução do *rigor-mortis*, pois segundo Huallanco (2004), quando a carne é desossada com zero a 2 horas *post-mortem*, de 50 a 80% da carne se torna rígida. Sabe-se que é necessário de 4 a 6 horas para a resolução do *rigor-mortis*. Mas como citado anteriormente, na indústria, as carcaças de frangos são desossadas imediatamente após o resfriamento, o que leva no máximo 1 hora e 30 minutos *post-mortem*, pois a indústria teria grande ônus em armazenar as carcaças por mais tempo antes da desossa.

Nesse sentido, há na literatura trabalhos com bovinos e suínos utilizando a vitamina D₃ e também a 25-OHD₃ suplementada na dieta de animais em terminação como método de aumentar a maciez da carne, pois essas vitaminas são capazes de aumentar os níveis plasmáticos e teciduais de cálcio. E, este cálcio livre no músculo no *post-mortem*, ativaria enzimas cálcio-dependente, como a calpaína, o que conduziria a maior proteólise resultando no aumento da maciez da carne.

Portanto, a utilização de vitamina 25-OHD₃ em dietas finais possui grande potencial para aumentar a maciez da carne. No entanto, não há trabalhos na literatura a respeito da suplementação dietética de vitamina 25-OHD₃ em frangos e seu efeito sobre o teor de cálcio plasmático e muscular, a dosagem e tempo de administração desta vitamina no *ante-mortem* e se isto conduziria ao aumento da maciez de peito de frangos desossados antes da resolução do *rigor-mortis*.

Com base nestes aspectos, surgiu a proposta deste trabalho, que teve como objetivo avaliar o efeito da suplementação da vitamina D (25-OHD₃) na dieta final de frangos de corte sobre o cálcio sanguíneo e sua influência na qualidade da carne, como alternativa para melhorar a qualidade das carcaças desossadas antes da resolução do *rigor-mortis*.

O Capítulo 2, intitulado **“Efeito da dose e tempo de suplementação de vitamina 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) na fase final sobre o nível de cálcio sanguíneo em frangos de corte”** foi redigido de acordo com as normas editoriais da Revista *Journal of Animal Science* (ISSN 0021-8812).

O Capítulo 3, intitulado **“Efeito da suplementação de vitamina 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) na fase final e do tempo de desossa sobre os parâmetros de qualidade da carne em frangos de corte”** foi redigido de acordo com as normas editoriais da Revista Brasileira de Zootecnia (ISSN 1516-3598).

O Capítulo 4, intitulado **“Efeito da suplementação de vitamina 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) na fase final e do tempo de maturação sobre os parâmetros de qualidade da carne em frangos de corte”** foi redigido de acordo com as normas editoriais da Revista Brasileira de Zootecnia (ISSN 1516-3598).

O Capítulo 5 apresenta as implicações do trabalho.

REVISÃO DE LITERATURA

Vitamina D: metabolismo e funções nas aves

As vitaminas são compostos orgânicos complexos, essenciais para o metabolismo, pois mantêm as funções fisiológicas normais como crescimento e desenvolvimento (ALBERS et al., 2002). Classificada como vitamina lipossolúvel, a vitamina D pode ser sintetizada pelas plantas e pelos animais e as duas maiores fontes são o colecalciferol e o ergocalciferol. O ergocalciferol (vitamina D₂) é usualmente fonte de vitamina D das rações, e é originário de esteróides das plantas, chamado de ergosterol, que pela incidência de raios solares é convertido em vitamina D₂ (Bertechini, 2006). A vitamina D₂ possui propriedades muito limitadas, por exemplo, atua como fator antiosteopenia para aves (MACARI et al., 2002). O colecalciferol (vitamina D₃) é produzido exclusivamente pelos animais, por meio da conversão do 7-deidrocolesterol, derivado do colesterol ou esqualeno, que é sintetizado no fígado e está presente em grandes quantidades na pele, na parede intestinal e em outros tecidos, e também é convertido pela incidência de luz solar (BERTECHINI, 2006). Nas aves, o colecalciferol passa para a corrente sanguínea na forma de portomícrons, os quais chegam até o fígado (KLASING, 1998).

Dentre as inúmeras funções que a vitamina D₃ exerce no metabolismo animal, a de principal interesse é a regulação metabólica do cálcio e fósforo e a absorção intestinal deles (ALBERS et al., 2002). A vitamina D na forma D₃ se encontra em elevadas concentrações em óleos de peixe e, em especial, no fígado. Na maioria dos ingredientes das rações, a vitamina D aparece em concentrações relativamente baixas (MACARI et al., 2002), e por isso tem que ser suplementada nos suplementos vitamínicos.

Embora ambas as formas de vitamina D quando convertidas se tornem ativas, a vitamina D₃, tem atividade 10 vezes maior do que a vitamina D₂ em aves (HURWITZ et al., 1967), entre 2 e 3 vezes em ruminantes (SOMMERFELDT et al., 1983), e em suínos não está claro se as duas formas têm atividade igual (BETHKE et al., 1946).

Como citado anteriormente as vitaminas D₂ e D₃ não são biologicamente ativas, mas são convertidas *in vivo* a forma ativa da vitamina D por duas reações sequenciais de hidroxilação. A primeira hidroxilação ocorre na posição 25 e é catalisada pela hidroxilase específica no fígado. O produto da reação, o 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD₃), é a forma predominante da vitamina D no plasma, sendo uma importante forma de armazenamento da mesma. O 25-OHD₃ é posteriormente hidroxilado na porção 1 por uma 25-hidroxicolecalciferol 1-hidroxilase específica, encontrada primariamente no rim. O resultado é a formação do composto denominado 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25(OH)₂D₃) (BRITO, 2008). A função geral do 1,25(OH)₂D₃ é manter os níveis plasmáticos (ação combinada com o paratormônio - PTH) de cálcio e fósforo, funcionando basicamente como hormônio esteróide. O metabólito fisiologicamente ativo realiza estas funções por meio da captação crescente de cálcio e fósforo pelo intestino, por minimizar a perda de cálcio e fósforo pelos rins e por estimular a reabsorção óssea, quando necessário (EDWARDS Jr., 2000).

Dois hormônios, a calcitonina e o paratormônio, têm delicada relação com a 1,25(OH)₂D₃ para controlar os níveis sanguíneos de cálcio e fósforo. A calcitonina regula os altos níveis de cálcio plasmático por diminuir a absorção no intestino, a desmineralização e reabsorção de cálcio nos rins. O paratormônio, indiretamente, estimula a absorção de cálcio por estimular a produção de 1,25(OH)₂D₃ sob condições de hipocalcemia. O mecanismo pelo qual a vitamina D estimula a absorção de cálcio e fósforo não é completamente compreendido (MACDOWELL, 2000).

Como todas as vitaminas lipossolúveis, a vitamina D é absorvida no intestino em associação com gorduras, requerendo a presença de sais biliares e é absorvido com outros lipídeos neutros nos quilomicrons para a circulação porta-hepática. A vitamina D atua basicamente em três locais: no intestino, nos ossos e nos rins, sendo que no duodeno participa da síntese da proteína transportadora de cálcio e esta mesma proteína também é encontrada nos rins. Além dessa proteína, a fosfatase alcalina e a adenosina trifosfato cálcica também respondem ao estímulo da vitamina D. No tecido ósseo, a

mobilização do cálcio do osso para o fluído extracelular ocorre a partir da ação conjunta da forma ativa da vitamina D, o $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ e do hormônio da paratireóide. Além disso, a vitamina D participa da biossíntese do colágeno (MACARI et al., 2002). Enfim a vitamina D, através de suas ações no intestino, rim, ossos e glândulas paratiróides, é um hormônio fundamental para a homeostase do cálcio e para o desenvolvimento de um esqueleto saudável (PEDROSA & CASTRO, 2005).

Vitamina 25-OHD₃

Dentre as inúmeras formas do metabólito da vitamina D produzidas artificialmente pela indústria, as de principais interesses são o 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD_3) e o 1,25-dihidroxicolecalciferol (Brito, 2008). O tratamento com $1,25\text{(OH)}_2\text{D}_3$ altera as características morfológicas das células intestinais. Os tamanhos dos vilos e microvilos aumentam com a suplementação de $1,25\text{(OH)}_2\text{D}_3$ na dieta (SPIELVOGEL et al., 1972). A “borda em escova” dos enterócitos apresenta notável alteração da composição e estrutura das proteínas e lipídeos das células de superfície, correspondente ao aumento do transporte de cálcio mediado por $1,25\text{(OH)}_2\text{D}_3$ (MCCARTHY et al., 1984).

Entretanto, embora o $1,25\text{(OH)}_2\text{D}_3$ promova melhoria nas características morfológicas das células intestinais, Soares Jr. et al. (1995) relataram que o 25-OHD_3 é o metabólito com maior potencial de uso em substituição à vitamina D_3 , visto que a forma propriamente ativa produzida industrialmente, o $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$, apresenta efeito tóxico com pequenas doses de inclusão. Ainda de acordo com estes autores, o 25-OHD_3 é cerca de 3 vezes mais potente quando a característica em questão é a concentração de cálcio plasmático. Com relação a toxidez do 25-OHD_3 , Yarger et al. (1995) verificaram que a concentração plasmática deste metabólito aumenta rapidamente, em detrimento de outros tecidos (pele, peito e ossos) e ainda que o metabólito 25-OHD_3 é de 5 a 10 vezes mais tóxico que a vitamina D_3 , porém segundo os autores, a evidência de problemas relacionados a suplementação do 25-OHD_3 na ração, ocorre apenas quando esta suplementação é dez vezes maior que a exigência.

De acordo com Haussler & Rasmussen (1972), em frangos o 25-OHD_3 é reconhecido como o principal metabólito da vitamina D no sangue. Níveis teciduais de 25-OHD_3 podem eventualmente tornar-se mais importante quando se considera suas

funções na vitamina D e outras potenciais funções metabólicas (OVESEN et al., 2003). Deste modo, com relação a suplementação da 25-OHD₃ em substituição à vitamina D₃, parte da maior eficácia pode ser devida a diferenças nas características de absorção (NECHAMA et al., 1977; SITRIN et al., 1982). De acordo com Bar et al. (1980), em frangos de corte a absorção da 25-OHD₃ foi relatada como mais rápida (83%) do que para a vitamina D₃ (66%), e essa absorção ocorre principalmente no jejuno superior. A absorção mais rápida da 25-OHD₃ pode ser atribuída à sua ligação as proteínas intestinais, as quais foram identificadas nas células intestinais (NECHAMA et al., 1977). Esta proteína tem uma afinidade para 25-OHD₃ que é pelo menos mil vezes maior do que para outros metabólitos da vitamina D₃ (TEEGARDEN et al., 1997; 2000), assim pode-se supor que sua presença facilita a absorção da 25-OHD₃, e a absorção de cálcio.

De acordo com Sitrin & Bengoa (1987) e Maislos et al. (1981), a absorção da 25-OHD₃ ocorre independentemente da absorção de gordura, tornando assim a 25-OHD₃ uma suplementação a ser considerada nas rações iniciais para pintos e perus pois nesse período a lipase pancreática poderia limitar a absorção de colecalciferol (vitamina D₃). E ainda de acordo com Soares Jr. et al. (1995) este metabólito pode exercer efeitos além daqueles induzidos pela vitamina D₃. Como se comprova por pesquisas recentes as quais indicam que alguns tecidos podem ter exigência específica para 25-OHD₃ (VIETH, 1999). Em seus estudos, Yarger et al. (1995) relataram que as concentrações da 25-OHD₃ no tecido foram menores em aves alimentadas com a vitamina D₃, mas aumentou várias vezes quando a 25-OHD₃ foi suplementada, sendo mais elevada na pele, perna e tecidos do peito. Níveis circulantes e teciduais foram altamente associados com níveis dietéticos da 25-OHD₃, pelo menos dentro dos níveis suplementados.

Outras funções também podem ser atribuídas ao metabólito 25-OHD₃ como melhor calcificação, levando a diminuição nas doenças do sistema esquelético e problemas no metabolismo ósseo, como a dicondroplasia tibial, melhoria da eclodibilidade de ovos férteis e qualidade da casca do ovo. De acordo com Hurwitz & Bar (1981), a administração da 25-OHD₃ para perus com raquitismo resultou em rápida mineralização dos ossos. Estudos do Instituto Roslin (RENNIE & WHITEHEAD, 1996) com administração da 25-OHD₃ (75 ug/kg de ração) para diminuir o percentual de crescimento anormal da placa tibial, mostraram que a porcentagem de placas de

crescimento normal em aves alimentadas com 25-OHD₃ foi de 88%, enquanto que a administração de quantidade equivalente de vitamina D₃ resultou em 35% das aves com placas de crescimento normal. Calabotta (1997) observou que a porcentagem de rachaduras na casca do ovo foi diminuída de 5,38% para 3,76% em galinhas poedeiras alimentadas 25-OHD₃ em dois grandes ensaios de campo.

Recomendações e necessidades nutricionais de vitamina D para frangos de corte

Com relação as recomendações de vitamina D₃, independente da fase de criação, os dados são bastante divergentes e normalmente os níveis utilizados no campo estão bem acima dos recomendados. Segundo o NRC (1994), a recomendação de vitamina D₃, independente da fase de criação, é de 200UI/kg de ração. Porém este valor está bem abaixo do preconizado atualmente por Rostagno et al. (2011) para as condições brasileiras de criação, pois de acordo com suas recomendações o nível de vitamina D₃ para a fase final de criação deve ser de 1.235UI/kg de ração.

Pode-se inferir que estes níveis não são frequentemente utilizados pois, de acordo com Coelho et al. (2001) as indústrias de suplementos sempre trabalham com uma margem de segurança, principalmente para as vitaminas lipossolúveis, em torno de 5 a 10 vezes á mais que as reais necessidades das aves. O que se comprova, pois, de acordo com o Guia de Suplementação Vitamínica para Animais Domésticos (DSM, 2005) para qualquer fase de criação a recomendação é de níveis de suplementação de 2.000 a 4.000UI/kg. Mas para chegar a uma melhor compreensão da aplicação desses níveis deve-se relevar os fatores ligados a estas recomendações, ou seja, necessidades das aves, tipo de manejo, condições climáticas.

Diante da complexidade a da ampla variação das condições da avicultura nacional, torna-se necessária a realização de pesquisas nesta área, visando esclarecer possíveis efeitos do aumento ou da redução da suplementação da vitamina D₃ e seus metabólitos (BRITO, 2008).

Ação na qualidade da carne

O cálcio é um dos mais abundantes elementos presente no corpo e muitas vezes o principal cátion na dieta (SOARES Jr., 1995). Devido à sua ligação com a maciez da

carne, inúmeros trabalhos têm sido conduzidos para aumentar a concentração de cálcio muscular. Nestes trabalhos, como forma de aumentar a maciez da carne por ativação da calpaína, tem sido testado a injeção de solução de CaCl_2 em carcaças e carne (KOOHMARAIE et al., 1988, 1989, 1990; WHEELER et al., 1993, 1997; KERTH et al., 1995). Mais recentemente, pesquisas com bovinos em terminação têm mostrado que a maciez da carne pode ser aumentada pela suplementação dietética de vitamina D_3 pela mobilização de cálcio para o músculo (SWANEK et al., 1999; MONTGOMERY et al., 2000, 2002).

O uso da vitamina D_3 e seu metabólito 25-OHD_3 tem se mostrado positivo para a qualidade da carne, provocando o aumento da absorção de cálcio intestinal, o que resulta em maior quantidade de cálcio ligado as proteínas presentes no intestino. O cálcio livre é absorvido para corrente circulatória e utilizado em diferentes tecidos, enquanto o cálcio remanescente é depositado no músculo (STAN et al., 2003). As enzimas proteolíticas presentes nos músculos são cálcio dependentes, como a calpaína, e serão as principais responsáveis pelo processo de amaciamento da carne (WHIPPLE & KOOHMARAIE, 1993).

Segundo Boland (1986), o músculo é o alvo da vitamina D. Estudos com microscopia eletrônica e eletroforese têm demonstrado que deficiência de vitamina D resulta em degeneração muscular com perda de troponina C e actina (BOLAND et al., 1983). Toury et al. (1990) relataram que a suplementação em ratos aumentou a concentração de cálcio na miofibrila e a concentração de cálcio e fósforo livres no citossol. Este aumento de cálcio livre poderia estimular a calpaína cálcio-dependente e poderia ser responsável por alterações estruturais no músculo no *post-mortem*.

Neste sentido, inúmeros trabalhos com outras espécies animais foram realizados na tentativa de aumentar a maciez da carne pelo aumento de cálcio no músculo através da dieta. De acordo com Carnagey et al. (2008), em trabalhos com novilhas de corte, as concentrações da 25-OHD_3 e $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ no plasma se elevaram quando a 25-OHD_3 foi administrada e ainda as amostras de carne de novilhas tratadas com 25-OHD_3 tenderam a apresentar menor força de cisalhamento quando comparados as amostras do grupo controle.

Swanek et al. (1999) relataram que a suplementação de 5 milhões de UI/dia de vitamina D aumentou a concentração de cálcio e cálcio livre na carne, embora, os

efeitos da suplementação da vitamina D sobre a distribuição do fósforo e magnésio no músculo não foram reportados. No entanto, não há trabalhos na literatura a cerca da suplementação da vitamina 25-OHD₃ em dieta final de frangos de corte e sua influência na maciez desta carne.

Os fatores que contribuem para o amaciamento *post-mortem* incluem as alterações bioquímicas responsáveis pela transformação dos músculos da carne. Estas alterações podem ser controladas de modo a melhorar a qualidade degustativa da carne como um todo, especialmente a maciez. Mas, por questão de tempo e espaço, os abatedouros de aves costumam realizar o corte e a desossa das carcaças antes da resolução do *rigor-mortis*. No entanto, segundo Huallanco (2004) se ocorrer espera de pelo menos 6 horas antes da desossa, cerca de 70 a 80% da carne será macia, pois o músculo, quando desossado imediatamente após o abate, ainda possui capacidade de contração por possuir energia armazenada suficientemente.

Mas como este período de espera não ocorre efetivamente, torna-se necessário a utilização de técnicas de amaciamento da carne de frango prejudicada pela desossa precoce. Uma alternativa pode ser a utilização de dietas que proporcionem aumento de cálcio plasmático e muscular como é o caso da suplementação da 25-OHD₃, podendo levar ao amaciamento desta carne; pode-se ainda, aliar diferentes tempos de desossa e de maturação da carne para o aumento da maciez aliando maciez e sabor.

Processo de desossa

A qualidade da carne é dependente da temperatura do tecido muscular e da velocidade de resfriamento após o abate, sendo que as velocidades das reações bioquímicas são reduzidas em baixas temperaturas (VIEIRA, 1999). O processo de desossa a quente consiste na remoção da carne de peito, perna e coxa da carcaça antes do resfriamento (HAMM, 1981), buscando alcançar melhor controle na taxa de resfriamento da carne, uma vez que permite à redução da carcaça à pequenas peças, na qual a troca de temperatura se dá rapidamente (HARADA, 2004). No entanto, este processo apresenta certas desvantagens, sendo que a principal delas é o endurecimento da carne em relação à mesma obtida pela desossa convencional (STEWART & FLETCHER, 1984).

Kodawara (2001) avaliou o efeito do período de desossa (zero, 1, 2, 3, 4 e 24 horas) após o resfriamento em frangos de corte e concluiu que é recomendável um intervalo mínimo de 4 horas entre a saída do resfriamento e a desossa, para que sejam obtidos filés de peito grelhados com textura relativamente macia. Concluiu também, que os diferentes tratamentos não ocasionaram melhorias quanto às perdas de líquido e diferenças na cor da carne de peito de frango submetido ao tratamento térmico.

Lyon et al. (1985) encontraram maior valor de pH para o músculo quando desossado imediatamente após o resfriamento. Verificaram ainda que esse valor foi maior quando comparado com os obtidos 1, 2, 4, 6, 8 ou 24 horas após o resfriamento. Kijowski et al. (1982) observaram que o declínio de pH em intervalos entre 2 e 24 horas *post-mortem* não foi significativo. Segundo Scatolini et al. (2006), que analisaram peito de frangos, não foram observadas diferenças nos valores de pH em função dos diferentes períodos de desossa.

Com relação às medidas de cor objetiva, Kodawara (2001) observou em carnes de frangos, variados teores de luminosidade e intensidade de vermelho em função de diferentes períodos de desossa após o resfriamento. De acordo com Scatolini et al. (2006), para mensurações realizadas em carne de frangos não foram observadas diferenças na luminosidade e na intensidade de amarelo em função dos diferentes tratamentos (desossa após a evisceração, após o gotejamento e 5 horas após início da evisceração), porém, carnes com maior intensidade de vermelho foram obtidas quando a desossa foi efetuada logo após o gotejamento.

A maciez de cortes desossados de frango é influenciada pelo tempo *post-mortem* de desossa. Os músculos desossados durante o tempo inicial *post-mortem* ainda possuem energia disponível para a contração (HUALLANCO, 2004). Segundo Scatolini et al. (2006), os diferentes períodos de desossa não interferiram na força de cisalhamento da carne de peito de frangos, sendo esses resultados contrários às observações relatadas por Castillo & Custódio (2002) no qual, a carne ao ser removida da estrutura do corpo ainda estando no processo de *rigor*, produziria cortes cárneos com valores altos de força de cisalhamento. Souza et al. (2005) observaram diferenças entre os períodos de desossa e a maciez da carne de frangos determinada pela força de cisalhamento, e verificaram que as amostras desossadas com 4 e 24 horas obtiveram maior maciez quando comparadas as desossadas imediatamente, 1, 2 e 3 horas *post-*

chiller. Lyon et al. (2003) em estudo com carne de matrizes de corte observaram diferença entre os diferentes períodos de desossa (2, 4, 8 e 24 horas) e os valores de força de cisalhamento, sendo que as amostras desossadas com 24 horas apresentaram menor força de cisalhamento quando comparadas aos demais tempos de desossa.

Com relação às perdas por cocção da carne de frango de corte, Scatolini et al. (2006) não observaram diferenças com diferentes tempos de desossa após a evisceração, após o gotejamento, e 5 horas após início da evisceração. Da mesma forma, Souza et al. (2005) também não encontraram diferenças para os peitos desossados imediatamente após o *chiller*, 1, 2, 3 e 4 horas *post-chiller*. Entretanto, Borba (2008) encontrou para carne de matrizes de corte, diferença entre os peitos desossados e os não desossados, sendo os maiores valores da perda por cocção presentes nas amostras não desossadas.

Processo de maturação

O processo de maturação da carne, o qual conduz ao aumento da maciez, já é conhecido há muito tempo, mais precisamente desde o início do século XIX, mas apenas recentemente este processo passou a ser melhor elucidado.

Carne maturada é o resultado do processo que consiste em manter a carne refrigerada sob temperaturas próximas a 0°C, por um período suficiente para torná-la não apenas macia, como também melhorar outras qualidades sensoriais inerentes (LAWRIE, 1985). Neste processo, o decréscimo da maciez associado ao *rigor mortis* é gradualmente revertido à medida que o tempo de maturação *post rigor* aumenta (LAWRIE, 2005). A maturação *post-mortem* é um período na qual ocorrem alterações significativas na microestrutura do músculo e nas suas características de qualidade, especialmente na textura, maciez e capacidade de retenção de água (PALKA, 2003).

O processo de amaciamento pelo qual a carne maturada é submetida apresenta-se é bastante complexo e pode ser atribuído a diversos mecanismos biológicos. A fibra que compõe o músculo esquelético é constituída por miofibrilas, cuja unidade estrutural é o sarcômero. Este sistema miofibrilar é composto por diversas proteínas, onde ocorrem as alterações que conduzem ao amaciamento pós-abate (TSITSILONIS et al., 2002). Durante este período, as enzimas proteolíticas do músculo, notadamente as calpaínas, enzimas dependentes de cálcio, agem produzindo degradação parcial da

integridade estrutural do sarcômero (MCKEITH et al., 1994). O sarcômero é a distância entre duas linhas transversais e escuras, denominadas linhas Z (FERNANDES, 1997) e o enfraquecimento da estrutura da linha Z promove o amaciamento da carne. Grandes mudanças na maturação são causadas pelas calpaínas, entre 3 a 4 dias *post-mortem* (MORAES & AZEVEDO, 2003).

De um modo geral com uma abordagem simples de acordo com Whipple et al. (1994) pode-se inferir que a maior parte do aumento da maciez é devido ao estímulo das calpaínas pelos íons Ca^{++} . Tatsumi & Takahashi (1992) através de suas pesquisas concluíram que, aumentando o número de íons Ca^{++} , à medida que eles são liberados do retículo sarcoplasmático no *post-mortem*, contribuem diretamente para as mudanças do amaciamento durante a maturação.

Kriese et al. (2005) avaliaram em frangos de corte o efeito da maturação (zero, 8, 12, 24, 48 e 72 horas) em relação à textura desta carne e constataram que a força de cisalhamento diminui com o aumento do tempo de maturação e observaram que 24 horas de maturação é suficiente para diminuir a força de cisalhamento, não sendo necessário tempos maiores. Concluíram que o processo de maturação contribui para melhoria da maciez do filé de frango, pela atuação das proteinases como as calpaínas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALBERS, N. et al. **Vitamins in Animal Nutrition**. Bonn: AWT, 2002. 77 p.

BAR, A. et al. Absorption and excretion of cholecalciferol and of 25-hydroxycholecalciferol and metabolites in birds. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 110, p. 1930-1934, 1980.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301 p.

BETHKE, R.M. et al. The comparative efficacy of vitamin D from irradiated yeast and cod liver oil for growing pigs, with observations on their vitamin D requirements. **Ohio Agricultural Experiment Station Bulletin**, Columbus, v. 667, p. 1-29, 1946.

BOLAND, A. R., ALBORNOZ, L. E., BOLAND, R. The effects of cholecalciferol in vivo on proteins and lipids of skeletal muscle from rachitic chicks. **Calcified Tissue International**, New York, v. 35, p. 798–805, 1983.

BOLAND, R. L. Role of vitamin D in skeletal-muscle function, **Endocrine Reviews**, Chevy Chase, v. 7, n. 4, p. 434-448, nov. 1986.

BORBA, H. **Utilização do processo de maturação e marinação sobre as características qualitativas da carne de matrizes de descarte de corte e galinhas poedeiras de descarte**. 50 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

BRITO, J.A.G. **Vitamina D₃ e 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) em rações de frangos de corte**. 120 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2008.

CALLABOTTA, D.F. Use of 25-OHD₃ may improve bird performance. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 7, p. 69, Jul. 1997.

CARNAGEY, K.M. et al. Use of 25-hydroxyvitamin D₃ and vitamin E to improve tenderness of beef from the *longissimus dorsi* of heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 1649-1657, 2008.

CASTILLO, C.J.C.; CUSTÓDIO, C.V. Atributos de qualidade em carcaças de frangos: vale a pena avaliar em nível de produção industrial? In: CONFERÊNCIA APINCO 2002 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas, **Anais...** Campinas: Facta, 2002, p. 31-46.

COELHO, M.; MCKNIGHT, W.; COUSINS B. Effect of a targeted B-vitamin regimen on rate and efficiency of fast growing broilers from 0 to 49 days. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 832, Suppl.1, p. 201, 2001.

DSM Vitamins Supplementation Guidelines for domestic animals. Parsippany: DSM Nutritional Products, 2005. p. 16.

EDWARDS JUNIOR, H.M. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1018-1023, 2000.

FERNANDES, J. R. A maturação da carne bovina. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP “PRESERVAÇÃO E ACONDICIONAMENTO DE CARNE BOVINA IN NATURA”, 1997, Campinas. Campinas: ITAL, 1997. p. 47-55.

HAMM, D. Unconventional meat harvesting. **Poultry Science**, Champaign, v. 60, n. 7, p. 1666, 1981.

HARADA, M.M. **Efeito da desossa e da marinação sobre as características de processamento físico-químico e sensoriais do músculo *Biceps femoris***. 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

HAUSSLER, M. R.; RASMUSSEN, H. The metabolism of vitamin D3 in the chick. **Journal of Biology Chemistry**, Rockville, v. 247, p. 2328-2335, 1972.

HUALLANCO, M. B. A. **Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes de frango criados no sistema alternativo**. 2004. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

HURWITZ, S. BAR, A. Calcium, phosphorus and vitamin D deficiencies in young turkeys: diagnosis and treatment. **University of Minnesota Agriculture Experiment Station Reports**, Saint Paul, v. 179, p. 33-41, 1981.

HURWITZ, S. et al. Comparison of the actions of vitamins D2 and D3 in the chick with their retention in serum, liver and intestinal mucosa. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 91, p. 208-212, Fev. 1967.

KERTH, C.R.; MILLER, M.F.; RAMSEY, C.B. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride injection in beef loins 48 hours postmortem. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 750-756, 1995.

KIJOWSKI, J.; NIEWIAROWICZ, A.; KIJOWSKA-BIERNAT, B. Biochemical and technological characteristics of hot chicken meat. **International Journal of Food Science & Technology**, Malden, v. 17, n. 5, p. 553-560, 1982.

KLASING, K.C. **Comparative avian nutrition**. Wallingford: CAB international, 1998, 350 p.

KODAWARA, L.M. **Efeito do período de desossa, do tratamento térmico e do armazenamento sobre a qualidade da carne de frango**. 2001. 37 p. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

KOOHMARAIE, M., et al. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through activation of Ca^{2+} -dependent proteases. **Journal of Food Science**, Malden, v. 53, p. 1638-1641, 1988.

KOOHMARAIE, M., CROUSE, J. B., MERSMANN, H. J. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: Effect of concentration and ionic strength. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, p. 934-942, 1989.

KOOHMARAIE, M., WHIPPLE, G., CROUSE, J. D. Acceleration of postmortem tenderization in lamb and Brahman-cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 1278–1283, 1990.

KRIESE, PR, et al. Tenderização dos filés de frango durante a refrigeração. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 29, n.337, p. 72-77, 2005.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. São Paulo: Artmed. 2005. 384 p.

LAWRIE, R.A. **Meat Science**. 4. ed. New York: Pergamon Press, 1985. 267p.

LYON, C.E.; HAMM, D.; THOMPSON, J.E. The pH and tenderness of broiler breast meat deboned various times after chilling. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 2, p. 307-310, 1985.

LYON, C. E.; LYON B.G.; SAVAGE, E. M. Effect of Postchill deboning time on the texture profile of broiler breeder hen breast meat. **The Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 12, p. 348-355, 2003.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 375 p.

MACDOWELL, L.R. **Vitamins in animal and human nutrition: Vitamin D**. 2. ed. Danvers: Blackwell Publishing, 2000. 793 p.

MAISLOS, M.; SILVER, J.; FAINARU, M. Intestinal absorption of vitamin D sterols: differential absorption into lymph and portal blood in the rat. **Gastroenterology**, Bethesda, v. 80, n. 6, p. 1528-1534, 1981.

MCCARTHY, J.T.; BARHAM, S.S.; KUMAR, R. 1,25-Dihydroxyvitamin D3 rapidly alters the morphology of the duodenal mucosa of rachitic chicks: evidence for novel effects of 1,25-dihydroxyvitamin D3. **The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biological**, v. 21, p. 253, 1984.

McKEITH, F.K.; LAN, Y.H.; BEERMANN, D.H. Sensory characteristics of meat from animals given partitioning agents. In: HAFS, H.D., ZIMBELMAN, R.G. (Ed.). **Low-fat meats: design strategies and human implications**. New York: Academic Press, 1994. 328 p.

MEHAFFEY, J. M. et al. Meat quality evaluation of minimally aged broiler breast fillets from five commercial genetic strains. **Poultry Science**, Champaign, v. 85, p. 902-908, 2006.

MONTGOMERY, J.L. et al. Effect of vitamin D3 supplementation level on the postmortem tenderization of beef from steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 971-981, 2002.

MONTGOMERY, J.L., et al. The use of vitamin D3 to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 2615-2621, 2000.

MORAIS, M.V.T.; AZEVEDO, P.R.A. Fatores extrínsecos que influenciam no amaciamento da carne. **Revista nacional da carne**. São Paulo, n. 321, 2003 Disponível em: <http://www.dipemar.com.br/carne/321/materia_estudo_carne.htm>. Acesso em: 06 Jun. 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirement of Poultry**. 9. ed. Washington: National Academic Science, 1994, 155p. Nutrient requirements of animal domestic.

NECHAMA, H. et al. The intestinal absorption of vitamin D and its metabolites. **Journal of Molecular Medicine**, v. 2, p. 413-422, 1977.

OVESEN, L.; BROT C.; JAKOBSEN, J. Food contents and biological activity of 25-hydroxyvitamin D: a vitamin D metabolite to be reckoned with? **Annals of Nutrition & Metabolism**, v. 47, n. 3-4, p. 107-113, 2003.

PALKA, K. The influence of *post-mortem* ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle. **Meat Science**, Barking, v.64, n. 2, p. 191-198, jun. 2003.

PEDROSA, M.A.C.; CASTRO, M.L. Papel da Vitamina D na função neuro-muscular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 49, n. 4, p. 495-502, 2005.

RENNIE, J.S.; WHITEHEAD, C.C. Effectiveness of dietary 25- and 1 25- hydroxy cholecalciferol in combating tibial dyschondroplasia in broiler chickens. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 37, n. 2, p. 413-421, 1996.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011. 252 p.

SCATOLINI, A.M. et al. Efeito do período de desossa e do tempo de armazenamento em refrigeração na qualidade da carne de peito de frangos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 101, n. 559-560, p. 257-262, 2006.

SITRIN, M.D.; BENGGOA, J.M. Intestinal absorption of cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol in chronic cholestatic liver disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v. 46, p. 1011-1015, 1987.

SITRIN, M.D. et al. Comparison of vitamin D and 25- hydroxyvitamin D absorption in the rat. **American Journal of Physiology**. v. 242, p. 326-332, 1982.

SOARES JUNIOR, J.H.; KERR, J.M.; GRAY, R.W. 25-Hydroxycholecalciferol in poultry Nutrition. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 1919-1934, dez. 1995.

SOARES JUNIOR., J.H. Calcium Bioavailability. In: AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.H.; LEWIS A.J. (Ed). **Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins**. Academic Press, 1995, 431 p.

SOMMERFELDT, J.L, et al. Metabolism of orally administered [3H]ergocalciferol and [3H]cholecalciferol by dairy calves. **Journal Nutrition**, v. 113, n. 12, p. 2295-600, Dec. 1983.

SOUZA, P.A. et al. Effect of Deboning Time on the Quality of Broiler Breast Meat (*Pectoralis Major*). **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 123-128, 2005.

SPIELVOGEL, A. M., FARLEY, R. D., NORMAN, A. W. Studies on the mechanism of action of calciferol. V. Turnover time of chick intestinal epithelial cells in relation to the intestinal action of vitamin D. **Experimental Cell Research**, Bethesda, v. 74, n. 2, p. 359-366, 1972.

STAN, F.J.G; BOULART, I.; HOENDEROP, J.G.J.; BINDELS, M.J.R. Regulation of epithelial Ca channels TRPV 5 and TRPV 6 by 1 α 25-dihydroxy vitamin D3 and dietary Ca. **The journal of steroid biochemistry and molecular biology**, Amsterdam. v. 89-90, p. 303-308, 2003.

STEWART, M.K.; FLETCHER, D.L. The influence of hot boning broiler breast muscle on pH decline and toughening. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 10, p. 1935-1939, 1984.

SWANEK, S.S.; et al. Vitamin D3 supplementation of beef steers increases longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 874-881, 1999.

TATSUMI, R.; TAKAHASHI, K. Calcium-induced fragmentation of skeletal muscle nebulin filaments. **Journal of Biochemistry**, Rockville, v. 112, p. 775-779, 1992.

TEEGARDEN, D.; MERIDETH, S.C.; SITRIN, M. Isolation and characterization of a 25-hydroxyvitamin binding protein from rat enterocyte cytosol. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Maryland Heights, v. 8, p. 195-200, 1997.

TEEGARDEN, D.; NICKEL K.P.; SHI, L. Characterization of 25-hydroxyvitamin D binding protein from intestinal cells. **Biochemistry and Biophysical Research Communications**. v. 275, p. 845-849, 2000.

TOURY, R. et al. Relationship between vitamin D status and deposition of bound calcium in skeletal muscle of the rat. **Biology of the Cell**. San Diego, v. 69, p. 179–189. 1990.

TSITSILONIS, O.E. et al. A skeletal muscle troponin-T specific ELISA based on the use of an antibody against the soluble troponin T (16-31) fragment. **Journal of Immunological Methods**, Amsterdam, v. 268, p. 141-148, 2002.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. Relatório Anual 2010/2011. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=2761>> Acesso em: 06 ago. 2011.

VIEIRA, S.L. Conceitos atuais de qualidade em produtos de frango: Efeito da nutrição inicial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA, PROCESSAMENTO E QUALIDADE DA CARNE DE AVES, 1999, Concórdia. **Anais...**, Concórdia: Embrapa, 1999. p. 60-68.

VIETH, R., Vitamin D supplementation, 25-hydroxyvitamin D concentrations, and safety. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.69, n. 5, p.842-856, May. 1999.

WHEELER, T.L. et al. Effects of postmortem injection time, injection level, and concentration of calcium chloride on beef quality traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 2965-2974, 1993.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. Effect of postmortem injection time and postinjection aging time on the calcium-activated tenderization process in beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2652–2660, 1997.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; ARBONA, J.R. Calcium chloride in vitro effects on isolated myofibrillar proteins. **Meat Science**, Barking, v. 38, p. 133-139, 1994.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M. Calcium chorine marination effects on beef steak tenderness and calpain proteolytic activity. **Meat science**, Barking. v. 33, p. 265-269, 1993.

YARGER, J.G. et al. Safety of 25- Hydroxycholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 9, p. 1437-1446, 1995.

CAPÍTULO 2

**EFEITO DA DOSE E TEMPO DE SUPLEMENTAÇÃO DA
VITAMINA 25-HIDROXI-COLECALCIFEROL (25-OHD₃) NA
FASE FINAL SOBRE O NÍVEL DE CÁLCIO SANGUÍNEO EM
FRANGOS DE CORTE**

RESUMO - Foram realizados dois experimentos. No experimento 1, foi determinado qual das dosagens de vitamina 25-OHD₃ promoveria a maior concentração de cálcio plasmático. Foram utilizados 90 frangos de corte e aos 35 dias, as aves foram suplementadas diariamente por sete dias com três dosagens de vitamina D₃ na dieta. Todas as dietas continham 2.500UI de vitamina D₃. O Tratamento 1, dieta controle, continha somente 2.500UI de vitamina D₃/kg ração; o Tratamento 2 foi suplementado com 1.000UI de vitamina 25-OHD₃, totalizando 3.500UI; o Tratamento 3, suplementado com 2.500UI de vitamina 25-OHD₃, totalizando 5.000UI. A partir dos 42 dias todas as aves receberam a ração controle até os 48 dias de idade. Foram realizadas coletas de sangue, antes, durante e após a administração de vitamina D₃ com coletas diárias dos 35-42 dias. O efeito dos níveis de cálcio foi testado de forma contínua por análise de regressão. Foram observadas diferenças ($P \leq 0,05$) entre todos os tratamentos ao longo dos dias de coleta de sangue, quanto maior os níveis de vitamina D₃ suplementados na ração maior foram as concentrações de cálcio plasmático. Conclui-se que a dose de 5.000UI de vitamina D, provocou maior concentração de cálcio sanguíneo. No experimento 2, foi avaliado qual o melhor tempo de administração de vitamina D₃ antes do abate para se obter níveis elevados de cálcio plasmático por pelo menos dois dias após a última administração. Foram utilizados 60 frangos de corte e aos 35 dias as aves foram suplementadas com vitamina D₃ na dieta com a melhor dosagem obtida no experimento 1, sendo avaliada em três períodos de administração, sendo o T1: 3 dias; T2: 5 dias; T3: 7 dias de administração consecutiva da ração final suplementada. Após cada período de fornecimento desta ração, as aves receberam ração controle por mais quatro dias consecutivos. Diariamente foram realizadas coletas de sangue, antes, durante e após suplementação. O cálcio plasmático nas aves alimentadas por cinco dias consecutivos se elevou e se manteve ao longo dos dias de suplementação e por mais três dias após o fim da suplementação. Foi possível concluir que a suplementação de 5.000UI de vitamina D/kg de ração deve ser utilizada por cinco dias antes do abate para a obtenção de nível alto e duradouro de cálcio sanguíneo.

Palavras-chave: abate, aves, cálcio, colecalciferol, maciez

ABSTRACT - Two trials were conducted. In trial 1, there was determine which dosage of vitamin 25-OHD₃ would promoted the highest plasma calcium concentration. There were housed 90 broiler chickens and at 35 days of age, the birds were supplemented daily for seven days with three doses of vitamin D in the diet. All diets contained 2.500UI of vitamin D₃. The treatment 1, control diet, contained only 2.500UI D₃/kg vitamin in diet; the treatment 2 was supplemented with 1,000UI of 25-OHD₃ vitamin, totaling 3.500UI; Treatment 3, was supplemented with 2,500UI of 25-OHD₃, totaling 5.000UI. From 42 days all birds received the control diet until 48 days old. Blood samples were collected, before, during and after the administration of vitamin D₃ with daily collects in the 35-42 days. The calcium levels effect was continuously tested by regression analysis. There were differences ($P < 0.05$) among all treatments during the day of blood collection, and the higher levels of 25-OHD₃ vitamin supplementation in the diet were higher concentrations of plasma calcium. It is concluded that the dosage of 5,000UI vitamin D₃, caused the highest calcium concentration. In experiment 2 there was evaluated the best administration time of vitamin D₃ before slaughter to obtain high levels of plasma calcium by at least two days after the last administration. There were housed 60 broilers chickens and at 35 days of age, the birds were supplemented with vitamin 25-OHD₃ in the diet with the best dosage obtained in experiment 1, was evaluated in three periods of administration, T1: 3 days, T2: 5 days, T3: 7 consecutive days of administration of the final diet supplemented. After each period of feed, the birds received control diet for four consecutive days. Daily, blood samples were collected, before, during and after the last administration. The plasma calcium in birds fed for five consecutive days increased and was maintained throughout the days of supplementation and three days after the end of supplementation. It is concluded that supplementation of vitamin 5,000UI D/kg of diet should be used for five days before slaughter to achieve high and lasting level of blood calcium.

Keywords: calcium, cholecalciferol, poultry, slaughter, tenderness

INTRODUÇÃO

A rapidez durante o abate e processamento de frango conduz a redução da maciez resultante da desossa precoce, pois o *rigor mortis* não se estabeleceu completamente. A administração de vitamina D₃ poucos dias antes do abate se mostrou eficaz na melhora da maciez da carne bovina (Swanek et al., 1999; Montgomery et al. 2000, 2002).

Soares Jr. et al. (1995) relataram que o 25-OHD₃ é o metabólito com maior potencial de uso, em substituição á vitamina D₃. Essa vitamina conduz a uma maior concentração plasmática de cálcio, e sua absorção intestinal é mais rápida quando comparada a da vitamina D₃. Devido a isto, o uso da vitamina 25-OHD₃ provoca o aumento da absorção de cálcio intestinal, o que resulta em maior quantidade de cálcio ligada as proteínas presentes no intestino. O cálcio livre é absorvido para corrente circulatória e utilizado em diferentes tecidos, enquanto o cálcio remanescente é depositado no músculo (Stan et al., 2003). As enzimas proteolíticas presentes nos músculos são cálcio dependentes, como as calpaínas I e II, e serão as principais responsáveis pelo processo de amaciamento da carne (Whipple and Koohmaraie, 1993).

O aumento do cálcio plasmático resultante da suplementação da 25-OHD₃ pode aumentar a contração muscular no *post-mortem*, o que poderá conduzir a rápida queda na concentração das reservas energéticas e, conseqüentemente, rápida resolução do *rigor-mortis*, eliminando em parte os problemas de textura causados pela desossa precoce.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das diferentes dosagens de suplementação da vitamina 25-OHD₃ na dieta final de frangos de corte com o intuito de

avaliar o comportamento do cálcio sanguíneo, obter a melhor dose de suplementação e ainda avaliar qual o melhor tempo de administração desta vitamina antes do abate para se obter níveis elevados de cálcio plasmático por pelo menos dois dias após a última administração.

MATERIAL E MÉTODOS

AVES, INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

Foram realizados dois experimentos conduzidos nas instalações experimentais da FMVZ/UNESP, campus de Botucatu. Nos experimentos foram utilizados frangos de corte machos da linhagem Cobb[®], criados em galpão convencional e posteriormente em gaiolas experimentais, passando por período de adaptação antes do início da fase experimental.

No experimento 1 foram utilizados 90 frangos. As aves foram criadas em galpão comercial até os 28 dias de idade quando foram transferidas e alojadas em sala climatizada que continha 36 gaiolas, sendo duas baterias de 18 gaiolas de três andares cada. Cada gaiola com dimensão de 60cm de comprimento, 50cm de largura e 50cm de altura e composta de comedouro tipo calha e bebedouro tipo *nipple*. A sala era equipada com climatizador de ambiente com controle de temperatura e umidade.

No experimento 2 foram utilizados 60 frangos criados em galpão comercial até os 21 dias de idade. Aos 22 dias, as aves foram alojadas em gaiolas experimentais, as quais apresentam como dimensões, 47cm de comprimento, 97,5cm de largura e 66cm de altura. A sala onde as gaiolas foram instaladas era provida de cortinas laterais e

aspersores utilizados para o controle da temperatura. Cada gaiola era equipada com comedouro tipo calha e bebedouro pendular.

RAÇÕES, TRATAMENTOS E MANEJO EXPERIMENTAL

As rações experimentais foram confeccionadas na Fábrica de Rações da FMVZ/UNESP campus de Botucatu e armazenadas em sala isenta de luz solar direta, e cobertas com lonas para evitar ao máximo a exposição á luz. O arraçoamento foi dividido em duas fases de acordo com o início do período experimental: crescimento (22-35 dias) e final (36-42 dias), sendo que as rações eram isoprotéicas e isocalóricas, e suas composições percentuais calculadas encontram-se na Tabela 1, com base nos valores de composição e exigências nutricionais proposto por Rostagno et al. (2005). Tanto a água como a ração foram fornecidos à vontade e a iluminação foi de 24 horas durante todo o período de criação. Os dados de temperatura e umidade ambiente, máxima e mínima foram registrados diariamente, utilizando-se um termohigrômetro de máxima e mínima, os resultados se encontram nas Figuras 1 e 2 (experimento 1) e 3 e 4 (experimento 2).

No experimento 1 foram alojadas três aves por gaiola e cada gaiola representando uma repetição, com cinco repetições por tratamento, totalizando 45 aves. As 45 aves remanescentes foram mantidas como aves reservas caso houvesse a necessidade de repor aves que por ventura viessem a óbito durante as coletas de sangue.

Tabela 1. Composição percentual das rações basais utilizadas em cada fase experimental.

Ingredientes	Fases	
	Crescimento (22 a 35d)	Final (36 a 42d)
Milho	63,270	68,517
Farelo de soja	30,360	26,108
Fosfato bicálcico	1,606	1,589
Calcário calcítico	1,113	0,959
Óleo de soja	2,701	1,799
Sal iodado	0,416	0,404
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,050	0,050
DL-metionina (99%)	0,194	0,186
L-lisina (78%)	0,100	0,148
Cloreto de colina (60%)	0,040	0,040
Anticoccidiano ³	0,050	-
Inerte (caulim)	0,000	0,100
Total (kg)	100,000	100,000
Composição calculada		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3100	3150
Proteína Bruta (%)	19,25	17,86
Cálcio (%)	0,817	0,756
Fósforo disponível (%)	0,408	0,377
Sódio (%)	0,203	0,193
<i>Aminoácidos totais</i>		
Lisina (%)	1,184	1,121
Metionina (%)	0,456	0,432
Metionina+Cistina (%)	0,852	0,807
Triptofano (%)	0,201	0,195
Treonina (%)	0,717	0,668
Arginina (%)	1,210	1,154

1- Suplemento Vitamínico contendo por kg do produto: vit. A (9.000,00; 9.000,00 MUI); Vit B1 (1.000,00; 1.000,00mg); vit B2 (4.000,00; 4.000,00mg); vit B6 (1.800,00; 1.800,00mg); vit B12 (12.000,00; 12.000,00mcg); vit. D3 (1.600,000; 0 MUI); vit. E (14.000,00; 14.000,00mg); vit. K3 (1.500mg); biotina (50,00; 50,00mg); niacina (30.000,00; 30.000,00mg); ácido pantotênico (9.000,00; 9.000,00mg); ácido fólico (300,00; 300,00mg).

2- Suplemento mineral contendo, por kg do produto: Zn (120.000mg); Fe (60.000mg); Mn (120.000mg); Cu (18.000mg); I (2.000mg).

3- Anticoccidiano maduramicina para a fase de crescimento, na quantidade 0,5kg/t de ração.

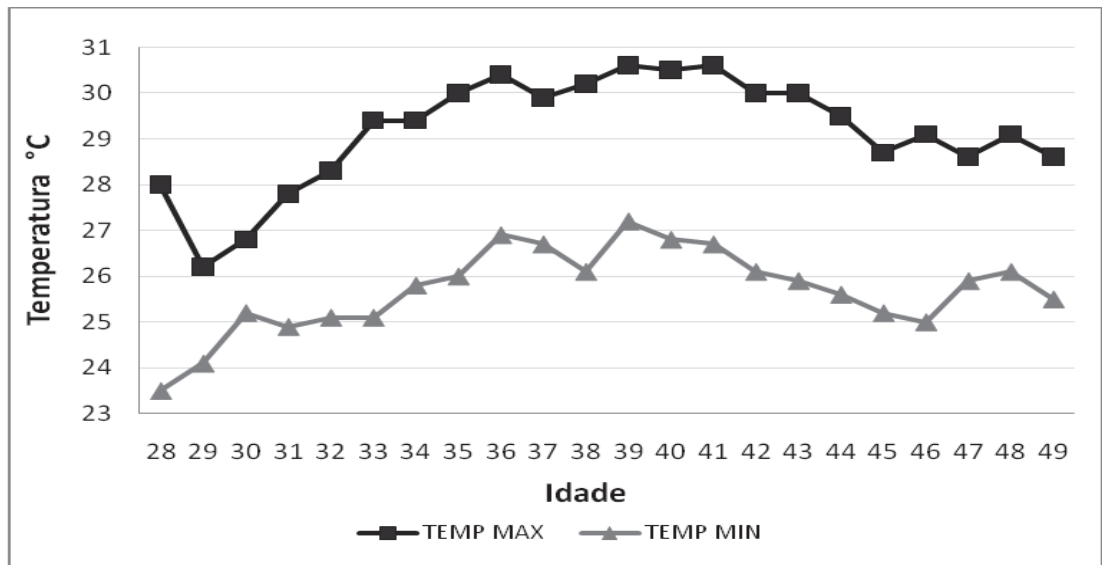


Figura 1. Controle da temperatura ambiente registrada no interior da câmara bioclimática durante o experimento 1.

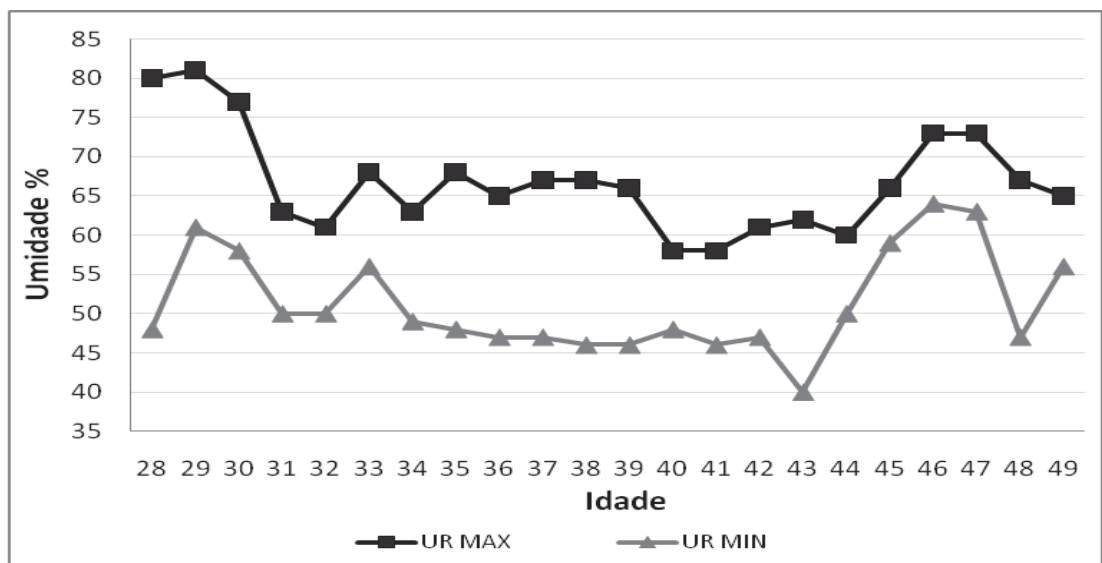


Figura 2. Controle da umidade do ar registrado no interior da câmara bioclimática durante o experimento 1

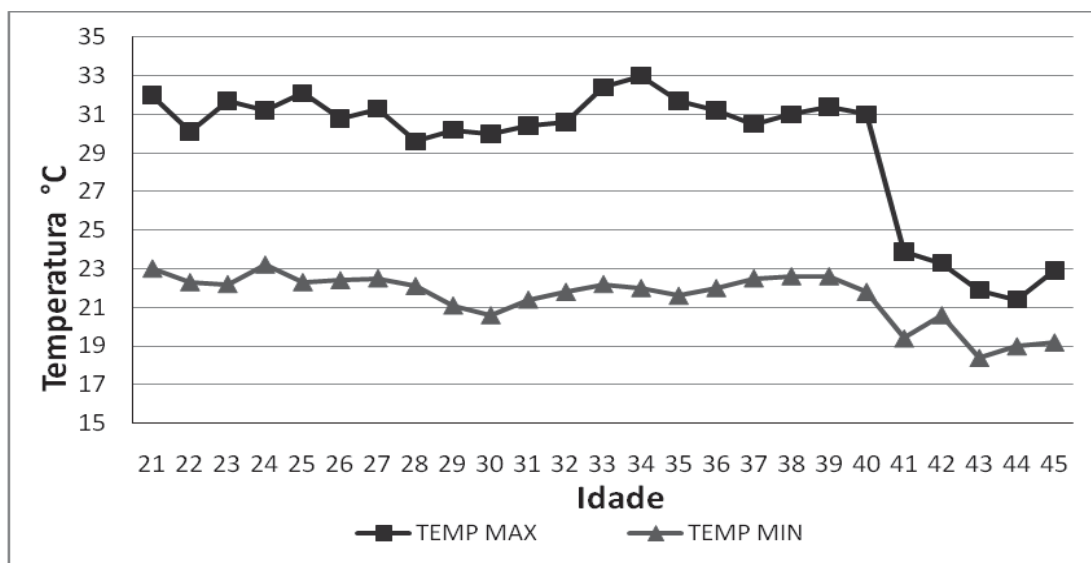


Figura 3. Controle da temperatura ambiente registrada diariamente durante o experimento 2.

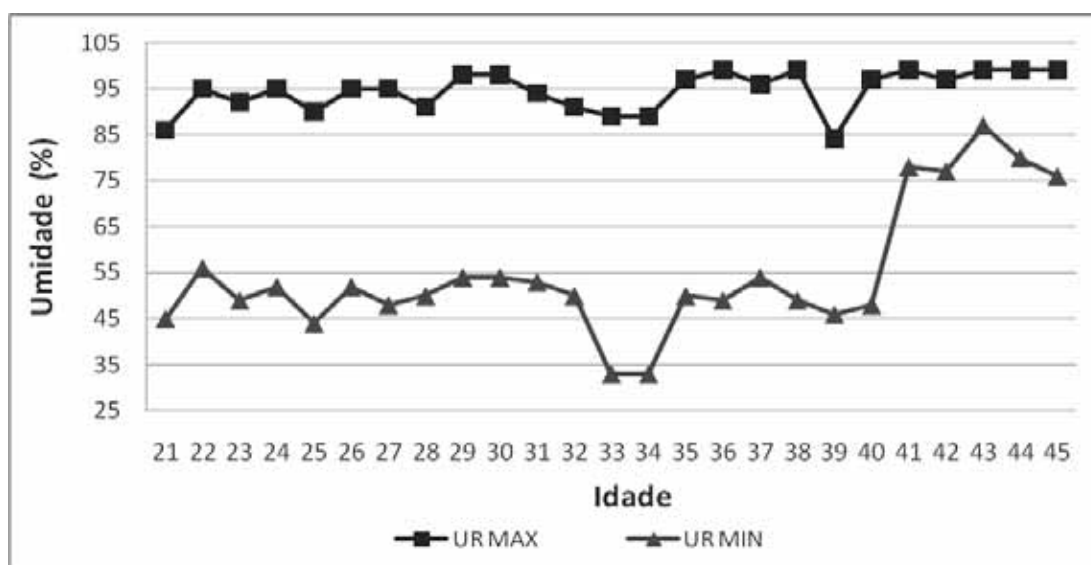


Figura 4. Controle da umidade do ar registrada diariamente durante o experimento 2.

Os tratamentos experimentais se constituíram de três níveis de suplementação de vitamina D₃ na ração final de frangos de corte. Todas as dietas, incluindo-se as suplementadas com 25-OHD₃ continham 2.500UI de vitamina D₃ (colecalfiferol), pois, a retirada completa de vitamina D₃ não é indicada, primeiro pela sua importante ação no

intestino, rim, osso e por participar da homeostase do cálcio; e segundo porque sua retirada dos suplementos vitamínicos e núcleos seria inviável do ponto de vista da praticidade, comum a avicultura.

A dosagem de 2.500UI foi escolhida como o tratamento controle, pois como é sabido, as indústrias sempre trabalham com uma margem de segurança, em torno de 5 a 10 vezes a mais que as reais necessidades das aves (Coelho et al., 2001), ou seja, se deve ao fato de as empresas que comercializam suplementos vitamínicos não utilizarem dosagens tão baixas como a de 1.235UI de vitamina D₃/kg de ração conforme recomendado por Rostagno et al. (2011). Portanto, para tornar o trabalho condizente com a realidade da indústria avícola optou-se por utilizar a dosagem de 2.500UI como controle, a qual é comumente utilizada nos suplementos na fase final de criação.

Assim, o Tratamento 1, dieta controle, continha somente esta vitamina (2.500UI de vitamina D₃/kg ração); no Tratamento 2, as aves foram suplementadas com 1.000UI de vitamina 25-OHD₃ totalizando 3.500UI de vitamina D/kg ração; as aves do Tratamento 3, receberam ração suplementada com 2.500UI de vitamina totalizando 5.000UI de vitamina D/kg ração, por sete dias consecutivos (Tabela 2).

Tabela 2. Níveis de Vitamina D₃ e fontes de suplementação na ração final de frangos de corte.

	Tratamento 1 (controle)	Tratamento 2	Tratamento 3
Vitamina D ₃	2.500 UI	2.500 UI	2.500 UI
25-OHD ₃	-	1.000 UI	2.500 UI
TOTAL	2.500 UI	3.500 UI	5.000 UI
Fonte de vitamina D ₃ - Rovimix [®] , fonte de 25-OHD ₃ - HyD [®]			

Aos 35 dias de idade, as aves receberam dieta final, controle ou suplementada com vitamina 25-OHD₃, caracterizando cada tratamento. A partir dos 42 dias todas as aves passaram a receber a ração controle até 48 dias de idade, para se observar o comportamento do teor de cálcio sanguíneo.

Para a determinação do nível de cálcio sanguíneo foram utilizadas 45 aves. As coletas de sangue foram realizadas diariamente, iniciando-se dois dias antes da primeira administração da vitamina 25-OHD₃ com coletas diárias até os 42 dias e após, a cada 48 horas se estendendo por até 14 dias, totalizando 12 coletas. Assim, foram coletados sangue das aves com 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 46 e 48 dias de idade, sempre às 8 horas da manhã.

As coletas de sangue foram realizadas por meio de punção da veia braquial com uso de seringa e agulha com anticoagulante (heparina), sendo coletado 3mL de sangue de uma ave por repetição, totalizando três aves por tratamento. Após a coleta, o plasma foi extraído através da centrifugação por 3.000rpm por 10 minutos, transferido para criotubos e imediatamente congelados a temperatura de -18°C para a realização da análise de cálcio por espectrometria de absorção atômica.

No experimento 2, foram alojadas 4 aves por gaiola, sendo uma ave de cada gaiola identificada, para ser utilizada como reserva caso outra viesse a óbito. Cada gaiola foi considerada uma repetição, com cinco repetições por tratamento, totalizando 60 aves.

Aos 35 dias, as aves foram suplementadas com vitamina 25-OHD₃ na dieta final com a melhor dosagem obtida no experimento 1, sendo utilizada a dose de 5.000UI de vitamina D/kg de ração (2.500UI de vitamina D₃ + 2.500UI de 25-OHD₃). Portanto, no experimento 2 cada tratamento experimental foi constituído por três períodos diferentes

baseados conforme o proposto por Wiegand et al. (2002), sendo o T1: 3 dias; T2: 5 dias; T3: 7 dias de administração consecutiva da ração final suplementada com 5.000UI de vitamina D/kg. Após cada período de fornecimento desta ração as aves passaram a receber ração com a dosagem de 2.500UI de vitamina D₃/kg de ração (Controle) por mais quatro dias consecutivos a fim de se avaliar qual dos tratamentos manteria níveis elevados de cálcio plasmático por pelo menos dois dias após a última administração desta suplementação na dieta. O esquema de fornecimento de ração no período experimental se encontra na Tabela 3.

Diariamente, foram realizadas coletas de sangue para determinação do nível de cálcio plasmático, iniciando-se dois dias antes da suplementação com vitamina 25-OHD₃ se estendendo por até quatro dias após a administração da ração controle. Foi coletado sangue de uma ave por repetição, totalizando cinco aves por tratamento. A coleta de sangue e análise de cálcio plasmático foram feitas da mesma forma que a descrita no experimento 1.

Tabela 3. Esquema do fornecimento de ração final controle ou suplementada com vitamina 25-OHD₃.

IDADE (dias)	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
T1	T	T	T	O	O	O	O				
T2	T	T	T	T	T	O	O	O	O		
T3	T	T	T	T	T	T	T	O	O	O	O

T = Ração com suplementação de vitamina D₃ (5.000UI)

O = Ração com quantidade padrão de vitamina D₃ (2.500UI)

A fonte de vitamina D₃ (Rovimix[®]) e de vitamina 25-OHD₃ (HyD[®]) utilizada foi obtida da DSM Produtos Nutricionais do Brasil. Foram realizadas análises das rações experimentais (ração final) com relação aos seus principais componentes de

interesse como proteína bruta (PB), teor de cálcio (Ca), vitamina D₃ e 25-OHD₃ (Tabelas 4 e 5).

A análise de proteína bruta nas rações experimentais foi realizada no Laboratório de Bromatologia da FMVZ/UNESP campus Botucatu, e foi determinada pelo método de Kjeldahl-Micro (A.O.A.C., 1990 – 981.10) para determinação do nitrogênio total, multiplicando o valor resultante da titulação pelo fator 6,25.

A avaliação do teor de cálcio na dieta foi realizada no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP campus Botucatu, feita através de espectrometria de absorção atômica, pesando-se 0,1g de ração que foi colocado diretamente em balões de digestão para mineralização da matéria orgânica. Em seguida, foram adicionados 5mL de ácido nítrico suprapuro mais 3,5mL de peróxido de hidrogênio 30%*m/m*. O extrato ácido resultante foi transferido para balões volumétricos de 10mL e os volumes foram acertados com água deionizada. As determinações de cálcio foram feitas por espectrometria de absorção atômica utilizando-se equipamento da Shimadzu AA-6800 e as condições descritas no manual do fabricante (Marckzenko, 1976).

As análises de vitamina D₃ e 25-OHD₃ na ração foram encaminhadas para o Laboratório da DSM Nutritional Products® (R&D, Analytical Research Center - ARC), na Suíça. A análise de vitamina D₃ seguiu a metodologia descrita por Mattila (1995) e para a 25-OHD₃ seguiu os procedimentos descritos por Hofmann et al. (2003). Para ambas as análises foi utilizada a cromatografia líquida de alta performance (HPLC).

Tabela 4. Teores de proteína bruta (PB), cálcio (Ca), vitamina D₃ e 25-OHD₃ nas rações de frangos de corte na fase final de criação, experimento 1.

Nutriente	Níveis de suplementação de vitamina D (UI/kg de ração)		
	2.500	3.500	5.000
PB (%) ¹	21,77	20,40	19,59
Ca (%) ²	0,91	0,72	0,68
Vitamina D ₃ (UI/kg) ³	2.310	2.470	2.390
25-OHD ₃ (UI/kg) ³	-	904	1.944

¹Análises realizadas no laboratório de Bromatologia da FMVZ/UNESP. ²Análises realizadas no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP. ³Análises realizadas no R&D, Analytical Research Center - ARC- DSM Nutritional Products.

Tabela 5. Teores de proteína bruta (PB) e cálcio (Ca), vitamina D₃ e 25-OHD₃ nas rações experimentais de frangos de corte na fase final de criação, experimento 2.

Nutriente	Níveis de suplementação de vitamina D ₃ (UI/kg de ração)	
	2.500	5.000
PB (%) ¹	19,26	18,41
Ca (%) ²	1,15	0,851
Vitamina D ₃ (UI/kg) ³	3.190	3.030
25-OHD ₃ (UI/kg) ³	-	2.048

¹Análises realizadas no laboratório de Bromatologia da FMVZ/UNESP. ²Análises realizadas no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP. ³Análises realizadas no R&D, Analytical Research Center - ARC- DSM Nutritional Products.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o experimento 1, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com três níveis de vitamina 25-OHD₃ e doze idades de coleta. Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente foi ajustada uma equação de regressão para as fontes de variação com efeito significativo ao nível de 5%. Utilizou-se o software SAEG (UFV, 2000) para análises dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

EXPERIMENTO 1

Os resultados para as análises das rações experimentais (ração final) com relação aos seus principais componentes de interesse se encontram na Tabela 4. Os resultados de proteína bruta foram de 21,77; 20,40 e 19,59%, para a ração controle, suplementada com 3.500UI e suplementada com 5.000UI de vitamina D, respectivamente. Esses valores estão ligeiramente acima do recomendado para a ração final de 17,86%, conforme consta na Tabela 1. Com relação aos teores de cálcio na ração final, os valores se encontram dentro do recomendado para esta fase 0,756%, com exceção apenas para a ração controle que apresentou valor um pouco acima (0,91%) do recomendado.

Quando se avalia a concentração de vitamina D₃ nas rações finais, observa-se que os valores analisados estão bem próximos da quantidade administrada, que foi de, 2.500UI de vitamina D₃/kg de ração para os três tratamentos. Com relação aos teores da 25-OHD₃, os resultados foram de 904UI e 1.944UI de vitamina 25-OHD₃/kg ração, para os tratamentos 2 e 3, respectivamente, portanto também se encontram próximos a quantidade originalmente suplementada na ração que foi de 1.000 e 2.500UI de vitamina 25-OHD₃/kg ração, para os tratamentos 2 e 3, respectivamente.

A interação entre os níveis de vitamina D₃ (2.500, 3.500 e 5.000UI) e idade de coleta apresentou efeito significativo ($P \leq 0,05$). A equação de regressão múltipla que melhor se ajustou aos dados foi a que apresentou efeito linear para os níveis de vitamina D₃ e quadrático para idade das aves:

$$Y = -31,14 + 0,000195 * X + 1,5765 * Z - 0,0167 * Z^2, R^2 = 0,695880$$

em que:

Y = níveis de cálcio plasmático

X = Vitamina D na ração

Z = idade das aves

A Figura 5 apresenta o comportamento dos níveis de cálcio plasmático em função dos níveis de vitamina D₃ e idade de coleta de sangue nas aves. Para a mesma idade, os níveis de cálcio plasmático aumentaram em 0,000195 para cada UI de vitamina D adicionada na ração final. Na Tabela 6 estão mostrados os resultados dos níveis de cálcio plasmático e idade das aves, obtidos através da equação de regressão.

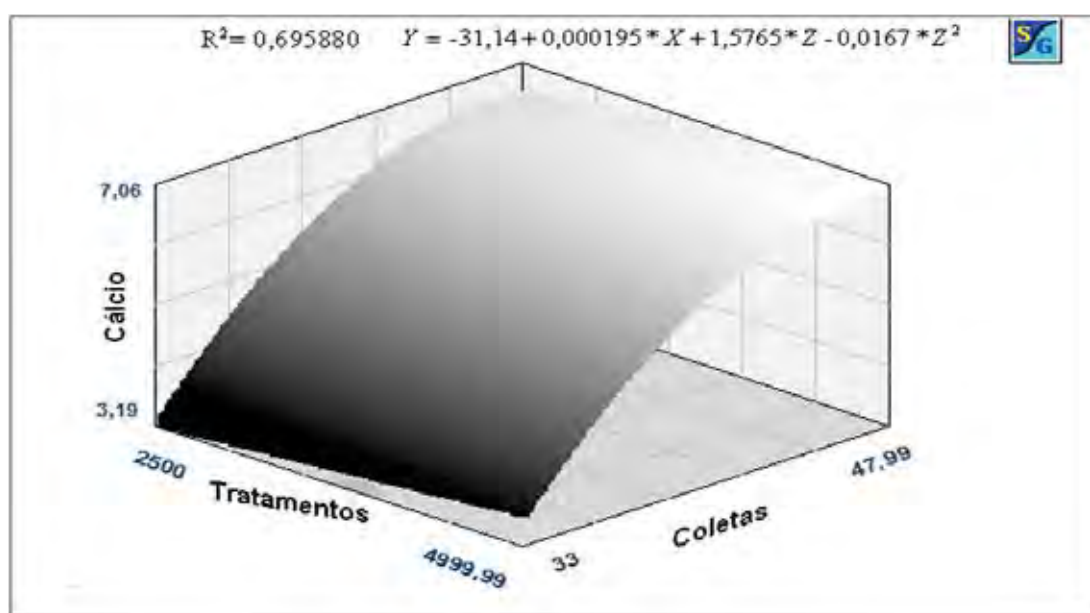


Figura 5: Curvas de cálcio sanguíneo de frangos de corte alimentados com dieta final controle e com diferentes dosagens de vitamina 25-OHD₃.

Pode-se observar que todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento com relação ao aumento de cálcio no sangue, ou seja, aumentaram ao longo dos dias de administração da ração final, porém, atingiram diferentes níveis, o que

se comprova pela análise de regressão dos dados que revelou haver diferença ($P \leq 0,05$) entre todos os tratamentos (2.500UI, 3.500UI e 5.000UI de vitamina D/kg ração). Deste modo, as aves suplementadas com 5.000UI apresentaram maiores teores de cálcio plasmático em relação às aves suplementadas com 2.500UI e 3.500UI, e estas duas também diferiram entre si.

Estes resultados podem ser devido a melhor absorção e metabolização que a vitamina 25-OHD₃ apresenta em relação à vitamina D₃, devido ser a forma ativa. Pois a vitamina D₃ no organismo precisa ser convertida, sendo primeiramente convertida em 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃), que de acordo com Brito (2008) é a forma predominante da vitamina D₃ no plasma, sendo também uma importante forma de armazenamento desta vitamina. E ainda, de acordo com Yarger et al. (1995) a concentração sérica de 25-OHD₃ aumenta mais rapidamente em aves alimentadas com rações contendo este metabólito em relação as aves alimentadas apenas com colecalciferol (vitamina D₃).

Inúmeros trabalhos como os citados acima relatam a eficácia da 25-OHD₃ no aumento da concentração plasmática de cálcio, o que de acordo com Hutz (2002) se deve ao fato da 25-OHD₃ ser uma fonte prontamente disponível para a síntese do metabólito 1,25-(OH)₂D₃ e ainda por não ser fortemente regulada pelo organismo. Deste modo, pode-se inferir que por ser mais difícil de ser regulada, essa vitamina demora mais para ser excretada e ainda pode ser melhor metabolizada e utilizada pela ave.

Neste trabalho houve um aumento gradual nos níveis de cálcio plasmático com relação aos níveis de suplementação, esses resultados corroboram com os encontrados em outras espécies como bovinos, suínos e ovinos. De acordo com Montgomery et al. (2000) que trabalharam com suplementação antes do abate em

dietas de bovinos, foi observado aumento gradual do cálcio plasmático durante os nove dias de suplementação diária de vitamina D₃. Ainda, de acordo com Wiegand et al. (2002), a maior dosagem de suplementação de vitamina D₃ (500.000UI) em suínos elevou os níveis de cálcio plasmático e o manteve elevado até o 14º dia de suplementação.

Tabela 6. Valores estimados de cálcio plasmático (mg/100 ml) em frangos de corte em função dos níveis de vitamina D₃ e idade de coleta nas aves.

Idade (dias)	Suplementação (UI de vitamina D ₃ /kg de ração)		
	2.500	3.500	5.000
33	3,20	3,39	3,69
34	3,66	3,85	4,14
35	4,08	4,28	4,57
36	4,48	4,67	4,96
37	4,83	5,03	5,32
38	5,16	5,35	5,65
39	5,45	5,65	5,94
40	5,71	5,90	6,20
41	5,93	6,13	6,42
42	6,13	6,32	6,61
43	6,28	6,48	6,77
44	6,41	6,60	6,89
45	6,50	6,69	6,99
46	6,56	6,75	7,04
47	6,58	6,78	7,07
48	6,57	6,77	7,06

*Resultados obtidos pela equação de regressão dos dados

Com relação à suplementação, Foote et al. (2004) analisaram bovinos suplementados com 25-OHD₃ e demonstraram que a hipercalcemia em resposta a elevação da concentração plasmática de 25-OHD₃ atingiu um pico após 4 dias de administração e este persistiu por 20 dias após esta suplementação. De acordo com Carnagey et al. (2008), as concentrações de 25-OHD₃ no plasma foram 13 vezes

maiores do que as concentrações de 25-OHD₃ no plasma de novilhas não suplementadas com esse metabólito da vitamina D₃.

Como a maior concentração de cálcio foi atingida pelas aves suplementadas com 5.000UI de vitamina D/kg de ração esta foi a dosagem eleita como a melhor para se elevar o teor de cálcio plasmático e foi utilizada nos demais trabalhos.

EXPERIMENTO 2

Os resultados das análises das rações experimentais (fase final de criação) com relação aos seus principais componentes de interesse como proteína bruta (PB) e teor de cálcio (Ca), podem ser observados na Tabela 5. Os valores de proteína bruta analisados estão próximos ao valor recomendado para a fase final que é de 17,86%. Com relação ao cálcio, os valores para a ração controle (1,15%) estão um pouco acima do recomendado na ração experimental para a fase final que é de 0,756%. Os resultados de cálcio na ração suplementada estão próximos ao recomendado na ração final 0,851%.

Quando se avalia a concentração de vitamina D₃ nas rações finais, observa-se que os valores analisados foram de 3.190 e 3.030 para a ração controle e suplementada, respectivamente e estão ligeiramente acima da quantidade administrada, que foi de, 2.500UI de vitamina D₃/kg de ração para as duas rações. Com relação aos teores de 25-OHD₃, o resultado foi de 2.048UI de vitamina 25-OHD₃/kg ração, para ração suplementada, portanto também se encontram próximos a quantidade originalmente suplementada na ração que foi de 2.500UI de vitamina 25-OHD/kg ração.

Na Tabela 7 se encontram os resultados para o comportamento do cálcio plasmático dos frangos de corte submetidos a diferentes períodos (3, 5 e 7 dias) de administração da suplementação com 5.000UI de vitamina D/kg de ração na última

semana de criação (35 a 42 dias). Aos 35 dias de idade ocorreu a troca de ração de crescimento para a final suplementada, porém a coleta de sangue foi realizada antes da troca de ração. Neste caso esse dia é considerado como dia zero e a partir do dia 36 teve início o período experimental, no qual as aves consumiram a ração suplementada por 24 horas. Portanto, a partir deste dia se deveria iniciar o aumento de cálcio plasmático.

Por estes resultados, foi possível observar que as aves suplementadas por apenas três dias (tratamento 1) apresentaram modificações no teor de cálcio sanguíneo, sendo que o cálcio passou de 9,84 para 11,36mg/100ml aos 35 e 36 dias de idade, respectivamente. Porém, esta elevação não se manteve, caindo para 9,42 mg/100ml no 39º dia, logo após ter cessado a suplementação.

Quando se avalia os resultados do cálcio sanguíneo nas aves alimentadas por cinco dias consecutivos (tratamento 2), é possível observar que o cálcio plasmático se elevou de 9,81 no 35º dia para 11,04 mg/100ml no 36º dia, se mantendo elevado ao longo dos dias de administração e ainda por mais três dias após o fim da suplementação. O pico foi obtido no 42º dia, ou seja, após ter cessado a suplementação, apresentando o valor de 13,85mg/100ml. O mesmo comportamento da concentração de cálcio plasmático foi observado por Wiegand et al. (2002) com suínos na fase de terminação, que utilizaram a suplementação de vitamina D₃ por diferentes dias (1, 2 ou 3) antes do abate, e obtiveram para três dias de suplementação uma máxima concentração de cálcio plasmático a qual se manteve constante por até 3 dias após cessar o fornecimento desta suplementação.

Para as aves suplementadas por sete dias consecutivos (tratamento 3) o teor de cálcio plasmático, passou de 10,52 no 35º dia para 11,08mg/100ml no 36º, ou seja, praticamente não se elevou, e se manteve constante ao longo de todo o período de

suplementação. Deste modo, este resultado não foi suficiente para manter os níveis de cálcio plasmático após o fim do fornecimento da ração suplementada. Este resultado pode ser devido a regulação metabólica dos teores de cálcio plasmático pelo qual os frangos foram submetidos e isto pode ter acontecido para ajustar os efeitos do nível de suplementação e não permitiu uma elevação prolongada de cálcio plasmático durante os 7 dias de administração.

Assim, para se manter o cálcio plasmático em níveis elevados no *ante-mortem* deve-se suplementar a vitamina 25-OHD₃ na dosagem de 5.000UI de vitamina D/kg ração, pelo período de cinco dias consecutivos antes do abate.

Tabela 7. Cálcio plasmático (mg/100ml) de frangos de corte alimentados por três períodos de administração da ração com 5.000UI Vitamina D/kg.

Idade (dias)	Período de administração da ração com 5.000UI Vit D/kg		
	3 dias	5 dias	7 dias
33	8,86	8,87	8,71
34	10,79	9,63	9,74
35	9,84	9,81	10,52
36	11,36	11,04	11,08
37	11,67	11,07	11,89
38	10,28	10,33	10,70
39	9,42	11,55	10,65
40	8,06	13,39	10,45
41	11,91	12,75	13,17
42		13,85	11,57
43		11,13	11,20
44			11,70
45			11,97

*Cor cinza indica os dias de administração da ração final com 5.000UI de vitamina D/kg.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados do experimento 1 é possível concluir que a dose de suplementação que provoca maior concentração de cálcio sanguíneo foi obtida para as

aves suplementadas com 5.000UI de vitamina D/kg de ração, sendo portanto, esta a dosagem utilizada nos demais experimentos.

Para o experimento 2, conclui-se que com a suplementação de 5.000UI de vitamina D/kg de ração por cinco dias consecutivos antes do abate, é possível obter nível de cálcio sanguíneo elevado por três dias após o último dia de administração desta vitamina na dieta, sendo este o período de administração utilizado nos demais experimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Brito, J. A. G. 2008. Vitamina D₃ e 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) em rações de frangos de corte. Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras.
- Carnagey, K. M.; E. J. Huff-Lonergan,; A. Trenkle, A. E. Wertz-Lutz, R. L. Horst, and D. C. Beitz. 2008. Use of 25-hydroxyvitamin D₃ and vitamin E to improve tenderness of beef from the longissimus dorsi of heifers. J. Anim. Sci. 86:1649-1657.
- Coelho, M., W. Mcknight, and B. Cousins. 2001. Effect of a targeted B-vitamin regimen on rate and efficiency of fast growing broilers from 0 to 49 days. Poult. Sci. Champaign, 80(Supp. 1): 832.
- Foote, M. R.; R. L. Horst, E. J. Huff-Lonergan, A. H. Trenkle, F. C. Parrish JR., and D. C. Beitz. 2004. The use of vitamin D₃ and its metabolites to improve beef tenderness. J. Anim. Sci. 82:242-249.
- Hofmann, P., R. Goessl, and L. Denu. 2003. Determination of 25-hydroxyvitamin D₃ (Hy-D) in animal feeds using d₆-25-hydroxyvitamin as internal standard: DSM report, n 1012520, Method Report. DSM Nutritional Products.
- Hutz, F. 2002. Absorção de vitaminas. Page 275 in Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. M. Macari, R.L. Furlan and E. Gonzalez, ed. FUNEP/UNESP, Jaboticabal, SP.
- Marckzenko, Z. 1976. Spectrometric determination of elements. Chichester, Elli Horwood.

- Mattila, P. 1995. Analysis of cholecalciferol, ergocalciferol and their 25-hydroxylated metabolites in food by HPLC. PhD Diss. University Helsinki, Helsinki.
- Montgomery, J. L., M. A. Carr, C. R. Kerth, G. G. Hilton, B. P. Price, M. L. Galyean, R. L. Horst, and M. F. Miller. 2002. Effect of vitamin D₃ supplementation level on the postmortem tenderization of beef from steers. *J. Anim. Sci.* 80:971–981.
- Montgomery, J. L., F. C. Parrish, D. C. Beitz, R. L. Horst, E. J. Huff-lonergan, and A. H. Trenkle. 2000. The use of vitamin D₃ to improve beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 78:2615–2621.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, and S. L. T. Barreto. 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2 ed. UFV, Viçosa, MG.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. UFV, Viçosa, MG.
- Soares Junior, J. H., J. M. Kerr, and R. W. Gray. 1995. 25-Hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. *Poult. Sci.* Champaign, 74(12):1919-1934.
- Stan, F. J. G., I. Boulart, J. G. J. Hoenderop, and M. J. R. Bindels. 2003. Regulation of epithelial Ca²⁺ channels TRPV5 and TRPV6 by 1 α 25-dihydroxy vitamin D₃ and dietary Ca²⁺. *J. Steroid Biochem. Molec. Biol.* Amsterdam. 89-90:303-308.
- Swanek, S. S., J. B. Morgan, F. N. Owens, D. R. Gill, C. A. Strasia, H. G. Dolezal, and F. K. Ray. 1999. Vitamin D₃ supplementation of beef steers increases longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.* 77:874–881.
- Universidade Federal de Viçosa – UFV. 2000. Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG. Versão 8.0. Viçosa, MG.
- Whipple, G., and M. Koohmaraie. 1993. Calcium chorine marination effects on beef steak tenderness and calpain proteolytic activity. *Meat Sci.* 33:265-269.
- Wiegand, B. R., J. C. Sparks, D. C. Beitz, F. C. Parrish, R. L. Horst, A. H. Trenkle, and R. C. Ewan. 2002. Short-term feeding of vitamin D₃ improves color but does not change tenderness of pork-loin chops. *J. Anim. Sci.* 80:2116-2121.
- Yarger, J. G., C. L. Quarles, B. W. Hollis, and R. W. Gray. 1995. Safety of 25-Hydroxycholecalciferol in poultry rations. *Poult. Sci.* Champaign, 74(9):1437-1446.

CAPÍTULO 3

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA 25-HIDROXI-
COLECALCIFEROL (25-OHD₃) NA FASE FINAL E DO TEMPO
DE DESOSSA SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA
CARNE EM FRANGOS DE CORTE**

Efeito da suplementação de vitamina 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) e do tempo de desossa sobre os parâmetros de qualidade da carne em frangos de corte

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação da vitamina 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) na ração final aliado ao tempo de desossa sobre os parâmetros de qualidade da carne de frango, com o intuito de aumentar sua maciez. Para tanto, foram utilizados 240 frangos de corte, com quatro repetições de 30 aves. Aos 35 dias, metade das aves recebeu ração com 2.500UI de vitamina D₃/kg por sete dias consecutivos (Controle) e a outra metade recebeu dieta com 5.000UI de vitamina D/kg de ração por cinco dias consecutivos antes do abate (Suplementado), segundo resultados prévios do Capítulo 2. Aos 42 dias de idade, 100 aves por tratamento foram abatidas e as carcaças foram resfriadas por 15 minutos à 10°C e 40 minutos a 0°C e, após o resfriamento, foram desossadas seguindo-se os tempos 0,5, 1,75, 4, 6 ou 24 horas *post-mortem*. Com 24 horas *post-mortem*, foram avaliados o pH, cor objetiva e perda de exsudato (PE). Para as análises de perda de peso por cozimento, força de cisalhamento (FC), índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e análise sensorial, as amostras foram congeladas em freezer -20°C até a realização das análises. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias, ao nível de 5% de significância. Foram encontradas diferenças ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos controle e suplementado apenas para o valor L*. Foi observado o efeito dos tempos de desossa ($P \leq 0,05$) sobre o pH, cor (L* e b*), DL, FC e MFI. Os melhores valores de FC foram obtidos para as carcaças desossadas com 6 horas *post-mortem*. Conclui-se que a suplementação de 25-OHD₃ não resultou na melhora nos parâmetros de qualidade e na maciez da carne, entretanto os diferentes tempos de desossa conduziram a modificação na maioria dos parâmetros de qualidade da carne analisados principalmente na maciez.

Palavras-chave: aves, cálcio, colecalciferol, maciez

Effect of vitamin 25-hydroxy-cholecalciferol (25-OHD₃) supplementation and deboning time on meat quality of broilers chickens

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the effect of 25-hydroxy-cholecalciferol (25-OHD₃) supplementation in the final diet coupled with deboning time on meat quality parameters of broiler, in order to increase its tenderness. For this, there were housed 240 broiler chickens, with four replicates of 30 birds. At 35 days, half of the birds received diet with vitamin 2.500UI D₃/kg for seven consecutive days (Control) and the other half received 5,000UI of vitamin D/kg in diet for five consecutive days before slaughter (Supplemented), according to results of Chapter 2. At 42 days of age, 100 birds per group were slaughtered and the carcasses were chilled for 15 minutes at 10°C and 40 minutes at 0°C, after chilling there were deboned in times 0.5, 1.45, 4, 6 or 24 hours *post-mortem*. At 24 hours *post-mortem*, there were evaluated pH, objective color and drip loss (DL). For cooking loss, shear force (SF), myofibrillar fragmentation index (MFI) and sensory analysis, the samples were frozen at -20°C until the analysis. The results were submitted to ANOVA and means compared to the 5% significance level. There were differences ($P \leq 0.05$) between control and supplemented group only for the L* value. It was observed the effect of deboning time ($P \leq 0.05$) on pH, color (L* and b*), DL, SF and MFI. The best SF values were obtained for carcasses deboned at 6 hours *post-mortem*. It was concluded that 25-OHD₃ supplementation was not enough to cause changes in meat quality and in the tenderness, however the different debone times led to changes in most meat quality parameters mainly in tenderness.

Key words: calcium, cholecalciferol, poultry, tenderness

INTRODUÇÃO

Por questão de tempo e espaço para o armazenamento, os abatedouros de aves costumam realizar o corte e desossa das carcaças antes da resolução do *rigor-mortis*. Segundo Huallanco (2004), quando a carne é desossada com zero a 2 horas *post-mortem*, de 50 a 80% da carne se torna rígida. No entanto, se ocorrer espera de pelo menos 6 horas antes da desossa, cerca de 70 a 80% da carne será macia, pois o músculo, quando desossado imediatamente após o abate, ainda possui capacidade de contração por possuir energia armazenada.

Dessa forma, torna-se necessário a utilização de técnicas de amaciamento da carne de frango prejudicada pela desossa precoce e a utilização de dietas que proporcionem aumento de cálcio plasmático e muscular pode ser uma alternativa para o amaciamento da carne. Isto pode ser feito por meio da suplementação de vitamina 25-OHD₃ na dieta final de frangos de corte, provocando o aumento da absorção de cálcio intestinal, o que resulta em maior quantidade de cálcio livre para ser absorvido pela corrente circulatória e utilizado em diferentes tecidos, enquanto o cálcio remanescente é depositado no músculo.

As enzimas proteolíticas presentes nos músculos são cálcio dependentes, como a calpaína, e serão as principais responsáveis pelo processo de amaciamento da carne (Whipple & Koohmaraie, 1993). Além disso, o aumento do cálcio plasmático pode aumentar a contração muscular no *post-mortem*, o que pode conduzir a rápida queda na concentração das reservas energéticas e, conseqüentemente a rápida resolução do *rigor mortis*, eliminando em parte os problemas de textura causados pela desossa precoce.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação da vitamina D₃ na forma 25-OHD₃ na fase final de criação e dos tempos de desossa (0,5, 1,75, 4, 6 ou 24 horas *post-mortem*) sobre os parâmetros de qualidade da carne de frango de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

AVES, INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

Foi realizado um experimento conduzido nas instalações experimentais da FMVZ/UNESP, campus de Botucatu, utilizou-se 240 pintos de um dia de idade, machos da linhagem Cobb[®]. As aves foram alojadas em galpão experimental de alvenaria, coberto com telhas de barro, apresentando 40m de comprimento e 8m de largura e pé-direito de 3,5m, dividido em 48 boxes de 3,25 x 1,55m, perfazendo 5m² cada. Porém, cada box foi adaptado para possuir a área de 2,5m² a fim de ajustar a densidade das aves para 12 aves/m². Cada box é equipado com uma campânula elétrica, comedouro tubular semi-automático e bebedouro tipo pendular. Na fase inicial foram utilizados comedouros tubulares infantis, os quais foram substituídos até o final da segunda semana.

A iluminação foi constante durante todo o período de criação e o aquecimento inicial dos pintinhos foi realizado por campânulas elétricas providas de lâmpadas infravermelhas de 250W, instaladas em cada box.

DELINEAMENTO E TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2, sendo cinco tempos de desossa, 30 minutos (desossa à quente), 1h45min

(logo após o resfriamento), 4, 6 e 24 horas *post-mortem* e dois níveis de administração de vitamina D₃, 2.500UI e 5.000UI por kg de ração (controle e a melhor dosagem, administrada por cinco dias, conforme definido nos experimentos 1 e 2 do Capítulo 2, respectivamente), com quatro repetições de 30 aves cada.

Deste modo, metade das aves recebeu ração final controle com 2.500UI de vitamina D₃/kg de ração e outra metade ração final suplementada com 5.000UI de vitamina D/ kg de ração.

RAÇÕES E MANEJO EXPERIMENTAL

As rações experimentais foram produzidas na Fábrica de Rações da FMVZ/UNESP campus de Botucatu. Depois de fabricadas, as rações experimentais foram armazenadas em sala isenta de luz solar direta, e cobertas com lonas para evitar ao máximo a exposição á luz. O arraçoamento foi dividido em três fases: inicial (1-21 dias), crescimento (22-35 dias) e final (36-42 dias), sendo que as rações foram isoprotéicas e isocalóricas, e suas composições percentuais calculadas encontram-se na Tabela 1, com base nos valores de composição e exigências nutricionais propostos por Rostagno et al. (2005).

Tanto a água como a ração foram fornecidos à vontade e a iluminação foi de 24 horas durante todo o período de criação. Os dados de temperatura e umidade ambiente, máxima e mínima foram registrados diariamente às nove horas, utilizando-se um termohigrômetro de máxima e mínima, os resultados são apresentados nas Figuras 1 e 2.

Tabela 1. Composição percentual das rações basais utilizadas em cada fase experimental.

Ingredientes	Fases		
	Inicial (01 a 21d)	Crescimento (22 a 35d)	Final (36 a 42d)
Milho	58,74	63,270	68,517
Farelo de soja	35,29	30,360	26,108
Fosfato bicálcico	1,770	1,606	1,589
Calcário calcítico	1,200	1,113	0,959
Óleo de soja	1,990	2,701	1,799
Sal iodado	0,480	0,416	0,404
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050
DL-metionina (99%)	0,210	0,194	0,186
L-lisina (78%)	0,080	0,100	0,148
Cloreto de colina (60%)	0,040	0,040	0,040
Anticoccidiano ³	0,050	0,050	-
Inerte (caulim)	0,000	0,000	0,100
Total (kg)	100,000	100,000	100,000
Composição calculada			
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3000	3100	3150
Proteína Bruta (%)	21,40	19,25	17,86
Cálcio (%)	0,912	0,817	0,756
Fósforo disponível (%)	0,456	0,408	0,377
Sódio (%)	0,219	0,203	0,193
<i>Aminoácidos totais</i>			
Lisina (%)	1,37	1,184	1,121
Metionina (%)	0,495	0,456	0,432
Metionina+Cistina (%)	0,969	0,852	0,807
Triptofano (%)	0,211	0,201	0,195
Treonina (%)	0,796	0,717	0,668
Arginina (%)	1,300	1,210	1,154

1- Suplemento Vitamínico contendo por kg do produto: vit. A (11.000,00 MUI; 9.000,00; 9.000,00); Vit B1 (1.200; 1.000,00; 1.000,00mg); vit B2 (4.500,00; 4.000,00; 4.000,00mg); vit B6 (2.000,00 1.800,00; 1.800,00mg); vit B12 (16.000; 12.000,00; 12.000,00mcg); vit. D3 (2.000.000; 1.600,000; 0 MUI); vit. E (16.000,00; 14.000,00; 14.000,00mg); vit. K3 (1.500mg); biotina (60,00; 50,00; 50,00mg); niacina (35.000,00; 30.000,00; 30.000,00mg); ácido pantotênico (10.000; 9.000,00; 9.000,00mg); ácido fólico (400,00; 300,00; 300,00mg).

2- Suplemento mineral contendo, por kg do produto: Zn (120.000mg); Fe (60.000mg); Mn (120.000mg); Cu (18.000mg); I (2.000mg).

3- Anticoccidiano maduramicina para as fases inicial e crescimento, na quantidade 0,5kg/t de ração.

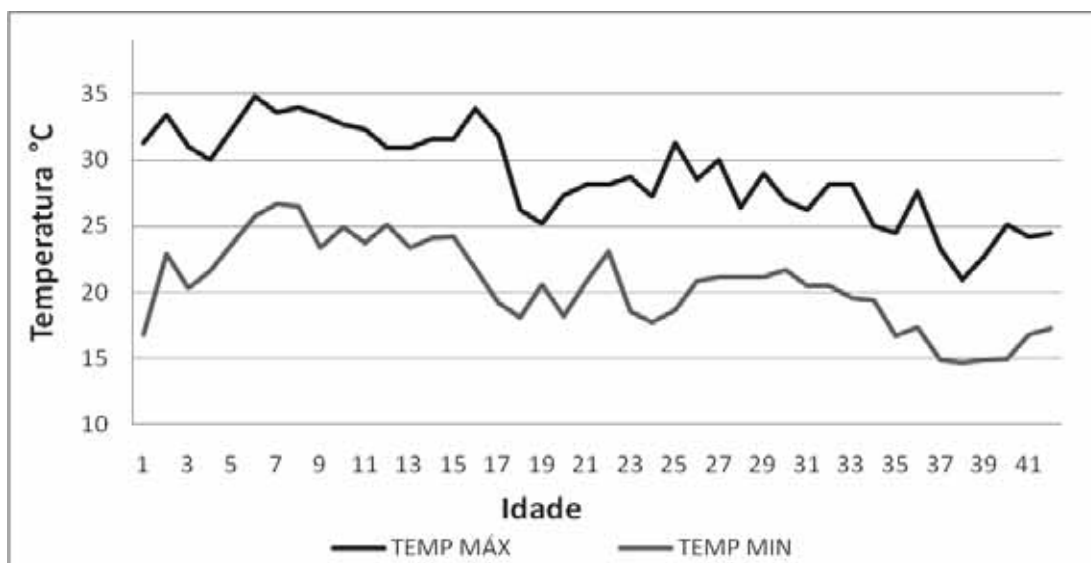


Figura 1. Comportamento da temperatura ambiente durante o período experimental.

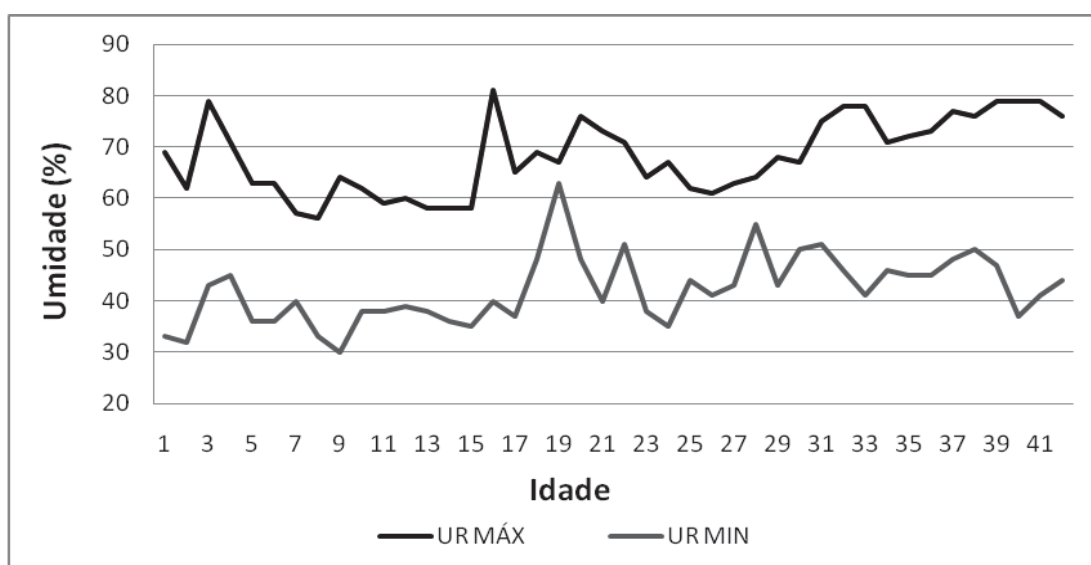


Figura 2. Comportamento da umidade do ar durante o período experimental.

Aos 35 dias, metade das aves recebeu diariamente ração com 2.500UI de vitamina D₃/kg por sete dias consecutivos (Controle) e a outra metade recebeu dieta com 5.000UI de vitamina D₃/kg de ração por cinco dias consecutivos antes do abate (Suplementado), isto é, do 38º dia ao 42º dia de idade das aves, segundo resultados dos experimentos 1 e 2 do Capítulo 2.

Aos 42 dias de idade, 100 aves do grupo controle e 100 do grupo suplementado, totalizando 200 aves foram abatidas no abatedouro experimental da FMVZ/UNESP. As aves receberam jejum alimentar de 6 horas e foram eutanasiadas por corte da artéria carótida e veia jugular após atordoamento por eletronarcose. A seguir, foram escaldadas, depenadas, evisceradas e as carcaças resfriadas em água por 15 minutos a temperatura de 10°C e 40 minutos a 0°C. As carcaças desossadas a quente não passaram pelo resfriamento. Para os demais tempos de desossa, após o resfriamento, as carcaças foram armazenadas em gelo, até atingirem o tempo de desossa proposto, após os peitos foram desossados e os filés de peito colocados em sacos plásticos identificados e acondicionados em caixa de isopor com gelo e transportados para o laboratório para as análises de qualidade da carne. Com 24 horas *post-mortem*, foram avaliados o pH, cor objetiva e perda de exsudato. Para as análises de perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e análise sensorial, as amostras foram congeladas em freezer -20°C até a realização das análises.

MÉTODOS E AVALIAÇÃO

Os valores de pH dos filés de peito frango foram mensurados utilizando-se pHmetro (Hommmis, modelo 238) acoplado a uma sonda (Digimed, modelo CF1) diretamente no músculo *Pectoralis major*. A cor dos filés do peito foi determinada, em triplicata, por meio de um espectrofotômetro Minolta portátil CR 400, no sistema CIELab, na qual foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo) de acordo com metodologia proposta por Van Laack et al. (2000).

Amostras de 100 gramas do músculo *Pectoralis major* foram utilizadas para a análise de perda de exsudato. Cada amostra foi suspensa em rede e colocada em saco plástico inflado, por período de 48 horas à temperatura de 4°C para a determinação da perda por exsudação, conforme metodologia descrita por Rasmussen & Anderson (1996). A determinação da porcentagem de perda por exsudação foi realizada pela diferença entre o peso final e peso inicial da amostra conforme a seguinte equação: $\%PE = (Pf - Pi) \times 100 / Pi$, sendo que PE = perda de exsudato; Pf = peso final da amostra; Pi = peso inicial da amostra.

O Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) foi avaliado segundo Culler et al. (1978). Para a determinação do MFI foram separados 3g do músculo *Pectoralis major*, adicionados 30ml de TMFI (tampão de índice de fragmentação miofibrilar). As amostras foram homogeneizadas e centrifugadas a 1200XG por 17 minutos à temperatura de 2°C, descartando-se o sobrenadante. O sedimento foi dissolvido em 30ml de TMFI (2°C), utilizando um bastão de vidro até completa dissolução do sedimento e centrifugado novamente. Foi descartado o sobrenadante e o sedimento ressuspense em 8ml de TMFI (2°C). As amostras foram filtradas e armazenadas em tubos (15ml) identificados e refrigerados. Em seguida, foi extraída a proteína, em duplicata para cada suspensão. Foram colocados 0,75ml de TMFI e 0,25ml de amostra em tubo de ensaio e adicionado 4ml de reagente de biureto. Posteriormente foram realizadas as leituras em absorbância no comprimento de onda de 540nm, sendo obtidos os valores de MFI pelo seguinte cálculo $MFI = 200 \times \text{absorbância obtida}$.

Para a perda de peso por cocção, amostras de filés de peito foram colocadas em embalagens plásticas e cozidas em banho-maria a 85°C por 30 minutos, até atingir uma temperatura interna final de 75 a 80°C. Após o cozimento, os filés foram resfriados em

temperatura ambiente e pesados novamente. A diferença entre o peso inicial (*in natura*) e final (cozido) correspondeu a perda de peso por cozimento (Honikel, 1987). Na determinação da força de cisalhamento foram utilizadas as amostras usadas para determinação da perda de peso por cozimento, que após pesados foram embrulhados em papel alumínio e mantidos sob temperatura de 5°C *over night*. Para essa avaliação foi utilizado o texturômetro TAXT plus (*Stable Micro Systems*), equipado com dispositivo *Razor Blade*. O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5kg e padrão rastreável, sendo avaliados a energia (N*mm) e a força de cisalhamento (N) segundo preconizado por Cavitt et al. (2004). A velocidade de descida do dispositivo foi de 10mm/s. Foram utilizados os filés intactos, usados para determinação da perda de peso por cozimento. Foram realizados cinco cortes na superfície cranial do filé de peito, sendo que os filés foram posicionados com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas *Razor Blade*.

Para a análise sensorial, as amostras de carne foram acondicionadas em papel alumínio e submetidas ao aquecimento em chapa elétrica com dupla resistência, regulada para 150°C, durante 6 minutos, sendo as amostras viradas após os três minutos, com temperatura interna final de 85°C. Depois disso, as amostras foram cortadas em cubos e colocadas em placas de petri, aquecidas em microondas por 25 segundos na temperatura máxima, até atingir 45-50°C e servidas imediatamente aos provadores. As avaliações sensoriais foram conduzidas conforme Roça et al. (1988), com 8 provadores experientes. Foram realizadas avaliações de aroma, sabor, maciez, suculência, mastigabilidade, através de escala não estruturada de nove pontos.

Foram realizados cinco painéis sensoriais durante três dias com os mesmos provadores nos dias diferentes, cada painel representando um tempo de desossa. Nesse

caso, foi avaliado o efeito da suplementação de vitamina 25-OHD₃ dentro de cada tempo de desossa. A avaliação dos parâmetros de aroma, sabor, maciez, suculência e mastigabilidade foram conduzidas seguindo a escala:

- Aroma: Escala não estruturada de nove centímetros variando do sem aroma ao muito intenso e característico;

- Aroma estranho: Escala estruturada, 1-nenhum, 2-extremamente fraco, 3-muito franco, 4-fraco, 5-moderadamente fraco, 6-moderadamente forte, 7-forte, 8-muito forte, 9 extremamente forte;

- Sabor: Escala não estruturada de nove centímetros variando do muito ruim ao muito bom;

- Sabor estranho: Escala estruturada, 1-nenhum, 2-extremamente fraco, 3-muito franco, 4-fraco, 5-moderadamente fraco, 6-moderadamente forte, 7-forte, 8-muito forte, 9 extremamente forte;

- Maciez: Escala estruturada, 1-extremamente macio, 2-muito macia, 3-moderadamente macia, 4-macia, 5- nem macia nem dura, 6-levemente dura, 7-moderadamente dura, 8-muito dura, 9-extremamente dura;

- Suculência: Escala estruturada, 1-extremamente seco, 2-muito seco, 3-moderadamente seco, 4-levemente seco, 5- nem seco nem suculento, 6-levemente suculento, 7-moderadamente suculento, 8-muito suculento, 9- extremamente suculento;

- Mastigabilidade: Escala não estruturada de nove centímetros variando de elástica, borrachenta, difícil de deglutir ao desintegra facilmente na boca, fácil de deglutir.

A fonte de vitamina D₃ (Rovimix[®]) e de vitamina 25-OHD₃ (HyD[®]) utilizada foi obtida da DSM[®] Produtos Nutricionais do Brasil. Foram realizadas análises das rações

experimentais (ração final) com relação aos seus principais componentes de interesse: proteína bruta (PB), teor de cálcio (Ca), vitamina D₃ e 25-OHD₃ (Tabela 2).

A análise de proteína bruta nas rações experimentais foi realizada no Laboratório de Bromatologia da FMVZ/UNESP campus Botucatu, e foi determinada pelo método de Kjeldahl-Micro (A.O.A.C., 1990 – 981.10) para determinação do nitrogênio total, multiplicando o valor resultante da titulação pelo fator 6,25.

A avaliação do teor de cálcio na ração foi realizada no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP campus Botucatu, feita através de espectrometria de absorção atômica, pesando-se 0,1g de ração que foi colocado diretamente em balões de digestão para mineralização da matéria orgânica. Em seguida, foram adicionados 5mL de ácido nítrico suprapuro mais 3,5mL de peróxido de hidrogênio 30%*m/m*. O extrato ácido resultante foi transferido para balões volumétricos de 10mL e os volumes foram acertados com água deionizada. As determinações de cálcio foram feitas por espectrometria de absorção atômica utilizando-se equipamento da Shimadzu AA-6800 e as condições descritas no manual do fabricante (Marckzenko, 1976).

As análises de vitamina D₃ e 25-OHD₃ na ração foram encaminhadas para o Laboratório da DSM Nutritional Products® (R&D, Analytical Research Center - ARC), na Suíça. A análise de vitamina D₃ seguiu a metodologia descrita por Mattila (1995) e para a 25-OHD₃ seguiu os procedimentos descritos por Hofmann et al. (2003). Para ambas as análises foi utilizada a cromatografia líquida de alta performance (HPLC).

Tabela 2. Teores de proteína bruta (PB) e cálcio (Ca), vitamina D₃ e 25-OHD₃ analisadas nas rações experimentais na fase final de criação.

Nutriente	2.500	5.000
PB (%) ¹	19,40	18,18
Ca (%) ²	1,068	1,262
Vitamina D ₃ (UI/kg) ³	3.490	3.350
25-OHD ₃ (UI/kg) ³	-	1.652

¹Análises realizadas no laboratório de Bromatologia da FMVZ/UNESP, ²Análises realizadas no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP. ³Análises realizadas no R&D, Analytical Research Center - ARC- DSM Nutritional Products.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e posteriormente ao teste de comparação de médias de Tukey para as variáveis com diferença estatística com 5% de significância, utilizando o procedimento GLM do programa estatístico SAS (SAS Institute, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para as análises das rações experimentais (ração final) com relação aos seus principais componentes de interesse: proteína bruta (PB) e teor de cálcio (Ca) são apresentados na Tabela 2. Os resultados de proteína bruta foram de 19,40 e 18,18%, para a ração controle e suplementada (5.000UI de vitamina D₃), respectivamente. Esses valores estão próximos as recomendações para a ração final de 17,86%, conforme consta na Tabela 1.

Com relação aos teores de cálcio na ração final os valores estão ligeiramente acima do recomendado para esta fase 0,756%, porém a ração suplementada (5.000UI) apresentou maior porcentagem de cálcio (1,262%) em relação a controle (1,068%).

Por se tratar de um trabalho inédito a discussão dos resultados será baseada em trabalhos realizados em outras espécies de animais e ainda, com relação a suplementação, a maioria dos trabalhos utilizam a suplementação de vitamina D₃ e poucos de 25-OHD₃.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados da análise de pH da carne de peito de frangos de corte que receberam ração controle com 2.500UI de vitamina D₃ por sete dias ou suplementada com 5.000UI de vitamina D₃ por cinco dias antes do abate e os diferentes tempos de desossa da carne. Não houve efeito ($P>0,05$) entre o pH das carcaças suplementadas ou não com vitamina 25-OHD₃, ou seja, a suplementação não influenciou o pH final da carne de frango. Da mesma forma, Wiegand et al. (2002) trabalhando com suplementação dietética de vitamina D₃ na ração final não encontraram diferenças no pH da carne suína. Em seus estudos, Karges et al. (2001) e Montgomery et al. (2002) não encontraram diferenças no pH mensurado as 24 horas *post-mortem* na carne de bovinos que receberam ou não suplementação com vitamina D₃. Porém, Montegomery et al. (2004) encontraram para o pH 24 horas *post-mortem* (final) na carne de novilhas confinadas, diferença entre as que receberam suplementação com diferentes níveis de vitamina D₃ em relação as que receberam ração controle sem suplementação, sendo que nas carcaças do grupo controle foram observados menores valores de pH em relação as demais, suplementadas com vitamina D₃.

Não houve efeito da interação entre suplementação e tempo de desossa para o parâmetro avaliado. Entretanto, foi observado o efeito ($P\leq 0,05$) do tempo de desossa

para as carcaças desossadas com 0,5 horas *post-mortem* (desossa á quente), as quais obtiveram o menores valores de pH em relação as carcaças desossadas com 1h45min, 6 e 24 horas *post-mortem* e não diferiram das desossadas 4 horas. De um modo geral, o pH final quase não variou pois foi mensurado às 24 horas quando o consumo das reservas glicolíticas de ATP do músculo já haviam se esgotado, o que se traduz no abaixamento do pH pelo acúmulo de ácido láctico resultante desta quebra.

Tabela 3. Valores de pH da carne de frango submetidos ou não a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos de desossa da carne.

Desossa (Horas)/Suplementação	pH		Média
	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	
0,5	5,76	5,73	5,74c
1,75	5,90	5,83	5,87a
4	5,78	5,80	5,79bc
6	5,82	5,85	5,84ab
24	5,83	5,82	5,82ab
Média	5,82	5,81	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,6206
Desossa (D)			0,0098
SXD			0,5741
CV (%)			2,75

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Cavitt et al. (2005) trabalharam com diferentes tempos de desossa *post-mortem* (0,25; 1,5; 3; 6 e 24 horas) da carne de peito de frangos de corte e observaram que o pH muscular diminuiu, obtendo menores valores para o pH 6 e 24 horas que não diferiram entre si.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados para a cor (L*, a* e b*) da carne de peito de frango de corte que receberam ração suplementada ou não com 25-OHD₃ e

diferentes tempos de desossa *post-mortem*. Foram encontradas diferenças ($P \leq 0,05$) entre o tratamento com suplementação de vitamina 25-OHD₃ e o controle apenas para o valor L*, sendo que as aves suplementadas apresentaram carne com maior teor de luminosidade (46,74) quando comparadas ao controle (46,09). Entretanto, Enright et al. (1998) relataram menor valor de L* para carne de suínos suplementados com vitamina D₃. Em seus estudos, Wiegand et al. (2002) encontraram diferenças no valor L* aos 7 e 14 dias *post-mortem* na carne de suínos suplementados ou não com vitamina D₃, porém os maiores valores L* foram encontrados para os suínos que receberam ração controle. Resultados distintos também foram encontrados por Montgomery et al. (2002, 2004) que não encontraram diferenças para o teor de luminosidade da carne (L*) de bovinos que receberam dieta controle ou suplementada com diferentes doses de vitamina D₃, por nove e oito dias consecutivos antes do abate.

De acordo com Olivo et al. (2001), a cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros importantes componentes, como as fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne. As medidas de cor consideradas normais variam de acordo com os valores encontrados por cada autor. De acordo com Woelfel et al. (2002), para o parâmetro L* ser considerado normal em filé de frango, o valor deve ser menor que 52,15. Segundo Barbut (1993), a carne de frango é considerada normal quando o valor L* se encontra na faixa de 45 a 50. Neste estudo, mesmo com maior valor L* obtido para as amostras de carne de frango que receberam suplementação de vitamina 25-OHD₃ (46,74), pode-se inferir que os resultados se encontram dentro do considerado normal para carne de frangos.

Foram observadas diferenças ($P \leq 0,05$) para o valor L^* entre os diferentes tempos de desossa da carne do peito. Com relação aos tempos de desossa foi possível observar que quando as carcaças foram desossadas com 6 e 24 horas *post-mortem*, a carne apresentou os maiores valores L^* , ou seja, carnes mais claras quando comparadas as amostras desossadas com 0,5; 1h45min e 4 horas *post-mortem*. Resultados semelhantes foram relatados por Huezo et al. (2007) que trabalhando com diferentes tempos de desossa, imediatamente após o resfriamento, 1h40min após o resfriamento e com 24 horas *post-mortem*, observaram diferenças, sendo que quanto maior o tempo de desossa, maior foi a luminosidade da carne de peito (46,8; 48,9 e 49,8, respectivamente). Resultados contrários foram encontrados por Souza et al. (2005) que não encontraram diferença na cor da carne de peito (L^* , a^* e b^*) medida 24 horas *post-mortem* para os diferentes tempos de desossa em frangos de corte. De acordo com Scatoline et al. (2006), não foram observadas diferenças na luminosidade L^* da carne de frangos que passaram por diferentes períodos de desossa.

Para os teores de vermelho da carne (a^*) não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) entre a suplementação, os tempos de desossa da carne, e interação entre esses. Resultados semelhantes foram encontrados por Montgomery et al. (2002) que não encontraram diferenças para o teor de vermelho da carne de bovinos suplementados com diferentes doses de vitamina D_3 em relação ao controle sem suplementação na dieta. Porém, se tratando de suplementação de vitamina D_3 , Wiegand et al. (2002) encontraram maiores valores de a^* para as carnes de suínos suplementadas com vitamina D_3 e analisadas aos 14 dias *post-mortem* em relação ao controle (sem suplementação). Com relação aos tempos de desossa da carne de frango, resultados

distintos foram encontrados por Scatolini et al. (2006) que encontraram carnes com maiores teores de vermelho quando a desossa foi efetuada logo após o gotejamento.

Para o teor de amarelo da carne (b^*), houve diferença ($P \leq 0,05$) apenas entre os tempos de desossa da carne, sendo que, quanto maior os tempos de desossa, ou seja, 6 e 24 horas *post-mortem*, maiores foram os teores de b^* da carne de peito de frango. Resultados diferentes foram encontrados por Huezo et al. (2007) que relataram não haver diferenças para o teor de amarelo da carne submetida a diferentes tempos de desossa. Não houve diferenças significativas no teor de amarelo da carne (b^*) entre as amostras suplementadas ou não com 25-OHD₃. Da mesma forma Wiegand et al. (2002) não encontraram diferenças no teor de b^* para carne de suínos suplementados ou não com vitamina D₃.

Os resultados da análise de perda de exsudato estão apresentados na Tabela 5. Não foram observadas diferenças significativas entre as amostras submetidas ou não à suplementação com vitamina 25-OHD₃, assim como para a interação entre esses tratamentos ($P > 0,05$). Porém foram observadas diferenças ($P \leq 0,05$) entre os diferentes tempos de desossa da carne de frangos de corte para esse parâmetro, sendo que quanto maior o tempo de desossa das carcaças, ou seja, 6 e 24 horas *post-mortem*, maiores foram as perdas de exsudato. Esses resultados estão de acordo com o observado por Northcutt et al. (1994) que relataram que filés de peito perdem cerca de 0,4% de seu peso (perda por gotejamento), durante as primeiras 6 horas *post-mortem* e aproximadamente 1% após 24 horas *post-mortem*.

Tabela 4. Valores de Cor (L*, a* e b*) da carne de frangos submetidos a suplementação com 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.

L*			
Desossa (Horas)/Suplementação	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
0,5	43,9	46,01	44,96c
1,75	45,19	46,03	45,61bc
4	46,57	45,78	46,18b
6	47,43	48,42	47,93a
24	47,37	47,42	47,39a
Média	46,09B	46,74A	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,0406
Desossa (D)			<0,0001
SXD			0,0559
CV (%)			4,79
a*			
0,5	5,36	5,24	5,3
1,75	4,64	5,07	4,86
4	4,85	5,03	4,94
6	5,12	4,54	4,83
24	4,66	4,69	4,68
Média	4,93	4,91	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,9192
Desossa (D)			0,1542
SXD			0,3417
CV (%)			22,86
b*			
0,5	-0,06	0,84	0,39c
1,75	-0,13	0,5	0,19c
4	0,83	0,32	0,58bc
6	1,29	1,21	1,25a
24	1,31	0,96	1,14ab
Média	0,65	0,77	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,5070
Desossa (D)			0,0004
SXD			0,0571
CV (%)			179,17

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

A maior perda de exsudato foi obtida para as carcaças desossadas com 24 horas *post-mortem*, sendo de 2,27%, e diferiu dos tempos de desossa 0,5 e 4 horas *post-mortem*. Deste modo, como essa análise expressa a quantidade de líquido exsudado da carne, pode-se dizer as amostras desossadas com 24 horas *post-mortem*, proporcionaram maiores perdas de exsudato em relação às desossadas com 0,5 e 4 horas *post-mortem*. De acordo com Huezo et al. (2007), que se basearam em seus e outros estudos, filés desossados com 24 horas *post-chiller* devem ter uma maior perda de umidade antes da desossa em comparação com filés desossados com período *post-mortem* anterior a 24 horas.

Os menores valores para a perda de exsudato foram obtidos para as carcaças desossadas com 0,5 horas, ou seja, desossadas á quente que apresentou o valor médio de 1,70%. Esses resultados corroboram com os obtidos por Olivo et al. (2001) que encontraram valores de 1,70% para a perda de exsudato da carne de frangos. Entretanto, Zhuang et al. (2008) encontraram valores mais elevados para perda de exsudato nas carcaças de frango desossadas a quente, as quais apresentaram o valor de 3,6%.

Com relação as carcaças desossadas com 1h45min, 4 e 6 horas *post-mortem* os valores foram de 1,93; 1,92 e 2,14%, respectivamente. Esses resultados não diferiram entre si ($P>0,05$). Os valores encontrados na literatura variam bastante com relação as perdas de exsudato principalmente devido ao período em que as carcaças foram desossadas. Sanfelice et al. (2010) encontraram valores de 1,64% para carne de matrizes de corte desossadas logo após o resfriamento, entretanto valores um pouco mais elevados foram obtidos neste trabalho (1,93%), para peitos de frango desossados logo após o resfriamento. Zhuang et al. (2008) encontraram em peitos de frangos desossados

com 4 horas *post-mortem* valores de perda de exsudato um pouco mais elevados de 2,3%, com relação ao obtido neste trabalho que foi de 1,92%.

A perda de exsudato, que é a consequência do encolhimento *post-mortem* das miofibrilas, devido a diminuição do pH, é um dos principais fatores na diminuição da qualidade dos produtos cárneos nas indústrias (Jensen et al., 1998). Devido a isso, valores baixos de perda de exsudato são desejáveis, pois indicam menores perdas durante o processamento e manipulação da carne, e ainda servem como indicativo para a medida da capacidade de retenção de água da carne.

Tabela 5. Valores de perda de exsudato da carne de frango submetidos à suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos desossa.

Perda de exsudato (%)			
Desossa (Horas)/Suplementação	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
0,5	1,54	1,86	1,70c
1,75	1,95	1,90	1,93abc
4	2,02	1,81	1,92bc
6	2,16	2,11	2,14ab
24	2,07	2,47	2,27a
Média	1,95	2,03	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,4562
Desossa (D)			0,0178
SXD			0,3545
CV (%)			39,80

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da perda de peso por cozimento (PPC) da carne de frangos que receberam ração controle ou suplementada com vitamina 25-OHD₃ e diferentes tempos de desossa. Não foram observadas diferenças

significativas na PPC entre os diferentes tempos de desossa. Esse resultado está de acordo com Souza et al. (2005) que analisaram a carne de peito de frangos em diferentes períodos de desossa após o resfriamento e relataram que o tempo de desossa não afetou as perdas por cocção por um período de até 24 horas. E também outros pesquisadores como Mehaffey et al. (2006) e Zhuang et al. (2007) não encontraram diferenças para as perdas por cocção entre os tempos de desossa 2 e 4 horas *post-mortem* para carne de peito de frangos. Entretanto Sanfelice et al. (2010), encontraram diferença nos valores de PPC da carne de peito de matrizes pesadas desossadas nos tempos zero, 4; 8 e 12 horas *post-mortem*, sendo que os peitos desossados com 4 horas apresentaram menores perdas quando comparados aos desossados com 8 horas *post-mortem*.

Tabela 6. Valores de perda de peso por cozimento da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.

Perda de peso por cozimento (%)			
Desossa (Horas)/Suplementação	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
0,5	25,54	27,52	26,53
1,75	26,75	27,83	27,29
4	25,93	25,77	25,85
6	26,14	26,88	26,51
24	24,90	25,35	25,13
Média	25,85	26,67	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,1032
Desossa (D)			0,0744
SXD			0,7269
CV (%)			13,27

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Não houve efeito da suplementação e da interação na PPC ao nível de 5% de significância. Resultados semelhantes foram encontrados por Wilborn et al. (2004) que trabalhando com suplementação de vitamina D₃ em suínos também não encontraram diferenças para a PPC em animais suplementados com essa vitamina antes do abate. A perda de peso por cozimento representa o quanto de peso que a carne perde após o seu cozimento, ou seja, está relacionada ao rendimento dos produtos após o cozimento, sendo um fator de relevância econômica para elaboração de produtos processados (Moreira, 2005).

Os resultados da força de cisalhamento (FC) mensurados através do método *Razor Blade* em termos de área necessária para cisalhar a carne de peito são apresentados na Tabela 7. Não houve diferenças ($P>0,05$) para a força de cisalhamento entre os grupos, suplementado e controle. Não foi observada interação significativa entre a suplementação e os tempos de desossa para este parâmetro. Esses resultados não estão de acordo com o esperado, pois se pretendia encontrar através da suplementação de vitamina 25-OHD₃ carnes com força de cisalhamento mais baixas e assim, mais macias, o que não ocorreu. Porém, muitos resultados positivos para esta suplementação (25-OHD₃ ou de D₃) como os descritos abaixo, foram obtidos por pesquisadores que trabalharam com bovinos.

Carnagey et al. (2008) encontraram menores valores para a força de cisalhamento da carne de novilhas suplementadas oralmente com 500mg de 25-OHD₃ por 14 dias antes do abate quando comparadas ao grupo controle. Também Montgomery et al. (2004) relataram que a suplementação de vitamina D₃ por 8 dias consecutivos antes do abate, em bovinos, foi suficiente para aumentar a maciez de diversos cortes cárneos dessa espécie animal pela elevação da concentração de cálcio, atividade da calpaína e

proteólise muscular. Ainda, Swanek et al. (1999) e Karges et al. (2001) encontraram menor força de cisalhamento para carne de novilhas de corte suplementadas com vitamina D₃ antes do abate quando comparadas ao grupo controle.

Swanek et al. (1999) demonstraram que o fornecimento de $7,6 \times 10^6$ de UI/animal durante dez dias antes do abate permitiu uma quantidade de cálcio livre no músculo suficiente para ativar as calpaínas I e II e, desta forma, promover o amaciamento da carne. Karges et al. (2001) relataram que a suplementação de 6×10^6 UI de vitamina D₃ melhorou a maciez da carne e atribuíram esta melhora devido ao aumento das concentrações de cálcio no plasma sanguíneo. Por fim, Rider Sell et al. (2004) encontraram menor força de cisalhamento para carne de vacas de descarte suplementadas com $7,5 \times 10^6$ de vitamina D₃ por 7 dias antes do abate quando comparadas ao grupo controle.

Entretanto, existe uma grande variação com relação aos resultados obtidos para a força de cisalhamento da carne de animais que foram suplementados com vitamina 25-OHD₃ e D₃, e alguns dados da literatura revelam a falta de resposta positiva, podendo atribuir isto a diversos fatores como: utilização de baixas dosagens de suplementação, ou dosagens incapazes de aumentar o teor de cálcio muscular, e ainda pelo longo ou insuficiente tempo de administração antes do abate, para que se obtenham melhores respostas.

Desta forma outros pesquisadores não encontraram efeito na maciez da carne quando a suplementação de vitamina 25-OHD₃ ou D₃ foi adicionada na dieta. O que se comprova pelos resultados de Wertz et al. (2004) que não encontraram diferença na maciez da carne de novilhas suplementadas com 25-OHD₃, em relação as que não receberam a suplementação. Da mesma forma, Wiegand et al. (2002) não encontraram

diferenças na maciez da carne de suínos suplementados com vitamina D₃ por 3 dias antes do abate. Em outra pesquisa, Wiegand et al. (2001) não encontraram resultados para a suplementação de vitamina D₃ em cordeiros, e atribuiu este resultado à baixa concentração de cálcio muscular. Também Wilborn et al. (2004) não encontraram diferenças com relação a maciez na carne de suínos suplementados com vitamina D₃, os autores relatam que houve o aumento nas concentrações de vitamina D₃ e 25-OHD₃ no músculo conforme se aumentou os níveis de vitamina D₃ na dieta, no entanto o mesmo não ocorreu para o cálcio muscular, que não apresentou aumento ao longo dos dias de suplementação.

Com relação aos diferentes tempos de desossa da carne, foram encontradas diferenças significativas para a força de cisalhamento da carne de peito de frangos. Conforme aumentou o tempo de desossa, menores foram os resultados obtidos para este parâmetro. Esse resultado já era esperado e foi constatado por pesquisas anteriores (Lyon & Lyon, 1990), pois com a resolução do *rigor mortis* e consumo das reservas de ATP, cessam-se as contrações muscular e as fibras mesmo ao serem cortadas não sofrem o processo de encurtamento e portanto, tendem a ficar mais macias. Deste modo, quanto mais prolongado o tempo entre o abate e a desossa (ponto em que se completa o consumo das reservas de ATP), melhor será a maciez da carne.

Quando se avaliou a área pela técnica *Razor blade*, as carcaças desossadas com 0,5; 1h45min e 4 horas *post-mortem* apresentaram os maiores valores de FC (161,67; 171,91 e 157,19 N.mm, respectivamente) quando comparados aos demais tratamentos 6 e 24 horas *post-mortem* (120,89 e 131,05 N.mm, respectivamente) que não diferiram entre si. A melhora na maciez da carne ocorreu para as carcaças desossadas a partir das 4 horas *post-mortem*, porém a menor força de cisalhamento, ou seja, maior maciez da

carne foi obtida para as carcaças desossadas com 6 horas e 24 horas *post-mortem* quando comparados aos demais tempos de desossa. Resultados semelhantes foram encontrados por Fanatico et al. (2005) que obtiveram valores de 120,41 N.mm para a FC da carne de frangos de corte de rápido crescimento, desossados com 6 horas *post-mortem*. Também Cavitt et al. (2004) encontraram os melhores valores de FC (136,28 N.mm) para carne de peito de frangos de corte desossados às 6 horas *post-mortem*, estes autores trabalharam com vários tempos de desossa (0,25; 1,25; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 6 e 24 horas) e encontraram melhora nos resultados de FC para os peitos desossados a partir das 3,5 horas.

Xiong et al. (2006) encontraram melhores valores de FC de 124,36 N.mm para as carcaças de frango desossadas com 6 horas *post-mortem*, valor inclusive bem próximo ao obtido neste trabalho (120,89 N.mm). Esses pesquisadores trabalharam com diferentes tempos de desossa (0,25; 1,25; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 6 e 24 horas *post-mortem*) e obtiveram melhora na FC para carnes desossadas a partir das 4 horas *post-mortem*, da mesma forma do encontrado neste trabalho, em que a melhora ocorreu a partir das 4 horas *post-mortem*.

Zhuang et al. (2007) encontraram diferença na FC da carne de peito de frangos desossados com 2 e 24 horas *post-mortem*, sendo os melhores valores obtidos para as carcaças desossadas com 24 horas *post-mortem*. Da mesma forma, Lyon et al. (2003) obtiveram diferença na FC da carne de peito de matrizes pesadas, que passaram por diferentes tempos de desossa (2; 4; 8 e 24 horas *post-mortem*), e os melhores resultados foram obtidos para as matrizes desossas com 24 horas *post-mortem* diferindo ($P \leq 0,05$) dos demais tempos. Sanfelice et al. (2010) trabalhando com diferentes tempos de desossa (zero, 4, 8 e 12 horas *post-mortem*) também encontraram diferença na FC da

carne de peito de matrizes pesadas, entretanto obtiveram diferença (P>0,05) apenas entre as desossadas logo após o resfriamento em relação aos demais tempos (4, 8 e 12 horas), os quais resultaram em carne mais macia.

Tabela 7. Valores de Força de cisalhamento da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.

Força de cisalhamento – Razor Blade Área (Newton.mm)			
Desossa (Horas)/Suplementação	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
0,5	157,29	166,05	161,67a
1,75	167,41	176,40	171,91a
4	154,95	159,43	157,19b
6	118,43	123,35	120,89c
24	136,62	125,49	131,05c
Média	146,94	150,14	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,4769
Desossa (D)			<0,0001
SXD			0,4505
CV (%)			18,29

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Na Tabela 8 são apresentados os resultados da análise de índice de fragmentação miofibrilar (MFI) das amostras de carne de peito submetidas ou não à suplementação de vitamina 25-OHD₃ e diferentes tempos de desossa *post-mortem*. Não foram encontradas diferenças (P>0,05) para o MFI entre as aves suplementadas ou não com vitamina 25-OHD₃.

Foi observado efeito significativo dos tempos de desossa nos valores de MFI, no qual foram observados os maiores valores para a carne submetida a desossa com 24 horas *post-mortem* (112,81) em comparação aos demais tempos de desossa de 0,5; 1,75;

4 e 6 horas (101,73; 99,26; 113,27 e 105,63, respectivamente). Esse resultado mostra que as carcaças desossadas com 24 horas *post-mortem* tiveram a maior fragmentação das miofibrilas e conseqüentemente, é provável que tenha ocorrido aumento da maciez da carne de peito quando comparado aos demais tempos de desossa, o que se comprova pela análise objetiva da maciez da carne, pois a força de cisalhamento das amostras desossadas com 24 horas *post-mortem* apresentou menores valores quando comparado aos tempos 0,5; 1,75 e 4 horas *post-mortem*. Resultados distintos foram encontrados por Sanfelice et al. (2010) que não observaram diferenças nos valores de MFI da carne de peito de matrizes desossadas com zero, 4, 8 e 12 horas *post-mortem*.

Tabela 8. Valores de Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.

Desossa (Horas)/Suplementação	MFI		Média
	Controle (2.500UI)	Suplementado (6.000UI)	
0,5	95,52	107,95	101,73b
1,75	98,88	99,64	99,26b
4	107,50	119,04	113,27a
6	108,01	103,24	105,63ab
24	112,86	112,77	112,81a
Média	104,55	108,53	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,2205
Desossa (D)			0,0183
SXD			0,3532
CV (%)			16,58

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Os resultados da análise sensorial da carne de peito de frangos de corte submetidos a suplementação de vitamina 25-OHD₃ e diferentes tempos de desossa são

mostrados nas Tabela 9 a 11. Foram realizados cinco painéis sensoriais na tentativa de identificar, através de provadores, as diferenças entre as amostras dos tratamentos suplementado e controle. Deste modo, foram avaliados, dentro de cada tempo de desossa, os efeitos da suplementação com vitamina 25-OHD₃ ou o controle, sendo que cada painel representou um tempo de desossa da carne de peito.

Na Tabela 9 são apresentados os resultados da avaliação sensorial de aroma e presença de aroma estranho da carne de frango suplementada ou não com vitamina 25-OHD₃ e submetida a diferentes tempos de desossa. Não foram observadas diferenças significativas para a carne de peito de frangos de corte entre as aves que receberam ração controle e suplementado, tanto para o aroma e aroma estranho em nenhum dos tempos de desossa avaliados. Quando se observa os resultados do quesito aroma da carne de frango, nota-se que os provadores foram unânimes em mencionar a intensidade de aroma da carne que variou de 6,33 a 7,81, representando carne de moderada a forte aroma característico de frango, em uma escala que varia de 1 a 9, sendo 1 menor intensidade de aroma característico e 9 maior intensidade. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Komiyama et al. (2010) que obteve valores médios de 6,4 para a intensidade de aroma da carne de peito de frango de corte.

Com relação a intensidade de aroma estranho na carne de frango, independente do tratamento, a carne apresentou valores variando de 1,83 a 2,75. Isso representa que a carne de peito apresentou de nenhum a extremamente fraca intensidade de sabor estranho.

Tabela 9. Análise sensorial de aroma e aroma estranho da carne de frango submetidos a suplementação de vitamina 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.

Desossa (horas post- mortem)	Aroma				Aroma Estranho			
	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
0,5	7,23	6,33	0,1152	19,82	2,75	2,33	0,6596	89,92
1,75	6,68	6,73	0,9369	22,78	1,92	2,00	0,9065	87,71
4	7,20	7,72	0,2878	15,58	1,83	2,00	0,7884	78,39
6	7,47	7,81	0,4601	14,57	2,00	1,92	0,9152	96,71
24	7,58	7,26	0,5077	15,93	1,83	1,83	1	91,07

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na Tabela 10 são apresentados os resultados da análise sensorial quanto ao sabor e presença de sabor estranho da carne de peito de frangos de corte, suplementados ou não com 25-OHD₃. Não houve diferenças significativas para esses parâmetros sensoriais entre os tratamentos controle e suplementados em todos os tempos de desossa avaliados. Também Wilborn et al. (2004) estudando os efeitos da suplementação dietética de vitamina D₃ em suínos antes do abate não observaram o efeito da suplementação dessa vitamina no sabor da carne.

Tabela 10. Análise sensorial do sabor e sabor estranho da carne de frango submetidos a suplementação de vitamina 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.

Desossa (horas post- mortem)	Sabor				Sabor Estranho			
	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
0,5	7,45	6,85	0,2429	16,59	2,16	1,83	0,6714	94,94
1,75	7,03	7,03	0,9907	24,67	2,27	1,83	0,5019	75,39
4	6,98	7,25	0,6523	20,74	1,92	1,83	0,9048	89,95
6	7,31	7,78	0,2783	13,51	1,75	2,00	0,7453	99,29
24	7,45	7,43	0,9717	15,30	1,66	2,00	0,6030	84,39

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

O sabor da carne de peito apresentou valores entre 6,85 a 7,78, o que representa carne com boa intensidade de sabor. Da mesma forma, Komiyama et al. (2010) encontraram valores médios de 7,3 para o sabor da carne de peito de frangos. Quando se avaliou o sabor estranho, os valores médios atribuídos pelos provadores para a carne de peito variou de 1,66 a 2,27, o que representa nenhuma ou extremamente fraca presença de sabor estranho.

Os resultados para textura, suculência e mastigabilidade da carne de peito de frangos de corte submetidos a dois tratamentos de suplementação de vitamina 25-OHD₃ em vários tempos de desossa são apresentados na Tabela 11. Não foram observadas diferenças na textura, suculência e mastigabilidade entre as amostras controle e suplementada com vitamina 25-OHD₃ em todos os tempos de desossa.

Para a textura, independente do tratamento, os provadores classificaram a carne de peito de frango como muito macia a moderadamente macia representada pelas médias variando de 2,67 a 3,50. Da mesma forma, Rider Sell et al. (2004), não encontraram diferenças na textura da carne de novilhas suplementadas com vitamina D₃ em relação ao controle.

Quando avaliada a suculência, as amostras foram classificadas como levemente seco a levemente suculento, independentemente do tratamento, apresentando valores médios de suculência entre 4,58 a 5,5. Da mesma forma, Wilborn et al. (2004) não observaram o efeito da suplementação de vitamina D₃ na suculência da carne de suínos suplementados antes do abate. Com relação a mastigabilidade, as amostras apresentaram valores médios entre 6,43 a 7,75, e os provadores classificaram a carne como de fácil desintegração na boca e facilidade de deglutição, concordando com os demais

parâmetros de avaliação da maciez da carne. Também Komiyama et al. (2010) encontraram valores médios de 6,9 para a mastigabilidade da carne de peito frangos.

Tabela 11. Análise sensorial da textura, suculência e mastigabilidade da carne de frango submetidos a suplementação de vitamina 25-OHD₃ na dieta final e cinco tempos de desossa.

Textura				
Desossa (horas <i>post-mortem</i>)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
0,5	3,50	3,33	0,7924	44,85
1,75	2,67	3,16	0,4175	50,82
4	3,00	3,17	0,8065	53,41
6	3,00	2,83	0,7640	46,04
24	3,17	2,67	0,4880	59,53
Suculência				
Desossa (horas <i>post-mortem</i>)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
0,5	4,83	4,58	0,7242	36,39
1,75	5,50	4,83	0,3200	31,06
4	5,50	4,67	0,2891	36,96
6	4,92	5,17	0,7459	37,01
24	5,00	4,92	0,9152	38,20
Mastigabilidade				
Desossa (horas <i>post-mortem</i>)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
0,5	6,54	6,71	0,8032	25,63
1,75	7,26	6,43	0,2332	24,34
4	6,99	6,65	0,6656	28,01
6	7,75	7,73	0,9487	12,17
24	7,40	7,73	0,4981	15,28

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados é possível concluir que a suplementação de 5.000UI de vitamina D/kg de ração por cinco dias consecutivos antes do abate não conduz a alterações expressivas na qualidade da carne e não aumenta a maciez. Entretanto, os

diferentes tempos de desossa conduzem a modificação na maioria dos parâmetros de qualidade da carne como pH, cor (luminosidade e teor de amarelo), perda de exsudato, índice de fragmentação miofibrilar e melhora representada principalmente pela menor força de cisalhamento da carne obtida para as amostras desossadas com 6 horas *post-mortem*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, AOAC International, 1990. 1298p.
- BARBUT, S. Color measurement for evaluating the pale exsudative (PSE) occurrence in turkey meat. **Food Research international**, v.26, n.1, p. 39-43, 1993.
- CARNAGEY, K.M.; HUFF-LONERGAN, E.J.; TRENKLE, A. et al. Use of 25-hydroxyvitamin D₃ and vitamin E to improve tenderness of beef from the *longissimus dorsi* of heifers. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1649-1657, 2008.
- CAVITT, L.C.; MEULLENET, J.F.; GANDHAPUNENI R.K. et al. Rigor development and meat quality of large and small broilers and the use of Allo-Kramer shear, needle puncture, and Razor Blade shear to measure texture. **Poultry Science**, v.84, p.113-118, 2005.
- CAVITT, L.C.; YOUM, G.W.; MEULLENET, J.F.; et al. Prediction of poultry meat tenderness using Razor Blade shear, Allo-Kramer shear, and sarcomere length. **Journal of Food Science**, v.69, n.1, p.11-15, 2004.
- CULLER, R.D.; PARRISH JR., F.C.; SMITH, G.G. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical, and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.
- ENRIGHT, K.L.; ANDERSON, B.K.; ELLIS, M. et al. The effects of feeding high levels of vitamin D₃ on pork quality. **Journal of Animal Science**, v.76, (Suppl. 1), p. 149, 1998.
- FANATICO, A.C.; CAVITT, L.C.; PILLAI, P.B. et al. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: meat quality. **Poultry Science**, v.84, p.1785-1790, 2005.
- HOFFMANN, P.; GOESSL, R.; DENU, L. **Determination of 25-hidroxyvitamin D₃ (Hy-D) in animal feeds using d₆-25-hidroxyvitamin as internal standard**: DSM report, n 1012520, Method Report. Switzerland: DSM Nutritional Products, 2003.

- HONIKEL, K.O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: TARRANT, P.V. **Evaluation and control of meat quality in pigs**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p.273-283.
- HUALLANCO, M.B.A. **Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes de frango criados no sistema alternativo**. 2004. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- HUEZO, R.; NORTH CUT, J.K; SMITH, D.P. et al. Effect of Chilling Method and Deboning Time on Broiler Breast Fillet Quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v.16, p.537–545. 2007.
- JENSEN C.; LAURIDSEN, C.; BERTELSEN, G. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. **Trends Food Science Technology**, v. 9, p. 62-72, 1998.
- KARGES, K.; BROOKS J. C.; GILL, D. R.; et al. Effects of supplemental vitamin D₃ on feed intake, carcass characteristics, tenderness, and muscle properties of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.79, p. 2844-2850, 2001.
- KOMIYAMA, C.M.; MENDES, A.A.; SANFELICE, C.; et al. Qualidade físico-química e sensorial da carne de peito de matrizes pesadas de descarte. **Ciência Rural**, v.40, n.7, p.1623-1629, Jul. 2010.
- LYON, C.E.; LYON B.G.; SAVAGE, E. M. Effect of Postchill deboning time on the texture profile of broiler breeder hen breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p. 348-355, 2003.
- LYON, C.E; LYON, B.G. The relationship of objective shear values and senso tests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, v.69, p.1420-1427, 1990.
- MARCKZENKO, Z. **Spectrometric Determination of Elements**. Chichester: Elli Horwood, 1976. 643p.
- MATTILA, P. **Analysis of cholecalciferol, ergocalciferol and their 25-hydroxylated metabolites in food by HPLC**. 1995. 144p. Dissertation (PhD) University Helsinki, Finland, 1995.
- MEHAFFEY, J.M.; PRADHAN, S.P.; MEULLENET, J.F. et al. Meat quality evaluation of minimally aged broiler breast fillets from five commercial genetic strains. **Poultry Science**, v.85, p. 902-908, 2006.
- MONTGOMERY, J.L.; BLANTON, J.R.; HORST Jr., R.L.; et al. Effect of supplemental vitamin D₃ concentration on concentrations of calcium, phosphorus, and magnesium relative to protein in subcellular components of the *longissimus* and

- the distribution of calcium within *longissimus* muscle of beef steers **Journal of Animal Science**, v.82, p. 2742-2749, 2004.
- MONTGOMERY, J.L.; CARR, M.A.; KERTH, C.R. et al. Effect of vitamin D₃ supplementation level on the postmortem tenderization of beef from steers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.971-981, 2002.
- MOREIRA, J. Causas da ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-las. In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI Qualidade da Carne de Aves Enfoque à Industrialização, 4. 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2005. p. 71-118.
- NORTHCUTT, J.K.; FOEGEDING E. A.; EDENS, F.W. Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. **Poultry Science**, v.73, p. 308-316, 1994.
- OLIVO, R.; SOARES, A.L.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, p. 271-283, 2001.
- RASMUSSEN, A.; ANDERSSON, M. New methods for determination of drip loss in pork muscles. In: XLII INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY - ICOMST, 42., 1996, Lillehammer. **Proceedings...** Lillehammer, 1996. p. 286-287.
- RIDER SELL, N.; MIKEL, W.B.; XIONG, Y.L. et al. Vitamin D₃ supplementation of cull cows: Effects on longissimus and semitendinosus muscle tenderness. **Journal of Animal Science**, v.82, p.225-230, 2004.
- ROÇA, R.O., SERRANO, A.M., BONASSI, I.A. Utilização de toucinho na elaboração de fiambres com carne de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.8, n.1, p.67-76, 1988.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186 p.
- SANFELICE, C.; MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M. et al. Avaliação do efeito do tempo de desossa sobre a qualidade da carne de peito de matrizes pesadas de descarte. **Acta Scientiarum/Animal Sciences**, v.32, n.1, p.85-92, 2010.
- SAS Institute. **SAS Use1s Guide**. Cary, 2004.
- SCATOLINI, A.M.; SOUZA, P. A.; SOUZA H.B.A.; et al. Efeito do período de desossa e do tempo de armazenamento em refrigeração na qualidade da carne de peito de frangos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.101, p. 257-262, 2006.

- SOUZA, P.A.; KODAWARA, L.M.; PELICANO, E.R.L. et al. Effect of deboning time on the quality of broiler breast meat (*Pectoralis Major*). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, n.2, p.123-128, 2005.
- SWANEK, S.S.; MORGAN, J.B.; OWENS, F.N.; et al. Vitamin D₃ supplementation of beef steers increases *longissimus* tenderness. **Journal of Animal Science**, v.77, p.874-881, 1999.
- VAN LAACK, R.L.J.M.; LIU, C.H.; SMITH, M.O. et al. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v.79, n.7, p.1057-1061, 2000.
- WERTZ, A.E.; KNIGHT, T.J.; TRENKLE, A. et al. Feeding 25-hydroxyvitamin D₃ to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1410-1418, 2004.
- WHIPPLE G., KOOHMARAIE, M. Calcium chorine marination effects on beef steak tenderness and calpain proteolytic activity. **Meat science**, v.33, p.265-269, 1993.
- WIEGAND, B.R., SPARKS, J.C., BEITZ, D.C. et al. Short-term feeding of vitamin D₃ improves color but does not change tenderness of pork-loin chops. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2116-2121, 2002. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/content/full/80/8/2116>> Acesso em: 07 Mar. 2010.
- WIEGAND, B.R.; PARRISH, F.C.; MORRICAL Jr, D.G. et al. Feeding high levels of vitamin D₃ does not improve tenderness of callipyge lamb loin chops. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2086-2091, 2001.
- WILBORN, B.S.; KERTH, C.R.; OWSLEY, W.F. et al. Improving pork quality by feeding supranutritional concentrations of vitamin D₃. **Journal of Animal Science**, v.82, p.218-224, 2004.
- WOELFEL, R.L.; OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M et al. The characterization and incidence of pale, soft and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v.81, n.4, p.579-584, 2002.
- XIONG, R.; CAVITT, L.C.; MEULLENET, J.F.; OWENS, C.M. Comparison of Allo-kramer, Warner-bratzler and Razor blade shears for predicting sensory tenderness of broiler breast meat. **Journal of Texture Studies**, v.37, p.179-199, 2006.
- ZHUANG, H.; NELSON, S.O.; TRABELSI, S. et al. Dielectric properties of uncooked chicken breast muscles from ten to one thousand eight hundred megahertz. **Poultry Science**, v.86, p.2433-2440, 2007.
- ZHUANG, H.; SAVAGE, E. M.; SMITH D. P. et al. Effect of dry-air chilling on warner-bratzler shear force and water-holding capacity of broiler breast meat deboned four hours postmortem. **International Journal of Poultry Science**, v.7 n.8, p.743-748, 2008.

CAPÍTULO 4

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA 25-HIDROXI-
COLECALCIFEROL (25-OHD₃) NA FASE FINAL E DO TEMPO
DE MATURAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE
DA CARNE EM FRANGOS DE CORTE**

Efeito da suplementação de vitamina 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) e do tempo de maturação sobre os parâmetros de qualidade da carne em frangos de corte

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação da vitamina 25-hidroxi-colecalciferol (25-OHD₃) na ração final aliado ao tempo de maturação sobre os parâmetros de qualidade da carne de frango, com o intuito de aumentar a maciez. Para tanto, foram utilizados 240 frangos de corte, com quatro repetições de 30 aves. Aos 35 dias, metade das aves recebeu ração com 2.500UI de vitamina D₃/kg por sete dias consecutivos (Controle) e a outra metade recebeu dieta com 5.000UI de vitamina D/kg de ração por cinco dias consecutivos antes do abate (Suplementado), segundo resultados prévios do Capítulo 2. Aos 42 dias de idade, 100 aves por grupo foram abatidas e as carcaças foram resfriadas por 15 minutos à 10°C e 40 minutos a 0°C e, após o resfriamento foram desossadas seguindo-se o melhor tempo de desossa obtido no capítulo 3 (6 horas *post-mortem*). As amostras identificadas foram embaladas em sacos plásticos, submetidos ao vácuo e maturadas a temperatura de 2°C ±1°C em câmara BOD. Após cada período de maturação foram avaliados pH, cor objetiva, perda de exsudato, e congelado material para perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e análise sensorial. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e ao teste de comparação de médias, ao nível de 5% de significância. Não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) entre as aves que receberam ração controle ou suplementada. Foi observado o efeito dos tempos de maturação ($P\leq 0,05$) sobre o pH, cor (L^* e b^*) e MFI. Conclui-se que a suplementação de 25-OHD₃ não resultou na melhora dos parâmetros de qualidade e na maciez da carne, e os diferentes tempos de maturação não conduziram a mudanças expressivas nos parâmetros de qualidade de carne analisados.

Palavras-chave: aves, cálcio, cor, maciez

Effect of 25-hydroxy-cholecalciferol (25-OHD₃) vitamin supplementation and aging time on meat quality of broilers chickens

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the effect of 25-hydroxy-cholecalciferol (25-OHD₃) supplementation in the final diet coupled with aging time on meat quality parameters of broiler in order to increase its tenderness. For this, there were housed 240 broiler chickens with four replicates of 30 birds. At 35 days, half of the birds received diet with vitamin 2.500UI D₃/kg for seven consecutive days (Control) and the other half received 5,000UI of vitamin D/kg of feed for five consecutive days before slaughter (Supplemented), according to results of Chapter 2. At 42 days of age, 100 birds per group were slaughtered and the carcasses were chilled for 15 minutes at 10°C and 40 minutes at 0°C, after chilling there were debone according to the best debone time on chapter 3 (6 hours *post-mortem*). The identified samples were packed in plastic bags subjected to vacuum and aged at a temperature of 2°C ± 1°C in BOD chamber. For each maturation period were realized analysis of pH, color, drip loss, cooking loss, shear force, myofibrilar index fragmentation (MIF) and sensory analysis. The results were submitted to ANOVA and means compared to the 5% significance level. It was observe the effect of age time ($P < .05$) on pH, color (L* and b*) and MFI. Thus, the results from the present study indicate that supplementation of 25-OHD₃ not led to improvement in meat quality and tenderness, and the different aging times not led expressive changes in meat quality parameters.

Key words: calcium, color, poultry, tenderness

INTRODUÇÃO

A proteólise *post-mortem* é o fator mais importante para o amaciamento da carne e junto a outros fatores influencia a velocidade e intensidade do processo de degradação proteolítica (Koohmaraie, 1994). Uma das etapas do processo de abate que pode conduzir ao endurecimento da carne é o corte e a desossa antes da resolução do *rigor-mortis*. Devido a isto, são necessárias técnicas de amaciamento desta carne que sofre desossa precoce. A maturação comercial é um processo muito difundido e utilizado na indústria, e segundo Kriese et al. (2005), a maturação além de tornar a carne mais macia, melhora suas propriedades sensoriais inerentes.

Outro mecanismo que pode proporcionar aumento na maciez da carne é a suplementação da vitamina D₃ e seu metabólito 25-OHD₃ na dieta final de animais em terminação, a qual tem se mostrado positiva, pois, pode aumentar a contração muscular no *post-mortem*, o que poderá conduzir a rápida queda na concentração das reservas energéticas e, conseqüentemente a rápida resolução do *rigor-mortis*, eliminando em parte os problemas de textura causados pela desossa precoce.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação da vitamina 25-OHD₃ na dieta final de frangos de corte aliada aos diferentes tempos de maturação com o intuito de melhorar a qualidade da carne de peito.

MATERIAL E MÉTODOS

AVES, INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

Foi realizado um experimento nas instalações experimentais da FMVZ/UNESP, campus de Botucatu e utilizou-se 240 pintos de um dia de idade, machos da linhagem

Cobb[®]. As aves foram alojadas em galpão experimental de alvenaria, coberto com telhas de barro, apresentando 40m de comprimento e 8m de largura e pé-direito de 3,5m, dividido em 48 boxes de 3,25 x 1,55m, perfazendo 5m² cada. Porém, cada boxe foi adaptado para possuir a área de 2,5m² a fim de ajustar a densidade das aves para 12 aves/m². Cada boxe foi equipado com uma campânula elétrica, comedouro tubular semi-automático e bebedouro tipo pendular. Na fase inicial foram utilizados comedouros tubulares infantil, os quais foram substituídos até o final da segunda semana.

A iluminação foi constante durante todo o período de criação e o aquecimento inicial dos pintinhos foi realizado por campânulas elétricas providas de lâmpadas infravermelhas de 250W, instaladas em cada box.

DELINEAMENTO E TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo quatro tempos de maturação, 24, 48, 72 e 96 horas *post-mortem* e dois níveis de administração de vitamina D₃, 2.500UI e 5.000UI por kg de ração (controle e a melhor dosagem, administrada por cinco dias, conforme definido nos experimentos 1 e 2, do capítulo 2), com quatro repetições de 30 aves cada.

RAÇÕES E MANEJO EXPERIMENTAL

As rações experimentais foram produzidas na Fábrica de Rações da FMVZ/UNESP campus de Botucatu e armazenadas em sala isenta de luz solar direta, cobertas com lonas para evitar ao máximo a exposição á luz. O arraçoamento foi

dividido em três fases de acordo com o início do período experimental: inicial (1-21 dias), crescimento (22-35 dias) e final (36-42 dias), sendo que as rações eram isoprotéicas e isocalóricas, e suas composições percentuais calculadas encontram-se na Tabela 1, com base nos valores de composição e exigências nutricionais proposto por Rostagno et al. (2005).

Tanto a água como a ração foram fornecidos à vontade. A iluminação foi de 24 horas durante todo o período de criação. Os dados de temperatura e umidade, máxima e mínima foram registrados diariamente, utilizando-se um termohigrômetro de máxima e mínima, os resultados se encontram nas Figuras 1 e 2.

Aos 35 dias, metade das aves recebeu diariamente 2.500UI de vitamina D₃/kg de ração por sete dias consecutivos (Controle) e a outra metade recebeu dieta com 5.000UI de vitamina D/kg de ração por cinco dias consecutivos antes do abate (Suplementado), isto é do 38º dia ao 42º dia de idade das aves, segundo resultados do experimento 1 e 2 do capítulo 2.

Aos 42 dias de idade, 100 aves que receberam ração controle e 100 aves que receberam ração suplementada, totalizando 200 aves, foram abatidas no abatedouro experimental da FMVZ/UNESP. As aves receberam jejum alimentar de 8 horas e foram eutanasiadas por corte da artéria carótida e veia jugular após atordoamento por eletronarcose. A seguir, foram escaldadas, depenadas, evisceradas e as carcaças resfriadas por 15 minutos a temperatura de 10°C e 40 minutos a 0°C. Após o resfriamento, as carcaças foram cortadas e os peitos desossados com 6 horas *post-mortem*. Após a desossa, os peitos foram embrulhados em sacos plásticos, submetidos ao vácuo e as amostras foram maturadas a temperatura de 2°C ±1°C em câmara BOD. Após cada período de maturação, foram realizadas as seguintes análises de qualidade:

pH, cor objetiva e perda de exsudato. Para as análises de perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e análise sensorial, as amostras foram congeladas em freezer -20°C até a realização das análises.

Tabela 1. Composição percentual das rações basais utilizadas em cada fase experimental.

Ingredientes	Fases		
	Inicial (01 a 21d)	Crescimento (22 a 35d)	Final (36 a 42d)
Milho	58,74	63,270	68,517
Farelo de soja	35,29	30,360	26,108
Fosfato bicálcico	1,770	1,606	1,589
Calcário calcítico	1,200	1,113	0,959
Óleo de soja	1,990	2,701	1,799
Sal iodado	0,480	0,416	0,404
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050
DL-metionina (99%)	0,210	0,194	0,186
L-lisina (78%)	0,080	0,100	0,148
Cloreto de colina (60%)	0,040	0,040	0,040
Anticoccidiano ³	0,050	0,050	-
Inerte (caulim)	0,000	0,000	0,100
Total (kg)	100,000	100,000	100,000
Composição calculada			
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3000	3100	3150
Proteína Bruta (%)	21,40	19,25	17,86
Cálcio (%)	0,912	0,817	0,756
Fósforo disponível (%)	0,456	0,408	0,377
Sódio (%)	0,219	0,203	0,193
<i>Aminoácidos totais</i>			
Lisina (%)	1,37	1,184	1,121
Metionina (%)	0,495	0,456	0,432
Metionina+Cistina (%)	0,969	0,852	0,807
Triptofano (%)	0,211	0,201	0,195
Treonina (%)	0,796	0,717	0,668
Arginina (%)	1,300	1,210	1,154

1 - Suplemento Vitamínico contendo por kg do produto: vit. A (11.000,00 MUI; 9.000,00; 9.000,00); Vit B1 (1.200; 1.000,00; 1.000,00mg); vit B2 (4.500,00; 4.000,00; 4.000,00mg); vit B6 (2.000,00 1.800,00; 1.800,00mg); vit B12 (16.000; 12.000,00; 12.000,00mcg); vit. D3 (2.000.000; 1.600,000; 0 MUI); vit. E (16.000,00; 14.000,00; 14.000,00mg); vit. K3 (1.500mg); biotina (60,00; 50,00; 50,00mg); niacina (35.000,00; 30.000,00; 30.000,00mg); ácido pantotênico (10.000; 9.000,00; 9.000,00mg); ácido fólico (400,00; 300,00; 300,00mg).

2 - Suplemento mineral contendo, por kg do produto: Zn (120.000mg); Fe (60.000mg); Mn (120.000mg); Cu (18.000mg); I (2.000mg).

3 - Anticoccidiano maduramicina para as fases inicial e crescimento, na quantidade 0,5kg/t de ração.

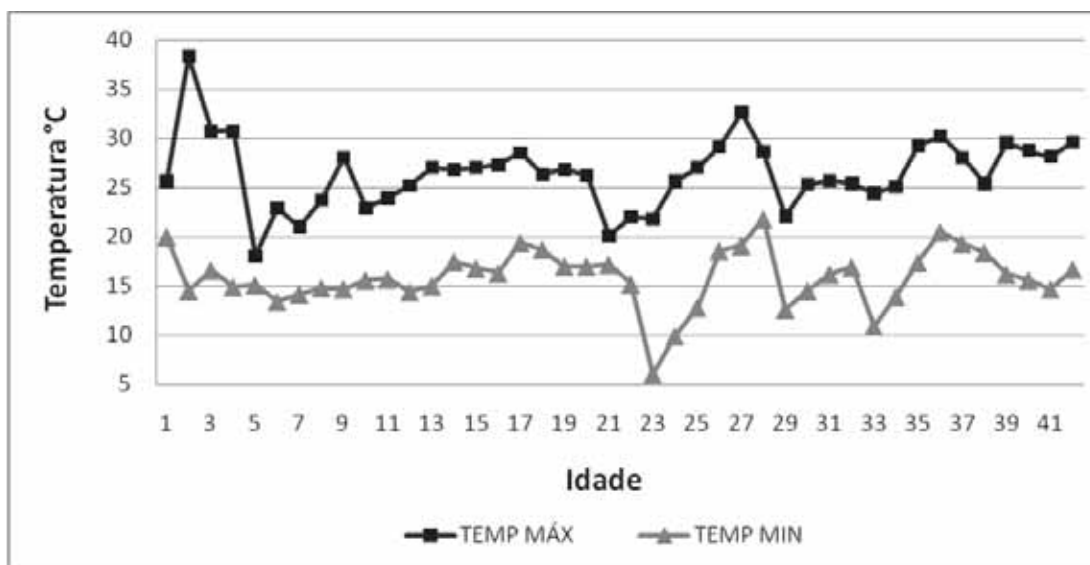


Figura 1. Controle da temperatura do ar durante o período experimental.

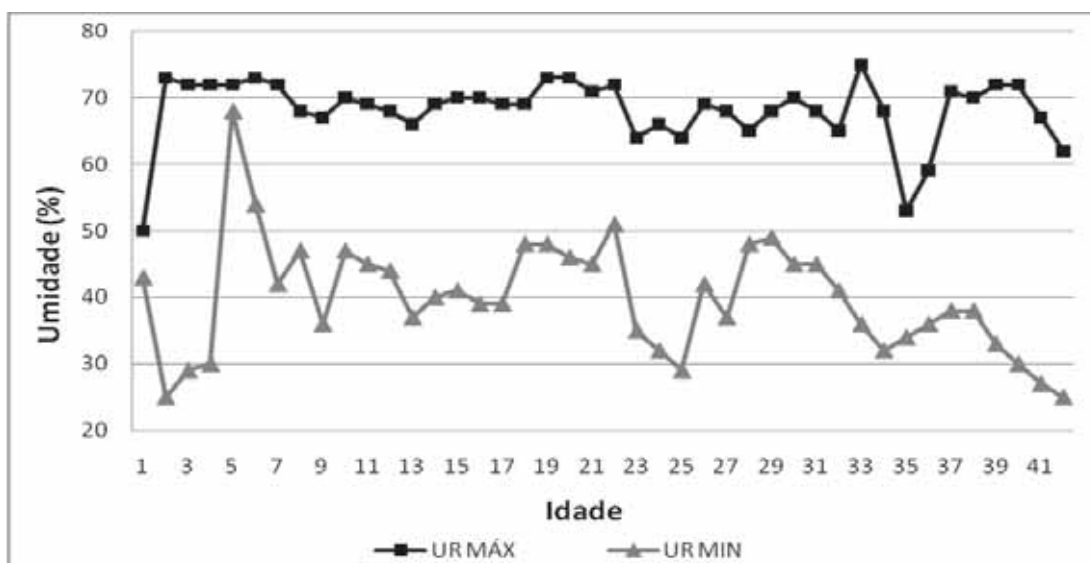


Figura 2. Controle da umidade do ar durante o período experimental.

MÉTODOS E AVALIAÇÃO

Os valores de pH dos filés de peito frango foram mensurados utilizando-se pHmetro (Hommmis, modelo 238) acoplado a uma sonda (Digimed, modelo CF1) diretamente no músculo *Pectoralis major*. A cor dos filés do peito foi determinada

através de um espectrofotômetro Minolta portátil CR 400, no sistema CIELab, na qual foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo) de acordo com metodologia proposta por Van Laack et al. (2000).

Amostras de 100 gramas do músculo *Pectoralis major* foram utilizadas para a análise de perda de exsudato. Cada amostra foi suspensa em rede e colocada em saco plástico inflado, por período de 48 horas à temperatura de 4°C para a determinação da perda por exsudação, conforme metodologia descrita por Rasmussen & Anderson (1996). A determinação da porcentagem de perda por exsudação foi realizada pela diferença entre o peso final e peso inicial da amostra conforme a seguinte equação: %PE = $(P_f - P_i) \times 100 / P_i$, sendo que PE = perda de exsudato; P_f = peso final da amostra; P_i = peso inicial da amostra.

O Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) foi avaliado segundo Culler et al. (1978). Para a determinação do MFI foram separados 3g do músculo *Pectoralis major*, livre de tecido adiposo e tecido conjuntivo, que foram colocados em tubos tipo Falcon (50ml) e adicionados de 30ml de TMFI (tampão de índice de fragmentação miofibrilar). As amostras foram homogeneizadas e centrifugadas a 1200XG por 17 minutos à temperatura de 2°C, descartando-se o sobrenadante. O sedimento foi dissolvido em 30ml de TMFI (2°C), utilizando um bastão de vidro até completa dissolução do sedimento e centrifugado novamente a 1200XG por 17 minutos a 2°C. Foi descartado o sobrenadante e, a porção de gordura e o sedimento ressuspenso em 8ml de TMFI (2°C). O tudo foi homogeneizado até que o sedimento fosse completamente dissolvido. As amostras foram filtradas e armazenadas em tubos (15ml) identificados e refrigerados. Em seguida, foi extraída a proteína, em duplicata para cada suspensão. Foram colocados 0,75ml de TMFI e 0,25ml de amostra em tubo de ensaio e adicionado 4ml de reagente

de biureto. Foram preparados o branco com 1ml de TMFI e 4ml de reagente de biureto. Posteriormente foram realizadas as leituras em absorbância no comprimento de onda de 540nm, sendo obtidos os valores de MFI pelo seguinte cálculo $MFI = 200 \times \text{absorbância obtida}$.

Para a perda de peso por cocção, amostras de filés de peito foram colocadas em embalagens plásticas e cozidas em banho-maria a 85°C por 30 minutos, até atingir uma temperatura interna final de 75 a 80°C. Após o cozimento, os filés foram resfriados em temperatura ambiente e pesados novamente. A diferença entre o peso inicial (*in natura*) e final (cozido) correspondeu a perda de peso por cozimento (Honikel, 1987). Na determinação da força de cisalhamento foram utilizadas as amostras usadas para determinação da perda de peso por cozimento, que após pesados foram embrulhados em papel alumínio e mantidos a temperatura de 5°C *over night*. Para essa avaliação foi utilizado o texturômetro TAXT plus (*Stable Micro Systems*), equipado com dispositivo *Razor blade*. O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5kg e padrão rastreável, sendo avaliados a energia (N*mm) e a força de cisalhamento (N) segundo preconizado por Cavitt et al. (2004). A velocidade de descida do dispositivo foi de 10mm/s. Foram utilizados os filés intactos, usados para determinação da perda de peso por cozimento. Foram realizados cinco cortes na superfície cranial do filé de peito, sendo que os filés foram posicionados com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas *Razor Blade*.

Para a análise sensorial, as amostras de carne foram acondicionadas em papel alumínio e submetidas ao aquecimento em chapa elétrica com dupla resistência, regulada para 150°C, durante 6 minutos, sendo as amostras viradas após os três minutos, com temperatura interna final de 85°C. Depois disto, as amostras foram cortadas em

cubos e colocadas em placas de petri, aquecidas em microondas por 25 segundos na temperatura máxima, até atingir 45–50°C e servidas imediatamente aos provadores. As avaliações sensoriais foram conduzidas conforme Roça et al. (1988), com 8 provadores experientes. Foram realizadas avaliações de aroma, sabor, maciez, suculência, mastigabilidade, através de escala não estruturada de nove pontos.

Foram realizados quatro painéis sensoriais durante dois dias com os mesmos provadores nos dias diferentes, cada painel representando um tempo de maturação. Nesse caso, foi avaliado o efeito da suplementação de vitamina 25-OHD₃ dentro de cada tempo de maturação. A avaliação dos parâmetros de aroma, sabor, maciez, suculência e mastigabilidade foram conduzidas seguindo a escala:

- Aroma: escala não estruturada de nove centímetros variando do sem aroma ao muito intenso e característico;
- Aroma estranho: escala estruturada com nove pontos, 1-nenhum, 2-extremamente fraco, 3-muito franco, 4-fraco, 5-moderadamente fraco, 6-moderadamente forte, 7-forte, 8-muito forte, 9 extremamente forte;
- Sabor: Escala não estruturada de nove centímetros variando do muito ruim ao muito bom;
- Sabor estranho: escala estruturada com nove pontos, 1-nenhum, 2-extremamente fraco, 3-muito franco, 4-fraco, 5-moderadamente fraco, 6-moderadamente forte, 7-forte, 8-muito forte, 9 extremamente forte;
- Maciez: escala estruturada com nove pontos, 1-extremamente macio, 2-muito macia, 3-moderadamente macia, 4-macia, 5- nem macia nem dura, 6-levemente dura, 7-moderadamente dura, 8-muito dura, 9-extremamente dura;

- Suculência: escala estruturada com nove pontos, 1-extremamente seco, 2-muito seco, 3- moderadamente seco, 4-levemente seco, 5- nem seco nem suculento, 6-levemente suculento, 7-moderadamente suculento, 8-muito suculento, 9- extremamente suculento;
- Mastigabilidade: escala não estruturada de nove centímetros variando de elástica, borrachenta, difícil de deglutir ao desintegra facilmente na boca, fácil de deglutir.

A fonte de vitamina D₃ (Rovimix[®]) e de vitamina 25-OHD₃ (HyD[®]) utilizada foi obtida da DSM Produtos Nutricionais do Brasil. Foram realizadas análises das rações experimentais (ração final) com relação aos componentes de interesse: proteína bruta (PB), teor de cálcio (Ca) (Tabela 2).

A análise de proteína bruta nas rações experimentais foi realizada no Laboratório de Bromatologia da FMVZ/UNESP campus Botucatu, e foi determinada pelo método de Kjeldahl-Micro (A.O.A.C., 1990 – 981.10) para determinação do nitrogênio total, multiplicando o valor resultante da titulação pelo fator 6,25.

A avaliação do teor de cálcio na dieta foi realizada no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP campus Botucatu, feita através de espectrometria de absorção atômica, pesando-se 0,1g de ração que foi colocado diretamente em balões de digestão para mineralização da matéria orgânica. Em seguida, foram adicionados 5mL de ácido nítrico suprapuro mais 3,5mL de peróxido de hidrogênio 30%*m/m*. O extrato ácido resultante foi transferido para balões volumétricos de 10mL e os volumes foram acertados com água deionizada. As determinações de cálcio foram feitas por espectrometria de absorção atômica utilizando-se equipamento da Shimadzu AA-6800 e as condições descritas no manual do fabricante (Marckzenko, 1976).

Tabela 2. Teores de proteína bruta (PB), cálcio (Ca), vitamina D₃ e 25-OHD₃ analisadas nas rações experimentais na fase final de criação.

Nutriente	2.500	5.000
PB (%) ¹	18,43	19,13
Ca (%) ²	1,091	0,935

¹Análises realizadas no laboratório de Bromatologia da FMVZ/UNESP. ²Análises realizadas no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente ao teste de comparação de médias de Tukey para as variáveis com diferença estatística com 5% de significância, utilizando o procedimento GLM do programa estatístico SAS (SAS Institute, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação as análises das rações experimentais (ração final) e seus componentes de interesse: proteína bruta (PB), teor de cálcio (Ca), os resultados são apresentados na Tabela 2. Os resultados de proteína bruta foram de 18,43 e 19,13%, para a ração controle e suplementada, respectivamente. Esses valores estão próximos as recomendações para a ração final de 17,86%, conforme consta na Tabela 1.

Com relação aos teores de cálcio na ração final os valores se encontram ligeiramente acima do recomendado para esta fase 0,756%, a ração controle e suplementada apresentaram os valores de 1,091 e 0,935%, respectivamente.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do pH da carne de frangos submetidos a suplementação da vitamina 25-OHD₃ e vários tempos de maturação. Não foram

encontradas diferenças significativas entre as aves que receberam ração controle e suplementada. Os valores de pH apresentam-se dentro da normalidade apresentando médias de 5,74 e 5,73 para os tratamentos controle e suplementado, respectivamente. Estes valores estão de acordo com os encontrados por Sams & Mills (1993) os quais observaram valores de pH final, isto é, após a resolução do *rigor mortis* em torno de 5,60 a 5,80. Assim, a suplementação de vitamina 25-OHD₃ na dieta final de frangos de corte não conduziu a mudanças no pH final da carne de peito. Da mesma forma, Wiegand et al. (2002) não encontraram diferenças no pH da carne de suínos que receberam ou não ração suplementada com vitamina D₃.

No entanto, foram observadas diferenças significativas para o pH da carne de peito entre os diferentes tempos de maturação, sendo que os valores de pH aumentaram com o aumento do tempo de maturação. Os menores valores foram obtidos com a maturação da carne por 24 horas *post-mortem* (5,63) que diferiram estatisticamente dos demais tempos de maturação de 48, 72 e 96 horas (5,74; 5,79 e 5,81 respectivamente). Os maiores valores de pH da carne foram obtidos com a maturação por 96 horas (5,81). Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2004) que relataram o aumento do pH da carne de peito de frangos conforme ocorreu aumento do tempo de maturação e isso ocorreu provavelmente devido a proteólise causada pelas enzimas proteolíticas.

Não foram observados o efeito da interação entre suplementação de vitamina 25-OHD₃ e tempo de maturação para o pH da carne de frangos de corte. Da mesma forma, Wiegand et al. (2002) não encontraram diferenças nos valores de pH analisados nas carcaças maturadas a 2°C por períodos de até 21 dias, em suínos que receberam ou não suplementação de vitamina D₃.

Tabela 3. Valores de pH da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e quatro tempos de maturação

Maturação (horas <i>post-mortem</i>) Suplementação	pH		Média
	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	
24	5,60	5,67	5,63c
48	5,77	5,70	5,74b
72	5,78	5,76	5,79ab
96	5,83	5,8	5,81a
Média	5,74	5,73	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,3327
Maturação (M)			<0,0001
SXM			0,1495
CV (%)			2,46

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Os resultados da análise de cor da carne de peito são mostrados na Tabela 4. A cor foi mensurada de forma objetiva, deste modo foram medidos o teor de Luminosidade ou valor de L* que indica se a amostra ou superfície está clara ou escura; o teor de vermelho ou valor a*; e o teor de amarelo ou valor de b*. Pelos resultados apresentados nessa Tabela nota-se que não foram encontradas diferenças estatísticas ($P > 0,05$) entre os tratamentos de suplementação ou controle quando se avaliou a luminosidade, teor de vermelho e amarelo da carne de peito. Desta forma, a suplementação ou não da vitamina 25-OHD₃ na dieta final de frangos de corte não proporcionou alterações desses parâmetros analisados. Resultados semelhantes foram encontrados por Montgomery et al. (2002) que não obtiveram diferenças para o teor de luminosidade (L*) e valor de a* da carne de bovinos que receberam dieta controle ou suplementada com diferentes doses de vitamina D₃ por nove dias consecutivos antes do abate. Entretanto Wilborn et al. (2004) trabalhando com diferentes doses de suplementação de vitamina D₃ antes do

abate, encontraram diferentes valores L^* da carne de suínos, sendo que os suínos suplementados com 80.000UI de vitamina D_3 apresentaram carne mais escura do que os do grupo controle.

Estes mesmos autores também não encontraram diferenças no teor de vermelho da carne de suínos suplementados ou não com vitamina D_3 . Da mesma forma, Wiegand et al. (2002) e também Wilborn et al. (2004) não encontraram diferenças no teor de b^* para carne de suínos suplementados ou não com vitamina D_3 .

No entanto, quando se avaliou o efeito dos diferentes tempos de maturação da carne de peito, foi observado que houve diferença significativa para a luminosidade (L^*) e teor de amarelo (b^*). No que se refere a luminosidade, as amostras de carne de peito mais claras foram obtidas quando as amostras foram mantidas por um período de maturação de 48 horas (48,83) e diferiu dos tempos de 72 e 96 horas (47,73 e 47,44, respectivamente). Entretanto as amostras maturadas por 24 e 48 horas não diferiram ($P>0,05$). Esses dados estão de acordo com os de Komiyama et al. (2009) que relataram que a carne de matrizes de descarte não apresentou oscilações quanto a luminosidade quando maturadas de 12 a 48 horas *post-mortem*.

Com relação ao teor de vermelho, não foram encontradas diferenças para esse parâmetro entre os diferentes tempos de maturação quando avaliados a 5% de significância. Resultados semelhantes foram encontrados por Komiyama et al. (2009) em que trabalhando com diferentes tempos de maturação da carne de matrizes de descarte, afirmaram que o valor de a^* não diferiu entre as amostras maturadas por 12; 24 e 48 horas.

Tabela 4. Valores de Cor (L*, a* e b*) da carne de frangos submetidos a suplementação de vitamina 25-OHD₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.

L*			
Maturação (horas <i>post-mortem</i>) Suplementação	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
24	48,10	48,47	48,28ab
48	48,78	48,88	48,83a
72	47,93	47,73	47,83bc
96	47,20	47,44	47,32c
Média	48	48,13	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,6469
Maturação (M)			0,0063
SXM			0,9293
CV (%)			4,11
a*			
Maturação (horas <i>post-mortem</i>) Suplementação	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
24	4,63	3,98	4,31
48	3,70	4,05	3,87
72	3,99	3,90	3,94
96	3,74	4,02	3,88
Média	4,01	3,99	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,9028
Maturação (M)			0,2126
SXM			0,0550
CV (%)			21,98
b*			
Maturação (horas <i>post-mortem</i>) Suplementação	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
24	2,08	1,59	1,83a
48	0,67	1,11	0,89b
72	1,38	1,28	1,33ab
96	1,06	1,55	1,31ab
Média	1,30	1,38	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,4983
Maturação (M)			0,0392
SXM			0,3150
CV (%)			100,45

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Para o valor de b^* , foram observadas diferenças ($P \leq 0,05$) apenas entre as amostras submetidas ao tempo de maturação de 24 horas (1,83) e 48 horas (0,89). Pelos resultados é possível verificar que os teores de amarelo foram menores conforme se aumentou o tempo de maturação apesar de as amostras maturadas por 72 e 96 horas não diferirem estatisticamente.

Não foram observadas interações entre a suplementação e tempo de maturação da carne de frangos de corte para a luminosidade, teor de vermelho e amarelo. Entretanto Wiegand et al. (2002) obtiveram para carcaças maturadas aos 7 e 14 dias *post-mortem* os menores valores de L^* em suínos que receberam suplementação de vitamina D_3 quando comparados aos do grupo controle. Neste mesmo trabalho, os autores também relataram que não houve influencia da suplementação de vitamina D_3 em carcaças maturadas por 24 horas ou 21 dias sobre os teores de L^* .

Na Tabela 5 são mostrados os valores de perda de exsudato da carne de frangos de corte submetidos a suplementação de vitamina 25-OHD₃ e diferentes tempos de maturação. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para a perda de exsudato da carne de aves submetidas a suplementação ou não de vitamina D_3 . Por esses resultados, pode-se afirmar que a suplementação dessa vitamina na dieta final não conduziu a alterações na quantidade de água perdida após o corte. Não houve diferenças estatísticas ($P > 0,05$) para a perda de exsudato da carne de peito submetida a diferentes tempos de maturação e também para interação entre suplementação e tempo de maturação. Entretanto, Wilborn et al. (2004) relataram que a porcentagem de perda de exsudato tendeu a ser mais baixa em carne maturada por 8 dias, em suínos que foram suplementados com vitamina D_3 .

Tabela 5. Valores de perda de exsudato da carne de frango submetidos à suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.

Perda de exsudato (%)			
Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
24	2,40	2,19	2,29
48	2,15	2,15	2,15
72	2,06	1,97	2,02
96	1,93	2,02	1,97
Média	2,14	2,08	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,7250
Maturação (M)			0,1149
SXM			0,7240
CV (%)			28,93

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Os resultados da avaliação do índice de fragmentação miofibrilar (MFI) são mostrados na Tabela 6. Foram observadas diferenças significativas para esse parâmetro somente quando se avaliou os diferentes tempos de maturação da carne. Neste caso, todos os resultados diferiram entre si ($p < 0,05$), entre tanto os melhores valores foram encontrados para carne maturada por apenas 24 horas (130,05), seguido por 96 horas de maturação (120,13). De acordo com os resultados, houve uma diminuição do índice de fragmentação das miofibrilas das amostras maturadas após 24 horas. Porém, o resultado não apresentou o padrão esperado, já que o normal seria o aumento do MFI conforme se aumenta o tempo de maturação da carne de peito. Apesar do uso de muito critério durante a realização dessa análise, não se conseguiu valores condizentes com o esperado. Ainda com relação aos tempos de maturação, Komiyama et al. (2009) não

encontraram diferença nos valores de MFI da carne de peito de matrizes pesadas, submetidas a diferentes tempo de maturação *post-mortem*.

Tabela 6. Índice de fragmentação miofibrilar (MFI) da carne de frango submetido a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.

Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	MFI		Média
	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	
24	127,77	132,34	130,05a
48	109,72	112,85	111,29c
72	84,81	81,02	82,97d
96	119,61	120,64	120,13b
Média	110,48	111,71	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,6959
Maturação (M)			< 0,0001
SXM			0,7250
CV (%)			13,59

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da perda de peso por cozimento (PPC) da carne de peito. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre as aves que receberam ou não suplementação de vitamina 25-OHD₃, a carne das aves que receberam ração suplementada e controle apresentaram perdas de 28,99 e 28,49(%). Quanto menor forem às perdas durante o cozimento, melhor será o rendimento da carne. Resultados semelhantes foram encontrados por Wilborn et al. (2004) em que trabalhando com suplementação de vitamina D₃ em suínos também não encontraram diferenças para a PPC em animais suplementados com essa vitamina antes do abate.

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre os diferentes tempos de maturação e também para a interação entre esses fatores. Da mesma forma Komiyama et al. (2009) não encontraram diferenças na PPC entre os diferentes tempos de

maturação. De acordo com Olivo (1999), esses resultados de médias variando de 27 a 29% são considerados normais tendo em vista que a perda de peso de um filé de frango ou de outro corte cárneo normalmente se encontra em torno de 30% durante o seu cozimento (fritura ou grelha), estes valores de perda de peso por cozimento para carne de peito são considerados normais.

Tabela 7. Valores de perda de peso por cozimento da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e vários tempos de maturação.

Perda de peso por cozimento (%)			
Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
24	27,93	29,03	28,48
48	29,60	28,88	29,24
72	30,24	28,73	29,48
96	28,20	27,30	27,75
Média	28,99	28,49	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,2813
Maturação (M)			0,0828
SXM			0,3476
CV (%)			11,28

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Os resultados da força de cisalhamento da carne de frango, em área (Newton.mm) são mostrados na Tabela 8. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para a força de cisalhamento da carne para os tratamentos suplementado e controle. Assim, a suplementação de vitamina D₃ em dieta final de frangos de corte não influenciou a maciez da carne quando comparado ao controle, apresentando valores médios muito semelhantes. Resultados contrários foram observados por Karges et al. (2001) que trabalhando com suplementação de vitamina D₃ em bovinos antes do abate observaram

melhora na maciez em alguns cortes cárneos e relataram que foi em consequência do aumento do cálcio plasmáticos causado por essa suplementação. Wiegand et al. (2001) encontraram carnes mais macias para os cordeiros que receberam suplementação de vitamina D₃ quando comparadas ao controle.

Quando se avaliou o efeito da maturação da carne, observou-se que também não foram encontradas diferenças para esse parâmetro entre os diferentes tempos de maturação. Isso pode ser devido a carne de frango ter apresentado valores muito baixos de força de cisalhamento desde o início do primeiro tempo de maturação, não apresentando modificações significativas no decorrer do tempo de maturação. Esses resultados podem ser sustentados por Komiyama et al. (2009) que em seu trabalho sobre o uso da técnica de maturação em carne de matrizes de descarte, relataram que houve redução da força de cisalhamento da carne a partir de 24 horas de maturação e para a maturação posterior não houve essa redução. Santos et al. (2004) observaram queda brusca da força de cisalhamento conforme aumentou o tempo de maturação, porém após essa queda a FC foi estabilizada. Desta forma como neste trabalho a maturação ocorreu a partir das 24 horas, a FC já teria se estabilizado não diferindo entre os tempos. Outra causa provável para não ter ocorrido efeito da maturação, foi devido a todas as amostras terem sofrido a desossa da carne às 6 horas *post-mortem*, ocasionando a redução e padronização da maciez antes mesmo de terem passado pelos diferentes períodos de maturação.

Não foram observados efeitos ($P>0,05$) da interação entre suplementação e tempo de maturação. Entretanto era esperado que houvesse efeito dessa interação, pois muitos trabalhos como citados a seguir relatam esse efeito sobre a maciez da carne. Foote et al. (2004) em seus estudos na carne maturada por 14 dias encontraram redução na força de

cisalhamento da carne de bovinos suplementados com vitamina D₃ quando comparada as amostras controle. Da mesma forma, Montgomery et al. (2002) e Karges et al. (2001) encontraram interação entre os tempos de maturação e a suplementação de vitamina D₃ em bovinos.

Tabela 8. Valores de Força de cisalhamento da carne de frango submetidos a suplementação de vitamina 25-OHD₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.

Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	Força de cisalhamento (Newton.mm)		
	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	Média
24	150,29	149,06	149,67
48	144,71	146,88	145,80
72	164,62	153,63	159,12
96	153,69	151,71	152,70
Média	153,33	150,32	
Nível de significância			
Suplementação (S)			0,4739
Maturação (M)			0,1986
SXM			0,7567
CV (%)			18,59

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

Em pesquisas anteriores, Montgomery et al. (2000) trabalharam com vários tempos de maturação (3, 7, 14 e 21 dias) e vários níveis de suplementação de vitamina D₃, e obtiveram para carne de bovinos maturada por 14 dias, os melhores resultados para aqueles que receberam 5x10⁶UI de vitamina D₃ quando comparados ao controle. E por fim, Rider Sell et al. (2004) relataram em seus trabalhos o efeito linear da maturação na maciez da carne, sendo que a maior maciez foi observada conforme o tempo de maturação aumentou na carne das vacas de descarte, e relataram que para as carnes

maturadas por 7 dias, os animais que receberam a suplementação de $7,5 \times 10^6$ UI de vitamina D₃ apresentaram carne mais macia quando comparados ao controle.

Nas Tabelas 9 a 11 são apresentados os resultados da análise sensorial da carne de frango submetidos a suplementação ou não de vitamina D₃ na dieta final e diferentes tempos de maturação da carne de peito. Foram realizados quatro painéis sensoriais na tentativa de identificar através de provadores as diferenças entre as amostras suplementadas ou controle. Foram avaliados, dentro de cada tempo de maturação, os efeitos da suplementação com vitamina 25-OHD₃ e o controle, sendo que cada painel representou um tempo de maturação.

Os resultados da avaliação do aroma e aroma estranho são mostrados na Tabela 9. Ao nível de 5% de significância foi observada diferença entre os tratamentos, controle e suplementado com 25-OHD₃, para a presença de aroma dentro apenas do tempo de maturação de 48 horas, mas se analisado ao nível de significância de 10%, ocorreu diferença entre os tratamentos (suplementado e controle) também para as amostras maturadas por 24 e 96 horas. Portanto, nas condições em que foram realizadas essas análises, foi possível observar que a suplementação com vitamina 25-OHD₃ conduziu a alterações no aroma da carne de peito para amostras maturadas por 48 e 96 horas as quais obtiveram aroma menos característico de frango quando comparadas as amostras do grupo controle. Para as amostras maturadas por 24 horas, o grupo suplementado apresentou aroma mais característico de carne de frango quando comparado o grupo controle.

Também foi observado que os provadores classificaram a carne de peito entre os valores de 5,85 a 7,95 que equivalem a carnes com aroma característico de peito de frango. Quando se avaliou a presença de aroma estranho, não foram observadas

diferenças ($P>0,05$), e ainda não foram detectados pelos provadores intensidade de aroma estranho, que obteve as pontuações de 1,08 a 3,18, representando de nenhum a muito fraca presença de sabor estranho.

Tabela 9. Análise sensorial para presença de aroma e de aroma estranho da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.

Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	Aroma				Aroma Estranho			
	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
4	6,34	7,42	0,0783	20,73	1,67	1,08	0,1441	68,62
48	7,28a	5,85b	0,0164	21,55	1,31	2,38	0,1053	88,35
72	7,95	7,03	0,1341	19,27	2,08	2,00	0,9209	99,57
96	7,14	5,88	0,0796	25,93	3,18	2,27	0,3941	89,75

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A análise sensorial do sabor e presença de sabor estranho da carne de frango está apresentada na Tabela 10. Foi observado efeito da suplementação ($P\leq 0,05$) no sabor da carne de frango, apenas para as amostras maturadas no período de 48 horas *post-mortem*, sendo que as amostras de carne de frango que receberam suplementação de vitamina D₃ na dieta apresentaram menor sabor característico da carne de frango quando comparado ao tratamento controle que não recebeu a suplementação dessa vitamina. Da mesma forma, Montgomery et al. (2000) observaram na carne de bovinos maturada por 7 dias menor intensidade de sabor em carne de animais suplementados com 5×10^6 UI de vitamina D₃ em relação ao controle (sem suplementação).

Porém, independente do tratamento a carne de peito pode ser classificada como de bom sabor, independente do tratamento, pois apresentou conceitos variando entre 6,18 a 7,58. Não foi observado efeito ($P>0,05$) para a presença de sabor estranho pelos

provadores. E ainda não foram detectados pelos provadores intensidade desse parâmetro, sendo que os valores ficaram entre 1,08 a 2,54, ou seja, nenhum a extremamente fraco.

Tabela 10. Análise sensorial do sabor e sabor estranho da carne de frango submetidos a suplementação de vitamina 25-OHD₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.

Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	Sabor				Sabor Estranho			
	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
24	6,36	6,90	0,3315	20,15	1,42	1,08	0,1271	41,19
48	7,26a	6,28b	0,0344	16,40	1,15	1,85	0,0990	68,56
72	7,58	6,91	0,2278	18,17	2,25	1,75	0,5235	94,45
96	7,08	6,18	0,2449	27,82	2,36	2,54	0,8455	87,98

Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na Tabela 11 são mostrados os resultados da análise sensorial da textura, suculência e mastigabilidade da carne de peito de frangos de corte suplementados ou não. Para a textura, não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) para esse parâmetro na carne de peito de frangos de corte submetidos a suplementação. Desta forma, a suplementação de vitamina 25-OHD₃ dietética não foi suficiente para causar alteração na textura da carne a ponto de ser sentida pelos provadores. Foram observados valores variando de 3,25 a 4,25, isto é, muito macia a macia. Da mesma forma, Montgomery et al. (2000) não observaram efeito na carne maturada por 7 dias sobre a textura (maciez) da carne de bovinos suplementados com vitamina D₃ ou não. Entretanto, Swanek et al. (1999) observaram efeitos positivos na maciez da suplementação de vitamina D₃ na carne bovina. Esses pesquisadores relataram ainda que a maciez observada em carnes

provenientes de animais que receberam suplementação foi devido a ativação das calpaínas e sua ação proteolítica na carne.

Tabela 11. Análise sensorial da textura, suculência e mastigabilidade da carne de frango submetidos a suplementação com vitamina 25-OHD₃ na dieta final e quatro tempos de maturação.

Maciez				
Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
24	3,75	3,83	0,1271	41,29
48	3,31	2,92	0,4416	40,23
72	4,08	3,25	0,1403	36,39
96	3,33	3,42	0,8773	38,73
Suculência				
Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	CV (%)
24	4,33	4,00	0,8974	34,20
48	4,61	4,69	0,8858	29,04
72	4,08	5,00	0,1384	32,15
96	4,83	5,08	0,7200	34,02
Mastigabilidade				
Maturação (horas <i>post-mortem</i>)	Controle (2.500UI)	Suplementado (5.000UI)	P	
24	5,28	5,33	0,9621	41,73
48	5,88	6,76	0,1975	26,93
72	7,06	7,44	0,4934	18,59
96	6,18	6,56	0,6591	32,25

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Com relação a suculência, também não houve diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos. Portanto, a suplementação não promoveu alteração quando comparado ao controle. Desta forma, os observadores classificaram a carne de peito como levemente seco a levemente suculento (4,08 a 5,33). Resultados semelhantes foram obtidos por Rider Sell et al. (2004) que não encontraram diferenças na suculência da carne de fêmeas bovinas suplementadas com vitamina D₃ em relação ao controle. Entretanto,

Montgomery et al. (2000) observaram efeito da suplementação de vitamina D₃ na carne de bovinos maturada por 7 dias, relatando que a menor suculência foi observada para os animais suplementados com vitamina D₃ em relação ao controle.

A suplementação não promoveu diferenças ($p>0,05$) na mastigabilidade da carne de frangos de corte quando comparado ao controle, apresentando valores médios entre 5,28 a 7,06, ou seja, com grande facilidade de desintegração e deglutição, independente do tratamento.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados é possível concluir que a suplementação de 5.000UI de vitamina D/kg de ração por cinco dias consecutivos antes do abate não conduziu a alterações na qualidade da carne e também não aumentou a maciez.

Os diferentes tempos de maturação não conduziram a alterações expressivas nos parâmetros de qualidade da carne principalmente na maciez, entretanto isto pode ser atribuído á desossa realizada em todas as amostras, às 6 horas *post-mortem*, após a instalação do *rigor mortis*, causando a redução e padronização da maciez da carne.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, AOAC International, 1990. 1298p.
- CAVITT, L.C.; YOUM, G.W.; MEULLENET, J.F. et al. Prediction of poultry meat tenderness using razor blade shear, allo–kramer shear, and sarcomere length. **Journal of Food Science**, v. 69, n.1., 2004.
- CULLER, R.D.; PARRISH JR., F.C.; SMITH, G.G. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical, and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.

- FOOTE, M.R.; HORST, R.L.; HUFF-LONERGAN, E.J. et al. The use of vitamin D₃ and its metabolites to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.82, p.242-249, 2004.
- HONIKEL, K. O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: TARRANT, P. V. **Evaluation and control of meat quality in pigs**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p. 273-283.
- KARGES, K.; BROOKS, J.C.; GILL, D.R. et al. Effects of supplemental vitamin D₃ on feed intake, carcass characteristics, tenderness, and muscle properties of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2844-2850, 2001.
- KOMIYAMA, C.M.; MARTINS, M.R.F.B.; MENDES, A.A. et al. Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, p. 89-93, 2009.
- KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, Barking, v.36, n. 1/2, p. 93-104, 1994.
- KRIESE, P.R.; SOARES, A.L.; GUARNIERI, P.D. et al. Tenderização dos filés de frango durante a refrigeração. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 337, 2005.
- MARCKZENKO, Z. **Spectrometric Determination of Elements**. Chichester: Elli Horwood, 1976. 643p.
- MONTGOMERY, J.L.; CARR, M.A.; KERTH, C.R.; et al. Effect of vitamin D₃ supplementation level on the postmortem tenderization of beef from steers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.971-981, 2002.
- MONTGOMERY, J.L.; PARRISH JR., F.C.; BEITZ, D.C. et al. The use of vitamin D₃ to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2615-2621, 2000.
- OLIVO, R. **Carne PSE em frangos**. 1999. 97f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- RASMUSSEN, A.; ANDERSSON, M. New methods for determination of drip loss in pork muscles. In: XLII INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY - ICOMST, 42., 1996, Lillehammer. **Proceedings...** Lillehammer, 1996. p. 286-287.
- RIDER SELL, N.; MIKEL, W.B.; XIONG, Y.L. et al. Vitamin D₃ supplementation of cull cows: Effects on longissimus and semitendinosus muscle tenderness. **Journal of Animal Science**, v.82, p.225-230, 2004.

- ROÇA, R.O., SERRANO, A.M., BONASSI, I.A. Utilização de toucinho na elaboração de fiambres com carne de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.8, n.1, p.67-76, 1988.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186 p.
- SAMS, A.R.; MILLS, K.A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler pectoralis to rigor acceleration. **Poultry Science**, v.72, n.9, p.1789-1796, 1993.
- SANTOS, H.C.; BRANDELLI, A.; AYUB, M.A.Z. Influence of *post-mortem* aging in tenderness of chicken breast fillets. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.905-910, 2004.
- SAS Institute. **SAS Use1s Guide**. Cary, 2004.
- SWANEK, S.S.; MORGAN, J.B.; OWENS, F.N.; et al. Vitamin D₃ supplementation of beef steers increases *longissimus* tenderness. **Journal of Animal Science**, v.77, p.874-881, 1999.
- VAN LAACK, R.L.J.M.; LIU, C.H.; SMITH, M.O. et al. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v.79, n.7, p.1057-1061, 2000.
- WIEGAND, B.R.; PARRISH, F.C.; MORRICAL Jr, D.G. et al. Feeding high levels of vitamin D₃ does not improve tenderness of callipyge lamb loin chops. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2086-2091, 2001.
- WIEGAND, B.R.; SPARKS, J.C.; BEITZ, D.C. et al. Short-term feeding of vitamin D₃ improves color but does not change tenderness of pork-loin chops. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2116-2121, 2002.
- WILBORN, B.S.; KERTH, C.R.; OWSLEY, W.F.; et al. Improving pork quality by feeding supranutritional concentrations of vitamin D₃. **Journal of Animal Science**, v.82, p.218-224, 2004.

CAPÍTULO 5

IMPLICAÇÕES

IMPLICAÇÕES

Comercialmente a carne de frango de corte é desossada logo após o resfriamento, ou seja, em um curto período sem que se estabeleça completamente a resolução do *rigor mortis*. Isso acarreta em redução na qualidade final da carne, que provavelmente será mais dura, menos succulenta, com maiores perdas durante o cozimento. Devido a isso inúmeros trabalhos tem sido conduzidos na tentativa de se obter uma carne com melhor qualidade final principalmente relacionada à maciez, sem no entanto, afetar a eficiência do abate e processamento da carne.

Estudos sobre a suplementação de vitamina D₃ e 25-OHD₃ na dieta final se mostraram eficientes na melhora da maciez da carne de bovinos e suínos. Para frangos de corte este trabalho foi pioneiro, pois relacionou a suplementação de vitamina D₃ na dieta final e outras técnicas como a desossa e maturação com o intuito de aumentar a maciez da carne.

As respostas foram positivas para a elevação e manutenção do teor de cálcio plasmático dos frangos antes do abate. Entretanto esta elevação não foi suficiente para causar alteração nos parâmetros qualitativos da carne. A técnica de desossa apresentou resultado positivo, quando avaliada de forma individual, pois foi possível observar a partir de qual período ocorre melhora na qualidade da carne representada principalmente pela menor força de cisalhamento obtida para as amostras desossadas com 6 horas *post-mortem*. A técnica de maturação não apresentou efeito na maciez e na qualidade da carne, entretanto, isto pode ser devido ao tempo de desossa de 6 horas *post-mortem* (após a instalação do *rigor mortis*) pelo qual todas as amostras foram submetidas, antes de serem submetidas aos períodos de maturação, o qual proporcionou um aumento e nivelamento na maciez em todas as amostras maturadas.

Portanto, este trabalho foi de grande importância para a avicultura, pois apresenta resultados inéditos com relação à suplementação de vitamina D₃ na ração final de frangos de corte e sobre o comportamento do cálcio plasmático. Este trabalho abre caminho para outras pesquisas, que terão um aporte científico proporcionado por este trabalho.